

устройства выйдет за конечную риску зоны «Г», после чего отпускают кнопку КЛАПАН. Слегка нажимая ее, доводят давление в системе респиратора до такой величины, при которой стрелка контрольного устройства устанавливается против конечной риски «Г». Включают секундомер и наблюдают за стрелкой контрольного устройства. В течение одной минуты стрелка не должна выйти за нижний предел зоны «Г».

Проверки насоса слюнособираательницы и герметичности перекрытия капиллярной трубки осуществляют аналогично проверкам с помощью прибора УКП-5.

Самоспасатели изолирующие

Нормативным документом, определяющим требования к современным самоспасателям, является ГОСТ Р 12.4.220-2001 «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели)».

Из большого многообразия изолирующих самоспасателей, выпускаемых отечественной промышленностью для различных целей с временем защитного действия (ВЗД) от 15 до 60 минут, для шахтных условий пригодны к применению лишь несколько модификаций. Это ШСС-1М, ШСС-Т (Россия), ШСС-1 (Украина) с ВЗД 60 мин, ШСМ-30 (Украина) и КС-30 (Россия) с ВЗД 30 мин.

Самоспасатель представляет собой дыхательный аппарат разового использования и предназначен для ношения на поясном или плечевом ремнях в течение всей смены, что обеспечивает возможность немедленной изоляции органов дыхания человека в аварийных ситуациях.

Технические данные самоспасателей приведены в табл. 5.

Таблица 5

Техническая характеристика самоспасателей

Показатели	Тип самоспасателя			
	ШСС-1М	ШСС-Т	ШСМ-30	КС-30
1. Время защитного действия, мин, не менее	60	60	30	30
2. Сопротивление дыханию при легочной вентиляции 30 л/мин, Па, не более	980	980	1176	1176
3. Содержание СО ₂ на вдохе, % среднее максимальное	1,5 3,0	1,5 3,0	2,5	1,5 3,0
4. Температура вдыхаемой газовой смеси, °С, не более	55	55	58	55
5. Время приведения в действие, с	15	15	15	15
6. Рабочий объем мешка, л	5	5	5	5
7. Масса, кг, не более	3,4	3,1	2,2	2,0

Показатели	Тип самоспасателя			
	ШСС-1М	ШСС-Т	ШСМ-30	КС-30
8. Габаритные размеры, мм				
высота	254	244	200	195
ширина	148	148	160	158
толщина	Ø 134	110	82	90
9. Назначенный срок службы до списания, лет	5	5	5	5

Во всех самоспасателях принята маятниковая система дыхания с незначительными конструктивными отличиями. Принципиальная схема и устройство изолирующего самоспасателя на примере ШСС-1М приведены на рис. 7.

Самоспасатель пломбируется заводом-изготовителем: на пломбе наносится товарный знак и клеймо ОТК. Пломба должна сохраняться в течение всего срока службы самоспасателя.

Самоспасатели фильтрующие серии СПП

Самоспасатель СПП-4 представляет собой прибор одноразового действия, предназначенный для защиты органов дыхания человека от воздействия окиси углерода, пыли и дыма.

Срок защитного действия самоспасателя при условии содержания свободного кислорода в воздухе не менее 17 % по объему, концентрации окиси углерода не выше 1 %, составляет 120 мин.

Габаритные размеры, мм – 135 × 85 × 120;

Масса, кг – 1,1.

Средства и методы проверки самоспасателей

Все типы самоспасателей, находящихся в эксплуатации, подвергаются ежедневному внешнему осмотру, при котором проверяется состояние защитного футляра (отсутствие пробоин, глубоких вмятин), исправность замка, наличие пломбы, плечевого ремня, стопорного кольца, отсутствие шороха шихты в патроне (СПП) и т. д.

Кроме того, периодически, при индивидуальном использовании один раз в месяц, а при групповом хранении один раз в квартал производится проверка изолирующих и фильтрующих самоспасателей на внешний осмотр и герметичность корпуса.

При обнаружении пробоин или вмятин глубиной более 10 мм на защитном футляре, неисправности замка, нарушении или отсутствии пломбы, наличии шороха шихты самоспасатели считаются неисправными. Герметичность самоспасателей проверяется с помощью прибора ПГС или индикатора ИГС-1 при избыточном давлении 500 мм вод. ст. При этом температура самоспасателя и прибора не должна отличаться от температуры помещения, в котором производится проверка. Самоспасатель считает-

ся герметичным и пригодным к эксплуатации, если величина падения давления в камере прибора не превышает норм, указанных в инструкции по эксплуатации конкретного типа самоспасателя, и составляется акт.

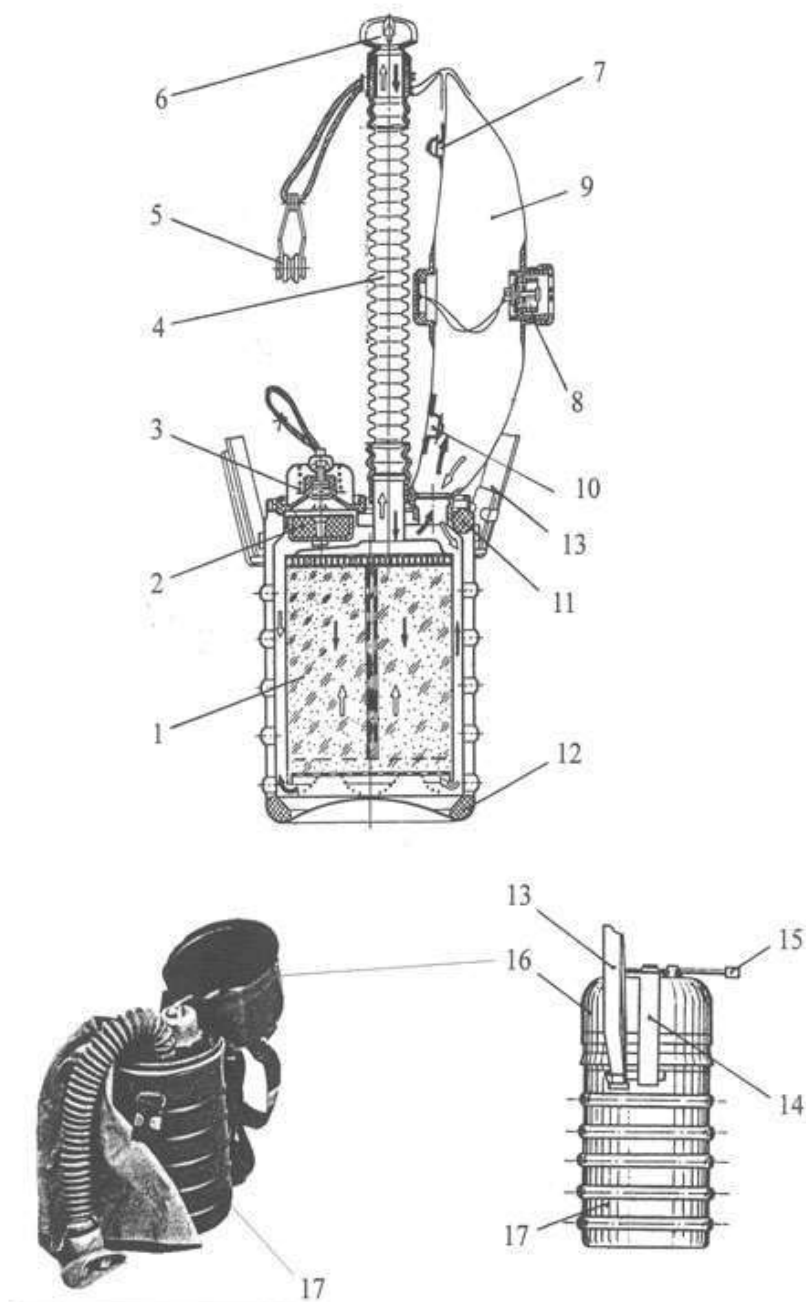


Рис. 7. Самоспасатель ШСС-1М:

- 1 – патрон; 2 – брикет пусковой; 3 – устройство пусковое; 4 – шланг;
 5 – зажим носовой; 6 – загубник; 7 – кнопка; 8 – клапан избыточный;
 9 – мешок; 10 – пробка; 11, 12 – амортизатор; 13 – ремень плечевой; 14 – лента;
 15 – ремень замка; 16 – крышка; 17 – корпус

Приборы ПГС и ИГС-1

Прибор ПГС (индикатор ИГС-1) (рис. 8 и 9) подлежат проверке на герметичность перед каждой проверкой партии самоспасателя.

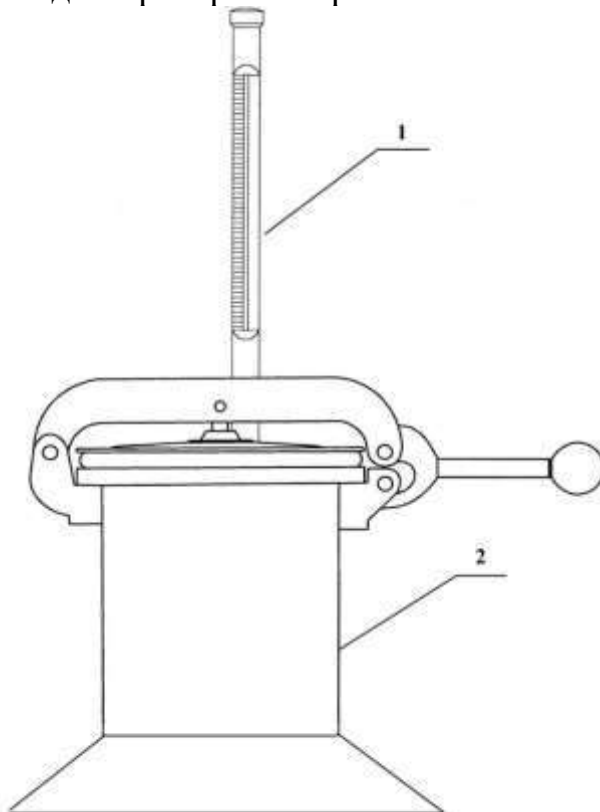


Рис. 8. Прибор ПГС-1:
1 – жидкостный манометр; 2 – камера

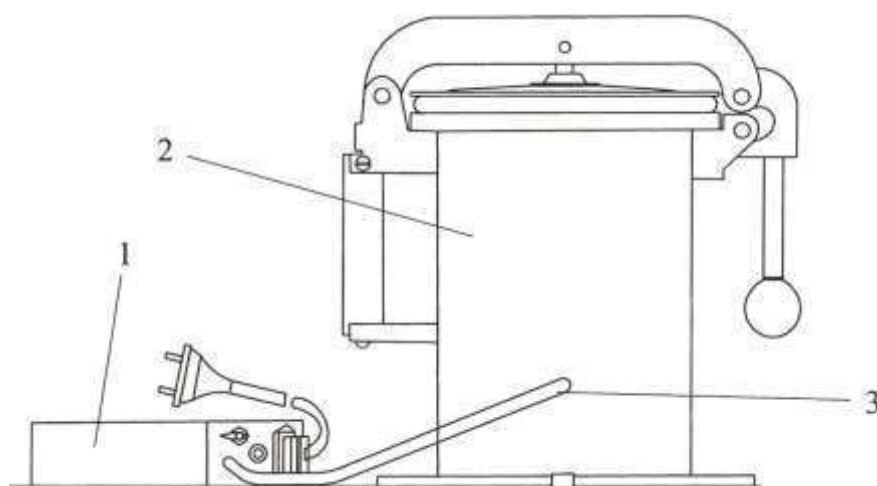


Рис. 9. Индикатор проверки самоспасателей ИГС-1:
1 – блок измерительный; 2 – камера; 3 – трубка
Для проверки герметичности в рабочую камеру прибора помещают

вкладыш и закрывают крышкой при помощи эксцентрикового затвора. При этом уровень жидкости в трубке манометра должен совпадать с контрольной отметкой «500». В случае отклонения от нормы уровень жидкости регулируют.

Прибор ПГС подлежит метрологической поверке один раз в год.

Методика периодической проверки ИГС-1 подробно изложена в инструкции по эксплуатации (паспорте) прибора.

Индикатор ИГС-1 (Россия) отличается от прибора ПГС (Украина) меньшими габаритами и массой, отсутствием жидкостного манометра, взамен которого разработан и применен измерительный блок с тензорезисторным датчиком и цифровым отсчетом на дисплее.

ИГС-1 может поставляться в другом исполнении: с указателем давления стрелочного типа (УДМ-60).

Технические данные приборов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические данные приборов ПГС-1 и ИГС-1

Показатели	ПГС-1	ИГС-1
Рабочее давление, создаваемое в камере, кПа (мм вод. ст.)	$5 \pm 0,2$ (500 ± 20)	$5 \pm 0,2$ (500 ± 20)
Пределы измерения давления, кПа (мм вод. ст.)	3,8-5,3 (380-530)	0-10 (0-1000)
Время проверки одного самоспасателя, с	25	15
Габариты, мм	$535 \times 400 \times$ 675	$\varnothing 250 \times$ 350
Масса, кг	8,5	5,5

Вопросы для самопроверки

1. Что такое изолирующий респиратор?
2. Что такое фильтрующий респиратор?
3. Чем респиратор отличается от самоспасателя?
4. Расскажите беглую проверку респиратора Р-30.
5. Расскажите полную проверку респиратора Р-30.
6. Какие существуют методы и средства проверки самоспасателей.
7. Как осуществляется проверка на приборе УКП-5?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине

Б1.Б.1.27.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

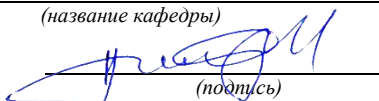
год набора: 2018

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов

(название кафедры)

Зав.кафедрой



Суслов Н.М.

(Фамилия И.О.)

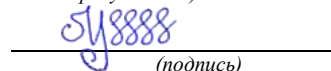
Протокол № 7 от 13.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета

(название факультета)

Председатель



Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	5
2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	6
3. Виды контроля.....	7
ЛИТЕРАТУРА.....	8

ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

Цель практических занятий: закрепление приобретенных студентами навыков расчета и конструирования машин и оборудования нефтегазовой отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по специальности **21.05.04 Горное дело:**

общепрофессиональные

- способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления (ОПК-8).

Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»

Знания:

- классификацию и назначение машин для выполнения операций по добыче и транспортировке полезных ископаемых;

- принципиальные схемы, конструктивные особенности, области применения и основные расчетные характеристики различного типа машин для отбойки, погрузки, транспортировки, крепления и вспомогательных операций, а также стационарных машин;

- методику определения основных конструктивных и режимных параметров машин, их производительности и эффективности в горно-добывающем производстве.

Умения:

- производить расчет основных конструктивных и режимных параметров горных машин и оборудования и моделирование их работы;

- осуществлять выбор типов горных машин и оборудования, производить расчет их производительности и эффективности, а также выбор типоразмеров в зависимости от горно-геологических условий и условий эксплуатации.

Владения:

- навыками самостоятельного овладения новыми знаниями;

- профессиональной терминологией в области горных машинах и оборудовании;

- методикой определения и расчета основных параметров, производительности и эффективности горных машин.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,
- групповая
- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

- решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);
- выполнение вычислений, расчетов, чертежей;
- изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;
- работа с измерительными приборами, оборудованием;
- самостоятельное выполнение технологических операций;
- работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;
- составление технической и специальной документации и др

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 3: Элементы конструкции горных машин

Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.

Органы перемещения.

Органы погрузки.

Тема 4: Машины для бурения.

Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.

Бурильные установки.

Буровые станки для подземного бурения.

Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

Тема 5: Машины для зарядки.

Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

Тема 6: Погрузочно-транспортные машины.

Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

Тема 7: Машины для крепления выработок.

Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

Тема 8: Горные комбайны и комплексы.

Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

Тема 9: Выемочно-транспортные машины.

Выемочно-транспортные машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:

1. Описать конструкцию перфоратора (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
2. Описать конструкцию пневмоударника (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
3. Описать конструкцию бурового (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
4. Описать конструкцию буровой установки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
5. Описать конструкцию погрузочной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
6. Описать конструкцию погрузочно-транспортной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
7. Описать конструкцию бурового станка для подземных работ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
8. Описать конструкцию проходческого комбайна (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
9. Описать конструкцию очистного комплекса (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
10. Описать конструкцию ВТМ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
11. Описать конструкцию машины для крепления выработки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
12. Описать конструкцию зарядной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.

3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

Вопросы для опроса:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.

5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

Критерии оценивания: полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

Критерии оценки:

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использо-

вать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

Правила оценивания:

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 6-7 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4-5 баллов;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 3 балла;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 0-2 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых:** учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - ISBN 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. <http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А.Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

по дисциплине

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Суслов Н.М.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 13.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Методические рекомендации по написанию реферата	5
2 Методические рекомендации по написанию эссе	13
3 Методические рекомендации по написанию реферата статьи	17
4 Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	23
5 Методические рекомендации по составлению тестовых заданий	27
6 Требования к написанию и оформлению доклада	29
7 Методические рекомендации к опросу	34
8 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	36
9 Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	38
10 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	40
Заключение	43
Список использованных источников	44

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по написанию реферата

Реферат - письменная работа объемом 10-18 печатных страниц, выполняемая студентом в течение длительного срока (от одной недели до месяца).

Реферат (от лат. *referre* - докладывать, сообщать) - краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемой теме¹.

Выполнение и защита реферата призваны дать аспиранту возможность всесторонне изучить интересующую его проблему и вооружить его навыками научного и творческого подхода к решению различных задач в исследуемой области.

Основными задачами выполнения и защиты реферата являются развитие у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, среди них:

- формирование навыков аналитической работы с литературными источниками разных видов;
- развитие умения критически оценивать и обобщать теоретические положения;
- стимулирование навыков самостоятельной аналитической работы;
- углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по соответствующему направлению высшего образования;
- презентация навыков публичной дискуссии.

Структура и содержание реферата

Подготовка материалов и написание реферата - один из самых трудоемких процессов. Работа над рефератом сводится к следующим этапам.

1. Выбор темы реферата.
2. Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата.
3. Конкретизация необходимых элементов реферата.
4. Сбор и систематизация литературы.
5. Написание основной части реферата.
6. Написание введения и заключения.
7. Представление реферата преподавателю.
8. Защита реферата.

Выбор темы реферата

Перечень тем реферата определяется преподавателем, который ведет дисциплину. Вместе с тем, аспиранту предоставляется право самостоятельной формулировки темы реферата с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки и согласованием с преподавателем. Рассмотрев инициативную тему реферата студента, преподаватель имеет право ее отклонить, аргументировав свое решение, или, при согласии студента, переформулировать тему.

При выборе темы нужно иметь в виду следующее:

1. Тема должна быть актуальной, то есть затрагивать важные в данное время проблемы общественно-политической, экономической или культурной жизни общества.
2. Не следует формулировать тему очень широко: вычленение из широкой проблемы узкого, специфического вопроса помогает проработать тему глубже.

¹ Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>

3. Какой бы интересной и актуальной ни была тема, прежде всего, следует удостовериться, что для ее раскрытия имеются необходимые материалы.

4. Тема должна открывать возможности для проведения самостоятельного исследования, в котором можно будет показать умение собирать, накапливать, обобщать и анализировать факты и документы.

5. После предварительной самостоятельной формулировки темы необходимо проконсультироваться с преподавателем с целью ее возможного уточнения и углубления.

Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата

Подбор литературы следует начинать сразу же после выбора темы реферата. Первоначально с целью обзора имеющихся источников целесообразно обратиться к электронным ресурсам в сети Интернет и, в частности, к электронным информационным ресурсам УГГУ: благодаря оперативности и мобильности такого источника информации, не потратив много времени, можно создать общее представление о предмете исследования, выделить основные рубрики (главы, параграфы, проблемные модули) будущего курсовой работы. При подборе литературы следует также обращаться к предметно-тематическим каталогам и библиографическим справочникам библиотеки УГГУ, публичных библиотек города.

Предварительное ознакомление с источниками следует расценивать как первый этап работы над рефератом. Для облегчения дальнейшей работы необходимо тщательно фиксировать все просмотренные ресурсы (даже если кажется, что тот или иной источник непригоден для использования в работе над рефератом, впоследствии он может пригодиться, и тогда его не придется искать).

Результатом предварительного анализа источников является рабочий план, представляющий собой черновой набросок исследования, который в дальнейшем обрастает конкретными чертами. Форма рабочего плана допускает определенную степень произвольности. Первоначальный вариант плана должен отражать основную идею работы. При его составлении следует определить содержание отдельных глав и дать им соответствующее название; продумать содержание каждой главы и наметить в виде параграфов последовательность вопросов, которые будут в них рассмотрены. В реферате может быть две или три главы - в зависимости от выбранной проблемы, а также тех целей и задач исследования.

Работа над предварительным планом необходима, поскольку она дает возможность еще до начала написания реферата выявить логические неточности, информационные накладки, повторы, неверную последовательность глав и параграфов, неудачные формулировки выделенных частей или даже реферата в целом.

Рабочий план реферата разрабатывается студентом самостоятельно и может согласовываться с преподавателем.

Конкретизация необходимых элементов реферата

Реферат должен иметь четко определенные цель и задачи, объект, предмет и методы исследования. Их необходимо сформулировать до начала непосредственной работы над текстом.

Цель реферата представляет собой формулировку результата исследовательской деятельности и путей его достижения с помощью определенных средств. Учитывайте, что у работы может быть только одна цель.

Задачи конкретизируют цель, в реферате целесообразно выделить три-четыре задачи. Задачи - это теоретические и практические результаты, которые должны быть получены в реферате. Постановку задач следует делать как можно более тщательно, т.к. их

решение составляет содержание разделов (подпунктов, параграфов) реферата. В качестве задач может выступать либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, обоснования, разработки отдельных аспектов проблемы, ведущие к формулировке возможных направлений ее решения.

Объект исследования - процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Предмет исследования - все то, что находится в границах объекта исследования в определенном аспекте рассмотрения.

Методы исследования, используемые в реферате, зависят от поставленных цели и задач, а также от специфики объекта изучения. Это могут быть методы системного анализа, математические и статистические методы, сравнения, обобщения, экспертных оценок, теоретического анализа и т.д.

Впоследствии формулировка цели, задач, объекта, предмета и методов исследования составят основу Введения к реферату.

Сбор и систематизация литературы

Основные источники, использование которых возможно и необходимо в реферате, следующие:

- учебники, рекомендованные Министерством образования и науки РФ;
- электронные ресурсы УГГУ на русском и иностранном языках;
- статьи в специализированных и научных журналах;
- диссертации и монографии по изучаемой теме;
- инструктивные материалы и законодательные акты (только последних изданий);
- данные эмпирических и прикладных исследований (статистические данные, качественные интервью и т.д.)
- материалы интернет-сайтов.

Систематизацию получаемой информации следует проводить по основным разделам реферата, предусмотренным планом. При изучении литературы не стоит стремиться освоить всю информацию, заключенную в ней, а следует отбирать только ту, которая имеет непосредственное отношение к теме работы. Критерием оценки прочитанного является возможность его использования в реферате.

Сбор фактического материала - один из наиболее ответственных этапов подготовки реферата. От того, насколько правильно и полно собран фактический материал, во многом зависит своевременное и качественное написание работы. Поэтому, прежде чем приступить к сбору материала, аспиранту необходимо тщательно продумать, какой именно фактический материал необходим для реферата и составить, по возможности, специальный план его сбора и анализа. После того, как изучена и систематизирована отобранная по теме литература, а также собран и обработан фактический материал, возможны некоторые изменения в первоначальном варианте формулировки темы и в плане реферата.

Написание основной части реферата

Изложение материала должно быть последовательным и логичным. Общая логика написания параграфа сводится к стандартной логической схеме «Тезис - Доказательство - Вывод» (количество таких цепочек в параграфе, как правило, ограничивается тремя - пятью доказанными тезисами).

Все разделы реферата должны быть связаны между собой. Особое внимание следует обращать на логические переходы от одной главы к другой, от параграфа к параграфу, а внутри параграфа - от вопроса к вопросу.

Использование цитат в тексте необходимо для того, чтобы без искажений передать мысль автора первоисточника, для идентификации взглядов при сопоставлении различных

точек зрения и т.д. Отталкиваясь от содержания цитат, необходимо создать систему убедительных доказательств, важных для объективной характеристики изучаемого вопроса. Цитаты также могут использоваться и для подтверждения отдельных положений работы.

Число используемых цитат должно определяться потребностями разработки темы. Цитатами не следует злоупотреблять, их обилие может восприниматься как выражение слабости собственной позиции автора. Оптимальный объем цитаты - одно-два, максимум три предложения. Если цитируемый текст имеет большой объем, его следует заменять аналитическим пересказом.

Во всех случаях употребления цитат или пересказа мысли автора необходимо делать точную ссылку на источник с указанием страницы.

Авторский текст (собственные мысли) должен быть передан в научном стиле. Научный стиль предполагает изложение информации от первого лица множественного числа («мы» вместо «я»). Его стоит обозначить хорошо известными маркерами: «По нашему мнению», «С нашей точки зрения», «Исходя из этого мы можем заключить, что...» и т.п. или безличными предложениями: «необходимо подчеркнуть, что...», «важно обратить внимание на тот факт, что...», «следует отметить.» и т.д.

Отдельные положения реферата должны быть иллюстрированы цифровыми данными из справочников, монографий и других литературных источников, при необходимости оформленными в справочные или аналитические таблицы, диаграммы, графики. При составлении аналитических таблиц, диаграмм, графиков используемые исходные данные выносятся в приложение, а в тексте приводятся результаты расчетов отдельных показателей (если аналитическая таблица по размеру превышает одну страницу, ее целиком следует перенести в приложение). В тексте, анализирующем или комментирующем таблицу, не следует пересказывать ее содержание, а уместно формулировать основной вывод, к которому подводят табличные данные, или вводить дополнительные показатели, более отчетливо характеризующие то или иное явление или его отдельные стороны. Все материалы, не являющиеся необходимыми для решения поставленной в работе задачи, также выносятся в приложение.

Написание введения и заключения

Введение и заключение - очень важные части реферата. Они должны быть тщательно проработаны, выверены логически, стилистически, орфографически и пунктуационно.

Структурно введение состоит из нескольких логических элементов. Во введении в обязательном порядке обосновываются:

- актуальность работы (необходимо аргументировать, в силу чего именно эта проблема значима для исследования);
- характеристика степени разработанности темы (краткий обзор имеющейся научной литературы по рассматриваемому вопросу, призванный показать знакомство студента со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, оценивать ранее сделанное другими исследователями, определять главное в современном состоянии изученности темы);
- цель и задачи работы;
- объект и предмет исследования;
- методы исследования;
- теоретическая база исследования (систематизация основных источников, которые использованы для написания своей работы);
- структура работы (название глав работы и их краткая характеристика).

По объему введение занимает 1,5-2 страницы текста, напечатанного в соответствии с техническими требованиями, определенными преподавателем.

Заключение содержит краткую формулировку результатов, полученных в ходе работы, указание на проблемы практического характера, которые были выявлены в процессе исследования, а также рекомендации относительно их устранения. В заключении возможно повторение тех выводов, которые были сделаны по главам. Объем заключения - 1 - 3 страницы печатного текста.

Представление реферата преподавателю

Окончательный вариант текста реферата необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей реферата аспирант проверяет его в системе «Антиплагиат» (<http://www.antiplagiat.ru/>), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), аспирант в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

Защита реферата

При подготовке реферата к защите (если она предусмотрена) следует:

1. Составить план выступления, в котором отразить актуальность темы, самостоятельный характер работы, главные выводы и/или предложения, их краткое обоснование и практическое и практическое значение - с тем, чтобы в течение 3 - 5 минут представить достоинства выполненного исследования.

2. Подготовить иллюстративный материал: схемы, таблицы, графики и др. наглядную информацию для использования во время защиты. Конкретный вариант наглядного представления результатов определяется форматом процедуры защиты реферата.

Критерии оценивания реферата

Критерии оценивания реферата: новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста – обоснование актуальности темы; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельная интерпретация описываемых в реферате фактов и проблем – 4 балла.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (использование современной научной литературы) – 4 балла.

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; корректность цитирования – 4 балла.

Критерии оценивания публичного выступления (защита реферата): логичность построения выступления; грамотность речи и владение профессиональной терминологией; обоснованность выводов; умение отвечать на вопросы; поведение при защите работы (манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.) соблюдение требований к объёму доклада – 10 баллов.

Критерии оценивания презентации: дизайн и мультимедиа – эффекты, содержание – 4 балла.

Всего – 25 баллов.

Оценка «зачтено»

Оценка «зачтено» – реферат полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 23-25 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, присутствует новизна и самостоятельность в постановке проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, широкий диапазон и качество (уровень) используемого информационного пространства (привлечены различные источники научной информации), прослеживается наличие авторской позиции и самостоятельной интерпретации описываемых в реферате фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована полнота и глубина знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены альтернативные взгляды на рассматриваемую проблему и обосновано сбалансированное заключение; представлен критический анализ использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствии с методическими требованиями и ГОСТом, в работе соблюдены правила русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое и полное определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона гармонирует с цветом текста, всё отлично читается, использовано 3 цвета шрифта, все страницы выдержаны в едином стиле, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, звуковой фон соответствует единой концепции и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание является строго научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) усиливают эффект восприятия текстовой части информации, орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами в наиболее адекватной форме, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: выступление логично построено, выводы аргументированы, свободное владение профессиональной терминологией, в речи отсутствуют орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы, владеет различными способами привлечения и удержания внимания и интереса аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «зачтено» - реферат в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 18-22 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного

пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствии с методическими требованиями и ГОСТом, в работе имеются незначительные ошибки правил русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона хорошо соответствует цвету текста, всё можно прочесть, использовано 3 цвета шрифта, 1-2 страницы имеют свой стиль оформления, отличный от общего, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна, звуковой фон соответствует единой концепции и привлекает внимание зрителей в нужных местах - именно к информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание в целом является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) соответствуют тексту, орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки практически отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены

Критерии оценивания публичного выступления : выступление логично построено, выводы аргументированы, испытывает незначительные затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в незначительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы, владеет ограниченным набором способов привлечения внимания аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «зачтено» - реферат частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 13-17 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста частично не соответствует методическими требованиями и ГОСТу, в работе имеются ошибки правил русской орфографии и пунктуации, в целом выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), частично не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона плохо соответствует цвету текста, использовано более 4 цветов шрифта, некоторые страницы имеют свой стиль оформления, гиперссылки выделены, анимация дозирована, звуковой фон не соответствует единой концепции, но не носит отвлекающий характер, размер шрифта средний (соответственно,

объём информации слишком большой — кадр несколько перегружен), ссылки работают, содержание включает в себя элементы научности, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) в определенных случаях соответствуют тексту, есть орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки, наборы числовых данных чаще всего проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте, чаще всего, выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: в выступлении нарушено логическое построение, выводы не аргументированы, испытывает затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает краткие ответы на вопросы, в целом соблюдены этические нормы поведения при защите работы, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «не зачтено»

Оценка «не зачтено» - реферат не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-12 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы не обоснована, не сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал не систематизирован, ограниченный диапазон используемого информационного пространства (привлечен 1 источник научной информации), отсутствует авторская позиция в реферате.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата не соответствует теме, не продемонстрирована осведомленность знаний по теме, отсутствует личная оценка (вывод), представлен 1 позиция рассмотрения проблемы, заключение не обосновано, отсутствует критический обзор использованной литературы.

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста не соответствует методическими требованиями и ГОСТу, в работе выполнена с ошибками правил русской орфографии и пунктуации, не выдержана стилистическая культура научного текста, отсутствует четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона не соответствует цвету текста, использовано более 5 цветов шрифта, каждая страница имеет свой стиль оформления, гиперссылки не выделены, анимация отсутствует (или же презентация перегружена анимацией), звуковой фон не соответствует единой концепции, носит отвлекающий характер, слишком мелкий шрифт (соответственно, объём информации слишком велик — кадр перегружен), не работают отдельные ссылки, содержание не является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) не соответствуют тексту, много орфографических, пунктуационных, стилистических ошибок, наборы числовых данных не проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация не представляется актуальной и современной, ключевые слова в тексте не выделены

Критерии оценивания публичного выступления: отказывается от защиты или в выступлении нарушено логическое построение, отсутствуют выводы, не использует профессиональную терминологию, в речи допускает значительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, не отвечает на вопросы, нарушает этические нормы поведения при защите работы, не соблюдены требования к объёму доклада.

2. Методические рекомендации по написанию реферата статьи

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового документа - реферата, обладающего специфической языково-стилистической формой.

Рефератом статьи (далее - реферат) называется текст, передающий основную информацию подлинника в свернутом виде и составленный в результате ее смысловой переработки².

Основными функциями рефератов являются следующие: информативная, поисковая, индикативная, справочная, сигнальная, адресная, коммуникативная.

Информативная функция. Поскольку реферат является кратким изложением основного содержания первичного документа, главная его задача состоит в том, чтобы передавать фактографическую информацию.

Отсюда информативность является наиболее существенной и отличительной чертой реферата.

Поисковая и справочная функции. Как средство передачи информации реферат нередко заменяет чтение первичного документа. Обращаясь к рефератам, пользователь осуществляет по ним непосредственный поиск информации, причем информации фактографической. В этом проявляется поисковая функция реферата, а также функция справочная, поскольку извлекаемая из реферата информация во многом представляет справочный интерес.

Индикативная функция. Реферат должен характеризовать оригинальный материал не только содержательно, но и описательно. Путем описания обычно даются дополнительные характеристики первичного материала: его вид (книга, статья), наличие в нем иллюстраций и т.д.

Кроме того, в реферате иногда приходится ограничиваться лишь названием или перечислением отдельных вопросов содержания. Это еще одно свойство реферата, которое принято называть индикативностью.

Адресная функция. Точным библиографическим описанием первичного документа одновременно достигается то, что реферат способен выполнять адресную функцию, без чего бессмысленен документальный информационный поиск.

Сигнальная функция. Эта функция реферата проявляется, когда осуществляется оперативное информирование с помощью авторских рефератов о планах выпуска литературы, а также о существовании неопубликованных, в том числе депонированных работ.

Диапазон использования рефератов очень широк. Они применяются как в индивидуальном, так и в коллективном информационном обеспечении, проводимом в интересах научно-исследовательских работ, учебного процесса и т.д. Они же являются средством международного обмена информацией и выполняют научно-коммуникативные функции в интернациональном масштабе.

Являясь наиболее экономным средством ознакомления с первоисточником, реферат должен отразить все существенные моменты последнего и особо выделить основную мысль автора. Многообразные функции реферата в системе научных коммуникаций можно объединить в следующие основные группы: информативные, поисковые, коммуникативные. Поскольку реферат передает в сжатом виде текст первоисточника, он позволяет специалисту либо получить релевантную информацию, либо сделать вывод о том, что обращаться к первоисточнику нет необходимости.

Существует три основных способа изложения информации в реферате.

² Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5

Экстрагирование - представление информации первоисточника в реферате. Эта методика достаточно проста: референт отмечает предложения, которые затем полностью или с незначительным перефразированием переносятся в реферат-экстракт.

Перефразирование - наиболее распространенный способ реферативного изложения. Здесь имеет место частичное текстуальное совпадение с первоисточником. Перефразирование предполагает не использование значительной части сведений оригинала, а перестройку его смысловой и синтаксической структуры. Перестройка текста достигается за счет таких операций, как замещение (одни фрагменты текста заменяются другими), совмещения (объединяются несколько предложений в одно) и обобщение.

Интерпретация - это способ реферативного изложения, когда содержание первоисточника может раскрываться либо в той же последовательности, либо на основе обобщенного представления о нем. Разновидностью интерпретированных рефератов могут быть авторефераты диссертаций, тезисы докладов научных конференций и совещаний.

Для качественной подготовки реферата необходимо владеть основными приемами анализа и синтеза, знать основные требования, предъявляемые к рефератам, их структурные и функциональные особенности.

Процесс реферирования делится на пять основных этапов:

1. Определение способа охвата первоисточника, который в данном конкретном случае наиболее целесообразен, для реферирования (общее, фрагментное, аспектное и т.д.).
2. Беглое ознакомительное чтение, когда референт решает вопрос о научно-практической значимости и информационной новизне первоисточника. Анализ его вида позволяет осуществить выбор аспектной схемы изложения реферата.
3. Конструирование текста реферата, которое осуществляется с использованием приемов перефразирования, обобщения, абстрагирования и т.д. Очень редко предложения или фрагменты оригинала используются без изменения. Запись полученных в результате синтеза конструкций осуществляется в последовательности, соответствующей разработанной схеме или плану.
4. Критический анализ полученного текста с точки зрения потребителя реферата.
5. Оформление и редактирование, которые являются заключительным этапом подготовки реферата.

Все, что в первичном документе не заслуживает внимания потребителя реферата, должно быть опущено. Так, в реферат не включаются:

- общие выводы, не вытекающие из полученных результатов;
- информация, не понятная без обращения к первоисточнику;
- общеизвестные сведения;
- второстепенные детали, избыточные рассуждения;
- исторические справки;
- детальные описания экспериментов и методик;
- сведения о ранее опубликованных документах и т. д.

Приемы составления реферата позволяют обеспечить соблюдение основных методических принципов реферирования: адекватности, информативности, краткости и достоверности.

Хотя реферат по содержанию зависит от первоисточника, он представляет собой новый, самостоятельный документ. Общими требованиями к языку реферата являются точность, краткость, ясность, доступность.

По своим языковым и стилистическим средствам реферат отличается от первоисточника, поскольку референт использует иные термины и строит предложения в соответствии со стилем реферата. Наряду с сообщением могут использоваться перифразы. Вместе с тем в ряде случаев стилистика реферата может совпадать с первоисточником, что особенно характерно для расширенных рефератов.

Изложение реферата должно обеспечивать наибольшую семантическую адекватность, семантическую эквивалентность, краткость и логическую последовательность. Для этого

необходимы определенные лексические и грамматические средства. Адекватность и эквивалентность достигаются за счет правильного употребления терминов, краткость - за счет экономной структуры предложений и использования терминологической лексики.

Быстрое и адекватное восприятие реферата обеспечивается употреблением простых законченных предложений, имеющих правильную грамматическую форму. Громоздкие предложения затрудняют понимание реферата, поэтому сложные предложения, как правило, расчленяются на ряд простых при сохранении логических взаимоотношений между ними путем замены соединительных слов, например, местоимениями.

Широко используются неопределенно-личные предложения без подлежащего. Они концентрируют внимание читающего только на факте, усиливая тем самым информационно-справочную значимость реферата.

Реферату, как одному из жанров научного стиля, присущи те же семантико-структурные особенности, что и научному стилю в целом: объективность, однозначность, логичность изложения, безличная манера повествования, широкое использование научных терминов, абстрактной лексики и т.д. В то же время этот жанр имеет и свою специфику стиля: фактографичность (констатация фактов), обобщенно-отвлеченный характер изложения, предельная краткость, подчеркнутая логичность, стандартизация языкового выражения.

Рефераты делятся на информативные (реферат-конспект), индикативные, указательные (реферат-резюме) и обзорные (реферат-обзор)³. В основу их классификации положена степень аналитико-синтетической переработки источника.

Информативные рефераты включают в себя изложение (в обобщенном виде) всех основных проблем, изложенных в первоисточнике, их аргументацию, основные результаты и выводы, имеющие теоретическую и практическую ценность.

Индикативные рефераты указывают только на основные моменты содержания первоисточника. Их также называют реферативной аннотацией.

Научные рефераты отражают смысловую сторону образно-тематического содержания. В его основе лежат такие мыслительные операции, как обобщение и абстракция.

Реферат-резюме направлен на перечисление основных проблем источника без содержания доказательств.

Реферат, независимо от его типа, имеет единую структуру:

- название реферируемой работы (или выходные данные);
- композиция реферируемой работы;
- главная мысль реферируемого материала;
- изложение содержания;
- выводы автора по реферируемому материалу.

Обычно в самом первоисточнике главная мысль становится ясной лишь после прочтения всего материала, в реферате же с нее начинается изложение содержания, она предшествует всем выводам и доказательствам. Такая последовательность изложения необходима для того, чтобы с самого начала сориентировать читателя относительно основного содержания источника и его перспективной ценности. Выявление главной мысли источника становится весьма ответственным делом референта и требует от него вдумчивого отношения к реферируемому материалу. Иногда эта главная мысль самим автором даже не формулируется, а лишь подразумевается. Референту необходимо суметь сжато ее сформулировать, не внося своих комментариев.

Содержание реферируемого материала излагается в последовательности первоисточника по главам, разделам, параграфам. Обычно дается формулировка вопроса, приводится вывод по этому вопросу и необходимая цепь доказательств в их логической последовательности.

³ Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. - 368с.

Следует иметь в виду, что иногда выводы автора не вполне соответствуют главной мысли первоисточника, так как могут быть продиктованы факторами, выходящими за пределы излагаемого материала. Но в большинстве случаев выводы автора вытекают из главной мысли, выявление которой и помогает их понять.

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств представлен в таблице 1.

Таблица 1

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств

Смысловые части реферата	Используемые языковые средства
1. Название реферируемой работы (или выходные данные)	- В. Вильсон. Наука государственного управления // Классики теории государственного управления: американская школа. Под ред. ДЖ. Шафритца, А. Хайда. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – с. 24-42.; - Статья называется (носит название, озаглавлена)
2. Композиция реферируемой работы	- Статья <ul style="list-style-type: none"> • состоит из..... • делится на • начинается с..... • кончается (чем?) - В статье можно выделить две части.....
3. Проблематика и основные положения работы	- Статья <ul style="list-style-type: none"> • посвящена теме (проблеме, вопросу) • представляет собой анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) - Автор статьи <ul style="list-style-type: none"> • ставит (рассматривает, освещает, поднимает, затрагивает) следующие вопросы (проблемы) • особо останавливается (на чем?) • показывает значение (чего?) • раскрывает сущность (чего?) • обращает внимание (на что?) • уделяет внимание (чему?) • касается (чего?) - В статье <ul style="list-style-type: none"> • рассматривается (что?) • анализируется (что?) • делается анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) (чего?) • раскрывается, освещается вопрос... • обобщается (что?) • отмечается важность (чего?) • касается (чего?)..... - В статье <ul style="list-style-type: none"> • показано (что?) • уделено большое внимание (чему?) • выявлено (что?) • уточнено (что?)
4. Аргументация основных положений работы	- Автор <ul style="list-style-type: none"> • приводит примеры (факты, цифры, данные) • иллюстрирует это положение • подтверждает (доказывает, аргументирует) свою точку зрения примерами (данными)... - в подтверждение своей точки зрения автор приводит доказательства (аргументы, ряд доказательств, примеры, иллюстрации, данные, результаты наблюдений)... - Для доказательств своих положений автор описывает <ul style="list-style-type: none"> • эксперимент • в ходе эксперимента автор привлекал ...

5. Выводы, заключения	<ul style="list-style-type: none"> • выполненные исследования показывают... • приведенные наблюдения (полученные данные) приводят к выводу (позволяют сделать выводы).. • из сказанного можно сделать вывод, что • анализ результатов свидетельствует ... <p>- На основании проведенных наблюдений (полученных данных, анализ результатов)</p> <ul style="list-style-type: none"> • был сделан вывод (можно сделать заключение) • автор приводит выводы
-----------------------	--

Реферат может содержать комментарий референта, только в том случае, если референт является достаточно компетентным в данном вопросе и может вынести квалифицированное суждение о реферируемом материале. В комментарий входят критическая характеристика первоисточника, актуальность освещенных в нем вопросов, суждение об эффективности предложенных решений, указание, на кого рассчитан реферируемый материал.

Комментарий реферата может содержать оценку тех или иных положений, высказываемых автором реферируемой работы. Эта оценка чаще всего выражает согласие или несогласие с точкой зрения автора. Языковые средства, которые используются при этом, рассмотрены в таблице 2.

Таблица 2

Языковые средства, используемых при оценке те положений, высказываемых автором реферируемой работы

Смысловые части комментария	Используемые языковые средства
Смысловые части комментария	<p>- Автор</p> <ul style="list-style-type: none"> • справедливо указывает • правильно подходит к анализу (оценке) • убедительно доказывает • отстаивает свою точку зрения • критически относится к работам предшественников <p>- Мы</p> <ul style="list-style-type: none"> • разделяем точку зрения (мнения, оценку) автора • придерживаемся подобного же мнения ... • критически относимся к работам предшественников <p>- Можно согласиться с автором, что</p> <p>- Следует признать достоинства такого подхода к решению</p>
Несогласие (отрицательная оценка)	<p>- Автор</p> <ul style="list-style-type: none"> • не раскрывает содержания (противоречий, разных точек зрения) ... • противоречит себе (известным фактам) • игнорирует общеизвестные факты • упускает из вида • не критически относится к высказанному положению • не подтверждает сказанное примерами.... <p>- Мы</p> <ul style="list-style-type: none"> • придерживаемся другой точки зрения (другого, противоположного мнения) • не можем согласиться (с чем?) ... • трудно согласиться с автором (с таким подходом к решению проблемы, вопроса, задачи) • можно выразить сомнение в том, что • дискуссионно (сомнительно, спорно) , что • к недостаткам работы можно отнести

В реферате могут быть использованы цитаты из реферируемой работы. Они всегда ставятся в кавычки. Следует различать три вида цитирования, при этом знаки препинания ставятся, как в предложениях с прямой речью.

1. Цитата стоит после слов составителя реферата. В этом случае после слов составителя реферата ставится двоеточие, а цитата начинается с большой буквы. Например: Автор статьи утверждает: «В нашей стране действительно произошел стремительный рост национального самосознания».

2. Цитата стоит перед словами составителя реферата. В этом случае после цитаты ставится запятая и тире» а слова составителя реферата пишутся с маленькой буквы. Например: «В нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания», - утверждает автор статьи.

3. Слова составителя реферата стоят в середине цитаты. В этом случае перед ними и после них ставится точка с запятой. Например: «В нашей стране, - утверждает автор статьи, - действительно стремительный рост национального самосознания».

4. Цитата непосредственно включается в слова составителя реферата. В этом случае (а он является самым распространенным в реферате) цитата начинается с маленькой буквы. Например: Автор статьи утверждает, что «в нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания».

3. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации⁴. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

⁴ Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливаются заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один-два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода *case-study*. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффективна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповой и индивидуальной. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного анализа (правильность предложений, подготовленность, аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющих в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

4. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

Требования к составлению тестовых заданий

Тестовое задание (ТЗ) - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

1. Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.
2. Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.
3. Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.
4. Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

Требования к формам ТЗ

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.

Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

Тестовое задание закрытой формы

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом

количестве часто бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

Тестовое задание открытой формы

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

Тестовые задания на установление правильной последовательности

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

Тестовые задания на установление соответствия

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

Доклад (или отчёт) – один из видов монологической речи, публичное, развёрнутое, официальное, сообщение по определённом вопросу, основанное на привлечении документальных данных.

Обычно любая научная работа заканчивается докладом на специальном научном семинаре, конференции, где участники собираются, чтобы обсудить научные проблемы. На таких семинарах (конференциях) всегда делается доклад по определённой теме. Доклад содержит все части научного отчёта или статьи. Это ответственный момент для докладчика. Здесь проверяются знание предмета исследования, способности проводить эксперимент и объяснять полученные результаты. С другой стороны, люди собираются, чтобы узнать что-то новое для себя. Они тратят своё время и хотят провести время с пользой и интересом. После выступления докладчика слушатели обязательно задают вопросы по теме выступления, и докладчику необходимо научиться понимать суть различных вопросов. Кроме того, на семинаре задача обсуждается, рассматривается со всех сторон, и бывает, что автор узнаёт о своей работе много нового. Часто возникают интересные идеи и неожиданные направления исследований. Работа становится более содержательной. Следовательно, доклад необходим для развития самой науки и для студентов. В этом состоит главное предназначение доклада.

На студенческом семинаре (конференции) всегда подводится итог, делаются выводы, принимается решение или соответствующее заключение. Преподаватель (жюри) выставляет оценку за выполнение доклада и его предьявление, поскольку в учебном заведении данная форма мероприятия является обучающей. Оценки полезно обсуждать со студентами: это помогает им понять уровень их собственных работ. С лучшими сообщениями, сделанными на семинарах, студенты могут выступать впоследствии на студенческих конференциях. Поэтому каждому студенту необходимо обязательно предварительно готовить доклад и учиться выступать публично.

Непосредственная польза выступления студентов на семинаре (конференции) состоит в следующем.

1. Выступление позволяет осуществлять поиск возможных ошибок в постановке работы, методике исследования, обобщении полученных результатов, их интерпретации. Получается, что студенты помогают друг другу улучшить работу. Что может быть ценнее?

2. Выступление дает возможность учиться излагать содержание работы в короткое время, схватывать суть вопросов и толково объяснять существо. Следовательно, учиться делать доклад полезно для работы в любой области знаний.

3. На семинаре (конференции) докладчику принято задавать вопросы. Студентам следует знать, что в научной среде не принято осуждать коллег за заданные в процессе обсуждения вопросы. Однако вопросы должны быть заданы по существу проблемы, исключать переход на личностные отношения. Публичное выступление позволяет студентам учиться корректно, лаконично и по существу отвечать на вопросы, демонстрировать свои знания.

Требования к подготовке доклада

Доклад может иметь форму публичной лекции, а может содержать в себе основные тезисы более крупной работы (например, реферата, курсовой, дипломной работы, научной статьи). Обычно от доклада требуется, чтобы он был:

- точен в части фактического материала и содержал обоснованные выводы;
- составлен с учетом точки зрения адресата;
- посвящен проблемам, непосредственно относящимся к определенной теме;

- разделен на части, логично построенные;
- достаточно обширен, чтобы исчерпать заявленную тему доклада, но не настолько, чтобы утомлять адресата;
- интересно написан и легко читался (слушался);
- понятен, нагляден и привлекателен по оформлению.

Как правило, доклад содержит две части: текст и иллюстрации. Представление рисунков, таблиц, графиков должно быть сделано с помощью компьютера. Компьютер - идеальный помощник при подготовке выступления на семинаре (конференции). Каждая из частей доклада важна. Хорошо подготовленному тексту всегда сопутствует хорошая презентация. Если докладчик не нашёл времени хорошо подготовить текст, то у него плохо подготовлены и иллюстрации. Это неписаное правило.

Доклад строится по определённой схеме. Только хорошая система изложения даёт возможность логично, взаимосвязано, кратко и убедительно изложить результат. Обычно участники конференции знают, что должно прозвучать в каждой части выступления. В мире ежегодно проходят тысячи семинаров, сотни различных конференций, технология создания докладов совершенствуется. Главное - говорить о природе явления, о процессах, проблемах и причинах Вашего способа их решения, аргументировать каждый Ваш шаг к цели.

На следующие вопросы докладчику полезно ответить самому себе при подготовке выступления, заблаговременно (хуже, если подобные вопросы возникнут у слушателей в процессе доклада). Естественно, отвечать целесообразно честно...

1. Какова цель выступления?

Или: «Я, автор доклада, хочу...»:

- информировать слушателей о чем-то;
- объяснить слушателям что-то;
- обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т.п.) со слушателями;
- спросить у слушателей совета;
- сделать себе PR;
- пожаловаться слушателям на что-то (на жизнь, ситуацию в стране и т.п.).

Т.е. ради чего, собственно, затевается выступление? Если внятного ответа на Вопрос нет, то стоит задуматься, нужно ли такое выступление?

2. Какова аудитория?

На кого рассчитано выступление:

- на студентов;
- на клиента (-ов);
- на коллег-профессионалов;
- на конкурентов;
- на присутствующую в аудитории подругу (друзей)?

3. Каков объект выступления?

О чем собственно доклад, что является его «ядром»:

- одна модель;
- серия моделей;
- динамика изменения модели (-ей);
- условия применения моделей;
- законченная методика;
- типовые ошибки;
- прогнозы;
- обзор, сравнительный анализ;
- постановка проблемы, гипотеза;
- иное?

Естественно, качественный доклад может касаться нескольких пунктов из приведенного списка...

4. Какова актуальность доклада?

Или: почему сегодня нужно говорить именно об этом?

5. В чем заключается новизна темы?

Или: если заменить многоумные и иноязычные термины в тексте доклада на обычные слова, то не станет ли содержание доклада банальностью?

Ссылается ли автор на своих предшественников? Проводит ли сравнение с существующими аналогами?

Стоит заметить, что новизна и актуальность - разные вещи. Новизна характеризует насколько ново содержание выступления по сравнению с существующими аналогами. Актуальность - насколько оно сейчас нужно. Бесспорно, самый выигрышный вариант - и ново, и актуально. Неплохо, если актуально, но не ново. Например, давняя проблема, но так никем и не решенная. Терпимо, если не актуально, но ново - как прогноз. Пример: сделанный Д.И. Менделеевым в XIX веке прогноз, что в будущем дома будут не только обогревать, но и охлаждать (кондиционеров тогда и вправду не знали).

Но если и не ново и не актуально, то нужно ли кому-то такое выступление?

6. Разработан ли автором план (структура и логика) выступления?

Есть ли логичная последовательность авторской мысли? Или же автор планирует свой доклад в стиле: «чего-нибудь наболтаю, а наглядный материал и вопросы слушателей как-нибудь помогут вытянуть выступление...?»

Есть ли выводы с четкой фиксацией главного и нового? Как они подводят итог выступлению?

7. Наглядная иллюстрация материалов

Нужна ли она вообще, и если да, то, что в ней будет содержаться? Отражает ли она логику выступления?

Иллюстрирует ли сложные места доклада?

Важно помнить: иллюстративный материал не должен полностью дублировать текст доклада. Слушатель должен иметь возможность записывать: примеры, дополнения, подробности, свои мысли... А для этого необходимо задействовать как можно больше видов памяти. Гигантской практикой образования доказано: материал усваивается лучше, если зрительная и слуховая память подкрепляются моторной. Т.е. надо дать возможность слушателям записывать, а не только пассивно впитывать материал.

Следует учитывать и отрицательный момент раздаточных материалов: точное повторение рассказа докладчика. Или иначе: если на руках слушателей (в мультимедийной презентации) есть полный письменный текст, зачем им нужен докладчик? К слову сказать, часто красивые слайды не столько иллюстрируют материал, сколько прикрывают бедность содержания...

8. Корректные ссылки

Уже много веков в научной среде считается хорошим тоном указание ссылок на первоисточники, а не утаивание их.

9. Что останется у слушателей:

- раздаточный или наглядный материал: какой и сколько?
- собственные записи: какие и сколько? И что сделано автором по ходу доклада для того, чтобы записи слушателей не исказили авторский смысл?
- в головах слушателей: какие понятия, модели, свойства и условия применения были переданы слушателям?

Требования к составлению доклада

Полезно придерживаться следующей схемы составления доклада на семинаре (конференции).

Время Вашего доклада ограничено, обычно на него отводится 5-7 минут. За это время докладчик может успеть зачитать в темпе обычной разговорной речи текст объёмом

не более 3-5-и листов формата А4. После доклада - вопросы слушателей и ответы докладчика (до 3 минут). Полное время Вашего выступления - не более 10-и минут.

Сначала должно прозвучать название работы и фамилии авторов. Обычно название доклада и авторов произносит руководитель семинара (председатель конференции). Он представляет доклад, но допустим и такой вариант, при котором докладчик сам произносит название работы и имена участников исследования. Потраченное время - примерно 30 с.

Следует знать, что название - это краткая формулировка цели. Поэтому название должно быть конкретным и ясно указывать, на что направлены усилия автора. Если в названии менее 10-и слов - это хороший тон. Если больше - рекомендуется сократить. Так советуют многие международные журналы. В выступлении можно пояснить название работы другими словами. Возможно, слушатели лучше Вас поймут, если Вы скажете, какое явление исследуется, что измеряется, что создаётся, разрабатывается или рассчитывается. Максимально ясно покажите, что именно Вас интересует.

Введение (до 1 мин)

В этой части необходимо обосновать необходимость проведения исследования и его актуальность. Другими словами, Вы должны доказать, что доклад достоин того, чтобы его слушали. Объясните, почему важно исследовать данное явление. Расскажите, чем интересен выбранный объект с точки зрения науки, заинтересуйте своих слушателей темой Вашего исследования.

Скажите, кто и где решал подобную задачу. Укажите сильные и слабые стороны известных результатов. Учитывайте то, что студенту необходимо учиться работать с литературой, анализировать известные факты. Назовите источники информации, Ваших предшественников по имени, отчеству и фамилии и кратко, какие ими были получены результаты. Обоснуйте достоинство Вашего способа исследования в сравнении с известными результатами. Учтите, что студенческое исследование может быть и познавательного характера, то есть можно исследовать известный науке факт. Поясните, чем он интересен с Вашей точки зрения. Ещё раз сформулируйте цель работы и покажите, какие задачи необходимо решить, чтобы достигнуть цели. Что нужно сделать, создать, решить, вычислить? Делите целое на части - так будет понятнее и проще.

Методика исследования (до 30 сек.)

Методика, или способ исследования, должна быть обоснована. Поясните, покажите преимущества и возможности выбранной Вами методики при проведении экспериментального исследования.

Теоретическая часть (до 1 мин)

Эта часть обязательна в докладе. Редкий случай, когда можно обойтись без теоретического обоснования предстоящей работы, ведь экспериментальное исследование должно базироваться на теории. Здесь необходимо показать сегодняшний уровень Вашего понимания проблемы и на основании теории попытаться сформулировать постановку задачи. Покажите только основные соотношения и обязательно дайте комментарий. Скажите, что основная часть теории находится в содержании работы (реферате).

Экспериментальная часть (для работ экспериментального типа) (1,5-2 мин.)

Покажите и объясните суть проведённого Вами эксперимента. Остановитесь только на главном, основном. Второстепенное оставьте для вопросов.

Результаты работы (до 1 мин.)

1. Перечислите основные, наиболее важные, на Ваш взгляд, результаты работы.
2. Расскажите, как он был получен, укажите его характерные особенности.
3. Поясните, что Вы считаете самым важным и почему.
4. Следует ли продолжать исследование, и, если да, то в каком направлении?
5. Каким результатом можно было бы гордиться? Остановитесь на нём подробно.
6. Скажите, что следует из представленной вами информации.

7. Покажите, удалось ли разобраться в вопросах, сформулированных при постановке задачи. Обязательно скажите, достигнута ли цель работы. Закончено ли исследование?

8. Какие перспективы?

9. Покажите, что результат Вам нравится.

Выводы (до 1 мин.)

Сжато и чётко сформулируйте выводы. Покажите, что твёрдо установлено в результате проведённого теоретического или экспериментального исследования. Что удалось надёжно выяснить? Какие факты заслуживают доверия?

Завершение доклада

Поблагодарите всех за внимание. Помните: если Вы закончили свой доклад на 15 секунд раньше, все останутся довольны и будут ждать начала вопросов и дискуссию. Если Вы просите дополнительно ещё 3 минуты, Вас смогут потерпеть. Это время могут отнять от времени для вопросов, где Вы могли бы показать себя с хорошей стороны. Поэтому есть смысл предварительно хорошо "вычитать" (почти выучить) доклад. Это лучший способ научиться управлять временем.

Требования к предъявлению доклада во время выступления

Докладчику следует знать следующие приёмы, обеспечивающие эффективность восприятия устного публичного сообщения.

Приемы привлечения внимания

1. Продуманный первый слайд презентации.
2. Обращение.
3. Контакт глаз.
4. Позитивная мимика.
5. Уверенная пантомимика и интонация.
6. Выбор места.

Приемы привлечения интереса

В формулировку актуальности включить информацию о том, в чём может быть личный интерес слушателей, в какой ситуации они могут его использовать?

Приемы поддержания интереса и активной мыслительной деятельности слушателей

1. Презентация (образы, схемы, диаграммы, логика, динамика, юмор, оформление).
2. Соответствующая невербальная коммуникация (все составляющие!!!).
3. Речь логичная, понятная, средний темп, интонационная выразительность.
4. Разговорный стиль.
5. Личностная вовлеченность.
6. Образные примеры.
7. Обращение к личному опыту.
8. Юмор.
9. Цитаты.
10. Временное соответствие.

Приемы завершения выхода из контакта

- обобщение;
- метафора, цитата;
- побуждение к действию.

6. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучать лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии ⁵.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

⁵ Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)⁶.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

7. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

⁶Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]:
http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

8. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (курсового проекта)

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна состояться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта) студентом.

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы (проекта).

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится в университете при наличии у студента курсовой работы (проекта), рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проект) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

9. Работа с источником

Чтение источника (книги, статьи, отчета и т.п.) рекомендуется осуществлять в два этапа:

I этап — ознакомительное чтение;

II этап — основное чтение с записями.

Первый этап – это предварительное ознакомление с источником (книгой, отчетом, статьей и т.д.).

Ознакомление должно дать ответ – представляет ли источник интерес, и если да, то в чем, какими методами его можно обработать.

Второй этап – основное чтение источника и записи. Запись – наиболее эффективный путь усвоения информации. Это связано с тем, что она представляет (должна представлять) творческий процесс анализа содержания источника, определение наиболее существенного в информации, содержащейся в источнике, и отбор самого важного для того, чтобы дать эту информацию в сжатом ("свернутом") виде.

Важными факторами при проработке литературы (особенно нового текста) являются настойчивость и систематичность. Последовательное, систематическое, аналитическое чтение облегчает усвоение прорабатываемого материала.

При записи используется не только зрительная, но и двигательная память. Формы

Критерии оценки для работы с источником

Оценка

Результат освоения

5 -если представлена интересная актуальная информация, сопровождаемая презентацией;

4 - если информация представлена актуальная, но презентация не вполне презентабельна;

3 -если информация не вполне актуальна, презентация отсутствует;

2 - если информация не актуальна, не представлена презентация.

Составление опорных конспектов

Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

Критерии оценивания при составлении опорного конспекта

Оценка «5» - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление, объем - 4 тетрадные страницы;

Оценка «4» - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе, объем – 4 тетрадные страницы;

Оценка «3» - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление, объем менее 4 страниц;

Оценка «2» - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление, объем менее 2 страниц.

10. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятым, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными

элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды

целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неусттомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочесть материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;

- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.
2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>
3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолГГУ, Волгоград, 2006. - С.5.
5. Методические рекомендации по написанию

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А. Уповов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б..27.02 СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Специальность

21.04.04 Горное дело

Специализация

№ 4 Маркшейдерское дело

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Белов С.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Горной механики

Зав.кафедрой _____

Макаров Н.В.

Протокол № 173 от 16.03..2020

Рассмотрена методической комиссией
горно-механического факультета

Председатель _____

В.П. Барановский

Протокол № 7 от 20.03.2020

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) Ошибка! Закладка не определена.	
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	7
Подготовка к зачёту	7
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе,
выполнению контрольных и практических работ по дисциплине
«Технология и безопасность взрывных работ»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-
технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению
контрольных и практических работ по дисциплине
«Технология и безопасность взрывных работ»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»*

*Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.*

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Технология и безопасность взрывных работ».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Азанов М.А.,
© Прищепа Д. В.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	19
Практико-ориентированное задание №1	19
Практико-ориентированное задание №2	23
Практико-ориентированное задание №3	26
Практико-ориентированное задание №4	30
Практико-ориентированное задание №5	32

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Технология и безопасность взрывных работ» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы.* Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

Тема 4. Вращательный способ бурения.

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий подачи на инструмент.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

Тема 6. Шарошечное бурение.

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсibilизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

Литература: [1, 2, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

Тема 11. Основные положения теории детонации.

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

Тема 14. Работа взрыва.

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

Тема 17. Действие взрыва.

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Отрадите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

Литература: [1, 2, 4, 6]

Контрольные вопросы:

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства гранулолола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

Тема 22. Методы производства взрывных работ.

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным способом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержания метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, зарядание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном зарядании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному q_0 , с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывания зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

Тема 27. Метод камерных зарядов.

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

Тема 30. Персонал для взрывных работ.

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептов промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептов промышленных взрывчатых веществ.

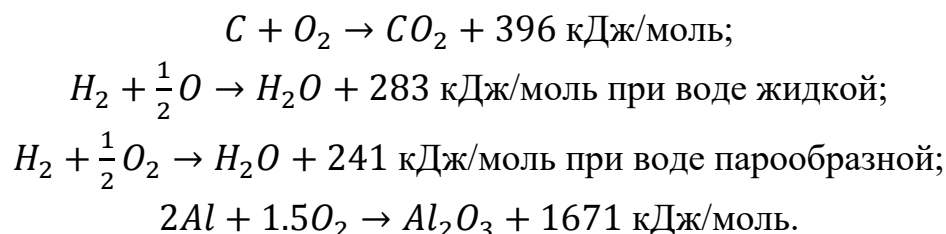
Краткая теория

Определение кислородного баланса

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:



Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_6 = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot 16}{M_{ВВ}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; $M_{ВВ}$ – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

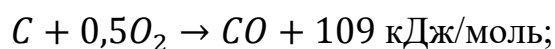
нулевой кислородный баланс;
при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.



либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции



Пример 1. Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16,5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{[6 - (2 \cdot 7 + \frac{5}{2})] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

Пример 2. Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры NH_4NO_3 и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0,3 \cdot 20 + 0,7 \cdot -74 = -45,5\%.$$

Составление рецептуры промышленных ВВ

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделяться не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[КБ_{ДТ}]}{[КБ_{АС}]},$$

где $КБ_{ДТ}$ – кислородный баланс дизельного топлива;

$КБ_{АС}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1 + n},$$
$$x = \frac{100}{1 + 16} = 5,9 \text{ \%}.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5,9 = 94,1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

94,1% аммиачной селитры; 5,9% дизельного топлива.

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) и тротила ($\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$).

Кислородный баланс тротила -74% , относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры $+20\%$, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x(-74\%) + (100 - x) 20\% = 0,$$

где x – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через y , число молей тротила через z . Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10,7z.$$

Приняв $z = 1$, получим $y = 10,7$.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид



Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры NH_4NO_3 ; 3% солярового масла $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x , аммиачной селитры y , алюминиевой пудры z , можно написать химическую формулу в виде

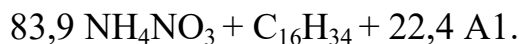


В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3}; \quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда $y = 83,9x$; $z = 22,4x$.

Примем $x = 1$, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид



Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Краткая теория

Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями (dQ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравнивается противодействием среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$A_{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от T_1 до T_2 ;

T_1 - начальная температура взрыва;

T_2 - конечная температура ПВ.

Для газовых взрывааемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида $pV^y = \text{const}$, пользуясь уравнением Клайперона ($PV = RT$), получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{взр}$ - потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

V_1 и V_2 - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м³/кг;

P_1 и P_2 - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = C_p/C_v$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета A_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе ($P_2 = 1,01 \cdot 10^5$ Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{1,01 \cdot 10^5}{P_{ПВ}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{взр} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \quad (2.10)$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \quad (2.11)$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (Π) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $y = C_p/C_v$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то $y = 1,25$. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то $y = 1,2$. Величина y снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, Al₂O₃ и др.). В этих случаях $y = 1,15$, и $1,05$.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м³ и следующих параметрах взрывного превращения:

$$V_{\text{нв}} = 0,86 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$Q_{\text{взр}} = 4300 \text{ кДж/кг};$$

$$T_{\text{взр}} = 2600^\circ \text{ К}.$$

Для расчета показатель адиабаты принимается $y=1,25$. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1,01 * 10^5 * 0,86 * 2600 * 900}{273 * (1 - 0,001 * 0,86 * 900)} = 3,3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1,01 * 10^5}{P_{\text{ПВ}}} \right)^{\frac{y-1}{y}} \right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1,01 * 10^5}{3,3 * 10^9} \right)^{\frac{1,25-1}{1,25}} \right) = 3762,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762,2}{4300} = 0,875$$

или $\eta = 87,5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ при использовании скважинной отбойки при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости $f > 14-16$ наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

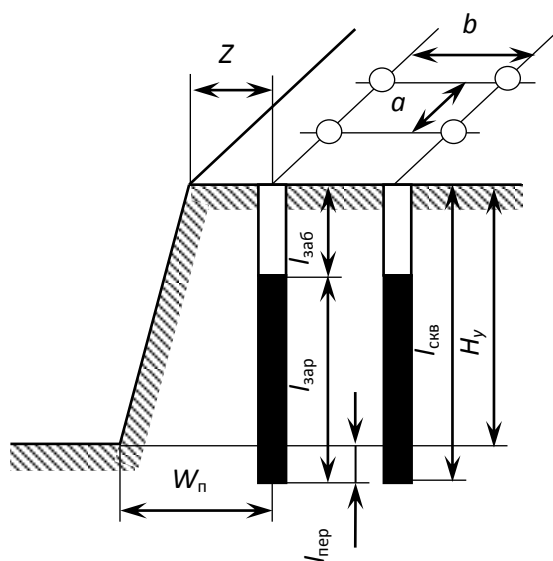


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

H_y – высота уступа, м;

W_n – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);

a – расстояние между скважинами, м;

b – расстояние между рядами скважин, м;

Z – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м;

$l_{зар}$ – длина заряда, м;

$l_{пер}$ – длина перебура, м;

$l_{заб}$ – длина забойки, м;

$l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м;

α – угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

Эталонный удельный расход ВВ, кг/м³

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород f по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 - 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

Реальный удельный расход ВВ рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_p = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2,6}, \quad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м³;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \quad (3.2)$$

$A_{эт} = 3560$ кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – плотность горных пород, т/м³.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска k_d

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Диаметр заряда определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{\text{СКВ}}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{\text{зар}} = k_p d_{\text{СКВ}}, \quad (3.3)$$

где $k_p = 1,06 - (f - 2) 0,003$ – коэффициент расширения скважин.

Удельная вместимость 1 м скважины:

$$P = 0,785 \cdot d_{\text{зар}}^2 \cdot \Delta, \quad (3.4)$$

где Δ , кг/м^3 – плотность заряда в скважине.

Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_{\text{п}} = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p}}, \quad (3.5)$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве (W_{min}) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{\text{min}} = H_y \text{ctg } \alpha + Z, \quad (3.6)$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

Z – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_{\text{п}}$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{\text{min}} < W_{\text{п}}. \quad (3.7)$$

Если значения $W_{\text{min}} > W_{\text{п}}$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

Глубина перебура:

$$l_{\text{пер}} = (10 \div 15) \cdot d_{\text{СКВ}} \quad (3.8)$$

Глубина забойки:

$$l_{\text{заб}} = (20 \div 35) \cdot d_{\text{СКВ}} \quad (3.9)$$

Глубина скважины:

$$l_{\text{СКВ}} = H_y + l_{\text{пер}} \quad (3.10)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = mW_{\text{п}}, \quad (3.11)$$

где $m = 0,8 - 1,4$ - коэффициент сближения скважин; меньшее значение m принимается для крепких пород.

Расстояние между рядами скважин:

$$b = (0,9-1,0)W_{\text{п}}. \quad (3.12)$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = q_p \cdot a \cdot W_{\text{п}} \cdot H_y \quad (3.13)$$

Длина заряда:

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}. \quad (3.14)$$

Задание: рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

Цель работы – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{\text{разл}} = 1250 \cdot h_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{\text{заб}}} \cdot \frac{d}{a}} \quad (4.1)$$

где h_3 – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_3 = \frac{l_{\text{зар}}}{l_c}, \quad (4.2)$$

$l_{\text{зар}}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{\text{зар}}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

h_3 – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_3 = \frac{l_{\text{заб}}}{l_n}, \quad (4.3)$$

$l_{\text{зар}}$ – длина забойки, м;

l_n – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

d – диаметр взрывающей скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

**Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при
взрывных работах**

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

Практико-ориентированное задание №5

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

Краткая теория

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

5.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и

расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

5.2. Определение параметров буровзрывных работ

5.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород f	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Граммонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизи- рованный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизи- рованный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП-5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водораспыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непридохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м ³	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м ³	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Ионит	1482	1000-1200	1704	0,44	–	–	36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

* Плотность при механизированном зарядании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

Электродетонаторы для шахт и рудников

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непригодные для нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непригодные для пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение неперехранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИЗ служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИЗ заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИЗ	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

Примечание. Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Иницирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

- врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;
- врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м ²	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимальной возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки (B) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 B , применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м²) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород f	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки (m^2)		Угол наклона шпуров к плоскости забоя α , град.
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1,25 \sqrt{e} \cdot d_3/d, \quad (5.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

d_3 – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0,25B \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 0,3, \quad (5.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

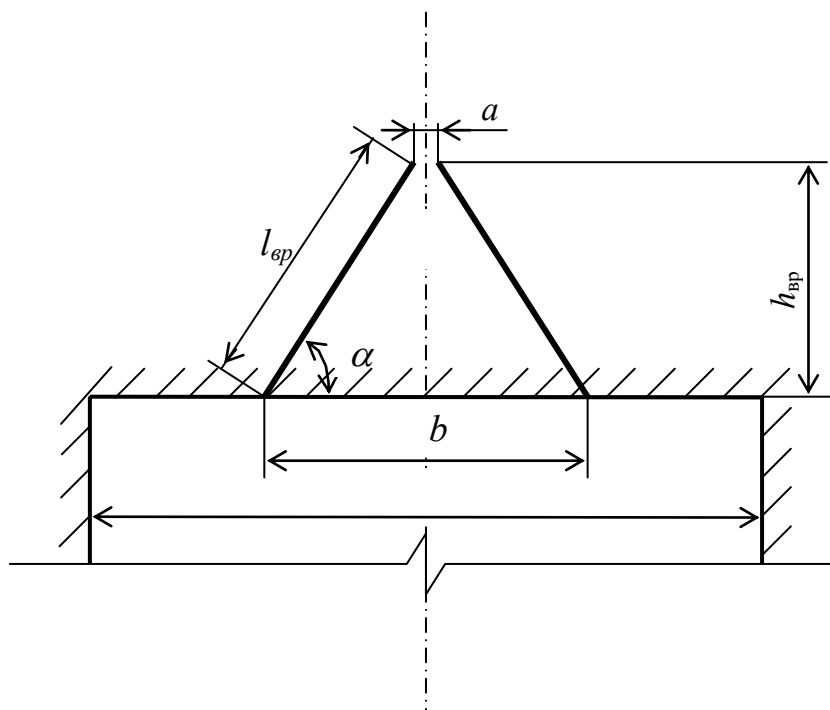


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (5.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (5.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2 h_{вр} / \operatorname{tg} \alpha + a, \quad (5.5)$$

где a – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород $a = 0,15-0,2$ м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обурирования вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров α .

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный a ; щелевой b ; спиральный c и двойной спиральный d .

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуrom (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуrom или серией шпуров (пробивное расстояние W_1) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние W_1 , определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния W_1 учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первоначального

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрывааемых вторыми и последующими во врубе (W_1, W_2, W_3 и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

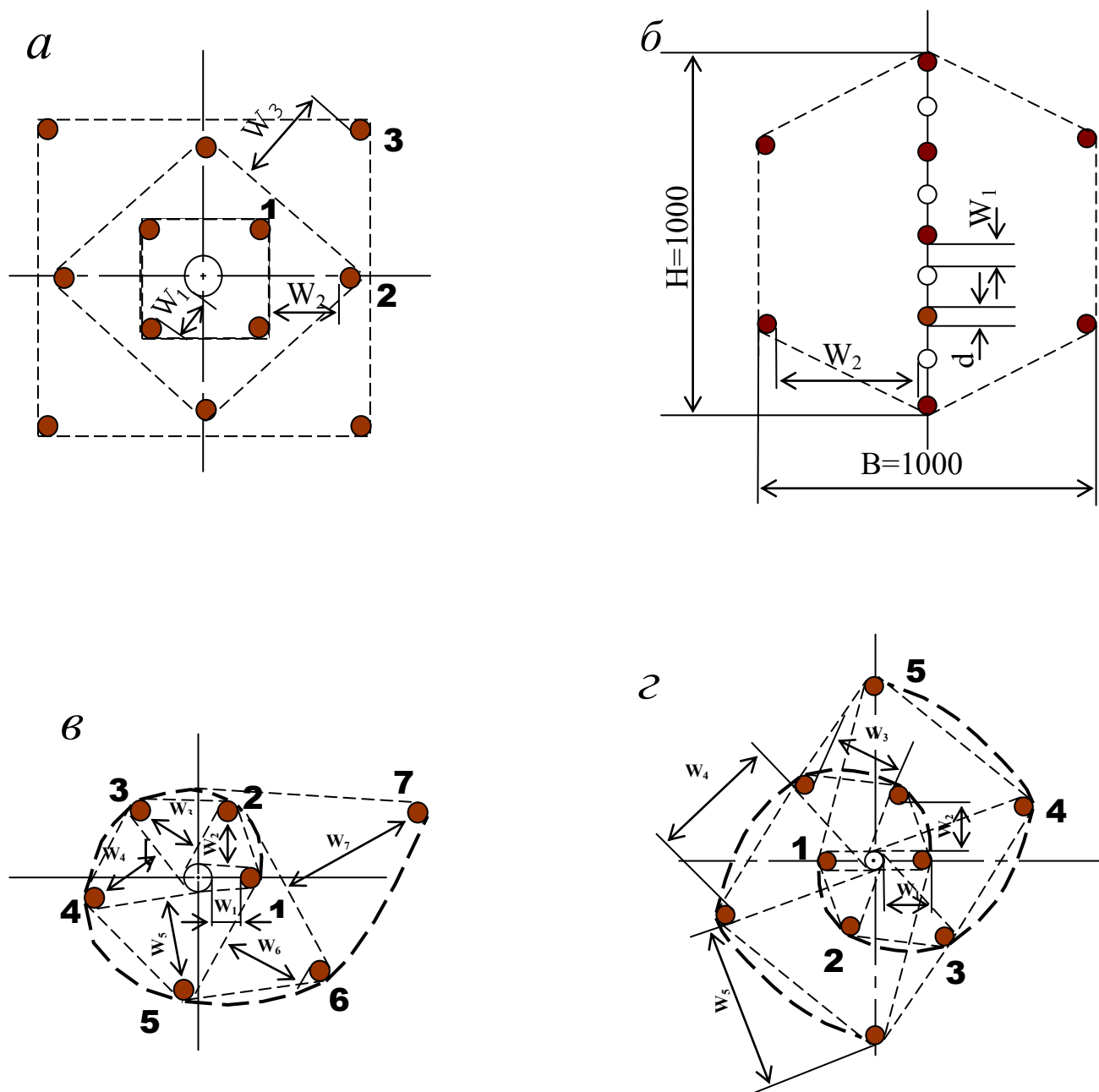


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
a – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Пробивные расстояния W_1 , мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x , мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрывааемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0,8 \cdot (W_1 + D_x + d), \quad (5.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

D_x – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

d – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния (W_2 , W_3 и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Пробивные расстояния W_2 , мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x , мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

**Предельные пробивные расстояния
для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм**

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м² необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых N_z и холостых N_x шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_z = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \quad (5.7)$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \quad (5.8)$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, б) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние W_2 для шпуров, взрывааемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с $f > 10$ расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при $f < 7$	0,5	0,45	0,3	0,25
при $f > 10$	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости $f < 6$ обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0,1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \quad (5.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м³;

f – коэффициент крепости по М. М. Протоdjяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

f_1 – коэффициент структуры породы;

ν – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

e – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \quad (5.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ , $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м³.

Необходимые данные для расчета величины e принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

Коэффициент структуры породы f_1

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы f_1
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$\nu = \frac{6,5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \quad (5.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м².

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах $\nu = 1,1-1,4$ (меньшие значения – для больших сечений выработок).

При щелевом врубе на полную высоту выработки для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы $\nu = 1,4$.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $\nu = 1,1-1,4$.

5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное зарядание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжения. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном зарядании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \quad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м³;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м²;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3,14 d^2 \rho \alpha / 4, \quad (5.13)$$

где d – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м³;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном зарядании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном зарядании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном зарядании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м³.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с $f = 2-8$ – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород f	Сечение выработки вчерне, м ²						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \quad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, m^2 ;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), m^2 ;

$N, N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном $85-87^\circ$ к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии ($150-200$ мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

При применении прямых врубов количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) / \gamma, \quad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, m^2 .

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубках с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \quad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \quad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}, \quad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0,785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \quad (5.19)$$

где d – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

ρ – плотность ВВ в заряде, $кг/м^3$;

α – коэффициент заполнения врубового шпура, $0,7-0,95$ (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q_{ср}'' = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q_{вр}^* = (1,1 \div 1,2) q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q_{ок}^* = (0,9 \div 0,8) q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q_{всп}^* = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжении патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжении заряд ВВ в шпуре состоит из патрона боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжения при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_{ф} = \sum q_{вр}^* + \sum q_{всп}^* + \sum q_{ок}^*. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_{м} = Q_{ф} / (l_{шп} \eta), \quad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр} l_{шп} \eta, \quad (5.26)$$

где $S_{\text{пр}} = S_{\text{вч}} \cdot \text{КИС}$ – сечение выработки в проходке, м^2 , которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_p = Q_{\phi} / Q_{\text{гм}}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	Коэффициент крепости пород f		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

*Коэффициент излишка сечения: $\text{КИС} = 1 + \Delta = 1 + 5/100 = 1,05$.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_{\text{м}} = N_{\text{кд}} / (l_{\text{шт}} \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_{\text{р}} = N_{\text{кд}} / (S_{\text{пр}} l_{\text{шт}} \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{\text{увт}} = l_{\text{шт}} + B / 4 + 0,5, \quad (5.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопrotивление магистральных и соединительных проводов, а также участков, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho (l/S), \quad (5.31)$$

где R – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0,0172 \cdot 10^{-6}$, для алюминиевых $0,0286 \cdot 10^{-6}$ и для стальных $0,12 \cdot 10^{-6}$ Ом·м;

l – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

S – сечение проводов, м².

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ)	600	2	320	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
КВП-2/200М (РН)	1700	2,5	1700	
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{\text{гар}} = 1$ А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{\text{гар}} = 1,3$ А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{\text{гар}} = 2,5$ А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.32)$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.33)$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.34)$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.35)$$

где I – сила тока в электровзрывной сети, А;

E – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

R – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

n – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

m – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

i – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

r – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_n + r_c L_c + r_m L_m, \quad (5.36)$$

где r_c , r_m – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

L_c , L_m – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм ²	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
ВП-05	соединительные	0,5	0,196	0,090
ВП-08	магистральные	0,8	0,502	0,034
ВП-07x2	магистральные	0,7x2	0,769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \quad (5.37)$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \quad (5.38)$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Свёрло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

**Область применения бурильных машин
и установочных приспособлений**

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБПП-1, ЭБПП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с $f < 8$.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок производят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с $f < 8$; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с $f = 6-10$, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с $f = 10-14$; ударно-поворотного действия в породах с $f = 10-20$.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м² площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м² площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород f	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2,75	2,75	2,8	2,8	2,4	3,0

Зона бурения, м ²		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении:							
длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
ширина		1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
высота		0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Bomer 104S	Rocket Bomer 282S	
Коэффициент крепости пород f	8-20	8-20	8-20	8-20	8-20	
Диаметр шпуров, мм	32-50	32-50	32-50	32-50	32-50	
Длина шпуров, м	3,4	3,4	3,4	4,0	4,0	
Высота обуривания, м	6,0	6,4	7,1	4,7	6,3	
Ширина обуривания, м	8,8	9,8	10,4	4,7	8,7	
Зона бурения, м ²	8-49	8-60	12-68	до 20	до 45	
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	СОР 1838 МЕ пневмат.	СОР 1838 МЕ пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы		пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении:						
длина		12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
ширина		1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота		2,35	2,35	2,8	2,6	3,1
Масса, т		19	20	36	14	18

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м².

5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электро-взрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Пример оформления графической части:

Паспорт буровзрывных работ на проведение

(наименование выработки)

1. Характеристика выработки

- 1.1. Форма сечения выработки _____
1.2. Площадь поперечного сечения выработки в черне, м² _____
1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____
- ширина, м _____
1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

2. Характеристика пород

- 2.1. Наименование пород _____
2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протоdjяконова _____
2.3. Трещиноватость пород _____
2.4. Обводнённость пород _____

3. Исходные данные

- 3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____
3.2. Способ взрывания _____
3.3. Диаметры - шпуров, мм _____
- патронов, мм _____
3.4. Тип вруба _____
3.5. Материал забойки _____
3.6. Схема соединения электродетонаторов _____
3.7. Источник электрического тока _____

4. Расчётные данные по шпурам

№№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град.	Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

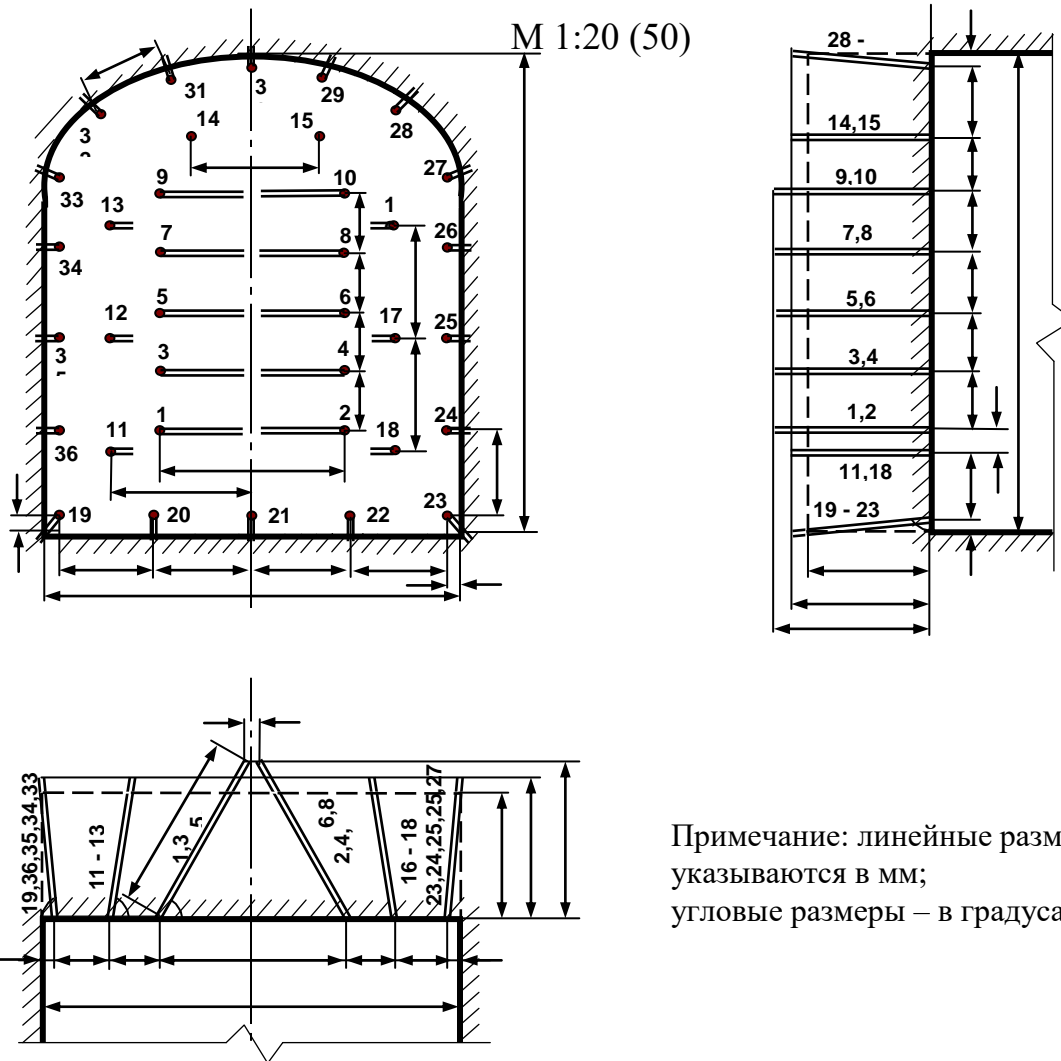
7. Основные показатели буровзрывных работ

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Коэффициент использования шпуров	-	
2	Подвигание забоя за взрыв	-	
3	Объём горной массы за взрыв	м ³	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 м ³ взорванной породы	м шп./м ³	
8	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	кг/м	
10	Расход ВВ на 1 м ³ взорванной породы	кг/м ³	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	шт. шт. м	

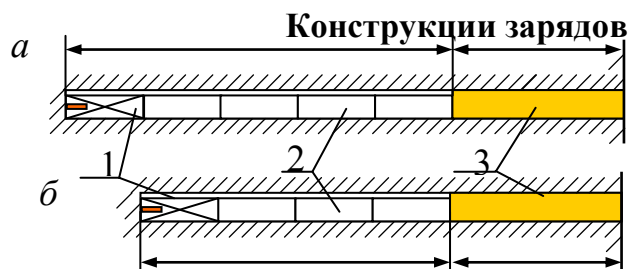
8. Меры безопасности

- 8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва _____
- 8.2. Место выставления постов _____
- 8.3. Время проветривания после взрыва _____
- 8.4. Мероприятия по подавлению пыли _____
- 8.5. Другие дополнительные меры безопасности _____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм; угловые размеры – в градусах.



- a* – врубовые шпуры;
б – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
 1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
 2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
 3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

Примечание. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок

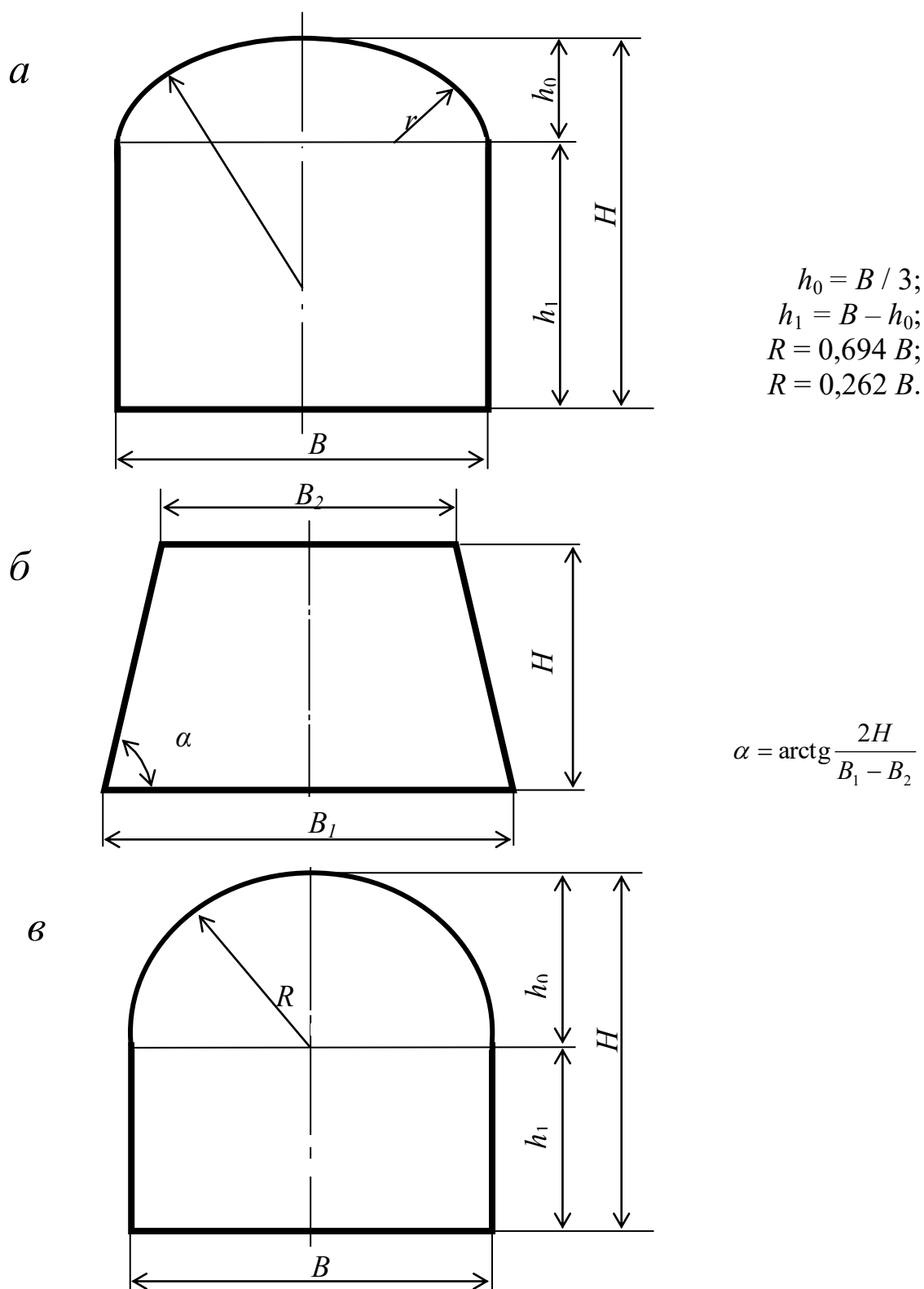


Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
 а – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
 б – трапецевидная;
 в – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0,26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2,33 \cdot B$
Трапецевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0,39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2,57 \cdot B$

Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.
2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.
3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.
4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.
5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.
6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.
7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.
8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Азанов Михаил Алексеевич
Прищепа Дмитрий Вячеславович

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению
контрольных и практических работ по дисциплине
«технология и безопасность взрывных работ»
для студентов специальности 21.05.04 «горное дело»

Редактор *Д. В. Прищепа*

Подписано в печать «__»_____2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В.Гальянов

ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Учебное пособие

К расчетно-графическим работам
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Аннотированное содержание дисциплины «Геометрия недр»	5
Тема 1. Математические действия с поверхностями топографического типа.	13
Тема 2. Оценка достоверности оконтуривания рудных тел по данным геологоразведочных работ.	19
Тема 3. Количественная оценка степени изменчивости показателей, ранжированных по направлению.	30
Тема 4. Оценка точности показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче.	35
Вопросы для самоподготовки	44
Список рекомендуемой литературы	47

Введение

Учебно-методическое пособие является руководством к выполнению расчетно-графических работ по курсу «Геометрия недр». Представлено решение типовых задач, распределенных по темам, и приведен список рекомендуемой специальной литературы. Каждая тема включает в себя исходные данные, которые позволяют сформировать индивидуальные условия задачи. Алгоритм решения сопровождается необходимыми комментариями, пояснениями, расчетными таблицами и графиками. Все это позволяет студентам усвоить лекционный материал.

Все работы komponуются в порядке их выполнения с соблюдением требований к оформлению рукописных материалов.

Пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Геометрия недр» и предназначено для студентов очной, заочной и индивидуальной форм обучения.

АННОТИРОВАННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕТРИЯ НЕДР»

«Геометрия недр» есть строгая физико-математическая методика промышленной характеристики разведываемых недр», - так определил содержание дисциплины Петр Константинович Соболевский. Отсюда следует, что объектом геометрии недр являются концентрации полезных ископаемых, содержащихся в горных породах верхних слоев земной коры и доступных для промышленного освоения (сюда не включаются просторы морей и океанов). Эти концентрации, приобретая потребительскую стоимость, становятся объектом промышленного освоения. Промышленное освоение предусматривает определенную этапность: поиск, целенаправленные геолого - разведочные работы, оконтуривание и подсчет запасов, проектирование добычных работ, отработка месторождений, закрытие объекта и списание его запасов с государственного баланса.

Освоение месторождений возможно только при наличии информационных сведений о пространственном положении геологического объекта и качественных особенностях полезного ископаемого, под которыми понимаются содержание полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих окислов, а также физико-механические свойства горных пород, гидрогеологические и тектонические особенности района ведения горных работ. Таким образом, предметом дисциплины «Геометрия недр» является исследование форм, свойств и процессов рудообразования. Методы

исследования этих вопросов составляют основу теоретической части дисциплины «Геометрия недр», а решение инженерных задач на различных этапах освоения месторождений составляет основу ее прикладной части.

Программа курса составлена таким образом, что включает в себя необходимый объем сведений исторического характера и аналитические основы дисциплины.

Введение в общий курс дисциплины «Геометрия недр»

Первый раздел программы является вводным в общий курс дисциплины. Он включает в себя главы 1 и 2 книги [1], в которых рассматриваются исторические этапы освоения человеком верхних слоев литосферы и предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Теоретические основы дисциплины «Геометрия недр»

Второй раздел посвящен изложению собственно теоретических основ геометрии недр. Узловыми понятиями здесь являются «поле» (как физическая субстанция) и «геохимическое поле».

Поле следует понимать как форму пространственного представления явлений природы, проявление их свойств и особенностей. Иными словами, поле есть геометрическая модель явления в метрическом пространстве.

Геохимическое поле формально есть аналог физическому полю, т. е. оно обладает теми же формальными свойствами, как и физическое. Если показатель U , отображающий некоторое проявление поля, то его формально можно представить как функцию координат пространства и времени.

$$U = F(x, y, z, t).$$

Функция U должна удовлетворять четырем условиям: конечности ($U \neq \infty$), однозначности ($U_0 = F(x_0, y_0, z_0, t_0)$); непрерывности ($U' = F'(x, y, z, t)$ – первая производная существует однозначно); плавности – вторая производная функции не имеет точек разрыва.

Поскольку геологические объекты существуют во времени, не соизмеримом с реальным временем отработки месторождений, координату t следует считать фиксированной и не определяющей оператор функции F , т. е. U следует ставить в зависимость только от координат метрической системы.

$$U = F(x, y, z).$$

Отличительные особенности геохимического поля от физического

Первой и основной отличительной особенностью геохимического поля от физического является невозможность его аналитического представления – оно может быть изображено геометрически в форме изолиний показателя U . В этом случае оно является абсолютным аналогом топографической поверхности.

Второй особенностью геохимического поля следует считать то обстоятельство, что его геометрическое представление отвечает принципам относительности и соответствия. Это означает, что геометрия геохимического поля зависит от полноты геологоразведочных сведений. Этим объясняется невозможность однозначной аналитической интерпретации геометрических закономерностей поля минерализации.

Геохимическое поле как пространственная геометрическая модель геологического объекта

Метод изолиний является основным «инструментом» изображения геохимического поля в пространстве. Принцип относительности утверждает, что это изображение не отображает истину в последней инстанции, а есть лишь один из возможных «эскизов» поля, есть приближенная модель геологического объекта, которая уточняется в своих деталях по мере пополнения информационных сведений. Полнота этих сведений оптимизируется в соответствии с решаемыми задачами подсчета запасов, проектирования, управления технологическими процессами добычи и первичной переработки.

Аналитические основы теории геохимического поля

Аналитическую основу теории геохимического поля составляет геометрический анализ топоповерхности и вытекающие из него математические действия с поверхностями топографического типа.

Поверхности топографического типа допускают выполнение всех основных математических действий: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логарифмирование, дифференцирование и интегрирование. Простые арифметические действия находят применение в задачах подсчета запасов, при производстве строительных земляных работ, изучении геологических структур и т. п. Дифференцирование и интегрирование нашли широкое применение в геофизических методах разведки и изучении полей напряжений в геомеханике.

Второй составляющей теории геохимического поля является учение об изменчивости показателей U в пространстве геологического объекта.

Прикладная часть геометрии недр

Прикладная часть геометрии недр состоит в решении инженерных задач, связанных со всеми этапами освоения месторождений полезных ископаемых. Комплекс этих задач и методические подходы к их решению получили определение «Геометризация месторождений».

Геометризация месторождений в широком (самом общем виде) смысле этого понятия включает в себя:

- разработку методов геометрического моделирования (представления) геологического объекта и вытекающих из этого способов подсчета запасов месторождения и формирования банка данных для производства проектных работ на их отработку;
- составление геологических качественных планов на маркшейдерской плановой основе: обоснование методик построения этих планов и оценку их достоверности;
- обоснование кондиций на сырье для рационального ведения горных работ и обеспечение наиболее полного извлечения запасов;
- обоснование необходимой и достаточной полноты сведений о качестве полезного ископаемого и морфологических особенностях его залегания в недрах.

Таким образом геометризация месторождений есть необходимый этап придания геологоразведочной информации не только наглядности, но и привязки этой информации к координатам пространства – собственно создания геометрической модели.

На основе геометрической модели месторождения решается весь спектр инженерных задач: текущее и перспективное планирование развития горных работ; учет полноты и качества отработки запасов месторождения; нормирование и планирование уровня потерь полезного ископаемого и др. текущие инженерные задачи горного производства.

Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Учение об изменчивости показателей данных разведки есть ключевой вопрос теории геохимического поля. Содержательная часть этого учения состоит в оценке шумовой составляющей функции $U = F(x, y, z)$ в виде δ -функции, которая рассматривается как «всплеск». Таким образом, геохимическое поле формально представляет собой суперпозицию функции U и δ :

$$U = F(x, y, z) + \delta.$$

Особенностью δ -функции является то, что она, отвечая требованиям конечности и однозначности, не удовлетворяет требованиям непрерывности и плавности. Это ограничивает условия применимости метода линейной интерполяции при геометрической интерпретации данных геологоразведочных работ.

В основе геометрических построений лежит принцип относительности и соответствия, что означает неполноту сведений по существу точечной информации данных разведки. Одновременно наличие δ -функции в уравнении геохимического поля выдвигает как проблему вопрос об оценке представительности информации.

Теоретические основы геометризации технологических процессов в горном деле

Этот раздел курса есть развитие идеи геометризации месторождений, перенесенный на динамические процессы горного производства. Геометризация технологических процессов есть основа для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. Её аналитическая основа

принципиально отличается от основ геометрии недр – она базируется на математических разработках теории массового обслуживания (раздел «Теория вероятности») и оперирует понятиями: «поток событий», «динамическая система», «корреляционная функция», «случайная функция», «энтропия системы». Таким образом, **объектом** исследования здесь являются производственные схемы грузопотоков сырья, а **предметом** – геометрические особенности и характеристики технологических потоков. **Задачей** геометризации технологических процессов является установление закономерностей протекания этих процессов, геометрическая интерпретация этих закономерностей, эмпирическое представление различного рода соотношений для использования их в АСУ ТП технологического процесса.

ТЕМА 1.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ С ПОВЕРХНОСТЯМИ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ТИПА

Общие сведения

Топографическая поверхность есть геометрическая модель поверхности с числовыми отметками в системе координат $z = f(x, y)$.

Геохимическое поле как геологическое понятие есть концентрация химических соединений в геологических объектах. Когда эта концентрация приобретает потребительскую стоимость, она становится объектом промышленного освоения в форме месторождения, залежи, тела полезного ископаемого (рудного тела).

«*Геохимическое поле*» – аналог физическому полю и представляет собой геометрическую модель геологического объекта путем отображения форм и внутренних свойств этих объектов в виде функции

$$U = f(x, y, z).$$

«*Поле*» – понятие геометрическое, отображающее изменение свойств физических явлений и процессов в метрическом пространстве.

Функция U обладает свойствами конечности, однозначности, непрерывности, плавности, что дает возможность представить ее как в аналитической форме (для простых частных случаев), так и геометрически (в самом общем случае). Указанные свойства позволяют выполнять математические действия с функциями U_i .

Основной метод геометрического изображения функции U – построение изолиний показателя U в системе выбранных координат пространства. Таким образом, геометрическая интерпретация функции U получила название «Геометризация геохимического поля» или его геометрическое моделирование.

Исходные данные для выполнения задания

Цель выполнения задания: закрепить теоретические основы темы 1 на конкретном примере анализа поверхностей

Исходные данные: функции U_1 и U_2 заданы уравнениями поверхностей второго порядка:

$$U_1 = (x+a)^2 + (y+b)^2 - (x+a)(y+b) - (x+a) - (y+b) + I. \quad (1.1)$$

$$U_2 = -12[(x+c)^2 - (y+d)^2] + (x+c)(y+d) + (x+c) + (y+d) + O. \quad (1.2)$$

Индивидуальность задания обеспечивается подстановкой в формулы (1.1) и (1.2) постоянных коэффициентов из табл. 1.1

Значения I и O обозначают порядковый номер в алфавите первых букв имени (I) и отчества (O), номер варианта соответствует номеру в списке группы.

Например: Бондаренко Илья Степанович – номер в списке группы 3 (номер варианта), для которого $a = -2$, $b = -2$, $c = 0$, $d = 0$ (см. табл. 1.1), $I = 10$, $O = 15$ (порядковые номера в алфавите). Тогда функции U_1 и U_2 примут вид:

$$U_1 = (x - 2)^2 + (y - 2)^2 - (x - 2)(y - 2) - (x - 2) - (y - 2) + 10.$$

$$U_2 = -12(x^2 - y^2) + xy + x + y + 15.$$

Таблица 1.1.– Значение коэффициентов в формулах (1.1), (1.2)

номер варианта	a	b	c	d
1	0	0	0	0
2	-2	-2	-2	-2
3	-2	-2	0	0
4	0	0	-2	-2
5	-2	-2	-1	-1
6	-2	-1	-2	-1
7	-2	-1	-1	-2
8	-1	-2	-1	-2
9	-1	-2	-2	-1
10	-1	-1	-1	-1
11	-4	-4	-4	-4
12	-4	-4	-2	-2
13	-2	-2	-4	-4
14	-4	-2	-4	-2
15	-4	-2	-2	-4
16	-2	-4	-4	-2
17	-4	-1	-4	-1
18	-1	-4	-1	-4
19	-4	-1	-1	-4
20	-1	-4	-4	-1
21	-4	0	-4	0
22	-0	-4	0	-4
23	0	-4	-4	0
24	-4	0	0	-4
25	-2	-4	-1	-2
26	-4	-2	-1	-1

Порядок выполнения задания

1. Записываются уравнения U_1 и U_2 , в которых постоянные значения коэффициентов a, b, c, d соответствуют расчетному варианту. Расчетный вариант соответствует порядковому номеру студента в списке учебной группы.

2. Составляются матрицы числовых значений функций U_1 и U_2

Таблица 1.2.– Матрица числовых значений поверхности U_1

$X \backslash Y$	0	1	2	...	9	10
0						
1		$U_{x,y}$				
2						
...						
9						
10						

В каждой клетке заполняется значение $U_1=U_i(x_i,y_j)$ при $0 < x_i < 10$ и $0 < y_j < 10$. Рассчитанные значения U_1 переносятся на палетку, что дает поверхность с числовыми отметками (рис. 1.1). Значения U соответствуют узловым точкам палетки – точкам пересечения сетки.

3. Отрисовывается поверхность U_1 в изолиниях с сечением ΔU . Изолинии обозначаются числами, кратными ΔU :

$$\Delta U \approx \frac{U_{max}-U_{min}}{12}.$$

Полученное значение ΔU округляется до удобного значения, кратного 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100.

4. Обозначается направление изолиний и линий «ската» стрелочками и дается характеристика поверхности: вихрь (левый, правый), сток, источник.

5. Линия ската совпадает с направлением линии падения в любой точке поверхности U_1 . Линия ската одновременно является нормалью в конкретной точке поля. Нормаль - линия, перпендикулярная к касательной плоскости в точке $M(x, y)$ поверхности (рис. 1.2)

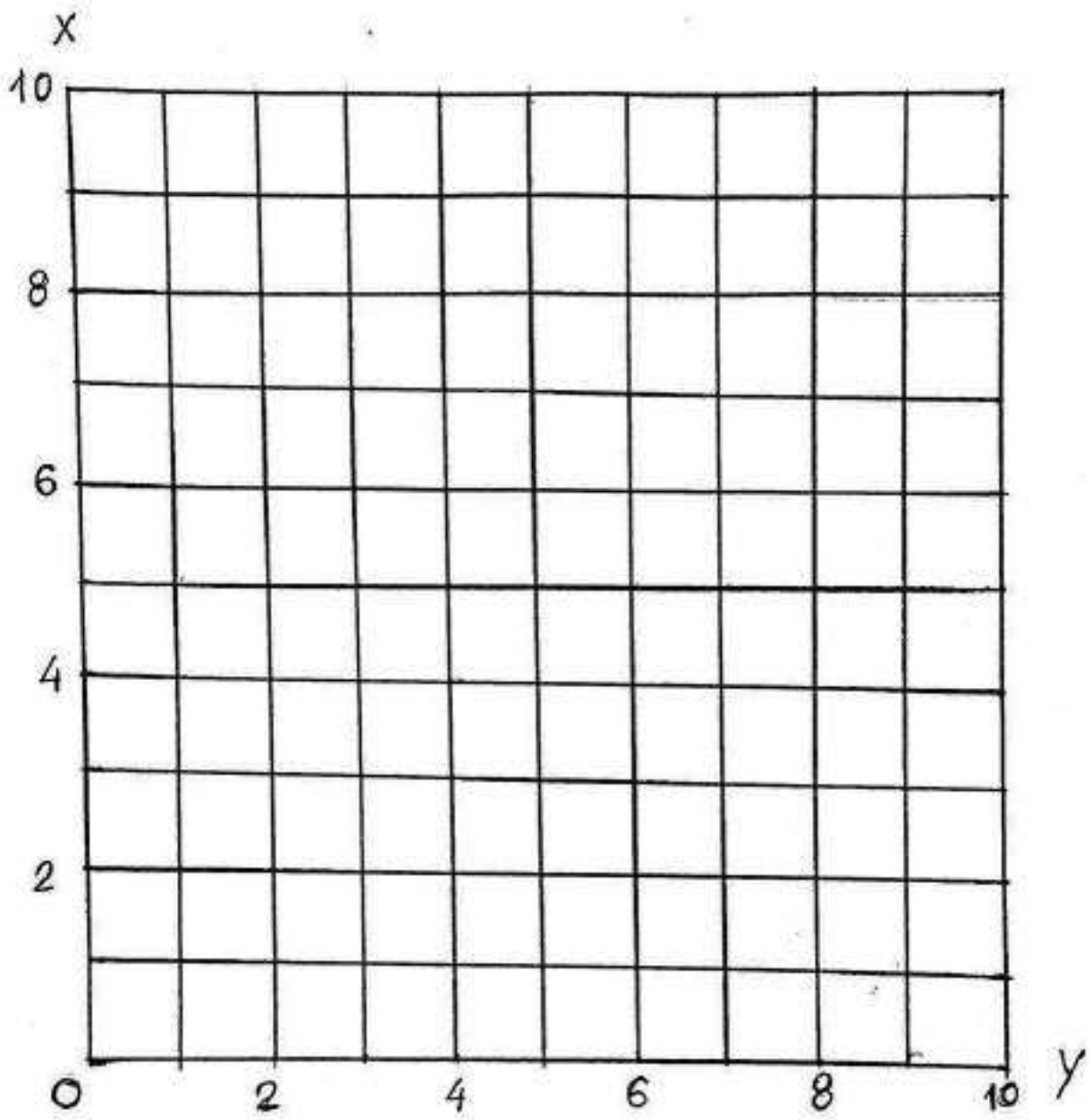


Рис. 1.1. Палетка для построения поверхностей U
(15 x 15 см)

Линия ската на плане есть проекция «вектор – градиента».

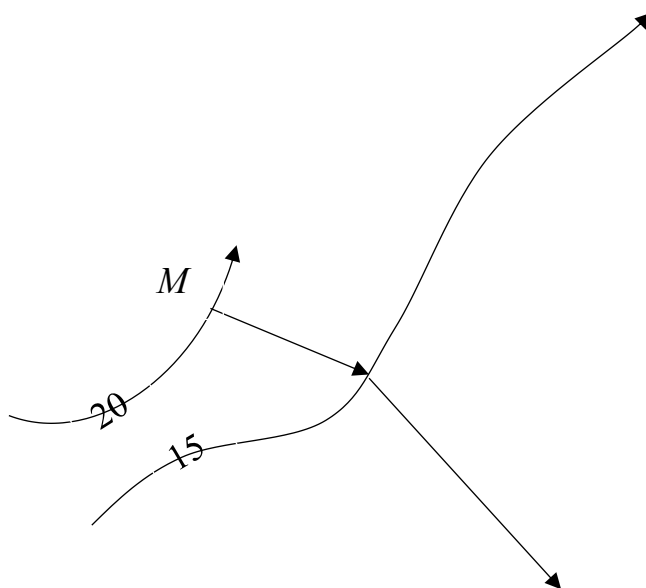


Рис.1.2. Геометрические параметры изолиний

6. На плане поверхности U_1 выбирается изолиния U , имеющая наибольшее значение. На ней выбирается точка M , от которой строится линия наибольшего ската, представляющая собой одновременно производную от $U=f(x, y)$ по направлению ската. Таких точек выбирается несколько, так, что в результате получается изображение векторного поля поверхности U .

7. Если каждой точке M придать численное значение, то получим дифференциальное поле функции U .

8. Выполняются действия сложения и вычитания поверхностей U_1 и U_2 : $U_3 = U_1 + U_2$, $U_4 = U_1 - U_2$. При этом для построения этих поверхностей используется схема заполнения табл. 1.2.

9. Дается геометрическая интерпретация поверхностей и общее заключение по работе.

ТЕМА 2.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Общие сведения

Освоение месторождений полезных ископаемых предусматривает следующие этапы: геологические поисковые работы, геологоразведочные работы и подсчет запасов, проектирование горных работ, отработка месторождения, закрытие месторождения и списание его запасов с государственного баланса.

На каждом этапе решаются свои конкретные задачи. В частности, задачами геологоразведочных работ являются: оценка запасов, получение исчерпывающей информации о морфологических особенностях и свойствах месторождения полезного ископаемого и степени достоверности их геометрической (пространственной) интерпретации.

Геометрия недр обосновала различные способы отображения геологических сведений о месторождении, которые составляют основу графо-аналитической геолого-маркшейдерской документации. На практике наиболее распространенными стали способы вертикальных и горизонтальных сечений, геологических блоков. На их основе выполняются подсчет запасов, обоснование способов вскрытия и систем отработки, планирование горных работ, решаются все инженерные задачи в период ведения горных работ.

Оценить достоверность геометрических построений в процессе ведения геологоразведочных работ не представляется возможным, поскольку самые достоверные данные получаются только после отработки рудных полей значительной площади. **Сравнение данных разведки с данными эксплуатации является единственным надежным, самым точным и самым правильным методом.** Этот метод позволяет составлять и рассматривать различные варианты построения разновидностей сети. Изменением плотности разведочной сети устанавливается связь ошибок определения запасов от объемов буровых работ, и на этой основе выполняются инженерные расчеты по оптимизации затрат на разведочные работы.

Исследования на отработанных площадях позволяют геологической службе горного предприятия более обоснованно экстраполировать данные разведки на нижележащие горизонты, обосновывать параметры перспективных планов развития горного предприятия. Два главных критерия составляют основу методики сравнения данных разведки и эксплуатации: коэффициент разведанности контуров рудных тел (K_p) и коэффициент достоверности разведанной площади (K_d):

$$K_p = 1 - \frac{l}{2} \frac{P}{S_p}. \quad (2.1)$$

P – периметр контура «руда – порода», м;

$\frac{l}{2}$ – ширина зоны неопределенности положения контура рудного тела (расстояние между оконтуривающими скважинами), м;

$$K_d = \frac{S_d}{S_p}, \quad (2.2)$$

где S_d , S_p – соответственно достоверная и разведанная площади рудного поля, тыс. м².

Коэффициент K_p изменяется от 1 до 0 и может быть отрицательным; $K_p \geq 0,8$ соответствует категории подсчета запасов А; $K_p = 0,5-0,8$ категории В; $K_p = 0,2-0,5$ – категории С₁; $K_p = 0-0,2$ – категории С₂ и при $K_p < 0$ делается заключение абсолютной недостаточности данных разведки.

Коэффициент K_d изменяется от 1 до 0, и его значения корреспондируются с категориями следующим образом: $K_d \geq 0,8$ – категория А; $K_d = 0,5-0,8$ – категория В; $K_d = 0,2-0,5$ – категория С₁; $K_d < 0,2$ – категория С₂.

Исходные данные для выполнения задания

Цель выполнения задания: закрепить теоретические основы темы 2 на примере решения конкретных исходных данных.

Дано: истинный контур рудного тела в М 1:2000 на формате А4 (рис. 2.1).

Требуется: установить связь между плотностью разведочной сети с достоверностью оконтуривания рудного тела и погрешностью определения площади, прокомментировать принципы относительности и соответствия в рассматриваемом примере.

Порядок выполнения задания

1. Составляется схема вариантов построения разведочной сети (для примера рассматриваем три варианта): А, В, С. В каждом варианте рассматривают четыре этапа разведки путем последовательного сгущения сети.



Рис. 2.1. Истинный контур рудного тела

Разведочная сеть, мхм			
80x80	40x40	20x20	10x10

Разведочная сеть квадратная. Варианты *A*, *B*, *C* отличаются друг от друга координатами первой точки построения разведочной сети. Точки *A*, *B*, *C* образуют треугольник со сторонами до 2 – 3 см на плане М 1:2000 (рис. 2.2).

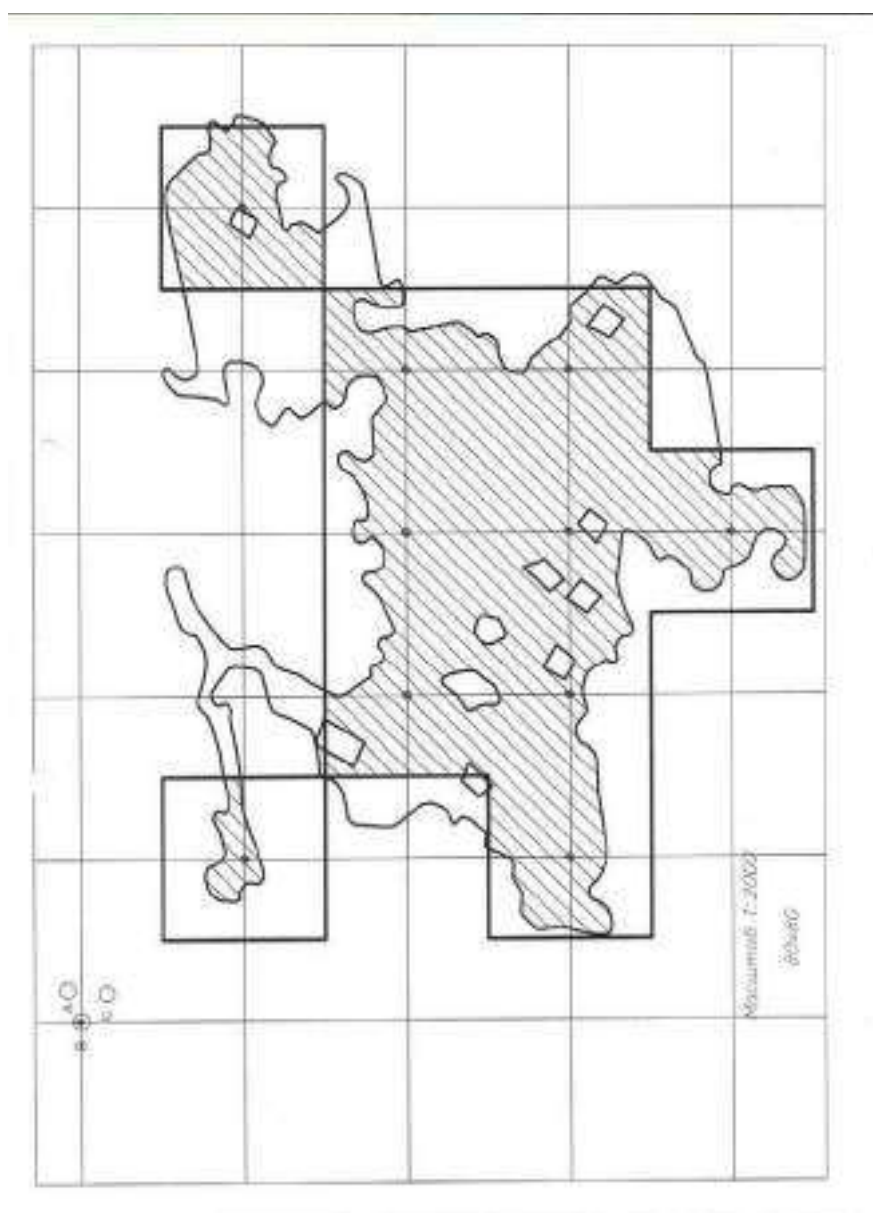


Рис. 2.2. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 80x80 м (привязка к т. А)

При выполнении задания можно воспользоваться палетками с окном 4x4, 2x2, 1x1, 0,5x0,5 см, узловые точки которых будут эмитировать устья разведочных скважин.

2. Скважины, которые пересекают рудное тело, обозначаются жирной точкой. Оконтуривание РТ производится методом экстраполяции «на середину сетки скважин». Сетка скважин строится от точек *A*, *B*, *C*, с последовательным сгущением до 40x40 м, 20x20 м и 10x10 м. Таким образом, получается 12 схем.

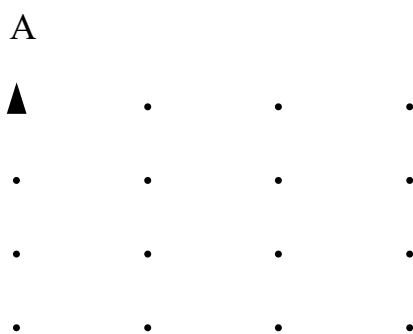


Рис. 2.3. Схема построения разведочной сети

3. Разведанная площадь S_p определяется по формуле

$$S_p = nl^2, \quad (2.3)$$

где n - количество скважин, которые подсекли рудное тело.

Контур РТ обводится жирной линией.

4. На этих же планах заштриховывается достоверная площадь (рис. 2.4 – 2.6).

$$K_D = \frac{S_D}{S_p} \quad (2.4)$$

где S_D - площадь совпадения разведанного контура и истинного контура РТ обозначает достоверную площадь (определяется планированием).

5. По полученным данным составляются таблицы для определения коэффициентов K_p и K_d .

6. По результатам анализа данных разведки определяется погрешность оконтуривания рудного тела по вариантам (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1. – Погрешность определения площади при различной плотности сети

Вариант	Параметры разведочной сети, $l \times l$						
	80x80 м ²				40x40 м ²	20x20 м ²	10x10 м ²
	S_p , тыс.м ²	S_0 , тыс.м ²	ΔS_p , тыс.м ²	M_s , %			
1	2	3	4	5	6-9	10-13	14-17
<i>A</i>							
<i>B</i>							
<i>C</i>							

$$\Delta S_p = S_p - S_0, \quad M_s = \frac{\Delta S_p}{S_0} 100 \%. \quad (2.5)$$

$$\bar{M}(S) = \sqrt{\frac{M_s^2(A) + M_s^2(B) + M_s^2(C)}{3}}, \quad (2.6)$$

где S_0 – истинная площадь рудного тела, определяется в М 1:2000 (для всех вариантов $S_0 = \text{const}$).

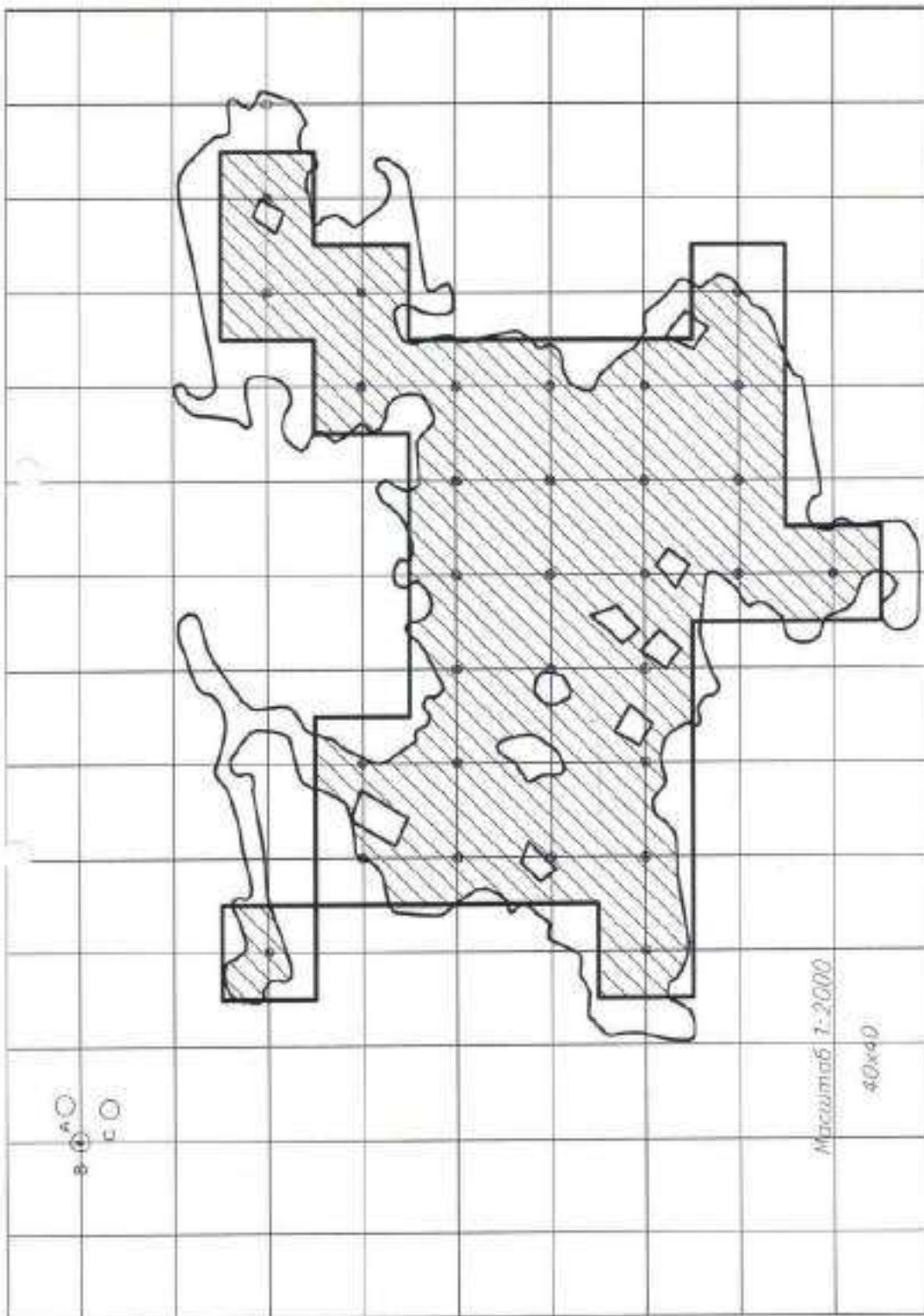


Рис. 2.4. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 40x40 м

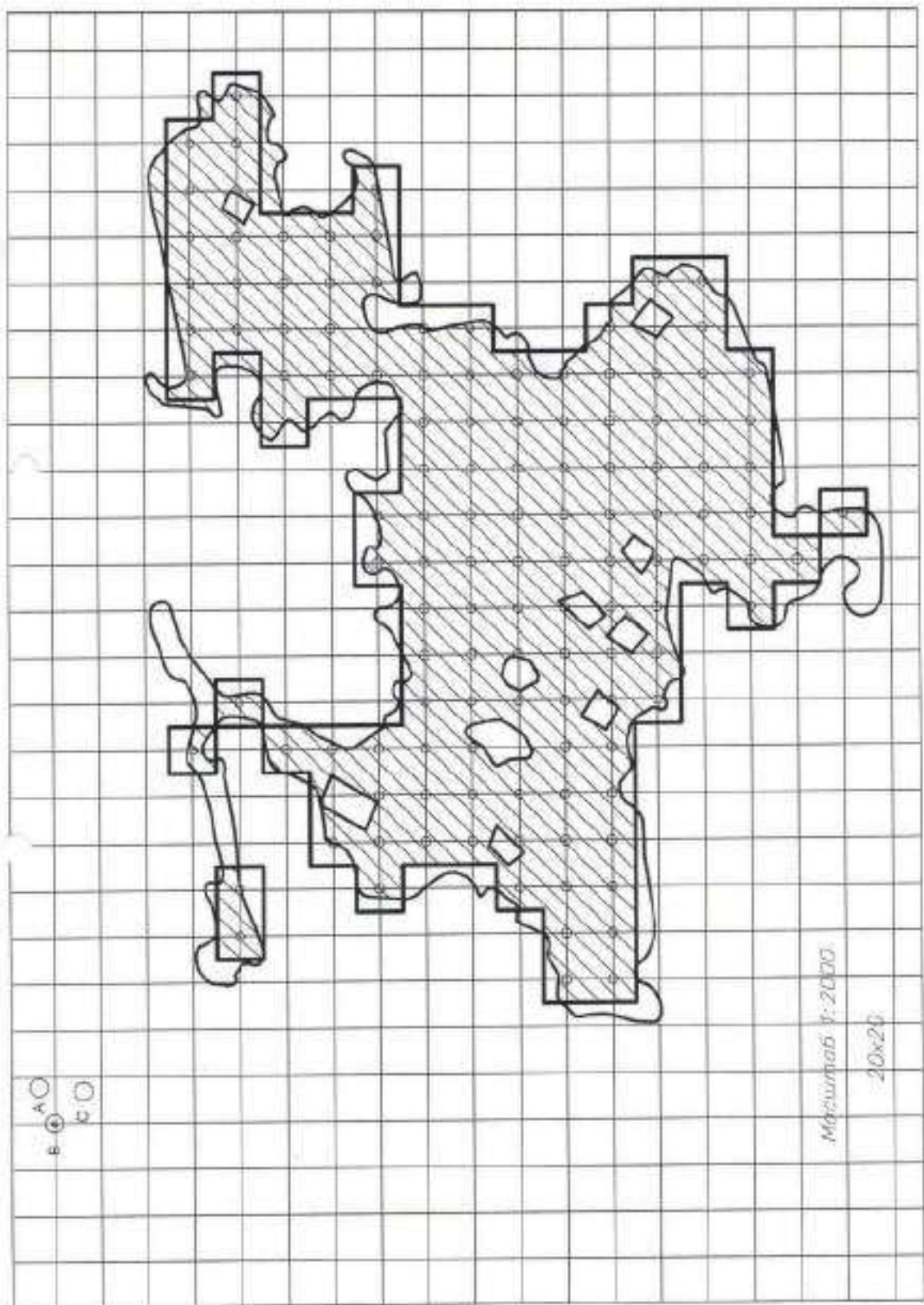


Рис. 2.5. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 20x20 м

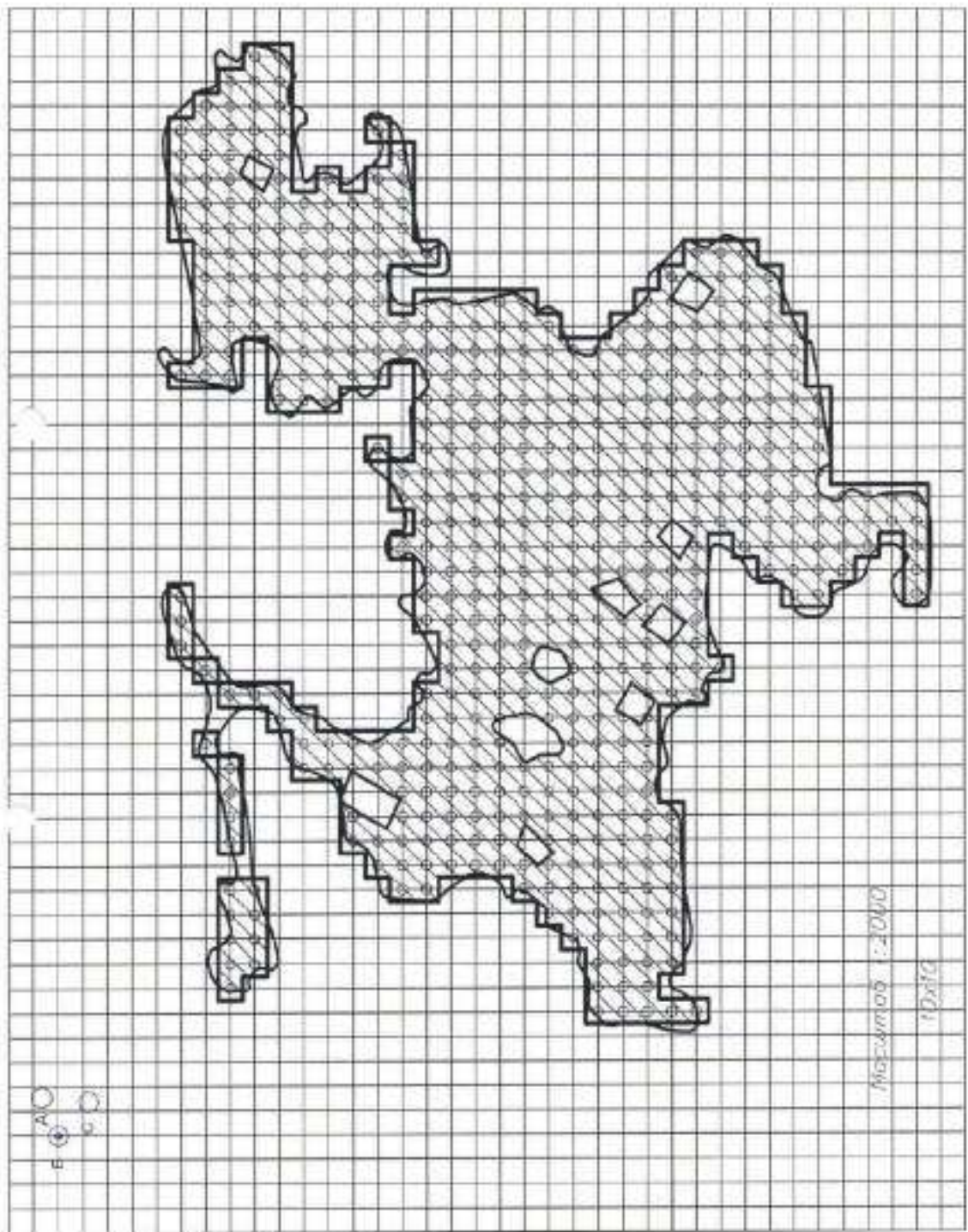


Рис. 2.6. Вариант оконтуривания рудного тела по сетке 10x10 м

По данным табл. 2.1 строятся графики

$$M_S = f(l).$$

В табл. 2.2 выполняется расчет коэффициентов K_P и K_D по формулам (2.1) и (2.2).

Таблица 2.2. – Достоверность оконтуривания РТ при различной плотности сети (пример)

Вариант	Параметры разведочной сети, $l \times l$							
	80x80 м ²					40x40 м ²	20x20 м ²	10x10 м ²
	S_P , тыс. м ²	P , тыс. м	S_D , тыс. м ²	K_P , дол. ед.	K_D , дол. ед.			
1	2	3	4	5	6	7-12	13-18	17-23
А								
В								
С								

По данным табл. 2.2 строятся графики зависимостей:

$$K_P = f(l), \quad K_D = f(l) \text{ (рис. 2.7)}$$

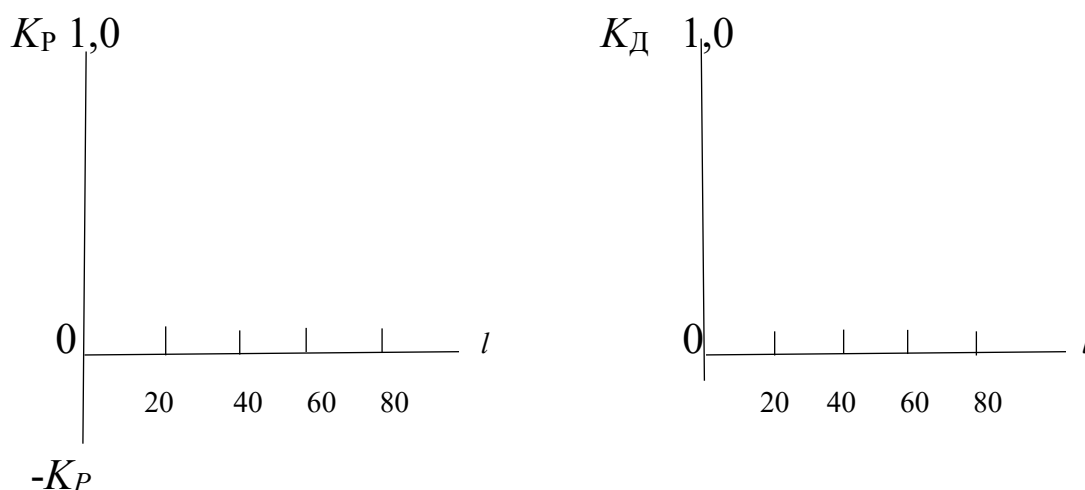


Рис. 2.7. Плотность разведочной сети X , м

7. Составляется заключение (выводы) по результатам выполнения задания.

ТЕМА 3.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, РАНЖИРОВАННЫХ ПО НАПРАВЛЕНИЮ

Общие сведения

Понятие «изменчивость» относится к категории естественно-научных терминов. Оно обобщает в себе две стороны явления или показателя: насколько значительно отличаются друг от друга сравниваемые значения и насколько интенсивно происходит это изменение в рассматриваемых пространственных и временных границах. Следовательно, «изменчивость» как понятие употребляется для характеристики особенностей проявления внутренне обусловленной внешней связи между сменными (рядом стоящими) значениями показателя геохимического поля.

Геометрический смысл понятия «изменчивость» показателя рассматривается в форме внешней связи, поскольку о характере и особенностях изменения можно судить лишь в сравнении с соседними значениями. Но характер внешней связи в пространстве литосферы проявляется в форме геохимического поля, что и определяет внутреннюю обусловленность этой связи:

$$U=f(x, y, z)+\delta U, \quad (3.1)$$

Здесь U – рассматриваемый показатель поля; $f(x, y, z)$ – геометрическая (закономерная) составляющая показателя U ; δU – дельта-функция, шумовая составляющая поля, которая представляет собой «всплеск», «выброс», «сталактит», «протуберанец» на теле геохимического поля. На шумовую составляющую не

распространяются свойства плавности и непрерывности, она в определённом смысле дискретна в своем частном значении U_i и, в силу этого, исключает возможность как интерполяции, так и экстраполяции значения, хотя и однозначно «привязана» к пространству геохимического поля, но не функционально, как геометрическая составляющая, а в определенном смысле стохастически. Таким образом, оценка степени изменчивости U включает в себя две составляющие: количественная оценка шума δU и соотношения геометрической и шумовой составляющих поля. Комплексная и наиболее полная оценка изменчивости показателя достигается использованием аппарата теории случайных функций.

Исходные данные задания

Цель выполнения задания: закрепить на практическом примере способы количественной оценки шумовой составляющей поля.

Предполагается, что дан ряд чисел, эмитирующих изменение мощности рудного тела в разрезе (рис. 3.1).

Индивидуальность задания обеспечивается составлением ряда чисел по схеме ФИО, например, Иванов Иван Иванович. Каждой букве присваивается число, соответствующее порядковому номеру в алфавите:

10. 3. 1. 15. 16. 3. 10. 3. 16. 15. 10. 3. 1. 15. 16. 3. 10. 25

Порядок выполнения задания

1. Строится график изменения U_x составленной последовательности (см. рис. 3.1).

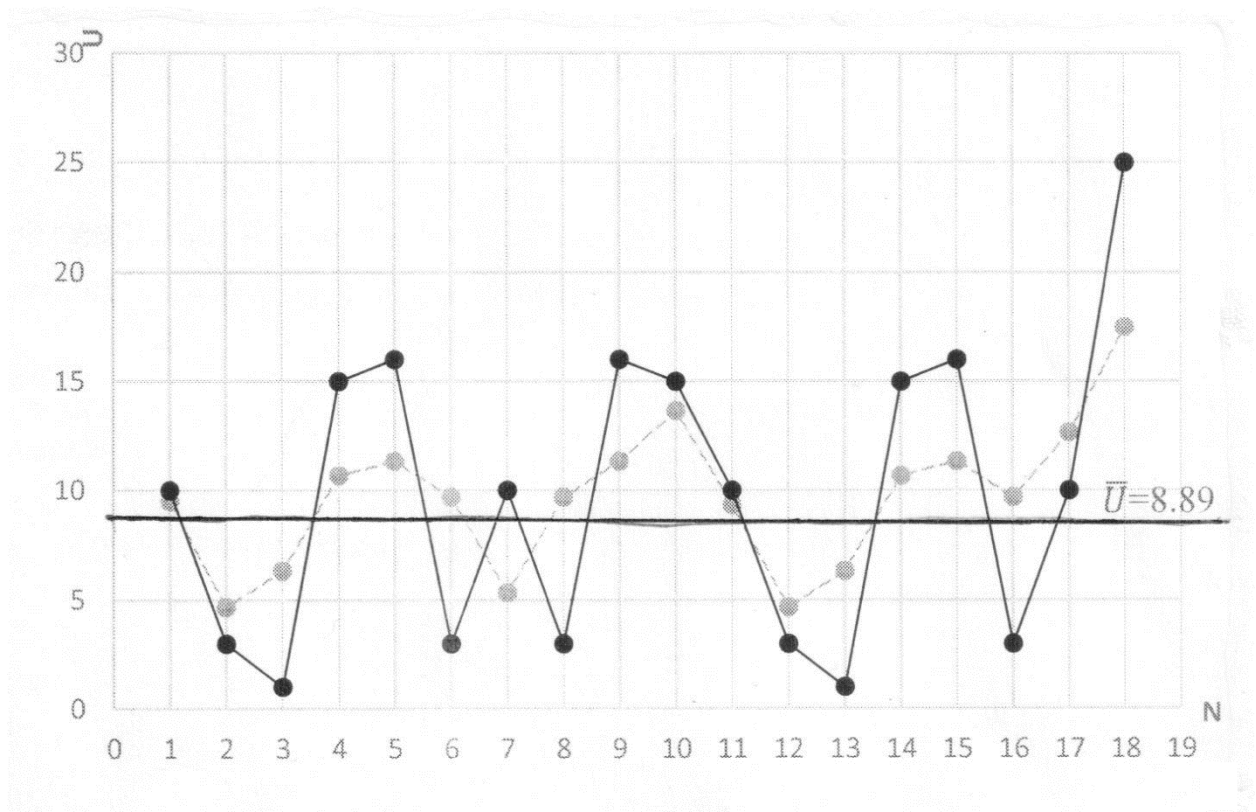


Рис. 3.1. Последовательность изменения показателя U

2. Составляется табл. 3.1 для выполнения расчетов по схеме:

Графы: 1 – номер по порядку; 2 – значение параметра U ;

$$3 - \delta U = U - \bar{U}; \quad 4 - \Delta U^2, \quad \bar{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \Delta U^2}.$$

Графы 5 и 6 – разности первого ($\Delta'U$) и второго ($\Delta''U$) порядков.

$$\Delta'U_i = U_{i+1} - U_i, \quad \Delta''U = \Delta'U_{i+1} - \Delta'U_i.$$

В графе 6 отмечается количество инверсий i . Инверсия есть нарушение установленного порядка. За порядок принимается последовательность знаков $\Delta''U + - + - + - \dots$. В этой последовательности нет инверсий – $i=0$. В последовательности $+_i + -_i - + - + -_i - +$ присутствует $i=3$ инверсий.

Таблица 3.1. Расчет показателей изменчивости различными способами

| № п/п | U | δU | δU^2 | $\Delta'U$ | $\Delta''U$ | $(\Delta''U)^2$ | Сглаженные значения $U_{сг}$ | | |
|----------|------|------------|--------------|------------|-------------|-----------------|------------------------------|-------------------|------------|
| | | | | | | | $U_{сг}$ | $\delta=U-U_{сг}$ | δ^2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 10 | 1,11 | 1,23 | -7 | 5 | 25 | -5,33 | 4,67 | 21,81 |
| 2 | 3 | -5,89 | 34,69 | -2 | +16 i | 256 | 4,67 | -1,67 | 2,79 |
| 3 | 1 | -7,89 | 62,25 | 14 | -13 | 169 | 6,33 | -5,33 | 28,41 |
| 4 | 15 | 6,11 | 37,33 | 1 | -14 i | 196 | 10,67 | 4,33 | 18,75 |
| 5 | 16 | 7,11 | 50,55 | -13 | 20 | 400 | 11,33 | 4,67 | 21,81 |
| 6 | 3 | -5,89 | 34,69 | 7 | -14 | 196 | 9,67 | -6,67 | 44,48 |
| 7 | 10 | 1,11 | 1,23 | -7 | 5 | 25 | 5,33 | 4,67 | 21,81 |
| 8 | 3 | -5,89 | 34,69 | -2 | 16 i | 256 | 4,67 | -1,67 | 2,79 |
| 9 | 1 | -7,89 | 62,25 | 14 | -19 | 361 | 6,33 | -5,33 | 28,41 |
| 10 | 15 | 6,11 | 37,33 | -5 | -2 i | 4 | 8,67 | 6,33 | 40,07 |
| 11 | 10 | 1,11 | 1,23 | -7 | 5 | 25 | 9,33 | 0,67 | 0,45 |
| 12 | 3 | -5,89 | 34,69 | -2 | 16 i | 256 | 4,67 | -1,67 | 2,79 |
| 13 | 1 | -7,89 | 62,25 | 14 | -13 | 169 | 6,33 | -5,33 | 28,41 |
| 14 | 15 | 6,11 | 37,33 | 1 | -14 i | 196 | 10,67 | 4,33 | 18,75 |
| 15 | 16 | 7,11 | 50,55 | -13 | 20 | 400 | 11,33 | 4,67 | 21,81 |
| 16 | 3 | -5,89 | 34,69 | 7 | 8 i | 64 | 9,67 | -6,67 | 44,48 |
| 17 | 10 | 1,11 | 1,23 | 15 | | | 12,67 | -2,67 | 7,13 |
| 18 | 25 | 16,11 | 259,53 | | i = 7 | | 12,67 | 12,33 | 152,03 |
| Σ | 160 | -0,02 | 837,74 | \| 131 \| | \| 200 \| | 2998 | 132,34 | | 506,98 |
| Ср. | 8,89 | | 46,54 | 7,7 | 12,5 | 187,375 | 8,27 | | 28,16 |
| σ | | | 6,82 | | | 13,69 | | | 5,31 |

$$\Delta U = U_i - \bar{U}, U_{сг}(2) = \frac{U_1+U_2+U_3}{3}, U_{сг}(3) = \frac{U_2+U_3+U_4}{3}.$$

$$U_{сг}(i) = \frac{U_{i-1}+U_i+U_{i+1}}{3}.$$

На рис. 3.1 $U_{сг}$ представлена пунктирной линией.

3. Расчет показателей изменчивости различными способами.

Таблица 3.2. Сравнение различных способов определения абсолютного значения и «шума» в последовательности показателя U

| № п/п | Автор способа | Расчетная формула | Значение показателя |
|-------|------------------------------------|--|---------------------|
| 1 | Математическая статистика | $\sigma = \left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \right)^{0,5}$ | 6,82 |
| 2 | Казаковский Д.А. (вторые разности) | $\mu = \frac{\sum \Delta_2 }{K}$ | 12,5 |
| 3 | Каллитов П.Л. | $\sigma = \left(\frac{\sum (x_i - x_{3k})^2}{n} \right)^{0,5}$ | 5,31 |
| 4 | Бастан П.П. (конечные разности) | $\sigma = 2^{-m} \left(\frac{\sum \Delta_m^2}{n} \right)^{0,5}$ | 3,42 |
| 5 | Гальянов А.В. | $\bar{\Delta} = \left(\frac{2n-1}{n} \right)^{-m} \left(\frac{\sum \Delta_m^2}{n} \right)^{0,5}$ | 5,6 |
| 6 | Гальянов А.В. | $\bar{\Delta} = \sigma \sqrt{1 - r^2}$
$r = 1 - \frac{2}{\bar{\tau}}$ | 6,65
-0,22 |

4. На рис. 3.1 (исходный график) наносятся данные по сглаженным значениям при окне сглаживания 3 и среднее значение \bar{U} . Линия \bar{U} пересекает исходный график в K точках.

Тогда
$$\bar{\tau} = \frac{n}{K+1}, \quad r = 1 - \frac{2}{\bar{\tau}},$$

$$\Delta = \sigma \sqrt{1 - r^2}.$$

В рассмотренном примере $K=10$, тогда

$$\bar{\tau} = \frac{18}{10+1} = 1,636, \quad r = 1 - \frac{2}{1,636} = -0,222,$$

$$\Delta = 6,82 \sqrt{1 - 0,0494} = 6,65.$$

5. По результатам расчетов делается заключение.

ТЕМА 4.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПОЛНОТЫ И КАЧЕСТВА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАПАСОВ
ПРИ ДОБЫЧЕ

Общие положения

Под показателями полноты и качества отработки запасов понимают потери балансовых запасов или степень их извлечения и как альтернатива потерям – разубоживание и снижение качества добытой руды.

Потери руды – часть балансовых запасов, которые не поступили на переработку (П). Потери разделяют на потери отбитой руды и потери в массиве. Для оценки потерь используют коэффициент потерь K_{Π} :

$$K_{\Pi} = \frac{\Pi}{Б}. \quad (4.1)$$

Здесь Б – погашенные балансовые запасы; K_{Π} имеет размерность д. ед. или %.

Разубоживание как процесс есть примешивание пустых пород Р в добытую рудную массу. Разубоживание как явление есть снижение качества добытой руды по отношению к погашенным балансовым запасам. Для оценки уровня разубоживания добытой руды (Д) используют коэффициент разубоживания K_p :

$$K_p = \frac{Р}{Д}. \quad (4.2)$$

K_p имеет размерность д. ед. или %.

Основой для определения показателей полноты и качества отработки запасов являются уравнения баланса руды и металла:

$$D = B - П + P; \quad (4.3)$$

$$Da = BC - PC_{\Pi} + Pb.$$

D, B – соответственно добытая руда и погашенные балансовые запасы;

$П, P$ – соответственно количество потерянной руды и разубоживающей породы;

C, a – соответственно содержание полезного компонента в балансовых запасах и добытой руде;

C_{Π}, b – соответственно содержание полезного компонента в теряемой руде и разубоживающей породе;

$$K_{\Pi} = \frac{(c-b) - \frac{D}{B}(a-b)}{(C_{\Pi} - b)}; \quad (4.4)$$

$$K_p = \frac{\frac{B}{D}(C - C_{\Pi}) - (a - C_{\Pi})}{(C_{\Pi} - b)}. \quad (4.5)$$

Теоретические оценки ошибки определения коэффициента потерь K_{Π} (dK_{Π}) рассчитываются по формулам:

$$dK_{\Pi}(D) = -\frac{D}{B} \frac{(a-b)}{(C_{\Pi} - b)} M(D), \%; \quad dK_{\Pi}(B) = \frac{D}{B} \frac{(a-b)}{(C_{\Pi} - b)} M(B), \%;$$

$$dK_{\Pi}(C) = \frac{dC}{(C_{\Pi} - b)} 100, \%; \quad dK_{\Pi}(a) = -\frac{D}{B} \frac{da}{(C_{\Pi} - b)} 100, \%;$$

$$dK_{\Pi}(B) = +\frac{D}{B} K_p \frac{db}{(C_{\Pi}-b)}, \%; \quad dK_{\Pi}(C_{\Pi}) = -K_{\Pi} \frac{dC_{\Pi}}{(C_{\Pi}-b)}, \%,$$

K_{Π} и K_p – соответственно коэффициент потерь и разубоживания руды в %. Общая абсолютная погрешность $m_{(K_{\Pi})}$ и относительная $M_{(K_{\Pi})}$ рассчитываются по формулам;

$$m_{(K_{\Pi})} = \sqrt{\sum (dK_{\Pi}^2(i))}, \%; \quad M_{(K_{\Pi})} = \frac{m_{(K_{\Pi})}}{K_{\Pi}} 100, \%,$$

Теоретические оценки ошибки определения коэффициента разубоживания K_p (dK_p) рассчитываются по формулам:

$$dK_p(D) = -\frac{B(C-C_{\Pi})}{D(C_{\Pi}-b)} M(D), \%; \quad dK_p(B) = \frac{B(C-C_{\Pi})}{D(C_{\Pi}-b)} M(B), \%,$$

$$dK_p(C) = \frac{B}{D} \frac{dC}{(C_{\Pi}-b)} 100, \%; \quad dK_p(a) = -\frac{B}{D} \frac{da}{(C_{\Pi}-b)} 100, \%,$$

$$dK_p(b) = K_p \frac{db}{(C_{\Pi}-b)}, \%; \quad dK_{\Pi}(C_{\Pi}) = -\frac{B}{D} K_{\Pi} \frac{dC_{\Pi}}{(C_{\Pi}-b)}, \%,$$

Аналогично рассчитываются, общая абсолютная погрешность ($m_{(K_p)}$) и относительная ($M_{(K_p)}$) по формулам:

$$m_{(K_p)} = \sqrt{\sum (dK_p^2(i))}, \%; \quad M_{(K_p)} = \frac{m_{(K_p)}}{K_p} 100, \%,$$

Исходные данные задания

Таблица 4.1. – Данные расчетных вариантов

| №
п/п | Показатель | Варианты | | | |
|----------|---------------------|----------------------|-------|------|------|
| | | Значения показателей | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Б, тыс.т | 10000 | 10000 | 5000 | 5000 |
| 2 | Д, тыс.т | 10150 | 10200 | 5100 | 5100 |
| 3 | С, % | 16,00 | 28,00 | 1,60 | 1,80 |
| 4 | а, % | 15,72 | 27,40 | 1,55 | 1,75 |
| 5 | С _п , % | 13,00 | 15,00 | 1,10 | 0,90 |
| 6 | б, % | 10,00 | 9,00 | 0,40 | 0,40 |
| 7 | ΔБ, % | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,20 |
| 8 | ΔД, % | 0,10 | 0,10 | 0,30 | 0,20 |
| 9 | ΔС, % | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 10 | Δа, % | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 11 | ΔС _п , % | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| 12 | Δб, % | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| 13 | К _п % | 4,48 | 3,87 | 3,86 | 4,60 |
| 14 | К _р % | 5,89 | 5,75 | 5,74 | 6,47 |

Таблица 4.2. – Матрица знаков ошибок исходных данных

| № п/п | ΔД, % | ΔБ, % | ΔС, % | Δа, % | ΔС _п , % | Δб, % |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| 1 | + | + | + | + | + | + |
| 2 | - | + | + | + | + | + |
| 3 | + | - | + | + | + | + |
| 4 | + | + | - | + | + | + |
| 5 | + | + | + | - | + | + |
| 6 | + | + | + | + | - | + |
| 7 | + | + | + | + | + | - |
| 8 | - | - | + | + | + | + |
| 9 | + | - | - | + | + | + |
| 10 | + | + | - | - | + | + |
| 11 | + | + | + | - | - | + |
| 12 | + | + | + | + | - | - |
| 13 | - | + | - | + | + | + |
| 14 | - | + | + | - | + | + |
| 15 | - | + | + | + | - | + |

| № п/п | $\Delta D, \%$ | $\Delta B, \%$ | $\Delta C, \%$ | $\Delta a, \%$ | $\Delta C_{\text{п}}, \%$ | $\Delta b, \%$ |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|
| 16 | - | + | + | + | + | - |
| 17 | + | - | + | - | + | + |
| 18 | + | - | + | + | - | + |
| 19 | + | - | + | + | + | - |
| 20 | + | + | - | + | - | + |
| 21 | + | + | - | + | + | - |
| 22 | + | + | + | - | + | - |
| 23 | - | - | - | + | + | + |
| 24 | - | - | + | - | + | + |
| 25 | - | - | + | + | - | + |
| 26 | - | - | + | + | + | - |
| 27 | - | + | - | - | + | + |
| 28 | - | + | - | + | - | + |
| 29 | - | + | - | + | + | - |
| 30 | - | + | + | - | - | + |
| 31 | - | + | + | - | + | + |
| 32 | - | + | + | + | - | - |
| 33 | + | - | - | + | - | + |
| 34 | + | - | + | - | - | + |
| 35 | + | - | + | - | + | + |
| 36 | + | - | - | - | + | + |
| 37 | + | - | - | + | + | + |
| 38 | + | - | + | + | - | - |
| 39 | + | + | - | - | - | + |
| 40 | + | + | - | - | + | - |
| 41 | + | + | + | + | - | - |
| 42 | + | + | + | - | - | - |
| 43 | - | - | - | - | + | + |
| 44 | - | - | - | + | + | - |
| 45 | - | - | + | + | - | - |
| 46 | - | + | + | - | - | - |
| 47 | + | + | - | - | - | - |
| 48 | - | - | - | + | - | + |
| 49 | - | - | + | - | - | + |
| 50 | - | + | - | - | - | + |
| 51 | + | - | - | - | - | + |
| 52 | + | - | + | - | - | - |
| 53 | - | + | - | - | + | - |
| 54 | - | + | - | + | - | - |
| 55 | - | - | + | - | + | - |
| 56 | + | - | - | - | + | - |
| 57 | + | - | - | + | - | - |
| 58 | - | - | - | - | - | + |
| 59 | - | - | - | - | + | - |
| 60 | - | - | - | + | - | - |
| 61 | - | - | + | - | - | - |
| 62 | - | + | - | - | - | - |
| 63 | + | - | - | - | - | - |
| 64 | - | - | - | - | - | - |

Порядок выполнения задания

1. Выбирается вариант задания (табл. 4.1), который определяет исходные данные для расчетов, эти данные принимаются за истинные. Рассчитываются истинные значения K_{Π} и K_{P} .

2. Из табл. 4.2 (Матрица знаков ошибок) выбирается от 5 до 10 вариантов вероятного распределения знаков ошибок, с которыми определены фактические значения исходных параметров для расчетов фактических значений K_{Π} (ϕ) и K_{P} (ϕ).

3. Составляется матрица знаков ошибок (табл. 4.3), соответствующая п. 2

Таблица 4.3. – Матрица знаков ошибок определения исходных параметров (пример)

| № | Д | Б | С | a | C_{Π} | b |
|----|---|---|---|-----|-----------|-----|
| 7 | + | + | + | + | + | - |
| 8 | - | - | + | + | + | + |
| 9 | + | - | - | + | + | + |
| 10 | + | + | - | - | + | + |
| 11 | + | + | + | - | - | + |

4. Составляется табл. 4.4. в соответствии с табл. 4.1 (на пример, вариант 1) и табл. 4.3.

Таблица 4.4. Таблица ошибок исходных данных

| № | $dБ,$
тыс.т | $dД,$
тыс.т | $dС,$
% | $Da,$
% | $dC_{п},$
% | $Db,$
% |
|-------|----------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|
| d_i | 0,2% | 0,1% | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 7 | +20,00 | +10,150 | +0,02 | +0,02 | +0,03 | -0,03 |
| 8 | -20,00 | -10,150 | +0,02 | +0,02 | +0,03 | +0,03 |
| 9 | +20,00 | -10,150 | -0,02 | +0,02 | +0,03 | +0,03 |
| 10 | +20,00 | +10,150 | -0,02 | -0,02 | +0,03 | +0,03 |
| 11 | +20,00 | +10,150 | +0,02 | -0,02 | -0,03 | +0,03 |

5. Составляется табл. 4.5. для расчета $K_{п}$ и $K_{р}$ по схеме:

$$X_{\phi} = X_0 + dx.$$

Таблица 4.5. – Таблица фактических значений исходных параметров расчета $K_{п}$ и $K_{р}$:

| № | Б,
тыс.т | Д,
тыс.т | С,
% | $a,$
% | $dC_{п},$
% | $b,$
% | $K_{п},$
% | $K_{р},$
% |
|----|-------------|-------------|---------|-----------|----------------|-----------|---------------|---------------|
| 7 | 10020 | 10510,50 | 16.02 | 15.82 | 13,03 | 9,97 | .... | .... |
| 8 | 9980 | 10489,50 | 16.02 | 15.82 | 13,03 | 10,03 | .... | .... |
| 9 | 10020 | 10489,50 | 15.98 | 15.82 | 13,03 | 10,03 | .... | .... |
| 10 | 10020 | 10510,50 | 15.98 | 15.78 | 13,03 | 10,03 | .... | .... |
| 11 | 10020 | 10510,50 | 16.02 | 15.78 | 12.97 | 0,03 | .... | .... |

Значения $K_{п}$ и $K_{р}$ рассчитывают по формулам (4.4) и (4.5).

6. Составляется табл. 4.6 сопоставления расчетных и истинных значений $K_{п}$ и $K_{р}$.

Таблица 4.6 – Сопоставление расчетных и истинных значений K_{Π} и K_p

| номер
варианта | Ошибка определения K_{Π} | | | | Ошибка определения K_p | | | |
|-------------------|------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | $K_{\Pi}(\Phi)$,
% | $K_{\Pi}(o)$,
% | ΔK_{Π} ,
% | $M(K_{\Pi})$,
% | $K_p(\Phi)$,
% | $K_p(o)$,
% | ΔK_p ,
% | $M(K_p)$,
% |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| Ср. зн. | $\overline{K_{\Pi}(\Phi)}$ | | $m(K_{\Pi})$ | | $\overline{K_p(\Phi)}$ | | $m(K_p)$ | |

$$\Delta K_{\Pi} = K_{\Pi}(\Phi) - K_{\Pi}(o), \quad \Delta K_p = K_p(\Phi) - K_p(o);$$

$$m(K_{\Pi}) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \Delta K_{\Pi}^2}, \quad m(K_p) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \Delta K_p^2};$$

n – количество расчетных вариантов (в примере $n = 5$).

$$M(K_{\Pi}) = \frac{\Delta K_{\Pi}}{K_{\Pi}(o)} 100 \%, \quad M(K_p) = \frac{\Delta K_p}{K_p(o)} 100 \%;$$

$$\overline{M}(K_{\Pi}) = \sqrt{\frac{1}{n} M^2(K_{\Pi})}, \quad \overline{M}(K_p) = \sqrt{\frac{1}{n} M^2(K_p)}.$$

7. По данным табл. 4.6 строится график зависимости между ΔK_{Π} и ΔK_p (рис. 4.1).

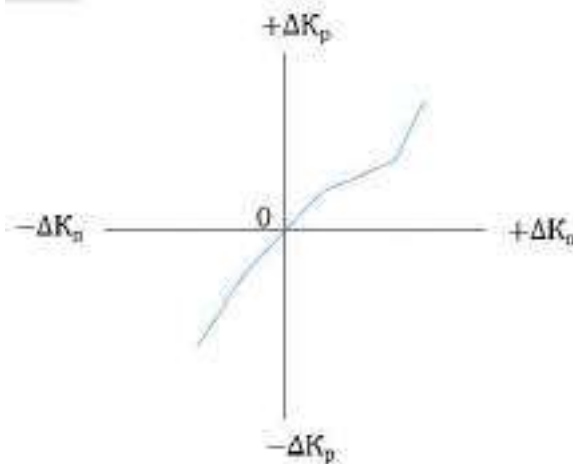


Рис. 4.1. Соотношение между ΔK_{Π} и ΔK_p

8. Выполняется расчёт вероятной погрешности определения коэффициентов K_{Π} и K_p по формулам $dK_{\Pi}(i)$ и $dK_p(i)$ (табл. 4.7).

Таблица 4.7. – Вероятная погрешность определения K_{Π} и K_p

| Параметр | Расчетная ошибка определения параметра
(d_i), % | | | |
|---|--|-----------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| | K_{Π} | | K_p | |
| | $dK_{\Pi}(i)$ | $dK_{\Pi}^2(i)$ | $dK_p(i)$ | $dK_p^2(i)$ |
| Д
Б
С
а
С _п
b | | | | |
| Σ | | $\sum dK_{\Pi}^2(i)$ | $\sum dK_p(i)$ | $\sum dK_p^2(i)$ |
| m | $m_{K_{\Pi}}$ | $\sqrt{\sigma_{K_n} \frac{1}{n}}$ | m_{K_p} | $\sqrt{\sum dK_p^2(i) \frac{1}{n}}$ |

$$m_{K_{\Pi}} = \sigma_{(K_{\Pi})} = \sqrt{\frac{\sum d^2 K_{\Pi}}{n}}, \quad m_{K_p} = \sigma_{(K_p)} = \sqrt{\frac{\sum d^2 K_p}{n}}$$

9. Выполняется сравнение расчетных значений $m_{K_{\Pi}}$ и m_{K_p} (см. табл. 4.7) с фактическими данными (см. табл. 4.6).

10. Составляется общее заключение по данным выполненных расчетов.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие естественно-исторические предпосылки предопределили возникновение геометрии недр?
2. Какими основными свойствами обладает геохимическое поле? Как изображается поле и какие математические действия с поверхностями с числовыми отметками возможны?
3. Что означает представительность геологических проб? Оцените погрешность линейной интерполяции и погрешность положения изолиний на плане.
4. Охарактеризуйте развитие представлений о геометрической структуре геохимического поля.
5. Какие научные основы учения об изменчивости показателей в связи с геометризацией геохимического поля?
6. Назовите и охарактеризуйте принципы классифицирования месторождений при разведке месторождений.
7. Назовите методы подсчета запасов. Дайте оценку их точности.
8. Каковы объект, предмет, цель и задачи геометризации МПИ.
9. Какой принцип составляет основу оценки достоверности оконтуривания геохимического поля и классифицирования рудных площадей по степени достоверности их оконтуривания?
10. Материальный баланс как основа организации горного производства.
11. Перечислите методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче.
12. Какова сущность косвенного метода учета потерь полезного ископаемого?
13. Как влияет точность определения содержаний в балансовых

запасах (C) и добытой руде (a) на точность определения коэффициентов потерь и разубоживания руды при добыче?

14. Как влияет точность определения содержаний компонента в теряемой руде (C_{II}) и вмещающих породах (B) на точность определения коэффициентов потерь и разубоживания руды при добыче?

15. Назовите основы нормирования показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче открытым способом.

16. Каковы основы планирования показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче открытым способом?

17. Назовите текущую документацию по учету и планированию показателей полноты и качества извлечения запасов. Каковы формы государственной статистической отчетности?

18. Каковы принципы классифицирования потерь и разубоживания руды при добыче. Назовите виды потерь полезного ископаемого.

19. Охарактеризуйте виды смещений горных пород по П.К. Соболевскому.

20. Каковы условия применения способов подсчета запасов (горизонтальное и вертикальные сечения, геологических блоков, палетки П. К. Соболевского)?

21. Раскройте сущность понятий: случайные величины (понятие, формы представления, статистические характеристики, метод обработки); корреляция (понятие, свойства основных характеристик).

22. Какие критерии тесноты связи между двумя случайными величинами используются при математической обработке данных?

23. Какова сущность метода «скользящего» окна сглаживания при геометризации рудных полей?

24. Каковы аналитические основы метода оптимизации плотности разведочной сети?
25. Назовите методы определения параметров залежи при подсчете запасов (площадь, мощность, плотность).
26. Дайте оценку степени разведанности залежей полезного ископаемого.
27. Как классифицируются запасы при проектировании горных предприятий?
28. Какова сущность прямого метода учета потерь полезного ископаемого?
29. Назовите условия применимости косвенного метода учета потерь и разубоживания руды.

Список рекомендуемой литературы

1. Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети.– М.: ГНТИ Литературы по геологии и охране недр, 1963.– 212 с.
2. Букринский В. А. Геометризация недр: практический курс: учебное пособие для ВУЗов.– М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 333 с.
3. Гальянов А. В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А. В. Гальянов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 315 с.
4. Гальянов А. В. Теоретические основы геометризации процессов в горном деле. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 250 с.
5. Геометрия недр (Горная геометрия): учебник для вузов / В. М. Калинин, Н. И. Стенин, И. И. Тупикин, И. Н. Ушаков; под ред. В. М. Калинин и И. Н. Ушакова. – Новочеркасск: НОК, 2000. – 526 с.
6. Кузьмин В. И. Геометризация и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых.– М.: Недра, 1967.–242 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В.Гальянов

ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Учебно-методическое пособие

к самостоятельной работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Аннотированное содержание дисциплины «Геометрия недр»
 2. Повторение материала лекций
 3. Самостоятельное изучение тем курса
 4. Подготовка к практическим занятиям
 5. Подготовка к опросу и экзамену
 6. Вопросы по темам самоподготовки
- Рекомендуемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие является руководством к самостоятельной работе обучающийся основ «Геометрия недр». Этот процесс предусматривает непосредственную работу с рекомендованной литературой пособием к решению расчетно-графических работ (РГР), которые предназначены для закрепления узловых тем дисциплины «Геометрия недр».

Теоретические вопросы рассматриваются в учебном пособии «Геометрия недр. Основы геохимического анализа геохимического поля» решения задач (РГР) – в учебно-методическом пособии к расчетно-графическим работам. Эти работы имеют индивидуальный характер, поэтому вариант согласовывается с преподавателем; РГР оформляется по схеме: титульный лист, содержание (название темы и указание варианта); РГР – исходные данные, подробное последовательное представление решения, заключение по теме.

Самостоятельная работа по освоению программы курса «Геометрия недр» предполагает возможность получить консультацию и разъяснения по возникшим вопросам у преподавателя в отведенное для этого время.

Форма контроля, предусмотренная учебным планом - экзамен. Обучающийся представляет РГР на просмотр преподавателю до дня сдачи экзамена; теоретические вопросы дисциплины распределены по экзаменационным билетам; на подготовку отводится 40-60 минут. Оценка знаний производится в пятибалльной системе.

1. АННОТИРОВАННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕТРИЯ НЕДР»

«Геометрия недр» есть строгая физико-математическая методика промышленной характеристики разведываемых недр», - так определил содержание дисциплины Петр Константинович Соболевский. Отсюда следует, что объектом геометрии недр являются концентрации полезных ископаемых, содержащихся в горных породах верхних слоев земной коры и доступных для промышленного освоения (сюда не включаются просторы морей и океанов). Эти концентрации, приобретая потребительскую стоимость, становятся объектом промышленного освоения. Промышленное освоение предусматривает определенную этапность: поиск, целенаправленные геолого-разведочные работы, оконтуривание и подсчет запасов, проектирование добычных работ, отработка месторождений, закрытие объекта и списание его запасов с государственного баланса.

Освоение месторождений возможно только при наличии информационных сведений о пространственном положении геологического объекта и качественных особенностях полезного ископаемого, под которыми понимаются содержание полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих окислов, а также физико-механические свойства горных пород, гидрогеологические и тектонические особенности района ведения горных работ. Таким образом, **предметом** дисциплины «Геометрия недр» является исследование форм, свойств и процессов рудообразования. Методы исследования этих вопросов составляют основу теоретической части дисциплины «Геометрия недр», а решение инженерных задач на различных этапах освоения месторождений составляет основу ее прикладной части.

Программа курса составлена таким образом, что включает в себя необходимый объем сведений исторического характера и аналитические основы дисциплины.

Введение в общий курс дисциплины «Геометрия недр»

Первый раздел программы является вводным в общий курс дисциплины. Он включает в себя главы 1 и 2 книги [1], в которых рассматриваются исторические этапы освоения человеком верхних слоев литосферы и предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Теоретические основы дисциплины «Геометрия недр»

Второй раздел посвящен изложению собственно теоретических основ геометрии недр. Узловыми понятиями здесь являются «поле» (как физическая субстанция) и «геохимическое поле».

Поле следует понимать как форму пространственного представления явлений природы, проявление их свойств и особенностей. Иными словами, поле есть геометрическая модель явления в метрическом пространстве.

Геохимическое поле формально есть аналог физическому полю, т. е. оно обладает теми же формальными свойствами, как и физическое. Если показатель U , отображающий некоторое проявление поля, то его формально можно представить как функцию координат пространства и времени.

$$U = F(x, y, z, t).$$

Функция U должна удовлетворять четырем условиям: конечности ($U \neq \infty$), однозначности ($U_0 = F(x_0, y_0, z_0, t_0)$); непрерывности ($U' = F'(x, y, z, t)$ – первая производная существует однозначно); плавности – вторая производная функции не имеет точек разрыва.

Поскольку геологические объекты существуют во времени, не соизмеримом с реальным временем отработки месторождений, координату t следует считать фиксированной и не определяющей оператор функции F , т. е. U следует ставить в зависимость только от координат метрической системы.

$$U = F(x, y, z).$$

Отличительные особенности геохимического поля от физического

Первой и основной отличительной особенностью геохимического поля от физического является невозможность его аналитического представления – оно может быть изображено геометрически в форме изолиний показателя U . В этом случае оно является абсолютным аналогом топографической поверхности.

Второй особенностью геохимического поля следует считать то обстоятельство, что его геометрическое представление отвечает принципам относительности и соответствия. Это означает, что геометрия геохимического поля зависит от полноты геологоразведочных сведений. Этим объясняется невозможность однозначной аналитической интерпретации геометрических закономерностей поля минерализации.

Геохимическое поле как пространственная геометрическая модель геологического объекта

Метод изолиний является основным «инструментом» изображения геохимического поля в пространстве. Принцип относительности утверждает, что это изображение не отображает истину в последней инстанции, а есть лишь один из возможных «эскизов» поля, есть приближенная модель геологического объекта, которая уточняется в своих деталях по мере пополнения информационных сведений. Полнота этих сведений оптимизируется в соответствии с решаемыми задачами подсчета запасов, проектирования, управления технологическими процессами добычи и первичной переработки.

Аналитические основы теории геохимического поля

Аналитическую основу теории геохимического поля составляет геометрический анализ топоповерхности и вытекающие из него математические действия с поверхностями топографического типа.

Поверхности топографического типа допускают выполнение всех основных математических действий: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логарифмирование, дифференцирование и интегрирование. Простые арифметические действия находят применение в задачах подсчета запасов, при производстве строительных земляных работ, изучении геологических структур и т. п. Дифференцирование и интегрирование нашли широкое применение в геофизических методах разведки и изучении полей напряжений в геомеханике.

Второй составляющей теории геохимического поля является учение об изменчивости показателей U в пространстве геологического объекта.

Прикладная часть геометрии недр

Прикладная часть геометрии недр состоит в решении инженерных задач, связанных со всеми этапами освоения месторождений полезных ископаемых. Комплекс этих задач и методические подходы к их решению получили определение «Геометризация месторождений».

Геометризация месторождений в широком (самом общем виде) смысле этого понятия включает в себя:

- разработку методов геометрического моделирования (представления) геологического объекта и вытекающих из этого способов подсчета запасов месторождения и формирования банка данных для производства проектных работ на их отработку;
- составление геологических качественных планов на маркшейдерской плановой основе: обоснование методик построения этих планов и оценку их достоверности;
- обоснование кондиций на сырье для рационального ведения горных работ и обеспечение наиболее полного извлечения запасов;
- обоснование необходимой и достаточной полноты сведений о качестве полезного ископаемого и морфологических особенностях его залегания в недрах.

Таким образом геометризация месторождений есть необходимый этап придания геологоразведочной информации не только наглядности, но и привязки этой информации к координатам пространства – собственно создания геометрической модели.

На основе геометрической модели месторождения решается весь спектр инженерных задач: текущее и перспективное планирование развития горных работ; учет полноты и качества отработки запасов месторождения;

нормирование и планирование уровня потерь полезного ископаемого и др. текущие инженерные задачи горного производства.

Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Учение об изменчивости показателей данных разведки есть ключевой вопрос теории геохимического поля. Содержательная часть этого учения состоит в оценке шумовой составляющей функции $U = F(x, y, z)$ в виде δ -функции, которая рассматривается как «всплеск». Таким образом, геохимическое поле формально представляет собой суперпозицию функции U и δ :

$$U = F(x, y, z) + \delta.$$

Особенностью δ -функции является то, что она, отвечая требованиям конечности и однозначности, не удовлетворяет требованиям непрерывности и плавности. Это ограничивает условия применимости метода линейной интерполяции при геометрической интерпретации данных геологоразведочных работ.

В основе геометрических построений лежит принцип относительности и соответствия, что означает неполноту сведений по существу точечной информации данных разведки. Одновременно наличие δ -функции в уравнении геохимического поля выдвигает как проблему вопрос об оценке представительности информации.

Теоретические основы геометризации технологических процессов в горном деле

Этот раздел курса есть развитие идеи геометризации месторождений, перенесенный на динамические процессы горного производства. Геометризация технологических процессов есть основа для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. Её аналитическая основа принципиально отличается от основ геометрии недр – она базируется на математических разработках теории массового обслуживания (раздел «Теория вероятности») и оперирует понятиями: «поток событий», «динамическая система», «корреляционная функция», «случайная функция», «энтропия системы». Таким образом, **объектом** исследования здесь являются производственные схемы грузопотоков сырья, а **предметом** – геометрические особенности и характеристики технологических потоков. **Задачей** геометризации технологических процессов является установление закономерностей протекания этих процессов, геометрическая интерпретация этих закономерностей, эмпирическое представление различного рода соотношений для использования их в АСУ ТП технологического процесса.

2.ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Конспект лекций является подсобным материалом при самостоятельной работе при освоении тем курса дисциплины. В разделе 6 данных «методических указаний» приведены ключевые вопросы каждой темы и ссылки на литературные источники, в которых они раскрываются. Работая с этой литературой целесообразно делать записи и пометки, которые помогут при подготовке к экзамену.

3.САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

Самостоятельная работа над дисциплиной «Геометрия недр» включает в себя освоение теоретической части по рекомендуемым литературным источникам и практической в полном соответствии с разработанным «Учебно-методическим пособием к расчетно-графическим работам по дисциплине «Геометрия недр». Освоению теоретической части поможет раздел 6 данных «методических указаний», где весь курс дисциплины распределен по темам с указанием разделов в рекомендуемой литературе. Учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам включает 4 задачи, обеспеченные схемой их решения и кодом вариантов для получения индивидуальных исходных данных. Каждая задача оформляется в виде последовательного представления хода решения. Все задачи сшиваются и представляются преподавателю на проверку в период экзаменационной сессии.

Содержание тем дисциплины

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Объект, предмет изучения в геометрии недр.

Тема 2: Основы теории геохимического поля

Понятие поля. Физическое и геохимическое поле, основные геометрические условия для построения поля. Математические действия с полями. Естественно исторические предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений.

Тема 3: Учение об изменчивости показателей геохимического поля

Понятие «изменчивость» показателя. Изменчивость признака как свойство процессов, как отражение движения. Гомогенность и изотропность среды. Эвристические методы оценки изменчивости показателей геохимического поля. Геометрическое моделирование геохимического поля.

Тема 4: Принципы относительности и соответствия в геометрии недр

Принципы относительности и соответствия как основа научного познания. Понятие представительности информационных сведений, получаемых при разведке месторождений, точность геометрической интерпретации построений по точечной информации. Принципиальная математическая модель геохимического поля.

Тема 5: Оценка достоверности геометрического моделирования геохимического поля

Понятие ошибки, погрешности, точности, достоверности при анализе данных разведки месторождений полезных ископаемых. Допустимая область интерполяции и экстраполяции данных разведки.

Тема 6: Принципы классифицирования МПИ при разведке, проектировании и эксплуатации

Задачи классифицирования. Классифицирование по степени сложности строения геологических объектов, степени разведанности, по степени подготовленности запасов к отработке.

Тема 7: Методы подсчета запасов и их оценка точности

Классические методы подсчета запасов, условия их применения. Оценка точности методов подсчета запасов.

Тема 8: Аналитические основы учения о полноте и качестве извлечения запасов МПИ при добыче

Термины и понятия. Уравнение материального баланса. Методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов. Принципы классифицирования потерь полезного ископаемого. Основы нормирования,

планирования, учета и отчетности показателей полноты извлечения запасов.
Оценка точности методов учета.

4. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическим занятиям есть из составляющих общего процесса освоения дисциплины. Она включает в себя подбор необходимых методических материалов и средств для выполнения расчетно-графических работ.

5. ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ И ЭКЗАМЕНУ

Подготовка обучающихся к опросу и экзамену является заключительным этапом самостоятельной работы по освоению программы курса дисциплины «Геометрия недр». Она состоит в проверке усвоенных знаний путем ответов на вопросы, которые представлены в «Методическом пособии», на основании которого составлены экзаменационные билеты.

Примеры вопросов в билетах

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____

по дисциплине Геометрия Недр

содержание билета: 1. Принцип относительности и соответствия в геометрии недр.

2. Представительность информационной единицы, используемой
при подсчете запасов.

Литература:

1. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр, 2013 г. (п.3.2)
2. Гальянов А. В. «Геометрия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля». 2019 г.(п. 3.1- 3.3)

Составил А.В. Гальянов
"5" июня 2019 г.

"Утверждаю"
Зав. кафедрой : В.А.Гордеев

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____

по дисциплине Геометрия Недр

содержание билета: 1. Понятие «изменчивость» показателей геохимического поля.
2. Способы количественной оценки степени изменчивости показателей.

Литература:

1. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр, 2013 г. (3.4)
Составил А.В. Гальянов "Утверждаю"

"5" июня 2019 г.

Зав. кафедрой : В.А.Гордеев

БИЛЕТ №

по дисциплине Геометрия Недр

содержание билета: 1. Материальный баланс – основа организаций горного производства.
2. Аналитические основы планирования основных технологических показателей горного производства.

Литература:

1. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр.(п.4.7)
2. Гальянов А.В. Теоретические основы геометризации процессов в горном деле. (п.1.3).
3. Гальянов А. В. «Геометрия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля». 2019 г. (п. 7.2, 7.3, 7.8)

Составил Гальянов А. В.

"Утверждаю"

"5" июня 2019 г.

Зав. кафедрой : В.А.Гордеев

6.ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ САМОПОДГОТОВКИ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Дайте определение дисциплине Геометрия недр. Какое место она занимает в системе наук о Земле и горных науках?
2. Назовите объект, предмет, цели и задачи Геометрии недр?
3. Назовите сущность геометрического моделирования геологических объектов?

Литература: [1- п.2.7,2.8 – с.130-146]
[2 –Введение, п2.1, 2.2 - с.6-8, 32-50]

Тема 2: Основы теории геохимического поля

1. Раскройте сущность понятия «поле»?
2. Назовите основные геометрические свойства поля?
3. Что значит «Геометризовать поле»?
4. Назовите принципиальные сходства и различия между физическим и геохимическим полем. Какова содержательная сущность понятия «геохимического поля»?
5. Каковы естественные исторические предпосылки возникновения идеи геометризации месторождений?
6. Какие математические действия допускает теория геохимического поля?
7. Назовите примеры решения горно-геометрических задач на основе математических действий с геохимическими полями?

Литература: [1- п.2.-2.10., 3.1- с.67-164, 165-169]
[2 – п2.2, 2.3 - с.36-59]

Тема 3: Учение об изменчивости показателей геохимического поля

1. Раскройте сущность понятия «изменчивость» показателя?
2. Какова геометрическая структура геохимического поля?
3. Как оценить соотношение закономерной и шумовой составляющих геометрического поля?
4. Какова геометрическая сущность метода конечных разностей при оценке изменчивости показателей?
5. Какова основа статистического метода оценки показателя изменчивости показателей?
6. Какова сущность метода учета инверсий знаков в изменении показателей?

7. Какова геометрическая основа в оценке изменчивости ранжированных показателей? Связь с параметрами корреляционной функции случайных процессов?
8. Каковы основы классифицирования ранжированных показателей геохимического поля при геометризации поверхностей с числовыми отметками?

Литература: [1- п.3, 4- с.181-249]
[2 – п.3 - с.59-98]

Тема 4: Принципы относительности и соответствия в геометрии недр

1. В чем состоит сущность принципа относительности при геометрической интерпретации данных разведочных работ?
2. В чем состоит сущность принципа соответствия при геометрической интерпретации данных разведочных работ?
3. Как зависит геометрическое представление о пространственном положении геологического объекта от положения первой скважины (эффект Родионова)?
4. Как зависит геометрическое представление о пространственном положении геологического объекта от плотности разведочной сети?

Литература: [1- п.3.2,3.3 с.169-181]
[2 – п.3.1-3.3,4.1- с.59-86, 98-101]
[3 – п.2 – с. 19-30]

Тема 5: Оценка достоверности геометрического моделирования геохимического поля

1. Назовите критерии достоверности геометрического представления геологических объектов на геолого-маркшейдерской графической документации?
2. Как оценить погрешность и достоверность оконтуривания тел полезных ископаемых?
3. Как оценить достоверность контуров рудных тел?
4. Как влияет плотность разведочной сети на показатели достоверности геологоразведочных работ?
5. Расскажите геометрическую сущность оптимизации плотности разведочной сети на разных стадиях изучения месторождения?
6. Как оценить представительность геологоразведочной информации?
7. Назовите методы сглаживания шумовой составляющей геологоразведочной информации?
8. Как обосновать окно сглаживания информации?
9. В чем состоит сущность разделения полезного ископаемого на сорта, типы, однородные блоки?

Литература: [1- п.3.2-3.4 - с.169-254]
[2 – п.3.1-3.3,5.1,5.5,5]

Тема 6: Принципы классифицирования МПИ при разведке, проектировании, эксплуатации

1. Какие принципы закладываются в основу классифицирования запасов полезных ископаемых?
2. Назовите критериальные оценки при классифицировании месторождений по степени смежности строения?
3. Назовите критериальные оценки при классифицировании месторождений по степени разведанности?
4. Назовите критериальные оценки при классифицировании запасов при проектировании?
5. Какие требования лежат в основе нормирования запасов по степени их подготовленности к добыче?
6. Какова связь уровней подготовленности запасов с этапами развития горных работ при подземном способе отработки месторождения?
7. Какова связь уровней подготовленности запасов с этапами развития горных работ при открытом способе отработки месторождения?

Литература: [2- п.4 - с.98-110]

Тема 7: Методы подсчета запасов и их оценка точности

1. Какие задачи стоят при выборе метода подсчета запасов при разведке месторождений?
2. Как связан метод подсчета запасов с группой сложности месторождения?
3. Как оценивается точность метода подсчета запасов?
4. В чем сущность статистического метода подсчета запасов и условия его применимости?
5. Раскройте сущность метода изолиний при подсчете запасов?
6. В чем сходство и отличие методов подсчета запасов геологическими блоками, треугольниками, многоугольниками?
7. Какие горно-геологические условия допускают применение при подсчете запасов метода вертикальных сечений (разрезов)?
8. Какие горно-геологические условия допускают применение при подсчете запасов метода горизонтальных сечений?

Литература: [2- п.5 - с.110-163]

Тема 8: Аналитические основы учения о полноте и качестве извлечения запасов МПИ при добыче

1. Раскройте сущность закона материального баланса при ведении горных работ?
2. Назовите методы учета показателей полноты и качества извлечения запасов?
3. Раскройте сущность прямого метода учета и условия его применимости?
4. Раскройте сущность косвенного метода учета и условия его применимости?
5. Назовите принципы классифицирования потерь полезного ископаемого при добыче?
6. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при отработке крутопадающих залежей полезного ископаемого открытым способом?
7. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при отработке пологих и горизонтально залегающих залежей полезного ископаемого открытым способом?
8. Какие виды потерь полезного ископаемого имеют место при подземном способе отработки месторождения?
9. Что лежит в основе нормирования и оптимизации уровня потерь полезного ископаемого при открытом способе добычных работ?
10. Изложите сущность планирования показателей добычи в рамках годовой программы горных работ предприятия?
11. Как влияет точность исходных данных на уровень потерь и разубоживания руды при косвенном методе учета?
12. Как обосновывается период учета показателей полноты извлечения запасов при добыче?

Литература: [2- п.7 - с.185-222]

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гальянов А.В. Геометрия недр. Основы геометрического анализа геохимического поля: Учебное пособие / А.В. Гальянов; Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. - 236 С.
2. Гальянов А.В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А.В. Гальянов. УГГУ. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2013. 315 с.
3. Гальянов А. В. Геометрия недр: учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам / А. В. Гальянов; Изд-во Урал. гос. горн. ун-т, 2018. – 47с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Латышев О. Г., Казак О. О.

Учебно-методическое пособие к выполнению контрольных работ по дисциплине для студентов всех специальностей направления подготовки «Горное дело»

Екатеринбург – 2017

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы – овладение методикой лабораторного определения деформационных характеристик скальных пород статическим методом применительно к расчетам процессов горного производства.

Определяемые в опыте деформационные характеристики включают: модуль упругости, модуль пластичности, модуль общей деформации, коэффициент Пуассона. По полученным результатам вычисляются модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Указанные характеристики определяют устойчивость горных пород и энергоемкость всех процессов связанных с разработкой пород.

Теоретическая основа дается в учебнике [1]:

- 2.2. Напряжения и деформации в горных породах;
- 2.3. Упругие свойства горных пород;
- 2.6. Методы определения упругих свойств горных пород;
- 2.13. Пластическое деформирование горных пород;
- 2.14. Пластические свойства горных пород.

Методика эксперимента

1. На испытываемый образец в форме цилиндра (керн) или призмы с параллельными торцами устанавливаются датчики продольной и поперечной деформации (тензодатчики сопротивления или индикаторы часового типа). Измеряют высоту и площадь образца S ; определяют базу измерений (в продольном направлении L и поперечном направлении d).

2. Образец устанавливают на прессе и производят его ступенчатое нагружение. Величина предельной нагрузки определяется прочностью горной породы при сжатии или назначается в зависимости от конкретно решаемой задачи.

3. На каждой ступени нагружения фиксируется значение нагрузки P_i , Н (или кгс) и показания парных датчиков продольной и поперечной деформации.

4. После проведения эксперимента вычисляют напряжения на каждой ступени нагружения $\sigma_i = P/S$; усредняют показания пар дат-

чиков и вычисляют относительную продольную $\varepsilon_i = \Delta L/L$ и поперечную $\Delta d_i/d$ деформации.

5. Результаты заносят в таблицу и производят построение графиков продольной и поперечной деформации.

6. По линейным участкам графиков вычисляют модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν ; выделяют нелинейный участок графика, характеризующий пластическую деформацию породы, и вычисляют модуль пластичности $E_{пл}$; по полной деформации определяют модуль общей деформации $E_{деф}$.

7. Вычисляют значения модуля сдвига: $G = E/[2(1 + \nu)]$ и модуля объемного сжатия $K = E/[3(1 - 2\nu)]$.

Задание:

1. Вычислить все указанные выше деформационные характеристики горной породы.

2. Определить удельную энергоемкость разрушения данной породы: $A_{уд} = \sigma^2/2E_{деф}$, Дж/м³, приняв σ равным предельному значению напряжений, полученному в опыте.

3. Определить удельную энергоемкость разрушения этой же породы в предположении ее идеальной упругости: $A_{уд}^* = \sigma^2/2E$, Дж/м³.

4. Сравнить результаты и определить потери энергии на пластическое деформирование горной породы: $\Delta A = A_{уд} - A_{уд}^*$; выразить потери в % к $A_{уд}$.

Пример распечатки результатов

| Известняк | | |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Напряжение,
МПа | Деформация (10⁻³) | |
| | продольная | поперечная |
| 5 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.500 | -0.125 |
| 15 | 0.750 | -0.188 |
| 20 | 1.000 | -0.250 |
| 25 | 1.250 | -0.313 |
| 30 | 1.500 | -0.375 |
| 35 | 1.750 | -0.438 |
| 40 | 2.000 | -0.500 |
| 45 | 2.250 | -0.563 |
| 50 | 2.500 | -0.625 |
| 55 | 2.750 | -0.688 |
| 60 | 3.000 | -0.750 |
| 65 | 3.250 | -0.813 |
| 70 | 3.500 | -0.875 |
| 75 | 3.750 | -0.938 |
| 80 | 4.000 | -1.000 |
| 85 | 4.250 | -1.063 |
| 90 | 4.500 | -1.125 |
| 95 | 4.854 | -1.213 |
| 100 | 5.503 | -1.376 |
| 105 | 6.503 | -1.626 |
| 110 | 7.901 | -1.975 |
| 115 | 9.738 | -2.434 |
| 120 | 12.053 | -3.013 |

Модуль упругости, ГПа:

Предел упругости, МПа

Модуль пластичности, ГПа

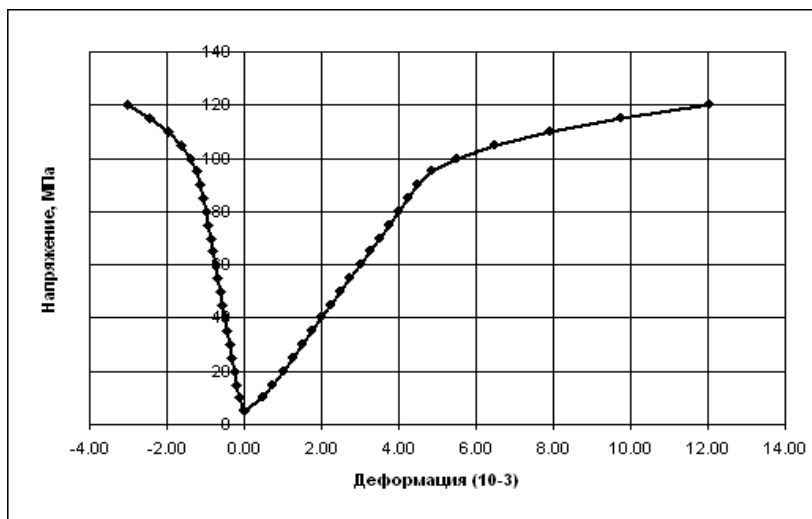
Модуль общей деформации, ГПа

Модуль сдвига, ГПа

Модуль объемного сжатия, ГПа

Коэффициент Пуассона:

| |
|------|
| 20.0 |
| 90.0 |
| 4.0 |
| 10.0 |
| 8.0 |
| 13.3 |
| 0.25 |



Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения масштабного эффекта в горных породах применительно к расчетам процессов горного производства.

Масштабным эффектом называется снижение прочности горных пород при увеличении их объема. Поскольку прочность пород определяется в лабораторных экспериментах на образцах заведомо малого размера, а реальные процессы охватывают значительные объемы породного массива, то учет масштабного эффекта необходим для введения соответствующих поправок в расчетные формулы технологии горного производства.

Теоретическая основа

[1] – разделы: 2.10; 5.5; 5.9;

[2] – Лабораторная работа «Построение паспорта прочности горных пород».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов двух типоразмеров со стороной 2 и 5 см.

2. Найти показатель масштабного эффекта n .

3. Записать уравнение масштабного эффекта и построить его график при изменении объема пород от 1 до 20 м³.

Задание:

1. При проходке выработки площадью поперечного сечения 10 м² с помощью буровзрывных работ глубина отбойки породы (уходка за цикл) составляет 2,0 м. С учетом масштабного эффекта определить прочность данного объема исследованной Вами породы.

2. Оценить требуемое количество взрывчатого вещества (ВВ) на 1 м³ разрушаемой породы (удельный расход ВВ) по формуле:

$$q = 0,015 \sigma_{сж} [\text{МПа}], \text{ кг/м}^3.$$

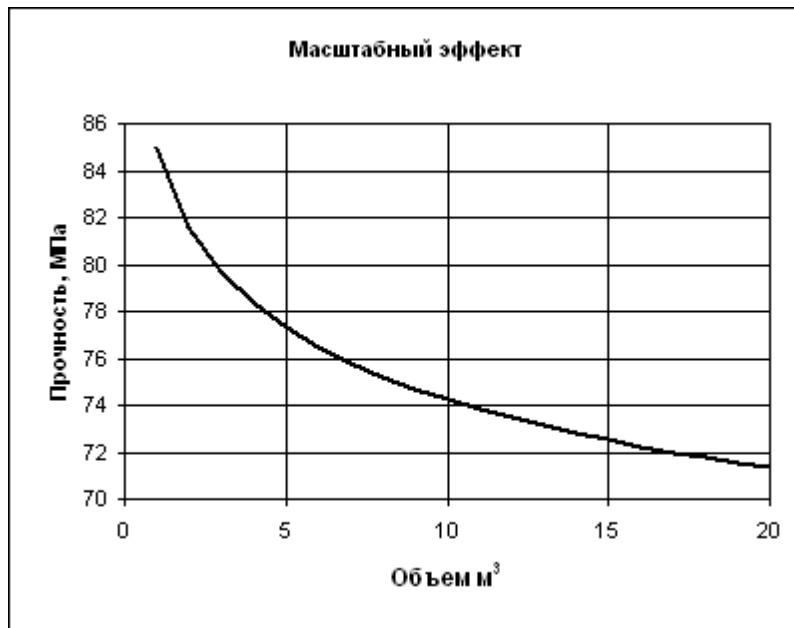
Пример распечатки результатов

ОЦЕНКА МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ГОРНЫХ ПОРОД

Студент: *Иванов И. И.*

Задание №5

| Куб со стороной 2 см | | | Куб со стороной 5 см | | |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------|----------------|
| Площадь, см ² | Нагрузка, тс | Прочность, МПа | Площадь, см ² | Нагрузка, тс | Прочность, МПа |
| 4 | 3.81 | 95.2 | 25 | 18.43 | 73.7 |
| 4 | 3.16 | 79.1 | 25 | 13.57 | 54.3 |
| 4 | 2.91 | 72.8 | 25 | 16.31 | 65.2 |
| 4 | 4.09 | 102.3 | 25 | 18.88 | 75.5 |
| 4 | 3.20 | 80.1 | 25 | 14.00 | 56.0 |
| 4 | 3.14 | 78.4 | 25 | 20.09 | 80.4 |
| 4 | 3.57 | 89.4 | 25 | 20.14 | 80.6 |
| 4 | 3.73 | 93.1 | 25 | 19.00 | 76.0 |
| 4 | 3.34 | 83.5 | 25 | 18.63 | 74.5 |
| 4 | 3.05 | 76.3 | 25 | 18.31 | 73.2 |
| Среднее | | 85 | Среднее | | 71 |



Контрольная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОЙ СТРУКТУРЫ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Цель работы – отработка методов исследования и анализа трещинной структуры породных массивов применительно к оценке их прочности и устойчивости.

Трещины разбивают породный массив на отдельные блоки, образующие его иерархическую структуру. Поэтому для проектирования процессов разработки месторождений и определения устойчивости горных выработок особенности трещинной структуры массива нуждаются в количественной оценке.

Теоретическая основа

[1] – раздел 6.1.

Методика эксперимента

1. На обнажении пород (стенках или забое выработки) очерчивается площадка 1 м^2 , отмывается от осевшей пыли и производится электронная фотография со вспышкой.

2. При наличии заполненных трещин из них отбираются для последующего анализа пробы материала заполнителя.

3. По полученной фотографии все трещины разбиваются на классы по размерам (желательно в логарифмическом масштабе).

4. Путем накладывания палетки соответствующих размеров ячейки подсчитывается число трещин каждого класса.

5. По полученным данным определяют сводные характеристики трещиноватости массива: концентрацию трещин, их суммарную и удельную поверхность, степень нарушенности и дисперсность.

Задание:

1. По данным задания составить расчетную таблицу и определить выше указанные параметры трещиноватости породного массива.

2. Построить гистограмму распределения трещин по размерам.

3. Выполнить анализ результатов.

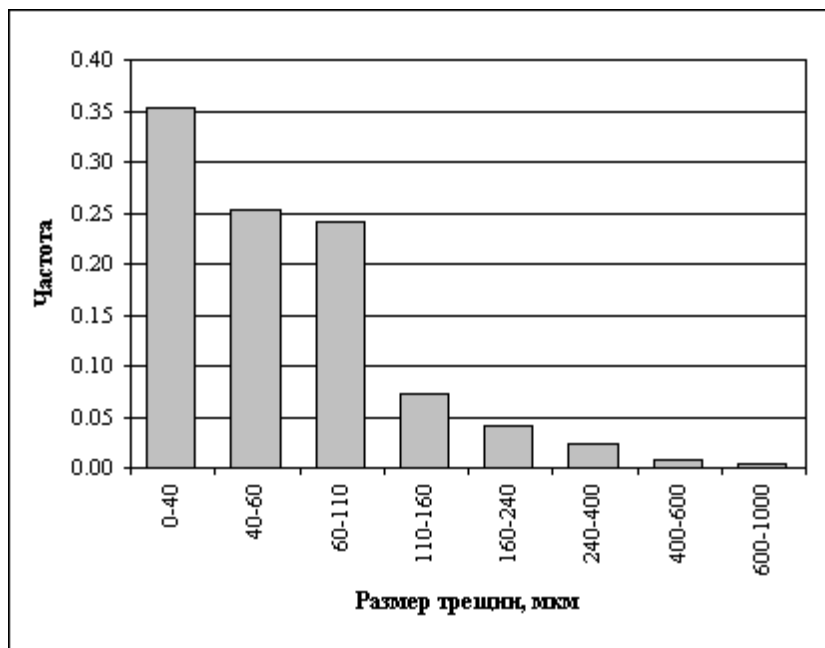
Пример распечатки результатов

Исследование трещинной структуры породных массивов

Студент

Задание №

| Интервал трещиноватости, мм | Средина интервала, мм | Число трещин | Частота n_i | mi/li | $2mi*li$ | $mi*li$ | $mi*li^2$ |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------|----------|---------|-----------|
| 0-40 | 20 | 97 | 0.444 | 22.2062 | 0.0178 | 0.0089 | 0.0002 |
| 40-60 | 50 | 53 | 0.243 | 4.8675 | 0.0243 | 0.0122 | 0.0006 |
| 60-110 | 85 | 44 | 0.202 | 2.3752 | 0.0343 | 0.0172 | 0.0015 |
| 110-160 | 135 | 12 | 0.056 | 0.4117 | 0.0150 | 0.0075 | 0.0010 |
| 160-240 | 200 | 7 | 0.030 | 0.1506 | 0.0120 | 0.0060 | 0.0012 |
| 240-400 | 270 | 4 | 0.017 | 0.0611 | 0.0089 | 0.0045 | 0.0012 |
| 400-600 | 500 | 1 | 0.005 | 0.0109 | 0.0055 | 0.0027 | 0.0014 |
| 600-1000 | 800 | 1 | 0.003 | 0.0037 | 0.0047 | 0.0024 | 0.0019 |
| Сумма: | | 218 | 1.0000 | 30.0869 | 0.1226 | 0.0613 | 0.0089 |



Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления характеристик горных пород.

2. В соответствии с заданием определяют параметры элементов горной технологии по полученным характеристикам горной породы.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формулы в общем виде, ее числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Казак О. О. Физика горных пород: Учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 277 с.

2. Латышев О. Г., Азанов М. А., Анохина О. О. Физика горных пород: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. -65 с.

3. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород: Учебник. –М.: Кн. дом «ЛИБЕРКОМ», 2010. – 360 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Латышев О. Г., Казак О. О.

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 6 |
| 2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения | 7 |
| 3. Контрольные работы | 25 |
| 3.1. Контрольная работа №1. Определение деформационных характеристик горных пород | 25 |
| 3.2. Контрольная работа №2. Определение масштабного эффекта в горных породах | 28 |
| 3.3.Контрольная работа №3. Исследование трещинной структуры породных массивов | 30 |
| 4. Контрольные вопросы и упражнения (для студентов заочного обучения) | 32 |
| Рекомендуемая литература | 39 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них 116 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Физика горных пород» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых лабораторных работ; подготовка и защита контрольных работ. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС). Организация работы студентов при подготовке лабораторных и научных исследований отражена в пособии [2]. Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. В последней части пособия сформулированы контрольные вопросы и упражнения предназначенные для выполнения контрольной работы студентов заочной формы обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Физика горных пород». Она содержит названия 45 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
 2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
 3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
 4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
 5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
 6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
 7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу
- При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема №1. Горные породы как объект разработки

Структура и текстура пород, их минеральный состав. Неоднородность состава и строения горных пород. Оценка изменчивости свойств пород. Типы горных массивов. (§ 1.1, С. 6-10).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как связаны состав и строение горных пород с их генезисом?
2. Что понимается под структурой и текстурой горных пород, и какие их типы можно выделить для горных пород?
3. Чем обусловлена изменчивость свойств горных пород?
4. Опишите статистические характеристики изменчивости свойств горных пород.

Тема №2. Классификация физических свойств горных пород

Физические поля, действующие на горные породы. Классы и группы свойств горных пород. (§ 1.2, С. 10-12).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные виды энергии, используемые при разработке горных пород.
2. Укажите классы физических свойств горных пород.
3. Какие группы характеристик включает класс механических свойств горных пород?

Тема №3. Силы связи и внутренняя структура горных пород

Кристаллическая решетка и анизотропия свойств горных пород. Ионные, атомные (ковалентные), металлические и молекулярные кристаллы. Взаимодействие между минеральными зернами. (§ 1.3, 1.4, С. 12-20).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимают под анизотропией свойств горных пород?
2. Почему анизотропия свойств присуща любому типу кристаллов?
3. Какие силы удерживают частицы в узлах решетки ионного кристалла?
4. Поясните схему обменного взаимодействия атомов в ковалентном кристалле.
5. Чем обусловлено взаимодействие частиц в металлических и молекулярных кристаллах?
6. Охарактеризуйте типы взаимодействий между минеральными зернами, слагающими горную породу.

Тема №4. Дефекты кристаллической структуры

Тепловые колебания как дефекты структуры, флуктуация энергии. Точечные дефекты (вакансии, атомы внедрения), их образование и движение под действием нагрузки. Линейные дефекты – дислокации (краевая и винтовая), движение и размножение дислокаций. Поверхностные и объемные дефекты.

(§ 1.5, С. 20-24).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Почему тепловые колебания атомов вносят искажения в кристаллическую решетку кристаллов?
2. Что понимают по термической флуктуацией энергии?
3. Как образуются вакансии и атомы внедрения в кристаллах?
4. Что представляет собой краевая и винтовая дислокации?
5. Как реагируют точечные и линейные дефекты на приложение к горной породе внешней механической нагрузки?
6. Что понимают под поверхностными и объемными дефектами горных пород?

Тема №5. Плотностные свойства горных пород

Объемная масса и объемный вес. Удельная масса (плотность) и удельный вес. Пористость, виды пористости (общая, открытая, эффективная). Трещиноватость горных пород и ее характеристики. Методы определения плотностных свойств горных пород (§ 2.1, С. 24-27).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте определения объемной и удельной массы горных пород.
2. Чем отличаются объемная масса и объемный вес горных пород?
3. Назовите и охарактеризуйте основные виды пористости горных пород.
4. Охарактеризуйте методы определения плотностных свойств горных пород.
5. Какими показателями может оцениваться трещиноватость горных пород?

Задачи: 1, 2, 11.

Тема №6. Напряжения и деформации в горных породах

Разложение сил в произвольной площадке (схема) – нормальные и касательные напряжения, их размерность. Зависимость величины напряжений от угла наклона площадки (аналитическое выражение и круг напряжений Мора). Деформации пород от действия нормальных и касательных напряжений. Графики упругой, пластичной и упруго-пластичной деформации. (§ 2.2, С. 27-30).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Изобразите схему разложения сил в произвольной площадке элементарного объема горной породы.
2. Что понимается под нормальными и касательными напряжениями? Укажите их размерность.
3. Выведите аналитические зависимости величины нормальных и касательных напряжений от угла наклона произвольной площадки.
4. Изобразите и поясните смысл круга напряжений Мора для одноосного напряженного состояния горной породы.
5. Какие по величине нормальные и касательные напряжения действуют в площадках под углом 0° , 45° и 90° к линии действия нагрузки? Покажите эти характерные точки на круге напряжений Мора.
6. Что понимается под продольной, поперечной (абсолютной и относительной) и угловой (сдвиговой) деформацией?
7. Изобразите графики упругой, пластической, упруго-пластической деформации. Охарактеризуйте их основные особенности.

Задачи: 3, 4.

Тема №7. Упругие свойства горных пород

Работа деформирования горных пород и ее графическая интерпретация. Модули упругости, сдвига и объемного сжатия. Коэффициент Пуассона. (§ 2.3, С. 30-33).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Выведите формулы работы упругой деформации. Дайте их интерпретацию на графике упругой деформации горных пород.
2. Запишите закон Гука для нормальных и касательных напряжений. Укажите выражения для модуля упругости (Юнга) и модуля сдвига.
3. Что понимается под модулем объемного сжатия? Укажите размерность модулей.
4. Что выражает коэффициент Пуассона горной породы?

Задачи: 6, 7, 8, 37.

Тема №8. Распространение упругих колебаний в горных породах

Классификация упругих колебаний по частоте. Продольные волны и их характеристики (деформации среды, направление колебания атомов). Условия массива и стержня. Поперечные волны и их характеристики (деформации среды, направление колебания атомов). (§ 2.4, С. 33-36).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию упругих колебаний по частоте и укажите, – по какому принципу она сформирована.
2. Как деформируется горная порода при распространении по ней продольных упругих волн?

3. Чем отличается распространение продольной волны в массиве и стержне?

4. Как деформируется горная порода при распространении по ней поперечных упругих волн?

Задачи: 18, 32, 45, 57.

Тема №9. Акустические свойства горных пород

Скорость и характеристики распространения продольных волн. Скорость и характеристики распространения поперечных волн. Акустическое сопротивление. Физика затухания упругих волн, коэффициент и логарифмический декремент затухания. (§ 2.5, С. 36-39).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите закономерности распространения продольных и поперечных упругих волн.

2. Дайте выражение акустического сопротивления (жесткости) горных пород. Укажите ее размерность.

3. В чем проявляется затухание упругих волн и какова физика этого процесса?

4. Выведите формулу коэффициента затухания амплитуды волны с расстоянием.

5. Дайте выражение логарифмического декремента затухания волны.

Задачи: 36, 53, 54.

Тема №10. Методы определения упругих свойств горных пород

Схема измерений при реализации статического метода. График деформаций и определение модуля упругости, коэффициента Пуассона, модуля сдвига и модуля объемного сжатия. Сущность динамического метода и варианты его реализации – измерение C_m и $C_{ст}$ (два варианта), измерение C_m и C_s , достоинства и недостатки способов. (§ 2.6, С. 39-44).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите процедуру измерения упругих свойств горных пород статическим методом. Укажите достоинства и недостатки данного метода.

2. Укажите существо динамического метода определения упругих свойств горных пород.

3. Как обеспечить условия массива и стержня при измерении в горной породе скорости продольной волны? Какой вариант предпочтительней?

4. Укажите существо и преимущества способа определения упругих свойств пород путем измерения в них скорости продольной и поперечной волны в массиве.

Задачи: 23, 27, 56.

Тема №11. Прочность горных пород. Критерии прочности

Понятие прочности, ее виды и размерность. Общая модель критериев прочности. Технические критерии прочности: наибольших нормальных напряжений; наибольших удлинений; наибольших касательных напряжений; энергетический критерий. Общее положение критерия Мора. (§ 2.7, С. 44-46).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется прочностью горной породы? Укажите виды прочности и их размерность.
2. Поясните смысл модели технических критериев прочности.
3. Укажите смысл и математическое выражение каждого из технических критериев прочности.

Тема №12. Теория прочности Мора

Построение и использование круга напряжений для объемного сжатия. Типичные круги предельных напряжений и их огибающая. Физический смысл огибающей кругов напряжений Мора, следствия теории прочности Мора. (§ 2.8, С. 46-48).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте теорию Мора на примере построения и использования круга напряжений для объемного сжатия.
2. Произведите построение предельных кругов напряжений при объемном и одноосном растяжении, растяжении со сжатием, одноосном и всестороннем сжатии. Поясните их расположение на графике.
3. Что характеризует огибающая предельных кругов напряжений?
4. Какими напряжениями (в соответствии с теорией прочности Мора) обусловлено разрушение горной породы?

Задачи: 34.

Тема №13. Паспорт прочности горных пород

Процедура построения паспорта прочности. Физический смысл и уравнение линейной огибающей. Сцепление и угол внутреннего трения, их физический смысл. (§ 2.9, С. 48-53).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите процедуру построения паспорта прочности горных пород.
2. Запишите уравнение линейной огибающей предельных кругов напряжений. Укажите физический смысл этой огибающей.
3. Что называется сцеплением горной породы?
4. Что характеризует угол внутреннего трения горной породы?
5. Как оценить предельные значения угла и коэффициента внутреннего трения горных пород?

Задачи: 38, 39, 42.

Тема №14. Теория хрупкого разрушения (теория трещин Гриффитса)

Модель Гриффитса – растяжение пластины с трещиной. Механизм освобождения упругой энергии при возникновении трещины. Трещиноподвижная сила. Сопротивление росту трещины. Формирование критерия прочности Гриффитса, понятие критической трещины. (§ 2.11, С. 57-61)

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Поясните механизм разрушения на примере растяжения пластины с трещиной.
2. Дайте вывод формулы упругой энергии, освобождающейся при росте трещины.
3. Что называется трещиноподвижной силой?
4. Что понимается под сопротивлением росту трещины?
4. Что характеризует удельная поверхностная энергия горной породы?
5. Запишите уравнение критерия прочности Гриффитса и поясните его смысл.

Тема №15. Кинетическая концепция прочности

Понятие и уравнение долговечности тела. Уравнение флуктуации тепловой энергии. Энергия активации процесса разрушения и ее смысл. Стадии разрушения тел в соответствии с кинетической концепцией прочности. (§ 2.12, С. 61-64)

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Запишите и дайте физическую интерпретацию уравнению долговечности тела.
2. Опишите механизм разрушения горных пород с позиций кинетической концепции прочности.
3. Что называется активационным объемом и как его величина связана с коэффициентом перенапряжений?
4. Как соотносится кинетическая концепция прочности с теорией трещин Гриффитса?

Тема №16. Пластическое деформирование и пластические свойства горных пород

Механизмы межзеренного и внутризеренного скольжения. Модули упругости, пластичности и общей деформации, их графическая интерпретация. Коэффициенты пластичности и хрупкости как соотношение работ деформирования горной породы, их графическая интерпретация. (§ 2.13, 2.14, С. 64-69).

Дополнительная литература: [4, 5, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите механизм межзеренного скольжения как основного механизма пластической деформации горных пород.

2. Чем определяется внутризеренное скольжение при пластической деформации кристаллических горных пород?

3. Что называется пределом упругости горных пород?

4. Постройте график деформации упруго-пластичной горной породы и дайте геометрическую интерпретацию модулям упругости, пластичности и общей деформации.

5. Что характеризуют коэффициенты пластичности и хрупкости? Поясните их сущность на графике деформации горных пород.

Задачи: 21, 40, 41, 43, 49, 50, 60.

Тема №17. Ползучесть горных пород

Механическая модель ползучести. Графики затухающей и незатухающей ползучести, их интерпретация. Механизмы ползучести (диффузионно-вязкое течение, движение дислокаций, межзеренное скольжение). Вывод основного уравнения реологии и его применимость к описанию ползучести, оценка затухающей ползучести. (§ 2.15, С. 69-72).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите явление ползучести горных пород с помощью механической модели Максвелла.

2. Постройте типичные графики затухающей и незатухающей ползучести горных пород. Опишите характерные этапы ползучести.

3. Охарактеризуйте механизмы ползучести горных пород. Более детально проясните механизм межзеренного скольжения.

4. Выведите основное реологическое уравнение для модели Максвелла. Укажите, какой вид ползучести оно описывает.

Тема №18. Релаксация напряжений и длительная прочность горных пород

Понятие релаксации напряжений и ее модель, физика явления (механизмы ползучести). Уравнение релаксации напряжений, период релаксации и его смысл. Понятие длительной прочности. Связь длительной прочности с ползучестью пород и метод оценки величины длительной прочности. (§ 2.15, С. 72-74).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под релаксацией напряжений и каков ее механизм?

2. Напишите уравнение релаксации напряжений и поясните смысл периода релаксации.

3. Что называется длительной прочностью горных пород?

4. Постройте график снижения прочности горных пород во времени и поясните, за счет чего происходит это снижение.

5. Как производится экспериментальное определение величины длительной прочности. Поясните на графиках ползучести горных пород.

Задачи: 12, 33.

Тема №19. Статические и динамические характеристики горных пород

Предельные случаи деформирования горных пород. Явление упругого последействия. Влияние дефектов структуры. Влияние релаксации напряжений на прочность и упругость пород. (§ 2.17, С. 81-83).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как реагирует горная порода на ее деформирование?
2. Изобразите и прокомментируйте графики изменения деформации горных пород при статическом и динамическом нагружении.
3. Как влияют дефекты структуры на прочность и упругость пород при различной скорости ее нагружения?
4. Какова роль релаксации напряжений при статическом нагружении горной породы (покажите на графике).

Тема №20. Развитие исследований по механике горных пород

Первый этап – критерии, рассматривающие горную породу как бесструктурную модель. Второй этап – теории хрупкого разрушения при наличии трещин. Третий этап – теории прочности с учетом термических флуктуаций энергии. Недостатки существующих теорий, требования к разработке обобщенной теории прочности. (§ 2.18, С. 83-92).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какой принцип положен в основу формирования технических критериев прочности?
2. Опишите существо теории прочности Мора и диаграммы Двиденкова-Фридмана.
3. Укажите основные черты теорий хрупкого разрушения трещиноватых пород.
4. Какова роль термических флуктуаций энергии в формировании прочности горных пород?
5. Охарактеризуйте основные требования к созданию обобщенной теории прочности.

Тема №21. Тепловые свойства горных пород

Удельная и объемная теплоемкость, ее зависимость от температуры. Тепло- и температуропроводность горных пород. Тепловое расширение пород (линейное и объемное). Термические напряжения в горных породах. (Гл. 3, С. 92-102).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте выражение и размерности удельной и объемной теплоемкости.
2. Постройте график зависимости теплоемкости от температуры горных пород. Дайте интерпретацию графика.

3. Дайте формулы и размерность теплопроводности и температуропроводности горных пород.

4. Опишите фононный (решеточный) механизм распространения тепла в горных породах. Поясните, какие факторы определяют изменение теплопроводности с нагревом горных пород.

5. Что называется коэффициентом теплового линейного и объемного расширения?

6. Чем определяются и как выражаются термические напряжения в горных породах?

Задачи: 9, 46, 47, 51, 52, 55.

Тема №22. Электропроводность горных пород

Электропроводность и электрическое сопротивление горных пород. Механизм электропроводности горных пород: проводников, полупроводников и диэлектриков. Влияние температуры на электропроводность данных типов пород. Методы измерения электрического сопротивления горных пород. (§ 4.1, С. 102-106).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Напишите формулу удельного электрического сопротивления горных пород.

2. Укажите механизм электропроводности проводников и ее зависимость от температуры горных пород.

3. Чем обусловлена электропроводность полупроводников и как она изменяется при нагреве горных пород?

4. Чем определяется электропроводность горных пород – диэлектриков и как она зависит от температуры?

5. Опишите процедуру измерения электрического сопротивления горных пород, используя схему опыта.

Тема №23. Диэлектрическая проницаемость и поляризация горных пород

Закон Кулона, диэлектрическая проницаемость и ее физический смысл. Понятие и механизмы поляризации (электронная, ионная, дипольная, макроструктурная, электрохимическая). (§ 4.2, С. 106-109).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что характеризует относительная диэлектрическая проницаемость горных пород и как она связана с силой взаимодействия зарядов (закон Кулона)?

2. Что понимается под поляризацией горной породы?

3. Опишите механизмы электронной, ионной и дипольной поляризации горных пород.

4. Как происходит (специфичная для горных пород) макроструктурная и электрохимическая поляризация?

Тема №24. Диэлектрические потери в горных породах

Зависимость поляризации от частоты электрического поля. Физика диэлектрических потерь. Эквивалентная схема горной породы и ее векторная диаграмма. Тангенс угла диэлектрических потерь и вывод уравнения удельной мощности диэлектрических потерь. (§ 4.3, С. 109-114).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется и чем обусловлены диэлектрические потери в горных породах?
2. С помощью эквивалентной схемы горной породы поясните смысл тангенса угла диэлектрических потерь.
3. Выведите формулу удельного количества теплоты, выделяемой в горной породе за счет диэлектрических потерь.
4. Опишите схему измерения диэлектрических характеристик горных пород.

Задачи: 24, 25.

Тема №25. Магнитные свойства горных пород

Магнитная проницаемость и ее смысл, связь с индукцией поля. Намагничивание горных пород диа- и парамагнетиков. Намагничивание ферромагнетиков (график), намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила. (§ 4.4, С. 114-117).

Дополнительная литература: [4, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что характеризует магнитная проницаемость горных пород и как она связана с индукцией и напряженностью магнитного поля?
2. В чем состоит различие в процессе намагничивания горных пород диамагнетиков парамагнетиков?
3. Постройте график намагничивания горной породы-ферромагнетика и поясните смысл показателей: намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила.

Тема №26. Гранулометрический состав разрушенных пород

Понятие гранулометрического состава, его табличное и графическое изображение (гистограмма, полигон, кумулята). Характеристики грансостава (средний размер куска, коэффициент неоднородности и степень дробления, удельная энергоемкость дробления). Коэффициент разрыхления, насыпная масса и угол естественного откоса разрушенных пород. (§ 5.2.1, С. 122-129).

Дополнительная литература: [5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как определяется и выражается гранулометрический состав разрушенной породы?
2. Произведите построение и покажите смысл гистограммы, полигона и кумулятивной кривой распределения кусков разрушенной породы по размерам.

3. Что характеризуют и как определяются коэффициент неоднородности, степень и энергоемкость дробления?

4. Что называется коэффициентом разрыхления и как он связан с объемной и насыпной массой горных пород? Какие факторы определяют величину коэффициента разрыхления?

5. Что представляет собой угол естественного откоса разрушенной горной массы?

Задачи: 13, 14., 15, 19, 31.

Тема №27. Физико-механические свойства разрушенных пород

Понятие идеально сыпучей и реально разрушенной горной массы. Построение паспорта прочности для данных типов пород. Деформационные характеристики разрушенных пород, модули деформации и спада. (§ 5.2.2, С. 130-132).

Дополнительная литература: [5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Чем отличаются идеально сыпучие от реально разрушенных горных пород?

2. Опишите схему экспериментального построения паспорта прочности разрушенных пород.

3. Постойте и дайте интерпретацию паспортам прочности идеально сыпучей и реально разрушенной горных пород.

4. Постройте графики деформации идеально сыпучей и реально разрушенной горной породы, охарактеризуйте модули деформации и спада.

Тема №28. Водно-физические свойства глинистых пород

Глины, суглинки и супеси. Структура воды в глинистых породах, определение влажности. Сухое, пластичное и текучее состояние глинистых пород, связь с ползучестью пород. Набухание и усадка глин, осмотическая природа набухания. Липкость глин и методы борьбы с налипанием. (§ 5.3.1, С. 132-136).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под глинистыми горными породами?

2. Какие виды воды содержатся в глинистых породах, и как определяется ее количество (влажность)?

3. Как зависит состояние глинистых пород от их влажности. Покажите типичные графики ползучести глинистых пород.

4. Что понимается под пределами пластичности и текучести глинистых пород?

5. Опишите физику явлений набухания и усадки глинистых пород. Какими показателями они характеризуются?

6. Как определяется липкость (адгезия) глинистых пород? Укажите методы борьбы с налипанием глин на рабочий инструмент.

Задачи: 22.

Тема №29. Механические свойства глинистых пород

Построение паспорта прочности глинистых пород. Деформационные характеристики глин, коэффициенты сжимаемости и компрессии, область их применения. (§ 5.3.2, С. 136-139).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите схему и процедуру построения паспорта прочности глинистых пород.
2. Опишите устройство экспериментальной установки для проведения компрессионных испытаний глинистых пород и поясните схему испытаний.
3. Как и для каких целей определяется коэффициент сжимаемости глинистых пород? Поясните на графике.
4. Что понимается под коэффициентом компрессии глинистых пород? Поясните на графике.

Задачи: 29, 30.

Тема №30. Мерзлые (криогенные) горные породы

Структура воды в горных породах и ее характеристики. Изменение объемной массы, скорости волны, теплопроводности и теплоемкости при замораживании пород. Изменение прочности скальных и разрушенных пород при замораживании. Графики деформации скальных и разрушенных пород при положительных и отрицательных температурах. (§ 5.4, С. 140-143).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под физически связанной, капиллярной и свободной водой в горных породах? Укажите их температуру замерзания.
2. Укажите характер изменения объемной массы, скорости волны, теплопроводности и теплоемкости горных пород при их замораживании.
3. Покажите на графике и охарактеризуйте основные особенности изменения прочности скальных и разрушенных пород при их замораживании.
4. Постройте и опишите графики деформации скальных пород при положительных и отрицательных температурах.
5. Постройте и опишите графики деформации разрушенных (раздельнозернистых) пород при положительных и отрицательных температурах.

Задачи: 10.

Тема №31. Особенности массива горных пород

Различие в свойствах массива и образца горных пород, факторы, определяющие это различие. Методы изучения свойств массива горных пород (натурные, косвенные, расчетные), их суть. Понятие и область применения свойств массива горных пород, горной породы в массиве, горной породы в куске (образце). (§ 5.5, С. 143-145).

Дополнительная литература: [4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы определяют различие в физических свойствах горных пород в массиве и в образце?
2. Какие методы могут использоваться для определения свойств массива горных пород?
3. Чем различаются следующие понятия: «массив горных пород», «горная порода в массиве» и «горная порода в образце (куске)»?

Тема №32. Физические поля в породном массиве

Напряженно-деформированное состояние (НДС) массива и формирование горного давления. Влияние горного давления на прочность и упругость пород. Роль воды в горных породах. Влияние теплового и электромагнитного полей на свойства пород. (§ 5.6, С. 145-151).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под напряженно-деформированным состоянием породного массива?
2. Как влияет горное давление различного по величине уровня на прочностные и упругие свойства горных пород?
3. Охарактеризуйте роль воды при деформации и разрушении горных пород.
4. Как изменяются свойства горных пород при их нагреве?

Тема №33. Трещинная структура породных массивов

Выделение типов массива по слоистости. Слоистость горных пород и коэффициент анизотропии. Характеристики трещин и их особенности. Влияние трещиноватости на свойства горных пород. (§ 5.7, С. 151-153).

Дополнительная литература: [4, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как разделяются породные массивы по слоистости?
2. Как оценивается анизотропия свойств слоистого массива?
3. Укажите показатели, характеризующие трещиноватость породного массива;
4. Как оценивается блочность и трещинная пустотность породного массива?

Тема №34. Гидравлические характеристики породных массивов

Классификация трещин по степени их раскрытия. Характеристики фильтрации жидкости в породный массив. Явление смачиваемости пород и капиллярное движение жидкости. Оценка водопоглощения горных пород. Коэффициент размокания горных пород. (§ 5.8, С. 153-160).

Дополнительная литература: [4, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под коэффициентом фильтрации и коэффициентом проницаемости породного массива? Как они соотносятся?
2. Опишите характер движения жидкости по капиллярным трещинам массива.
3. Охарактеризуйте механизм смачиваемости пород.
4. Как определяется влагоемкость и водопоглощение горных пород?
5. Как влияет влажность пород на их прочность? Что понимается под коэффициентом размокания?

Тема №35. Масштабный эффект в горных породах

Определение и физика масштабного эффекта в горных породах. Уравнение масштабного эффекта. Физический смысл минимальной и теоретической прочности пород. Показатель масштабного эффекта и способ его определения. (§ 5.9, С. 161-162).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется и чем обусловлен масштабный эффект в горных породах?
2. Постройте график и опишите зависимость прочности горных пород от их объема.
3. Напишите уравнение масштабного эффекта и поясните смысл входящих в формулу показателей.
4. Опишите процедуру экспериментального определения показателя масштабного эффекта n .

Задачи: 17.

Тема №36. Горно-технологические характеристики пород и породных массивов

Определение горно-технологических характеристик. Крепость и шкала крепости проф. М.М.Протодьяконова. Твердость и контактная прочность горных пород. Абразивность пород и методы ее оценки. Другие горно-технологические характеристики и их определение. (§ 5.10, С. 163-167).

Дополнительная литература: [4, 5, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под горно-технологическими характеристиками пород?
2. Как определяется и в каких пределах изменяется коэффициент крепости горных пород по шкале проф. М.М.Протодьяконова?
3. Как определяется твердость и чем она отличается от контактной прочности горных пород?
4. Что характеризует и как определяется абразивность горных пород?
5. Опишите методы определения дробимости горных пород.

6. Назовите наиболее употребительные горно-технологические характеристики пород.

Задачи: 44, 48.

Тема №37. Изучение строения породных массивов

Классификация методов изучения трещиноватости породных массивов. Прямые методы и их реализация. Описание косвенных методов оценки трещиноватости (при бурении скважин, гидравлическом опробовании, по показателям производственных процессов, электрический и акустический методы). Оценка трещиноватости по извлеченному керну. Обработка результатов измерений трещиноватости. (§ 6.1, С. 168-174).

Дополнительная литература: [4, 8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте прямые (непосредственные) методы изучения трещиноватости массива.
2. Назовите основные направления косвенных методов оценки трещиноватости массива.
3. Какими показателями можно оценить трещиноватость массива в ходе бурения разведочных скважин?
4. Охарактеризуйте этапы исследований при изучении трещиноватости массива на обнажениях.
5. Какие параметры характеризуют системы трещин породного массива?

Тема №38. Натурные методы изучения свойств массива

Определение показателей, связанных с распространением энергии. Схема и последовательность определения прочности при сжатии и деформационных характеристик массива. Процедура построения паспорта прочности массива пород. Пенетрационные методы (определение контактной прочности). Скважинные исследования массива. (§ 6.2, С. 175-183).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие характеристики массива пород могут определяться в производственных условиях теми же методами, что и в лабораторных условиях?
2. Опишите схему и последовательность определения прочности при сжатии и деформационных характеристик массива горных пород.
3. Опишите схему и последовательность испытаний для построения паспорта прочности массива горных пород.
4. Какие показатели определяются при пенетрационных испытаниях массива?
5. Укажите существо скважинных испытаний при оценке деформационных свойств массива.

Задачи: 16.

Тема №39. Прогноз свойств горных пород и массивов

Основы прогноза. Процедура установления взаимосвязей свойств пород. Использование взаимосвязей свойств. Достоинства и недостатки косвенного определения свойств массива. Введение поправок на действующие в массиве физические поля. (§ 6.3, 6.4, С. 183-193).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Укажите существо косвенного метода определения свойств горных пород и массивов.
2. Опишите процедуру корреляционного анализа взаимосвязей свойств горных пород.
3. Каким образом вводятся поправки в уравнения прогноза на действующие в породном массиве физические поля?
4. Укажите достоинства и недостатки методов прогноза свойств пород с помощью их взаимосвязей.

Тема №40. Геофизические методы исследования массива

Классификация геофизических методов. Процедура скважинного каротажа. Использование данных акустического каротажа. Введение поправок на действующее в массиве горное давление. (§ 6.5, С. 194-198).

Дополнительная литература: [4, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите наиболее употребительные геофизические методы исследования породного массива.
2. Как осуществляется скважинный (в частности, акустический) каротаж массива?
3. Как можно использовать данные акустического каротажа?
4. Охарактеризуйте методику косвенного определения свойств массива по данным акустического каротажа.

Тема №41. Исследование технологических параметров массива

Критерии эффективности технологических процессов. Формирование критериев буримости горных пород. Оценка взрываемости горных пород. Определение эффективности уборки породы (экскавируемости). (§ 6.6, С. 198-213).

Дополнительная литература: [4, 5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте принципы формирования критериев эффективности процессов горного производства.
2. Укажите основные расчетные соотношения для описания процессов бурения шпуров и скважин.
3. Какие расчетные соотношения характеризуют процесс разрушения пород взрывом?
4. Как оценить эффективность погрузки горной породы?

Тема №42. Прогноз устойчивости горных пород в выработках

Общее условие устойчивости горных пород в выработке. Коэффициент структурного ослабления. Коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки. Вероятностная характеристика безопасности выработки. Вероятностный прогноз устойчивости горных пород в выработке. (§ 6.7, С. 213-219).

Дополнительная литература: [5, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Поясните физический смысл уравнения устойчивости горных пород в выработке.
2. Что характеризует и как определяется коэффициент структурного ослабления массива?
3. От каких факторов зависит коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки?
4. Поясните вероятностный смысл характеристики безопасности выработки.

Тема №43. Методы изучения напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива

Факторы, влияющие на величину горного давления. Метод разгрузки и его реализация. Скважинные методы. Метод компенсационной нагрузки. Достоинства и недостатки методов. Косвенные методы исследования НДС массива. (§ 6.7, С. 219-238).

Дополнительная литература: [5, 7, 10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы нарушают линейное распределение давления по глубине массива?
2. Дайте схему и опишите существо метода разгрузки.
3. Каким образом реализуются скважинные методы изучения НДС массива?
4. На каком принципе основан метод компенсационной нагрузки и поясните схемой.
5. Как реализуется акустический метод исследования НДС массива?

Тема №44. Горные удары и выбросы

Понятие горных ударов и выбросов. Уравнение энергетического баланса горного удара. Математическое выражение составляющих уравнения энергетического баланса. Условие внезапных выбросов угля и газа. Запредельное деформирование горных пород и его характеристики. (§ 6.8.3, С. 252-255).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите физику возникновения горных ударов и выбросов.
2. Запишите уравнение энергетического баланса горного удара и поясните смысл входящих в него слагаемых.

3. Изобразите график запредельного деформирования горных пород и дайте его интерпретацию.
4. Что называется дилатансией горных пород?
5. Дайте определение модуля спада.

Тема №45. Прогноз и предотвращение горных ударов

Этапы прогнозирования горных ударов. Определение5 потенциальной удароопасности горных пород. Локальный прогноз горных ударов: методы дискования керна, вдавливания пуансона и др. Методы предотвращения горных ударов. (§ 6.8.5, 6.8.6, С. 260-272).

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите последовательность прогноза горных ударов.
2. Укажите два критерия удароопасности горных пород с пояснениями на графике деформации.
3. Охарактеризуйте метод дискования керна как средство прогноза горного удара.
4. Как определяется коэффициент удароопасности при использовании метода вдавливания пуансона?
5. Опишите особенности бурения разгрузочных щелей и камуфлетного взрывания как меры борьбы с горными ударами.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления характеристик горных пород.
2. В соответствии с заданием определяют параметры элементов горной технологии по полученным характеристикам горной породы.
3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формул в общем виде, их числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД

Цель работы – овладение методикой лабораторного определения деформационных характеристик скальных пород статическим методом применительно к расчетам процессов горного производства.

Определяемые в опыте деформационные характеристики включают: модуль упругости, модуль пластичности, модуль общей деформации, коэффициент Пуассона. По полученным результатам вычисляются модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Указанные характеристики определяют устойчивость горных пород и энергоемкость всех процессов связанных с разработкой пород.

Теоретическая основа дается в учебнике [1]:

- 2.2. Напряжения и деформации в горных породах;
- 2.3. Упругие свойства горных пород;
- 2.6. Методы определения упругих свойств горных пород;
- 2.13. Пластическое деформирование горных пород;
- 2.14. Пластические свойства горных пород.

Методика эксперимента

1. На испытываемый образец в форме цилиндра (керн) или призмы с параллельными торцами устанавливаются датчики продольной и поперечной деформации (тензодатчики сопротивления или индикаторы часового типа). Измеряют высоту и площадь образца S ; определяют базу измерений (в продольном направлении L и поперечном направлении d).

2. Образец устанавливают на прессе и производят его ступенчатое нагружение. Величина предельной нагрузки определяется прочностью горной породы при сжатии или назначается в зависимости от конкретно решаемой задачи.

3. На каждой ступени нагружения фиксируется значение нагрузки P_i , Н (или кгс) и показания парных датчиков продольной и поперечной деформации.

4. После проведения эксперимента вычисляют напряжения на каждой ступени нагружения $\sigma_i = P/S$; усредняют показания пар датчиков и вычисляют относительную продольную $\varepsilon_i = \Delta L/L$ и поперечную $\Delta d_i/d$ деформации.

5. Результаты заносят в таблицу и производят построение графиков продольной и поперечной деформации.

6. По линейным участкам графиков вычисляют модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν ; выделяют нелинейный участок графика, характеризующий пластическую деформацию породы, и вычисляют модуль пластичности $E_{пл}$; по полной деформации определяют модуль общей деформации $E_{деф}$.

7. Вычисляют значения модуля сдвига: $G = E / [2 (1 + \nu)]$ и модуля объемного сжатия $K = E / [3 (1 - 2\nu)]$.

Задание:

1. Вычислить все указанные выше деформационные характеристики горной породы.

2. Определить удельную энергоемкость разрушения данной породы: $A_{уд} = \sigma^2 / 2E_{деф}$, Дж/м³, приняв σ равным предельному значению напряжений, полученному в опыте.

3. Определить удельную энергоемкость разрушения этой же породы в предположении ее идеальной упругости: $A_{уд}^* = \sigma^2 / 2E$, Дж/м³.

4. Сравнить результаты и определить потери энергии на пластическое деформирование горной породы: $\Delta A = A_{уд} - A_{уд}^*$; выразить потери в % к $A_{уд}$.

Пример распечатки результатов

| Известняк | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|------------|------|
| Напряжение,
МПа | Деформация (10^{-3}) | | |
| | продольная | поперечная | |
| 5 | 0.000 | 0.000 | |
| 10 | 0.500 | -0.125 | |
| 15 | 0.750 | -0.188 | |
| 20 | 1.000 | -0.250 | |
| 25 | 1.250 | -0.313 | |
| 30 | 1.500 | -0.375 | |
| 35 | 1.750 | -0.438 | |
| 40 | 2.000 | -0.500 | |
| 45 | 2.250 | -0.563 | |
| 50 | 2.500 | -0.625 | |
| 55 | 2.750 | -0.688 | |
| 60 | 3.000 | -0.750 | |
| 65 | 3.250 | -0.813 | |
| 70 | 3.500 | -0.875 | |
| 75 | 3.750 | -0.938 | |
| 80 | 4.000 | -1.000 | |
| 85 | 4.250 | -1.063 | |
| 90 | 4.500 | -1.125 | |
| 95 | 4.854 | -1.213 | |
| 100 | 5.503 | -1.376 | |
| 105 | 6.503 | -1.626 | |
| 110 | 7.901 | -1.975 | |
| 115 | 9.738 | -2.434 | |
| 120 | 12.053 | -3.013 | |
| Модуль упругости, ГПа: | | | 20.0 |
| Предел упругости, МПа | | | 90.0 |
| Модуль пластичности, ГПа | | | 4.0 |
| Модуль общей деформации, ГПа | | | 10.0 |
| Модуль сдвига, ГПа | | | 8.0 |
| Модуль объемного сжатия, ГПа | | | |
| Коэффициент Пуассона | | | |

График зависимости напряжения от деформации для известняка. Ось X: Деформация (10^{-3}) от -4.00 до 14.00. Ось Y: Напряжение, МПа от 0 до 140. Кривая показывает упругую область до ~90 МПа, пластическую область с разрывом при ~100 МПа и последующую работу на сжатие до ~120 МПа при деформации 12.053.

Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения масштабного эффекта в горных породах применительно к расчетам процессов горного производства.

Масштабным эффектом называется снижение прочности горных пород при увеличении их объема. Поскольку прочность пород определяется в лабораторных экспериментах на образцах заведомо малого размера, а реальные процессы охватывают значительные объемы породного массива, то учет масштабного эффекта необходим для введения соответствующих поправок в расчетные формулы технологии горного производства.

Теоретическая основа

[1] – разделы: 2.10; 5.5; 5.9;

[2] – Лабораторная работа «Построение паспорта прочности горных пород».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов двух типоразмеров со стороной 2 и 5 см.

2. Найти показатель масштабного эффекта n .

3. Записать уравнение масштабного эффекта и построить его график при изменении объема пород от 1 до 20 м³.

Задание:

1. При проходке выработки площадью поперечного сечения 10 м² с помощью буровзрывных работ глубина отбойки породы (ухodka за цикл) составляет 2,0 м. С учетом масштабного эффекта определить прочность данного объема исследованной Вами породы.

2. Оценить требуемое количество взрывчатого вещества (ВВ) на 1 м³ разрушаемой породы (удельный расход ВВ) по формуле:

$$q = 0,015 \sigma_{сж} [\text{МПа}], \text{ кг/м}^3.$$

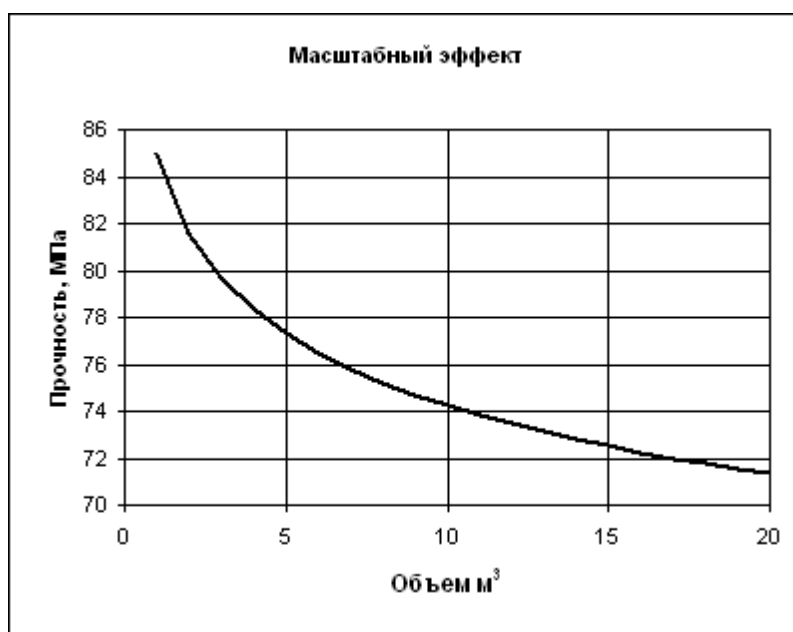
Пример распечатки результатов

ОЦЕНКА МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ГОРНЫХ ПОРОД

Студент: *Иванов И. И.*

Задание №5

| Куб со стороной 2 см | | | Куб со стороной 5 см | | |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------|----------------|
| Площадь, см ² | Нагрузка, тс | Прочность, МПа | Площадь, см ² | Нагрузка, тс | Прочность, МПа |
| 4 | 3.81 | 95.2 | 25 | 18.43 | 73.7 |
| 4 | 3.16 | 79.1 | 25 | 13.57 | 54.3 |
| 4 | 2.91 | 72.8 | 25 | 16.31 | 65.2 |
| 4 | 4.09 | 102.3 | 25 | 18.88 | 75.5 |
| 4 | 3.20 | 80.1 | 25 | 14.00 | 56.0 |
| 4 | 3.14 | 78.4 | 25 | 20.09 | 80.4 |
| 4 | 3.57 | 89.4 | 25 | 20.14 | 80.6 |
| 4 | 3.73 | 93.1 | 25 | 19.00 | 76.0 |
| 4 | 3.34 | 83.5 | 25 | 18.63 | 74.5 |
| 4 | 3.05 | 76.3 | 25 | 18.31 | 73.2 |
| Среднее | | 85 | Среднее | | 71 |



Контрольная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОЙ СТРУКТУРЫ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Цель работы – отработка методов исследования и анализа трещинной структуры породных массивов применительно к оценке их прочности и устойчивости.

Трещины разбивают породный массив на отдельные блоки, образующие его иерархическую структуру. Поэтому для проектировании процессов разработки месторождений и определения устойчивости горных выработок особенности трещинной структуры массива нуждаются в количественной оценке.

Теоретическая основа

[1] – раздел 6.1.

Методика эксперимента

1. На обнажении пород (стенках или забое выработки) очерчивается площадка 1 м^2 , отмывается от осевшей пыли и производится электронная фотография со вспышкой.

2. При наличии заполненных трещин из них отбираются для последующего анализа пробы материала заполнителя.

3. По полученной фотографии все трещины разбиваются на классы по размерам (желательно в логарифмическом масштабе).

4. Путем накладывания палетки соответствующих размеров ячейки подсчитывается число трещин каждого класса.

5. По полученным данным определяют сводные характеристики трещиноватости массива: концентрацию трещин, их суммарную и удельную поверхность, степень нарушенности и дисперсность.

Задание:

1. По данным задания составить расчетную таблицу и определить выше указанные параметры трещиноватости породного массива.

2. Построить гистограмму распределения трещин по размерам.

3. Выполнить анализ результатов.

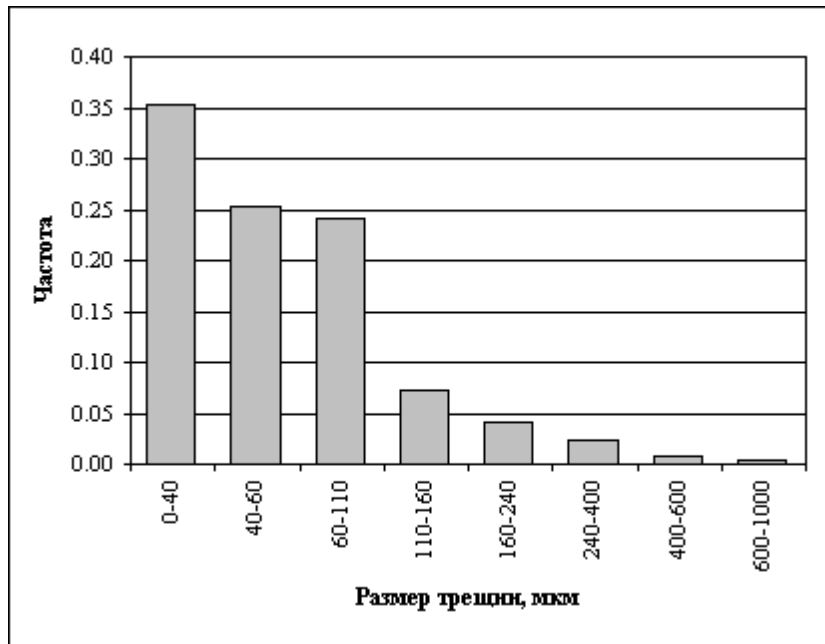
Пример распечатки результатов

Исследование трещинной структуры породных массивов

Студент

Задание №

| Интервал трещиноватости, мм | Середина интервала, мм | Число трещин | Частота n_i | mi/li | $2mi*li$ | $mi*li$ | $mi*li^2$ |
|-----------------------------|------------------------|--------------|---------------|---------|----------|---------|-----------|
| 0-40 | 20 | 97 | 0.444 | 22.2062 | 0.0178 | 0.0089 | 0.0002 |
| 40-60 | 50 | 53 | 0.243 | 4.8675 | 0.0243 | 0.0122 | 0.0006 |
| 60-110 | 85 | 44 | 0.202 | 2.3752 | 0.0343 | 0.0172 | 0.0015 |
| 110-160 | 135 | 12 | 0.056 | 0.4117 | 0.0150 | 0.0075 | 0.0010 |
| 160-240 | 200 | 7 | 0.030 | 0.1506 | 0.0120 | 0.0060 | 0.0012 |
| 240-400 | 270 | 4 | 0.017 | 0.0611 | 0.0089 | 0.0045 | 0.0012 |
| 400-600 | 500 | 1 | 0.005 | 0.0109 | 0.0055 | 0.0027 | 0.0014 |
| 600-1000 | 800 | 1 | 0.003 | 0.0037 | 0.0047 | 0.0024 | 0.0019 |
| Сумма: | | 218 | 1.0000 | 30.0869 | 0.1226 | 0.0613 | 0.0089 |



4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ (для студентов заочного обучения)

1. Что понимается под структурой и текстурой горных пород и какие их типы можно выделить для горных пород? Кубический образец со стороной 5 см имеет массу 320 г. Определить объемную массу и объемный вес горной породы.
2. Как можно оценить строение массива горных пород по результатам бурения скважин? Горная порода плотностью $2,8 \text{ г/см}^3$ имеет общую пористость 5%. Определить ее объемную массу, удельный и объемный вес.
3. Опишите основные методы укрепления массива горных пород. На кубический образец со стороной 2 м действует сжимающая нагрузка 5 тонн. Построить круг напряжений Мора и определить нормальные и касательные напряжения в площадке, ориентированной под углом 30° к плоскости нагружения.
4. Опишите классификацию кристаллов по типам сил связи. Для условий предыдущей задачи (№3) определить минимальные и максимальные нормальные и касательные напряжения. Указать, каким площадкам они соответствуют.
5. Опишите основные виды дефектов структуры кристаллов. В массиве горных пород действуют главные напряжения величиной 50, 30 и 15 МПа. Построить круги напряжений, характеризующие объемное напряженное состояние горной породы и определить величину нормальных и касательных напряжений, действующих в площадке, ориентированной под углом 45° к соответствующим осям.
6. Какие типы дислокаций определяют линейные дефекты кристаллов? Опишите механизм их движения и размножения. Определить работу деформирования целлика горной породы сечением $1,5 \times 1,5 \text{ м}$ и высотой 3 м, если при вертикальном напряжении 25 МПа опускание кровли выработки (деформация целлика) составило 30 мм.
7. Какие показатели характеризуют плотностные свойства горных пород? Определить модуль упругости горной породы для условий предыдущей задачи (№6).
8. Опишите различные виды пористости горных пород. Модуль упругости горной породы составляет 35 ГПа и коэффициент Пуассона – 0,25. Вычислить модуль сдвига и модуль объемного сжатия горной породы в Паскалях и кгс/см^2 .
9. Охарактеризуйте взаимосвязь нормальных и касательных напряжений в горной породе. Кубический образец горной породы со стороной 5 м при нагревании на 40° расширился во всех направлениях на 20 мм. Вычислить коэффициенты теплового линейного и объемного расширения данной породы.
10. Какие деформации соответствуют нормальным и касательным напряжениям в горной породе? Кубический образец горной породы со стороной 5 см имеет прочность при сжатии 120 МПа. После 25 циклов замораживания и отта-

ивания образец разрушился при нагрузке 22 тонны. Является ли данная порода морозостойкой?

11. Как разделяются горные породы по характеру их деформирования? Покажите типичные графики деформации. Определить объем пор в кубическом образце горной породы, если ее общая пористость составляет 4 %, а сторона куба 5 см.

12. Опишите физические основы действия поверхностно-активных веществ на горные породы. Целик высотой 3 м, поддерживающий кровлю выработки, под действием вертикального давления в 30 МПа перешел в стадию незатухающей ползучести. Определить, на сколько миллиметров опустится кровля выработки за первые сутки, если модуль упругости породы – 4 ГПа, период релаксации - $5 \cdot 10^4$ с.

13. Как определить работу деформирования горных пород? При разрушении горных пород взрывом получен следующий гранулометрический состав разрушенной породы

| Размер кусков, см | 0 - 10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Масса фракции, т | 2 | 5 | 15 | 12 | 4 | 2 |

Построить гистограмму и полигон распределения кусков по размерам.

14. Опишите упругие свойства горных пород и их взаимосвязь. По данным задачи №13 построить кумулятивную кривую грансостава разрушенной породы, определить средний размер куска, коэффициент неоднородности дробления и степень дробления, если объемная масса взорванной породы составляет $2,8 \text{ г/см}^3$.

15. Как распределяются напряжения в горных породах вокруг выработки? Покажите эпюры напряжений. Транспортировка руды осуществляется думпкерами вместимостью 20 м^3 . Какова должна быть их минимальная грузоподъемность, если объемная масса руды $3,5 \text{ г/см}^3$ и коэффициент разрыхления – 1,8?

16. Укажите зависимость скорости распространения продольных и поперечных волн от упругих свойств горных пород и размеров образца. При испытаниях горной породы на срез со сжатием в шахтных условиях получены следующие результаты: при углах среза 60; 45; 30 градусов прочность на срез составила, соответственно, 10; 25; 35 МПа. Построить паспорт прочности и определить величину сцепления массива горных пород.

17. Чем определяется и как оценивается затухание упругих колебаний в горных породах? Определить показатель масштабного эффекта, если при испытании кубических образцов горной породы размерами 2 и 4 см их прочность составила соответственно 54 и 38 МПа.

18. Опишите физическую сущность горных ударов и выбросов пород. Определить динамический модуль сдвига горной породы с объемной массой $2,7 \text{ г/см}^3$, если скорость распространения в ней поперечных упругих волн составляет 3800 м/с.

19. Дайте сравнительную оценку статического и динамического методов определения упругих свойств горных пород. При проходке горной выработки сечением 8 м^2 продвижение забоя за цикл составляет 2 м. Сколько вагонеток вместимостью $1,5 \text{ м}^3$ потребуется для уборки взорванной породы, если ее коэффициент разрыхления – 1,8?

20. Как влияет скорость приложения нагрузки на упругие свойства горных пород и чем определяется различие в величине статических и динамических показателей? Определить величину вертикальных и горизонтальных напряжений в массиве на глубине 800 м, если средний объемный вес пород составляет $2,5 \text{ г/см}^3$ и коэффициент Пуассона – 0,25.

21. Укажите основные критерии прочности горных пород и условия их применения. Построить график деформации упруго-пластичной породы, если ее прочность при сжатии составляет 150 МПа, предел упругости – 100 МПа, а упругая продольная деформация – 0,002 составляет половину от полной (разрушающей). Показать на графике и вычислить величины модуля упругости, модуля пластичности и модуля полной деформации.

22. Опишите существо теории прочности Мора и укажите физическую сущность огибающей предельных кругов напряжений. Глинистая порода с массой минерального скелета 2 кг переходит в пластичное состояние при увлажнении до увеличения массы в 2,3 кг и в текучее – до 2,8 кг. Определить пределы пластичности, текучести и число пластичности данной породы.

23. Опишите процедуру построения паспорта прочности горных пород с его графической иллюстрацией. Вычислить величину основных упругих характеристик горной породы (модули упругости, сдвига, объемного сжатия, коэффициент Пуассона), если известны скорость распространения продольной – 5000 м/м и поперечной – 2800 м/с волны в массиве; объемная масса породы – $2,8 \text{ г/см}^3$.

24. Что называется сцеплением и углом внутреннего трения горных пород? Укажите их положение на графике паспорта прочности. Определить количество теплоты, которое выделится в образце породы размерами $50 \times 50 \times 50 \text{ см}$ в переменном электрическом поле напряженностью 2000 В/м и частотой 1 МГц, если относительная диэлектрическая проницаемость горной породы – 3,5 и тангенс угла потерь – 0,25.

25. Опишите механизмы пластичности горных пород. Какое количество тепла выделится в кубическом образце горной породы со стороной 20 см в переменном электрическом поле напряженностью 5000 В/м и частотой 15 кГц, если относительная диэлектрическая проницаемость пород составляет 5,6 и тангенс угла диэлектрических потерь – 0,3?

26. Дайте определение предела упругости и модулей упругости, пластичности, полной деформации. Укажите их положение на графике деформации. Вычислить электрическое сопротивление кубического образца горной породы со стороной 20 см, если ее удельное электросопротивление составляет $600 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

27. Что называется коэффициентом пластичности и коэффициентом хрупкости, как они связаны с работой разрушения горных пород? Определить максимальный размер горной породы, при котором еще выполняется условие стержня, если скорость продольной волны в ней составляет 4500 м/с и частота колебаний 25 кГц.

28. На основании модели упруго-пластичного тела (модель Максвелла) опишите характерные этапы затухающей и незатухающей ползучести горных пород. Определить величину напряжений на контуре горной выработки, пройденной на глубине 420 м, если средний объемный вес вышележащих пород составляет $2,8 \text{ г/см}^3$, коэффициент Пуассона – 0,3 и коэффициент концентрации напряжений – 2,2.

29. Дайте вывод основного уравнения реологии и укажите его применимость к процессу ползучести горных пород. При испытании глинистой породы на срез со сжатием при нормальных сжимающих напряжениях $\sigma = 0; 5; 10; 15$ МПа получены следующие значения прочности породы на срез, соответственно, $\tau_c = 3; 10; 15; 16$ МПа. Построить паспорт прочности глинистой породы.

30. Что называется релаксацией напряжений и чем она обусловлена в горных породах? При компрессионных испытаниях кубического образца глинистой породы размером 5 см получены следующие данные: при напряжениях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 кгс/см² образец показал продольную деформацию, соответственно, 2; 4; 8; 16 мм. Построить график деформации и определить величину коэффициента сжимаемости глинистой породы.

31. Что понимается под длительной прочностью горных пород? Как она соотносится с ползучестью? Определить нагрузку на прицепное устройство скипа вместимостью 11 м³ при подъеме полезного ископаемого с объемной массой $3,2 \text{ г/см}^3$, если коэффициент разрыхления составляет 1,8 и собственная масса скипа 11 тонн.

32. Опишите основные горнотехнологические характеристики пород. При динамическом нагружении горной породы ее относительная продольная деформация в 4 раза превышает поперечную. Во сколько раз скорость продольной волны в массиве этих пород больше скорости поперечной волны?

33. Охарактеризуйте методы локального прогноза горных ударов. До какого значения снизятся за двое суток напряжения на контуре жестко закрепленной горной выработки, если начальное напряжение составляет 80 МПа, период релаксации - $4 \cdot 10^5$ с.

34. Дайте определение теплоемкости горных пород. Как она зависит от температуры и влажности пород? Разрушение кубического образца горной породы со стороной 5 см произошло при вертикальной нагрузке 8 тонн и боковой – 5 тонн. Определить предельное касательное напряжение, действовавшее в площадке под углом 30° к горизонтальной плоскости.

34. Охарактеризуйте механизм передачи тепла в горных породах, дайте определения теплопроводности и температуропроводности. Определить критическую глубину разработки, на которой возникает возможность горных ударов, если прочность при растяжении горных пород составляет 25 МПа, коэффици-

ент структурного ослабления – 0,8, коэффициент концентрации напряжений – 1,8, средний объемный вес пород – $2,5 \text{ гс/см}^3$, а тектонические напряжения в массиве пренебрежимо малы.

36. Опишите тепловое расширение и возникновение термических напряжений в горных породах. На расстоянии 20 м от источника энергия (амплитуда) упругой волны уменьшилась в 5 раз. Определить коэффициент затухания волны для данных условий.

37. Опишите механизм электропроводности горных пород проводников, полупроводников и диэлектриков. Определить удельную работу хрупкого разрушения горной породы, если ее прочность составляет 150 МПа, а модуль упругости – 60 ГПа.

38. Что называется относительной диэлектрической проницаемостью? Как она характеризует поляризацию горных пород? Определить прочность горной породы при одноосном растяжении, если огибающая кругов предельных напряжений принята в виде прямой с углом внутреннего трения 35^0 и величиной сцепления – 40 МПа. Построить паспорт прочности.

39. Опишите основные механизмы поляризации горных пород. Прочность горной породы при одноосном растяжении составила 25 МПа, при одноосном сжатии – 150 МПа. Построить паспорт прочности и определить величину сцепления и угла внутреннего трения данной породы.

40. Что представляют собой диэлектрические потери в горных породах? Модуль пластичности горной породы составляет 25 ГПа, предел упругости – 40 МПа. Определить прочность при сжатии данной породы, если при ее разрушении общая относительная продольная деформация составила 0,0015, а упругая – 0,0005. Построить график деформации.

41. Выведите формулу для расчета процесса нагревания горных пород в переменном электрическом поле. Определить удельную работу разрушения горной породы, если ее прочность составляет 60 МПа, модуль упругости – 4 ГПа, коэффициент пластичности – 2,2.

42. Укажите особенности намагничивания горных пород диа-, пара- и ферромагнетиков. Определить величину сцепления горной породы при линейной огибающей кругов напряжений Мора, если угол внутреннего трения породы 45^0 и разрушение произошло при нормальных и касательных напряжениях, соответственно, 25 и 60 МПа. Построить паспорт прочности.

43. Что называется гранулометрическим составом разрушенных горных пород? Дайте графическое изображение гистограммы и полигона распределения кусков горной породы по размерам. Определить предел упругости горной породы, если ее разрушение произошло при напряжении 35 МПа и относительной пластической деформации 0,002. Модуль пластичности горной породы – 5 ГПа.

44. Укажите основные характеристики гранулометрического состава разрушенных пород. Построить графики зависимости коэффициентов крепости (основного и модернизированного) от прочности горных пород при сжатии в

интервале от 0 до 400 МПа. Оценить разницу в коэффициентах при $\sigma_{сж} = 50$ и 150 МПа.

45. Что называется коэффициентом разрыхления горных пород, от каких факторов зависит его величина? Рассчитать и показать на графике изменение отношения скоростей продольной и поперечной волн (C_M/C_S) при изменении коэффициента Пуассона от 0,1 до 0,5, если все прочие показатели остаются неизменными.

46. Опишите процедуру построения паспорта прочности разрушенных горных пород. Какое количество тепла получит кубический образец горной породы со стороной 4 см нагретый на 20^0 , если объемная теплоемкость породы $1,8 \text{ кДж/м}^3\text{К}$?

47. Как определяются деформационные характеристики разрушенных пород? Какое количество тепла проходит через стержень горной породы сечением $10 \times 10 \text{ см}$ за 5 минут при градиенте температур 3 град/м, если коэффициент теплопроводности породы составляет $5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$?

48. Укажите основные принципы и методы борьбы с горными ударами и выбросами. Определить контактную прочность горной породы, если при внедрении штампа диаметром 3 мм разрушающая нагрузка составила 8 кН.

49. Как изменяется состояние глинистых пород в зависимости от их влажности? Вычислить коэффициент хрупкости горной породы с модулем упругости 50 ГПа, если ее общая работа разрушения составила 20 кДж/м^3 , а предел упругости – 30 МПа.

50. Опишите механизмы набухания и липкости (адгезии) глинистых пород. Целик горной породы высотой 2,5 м разрушился при напряжении 150 МПа и продольной деформации 8 мм. Вычислить модуль общей (полной) деформации горной породы.

51. Опишите процедуру построения паспорта прочности глинистых пород. Определить объемную теплоемкость горной породы, если на цилиндрическом образце диаметром 6 см, высотой 15 см и массой 1,2 кг определена удельная теплоемкость $700 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$.

52. Укажите существо компрессионных испытаний глинистых пород и деформационные характеристики глин. Определить удельный тепловой поток в горной породе, если перепад температур на 1 м составляет 5^0 и коэффициент теплопроводности – $1,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

53. Как изменяются деформационные характеристики скальных и раздельнозернистых пород при замораживании? Построить график зависимости коэффициента Пуассона от отношения скоростей распространения в горной породе продольной волны в массиве и стержне ($C_M/C_{ст}$) в диапазоне от 1 до 3.

54. Как изменяется прочность влажных горных пород в области отрицательных температур? Определить скорость распространения в массиве пород поперечной волны, если скорость продольной волны составляет 5500 м/с и коэффициент Пуассона – 0,3.

55. Почему свойства массива отличаются от свойств слагающих его горных пород (в образце)? На сколько градусов следует нагреть горную породу

для ее разрушения, если прочность ее составляет 25 МПа, модуль упругости – 40 ГПа и коэффициент теплового линейного расширения - $5 \cdot 10^{-5}$ 1/К?

56. Опишите процедуру построения паспорта прочности массива горных пород по результатам натуральных испытаний. Продольная упругая волна в тонком стержне длиной 25 см распространяется за $4 \cdot 10^{-5}$ с. Вычислить динамический модуль упругости горной породы, если ее плотность – $2,5 \text{ г/см}^3$.

57. Что называется масштабным эффектом? Чем он обусловлен в горных породах? Объемная масса горной породы $2,7 \text{ г/см}^3$, модуль упругости – 50 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,25. Вычислить скорость распространения продольной волны в массиве и стержне данной породы. На образцах какого размера могут быть получены эти данные, если частота упругих колебаний составляет 60 кГц?

58. Укажите общие принципы косвенных методов оценки свойств массива горных пород. Вычислить электрическую емкость 1 м^3 горной породы, если ее относительная диэлектрическая проницаемость составляет 4,5.

59. Как влияет горное давление и влажность на свойства горных пород? При нагружении горной породы до 80% ее прочности ($\sigma_{сж} = 150 \text{ МПа}$) относительная продольная деформация составила 0,005. Является ли данная порода потенциально удароопасной, если ее модуль упругости – 40 ГПа и предел упругости – 70 МПа? Проиллюстрировать вывод графиком деформации горной породы.

60. Как оценивается трещиноватость массива горных пород? Горная порода с модулем упругости 16 ГПа разрушилась при напряжении 50 МПа. Определить удельную работу разрушения породы, если ее коэффициент пластичности составляет 1,8.

При выполнении контрольной работы следует выбирать вариант, соответствующий последней цифре номера зачетной книжки.

| Вариант | Номера контрольных вопросов и заданий | | | | | |
|---------|---------------------------------------|----|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 3 | 10 | 23 | 47 | 50 |
| 1 | 2 | 17 | 35 | 37 | 49 | 55 |
| 2 | 16 | 19 | 34 | 36 | 40 | 51 |
| 3 | 4 | 15 | 20 | 32 | 33 | 48 |
| 4 | 5 | 21 | 38 | 39 | 52 | 56 |
| 5 | 6 | 14 | 22 | 27 | 31 | 58 |
| 6 | 7 | 13 | 25 | 41 | 46 | 57 |
| 7 | 8 | 12 | 26 | 29 | 42 | 53 |
| 8 | 9 | 11 | 18 | 28 | 43 | 45 |
| 9 | 24 | 30 | 44 | 54 | 59 | 60 |

При оформлении контрольной работы ответы следует располагать в порядке номеров, указанных в задании, переписывая полностью сам вопрос.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Казак О. О. Физика горных пород: Учебник. – Екатеринбург, Изд УГГУ, 2014. – 277 с.
2. Латышев О. Г., Анохина О. О., Азанов М.А. Физика горных пород. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов всех специальностей направления 130400 «Горное дело». – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. – 60 с.
3. Латышев О. Г. Физика горных пород. Мультимедийные средства обучения: Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей направления 130400 «Горное дело». – Екатеринбург: УГГУ, 2010.
4. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: Учебник. – М.: Кн. дом «ЛИБЕРКОМ», 2010. – 360 с.
5. Латышев О. Г. Разрушение горных пород. – М.: Теплотехник, 2007. – 672 с.
6. Бушманов Б. Н., Хромов Ю. А. Физика твердого тела. –М.: Высшая школа, 1971. –224с.
7. Баклашов И. В. Геомеханика: - Т.1. Основы геомеханики. –М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 208 с.
8. Барон Л. И. Горнотехнологическое породоведение. Предмет и способы исследований. -М.: Наука, 1977. –324 с.
9. Панюков П. Н. Инженерная геология. – М.: Недра, 1978. – 296 с.
10. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982. – 296 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
И ЗАДАНИЯ

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

№4 Маркшейдерское дело

Форма обучения: очная,
заочная год набора: 2020

Автор(ы) Цейтлин Е.М., доцент, к.г.м.н.,
Студенок Г.А.

Одобрена на заседании кафедры
Инженерной экологии
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Хохряков А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 17.03.2020 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения дисциплины «Горнопромышленная экология» студенты должны изучить теоретический материал, выполнить контрольную работу и другие, предусмотренные рабочей программой дисциплины, самостоятельные задания. По окончании изучения дисциплины предусмотрен экзамен.

Занятия по дисциплине «Горнопромышленная экология» проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий.

Цель лекции – формирование основы для последующего усвоения учебного материала.

Цель практических и семинарских занятий – оказание помощи студентам в изучении наиболее важных вопросов учебного курса, углубление и закрепление, систематизация соответствующих знаний студентов по предмету.

При изучении дисциплины «Горнопромышленная экология» важную роль играет самостоятельная работа студентов, которая заключается в организации систематического изучения учебной дисциплины, закреплении и углублении полученных знаний и навыков, подготовке к предстоящим занятиям, а также в формировании культуры умственного труда и самостоятельном поиске новых знаний.

Для успешного изучения дисциплины и приобретения компетенций (см. программу дисциплины) студенты должны посетить аудиторные занятия, повторить материалы лекций, провести подготовку к практическим и семинарским занятиям, самостоятельно прочитать рекомендуемую основную и дополнительную литературу, подобрать и ознакомиться с понятийным аппаратом.

Выбор литературы для изучения делается обычно по программе дисциплины либо путем самостоятельного отбора.

Во время изучения литературы необходимо конспектировать и делать записи прочитанного. Такие записи способствуют лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебниках зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражения изменения в законодательстве и тенденции практики. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

Перечень вопросов, подлежащий изучению, приведен в программе курса.

Теоретические знания, полученные в ходе прослушивания лекций, изучения основной и дополнительной литературы, участие в семинарских и практических занятиях позволяют студентам формировать всю полноту и объективность знаний.

Выполняя контрольную работу, другие письменные задания, студент учится самостоятельно работать с основной и дополнительной литературой, выявлять наиболее важные аспекты, углубленно и более детально изучать материалы по дисциплине и расширять свой кругозор.

Практические задачи, составляющие содержание практических занятий, контрольной работы и других письменных заданий, помогут выработать умения и навыки применения теоретических знаний.

Кроме того, студентам предлагается выполнить тест для самопроверки и самоконтроля, ответ на который после изучения отдельных тем курса и курса в целом позволят студенту проверить полученные знания.

При постоянном, последовательном изучении всех тем дисциплины, активной работе на лекциях и практических (семинарских) занятиях студенту удастся полностью освоить изучаемый предмет.

Степень и качество освоения курса будет зависеть от самодисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студента состоит из следующих видов работ:

- повторение материалов лекций;
- самостоятельное изучение отдельных тем курса;
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к устному опросу;
- подготовка к докладу;
- работа с порталом электронных образовательных ресурсов;
- работа с литературой и интернет-ресурсами;
- тестирование.

Повторение материалов лекций предполагает их прочтение, запоминание основных терминов и определений, разбор смысла и содержания основных понятий, подготовку (запись) вопросов, которые остались неясными, непонятными. Поскольку не все важные вопросы достаточно полно раскрываются в лекциях, студент должен самостоятельно работать с учебными пособиями, дополняя конспект лекций.

Самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины предполагает чтение основной и дополнительной литературы по соответствующей теме, изучение научных статей и материалов, подготовку конспекта.

Ответы на вопросы для самопроверки и для подготовки к устному опросу позволяют оценить объем теоретических знаний. Ответы на все вопросы позволяют перейти к материалам для практических и семинарских занятий. Если ответить на вопрос затруднительно, следует повторить теоретический материал и найти ответ в лекциях, дополнительной литературе.

Работа с порталом электронных образовательных ресурсов предполагает регулярное использование студентом различных учебно-методических материалов, размещенных на портале.

Работа с литературой и интернет-ресурсами дополняет учебную работу на лекциях и практических (семинарских) занятиях. Для начала рекомендуется изучение тех источников, которые указаны преподавателем, при необходимости следует расширить круг изучаемых источников. Работа с информацией - поиск информации в библиотеке, Интернете, отбор информации для решения конкретной учебной задачи. При работе с интернет-ресурсами следует иметь в виду, что качество некоторых материалов может быть не соответствующим необходимому уровню.

Тестирование позволяет провести проверку знаний отдельных тем курса и всей дисциплины в целом.

Выполнение домашних заданий предусмотрено в следующей форме:

Подготовка к докладу – подготовка доклада на определенную тему, включающего обзор соответствующих литературных и других источников или краткое изложение книги, научной работы, статьи, исследования;

Конкретные виды заданий по дисциплине «Горнопромышленная экология» указаны далее.

Важнейшее требование для всех письменных работ - самостоятельность их выполнения.

Добросовестное выполнение данных методических указаний будет способствовать усвоению знаний, приобретению навыков практической деятельности, формированию указанных в программе учебной дисциплины компетенций.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет **126** часов.

| № п/п | Виды самостоятельной работы | Единица измерения | Норма времени, час | Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час. | Принятая трудоемкость СРО, час. |
|---|--|-------------------|--------------------|--|---------------------------------|
| Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | | | | | 95 |
| 1 | Повторение материала лекций | 1 час | 0,1-4,0 | 1,75 x 36 = 63 | 63 |
| 2 | Самостоятельное изучение тем курса | 1 тема | 1,0-8,0 | 1,5 x 8 = 12 | 12 |
| 3 | Подготовка к докладу, сообщению, аналитическому обзору | 1 занятие | 1,0-2,5 | 2,2 x 9 = 20 | 20 |
| Другие виды самостоятельной работы | | | | | 31 |
| 4 | Тестирование | 1 тест по теме | 0,1-0,5 | 0,5 x 8 = 4 | 4 |
| 5 | Подготовка к экзамену | 1 экзамен | | 27 | 27 |
| Итого: | | | | | 126 |

Суммарный объем часов на СРО заочной формы обучения составляет **168** час.

| № п/п | Виды самостоятельной работы | Единица измерения | Норма времени, час | Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час. | Принятая трудоемкость СРО, час. |
|---|--|-------------------|--------------------|--|---------------------------------|
| Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | | | | | |
| 1 | Повторение материала лекций | 1 час | 0,1-4,0 | 4 x 8 = 32 | 32 |
| 2 | Самостоятельное изучение тем курса | 1 тема | 1,0-15 | 8 x 15 = 120 | 120 |
| 3 | Подготовка к докладу, сообщению, аналитическому обзору | 1 занятие | 1,0-3,0 | 2 x 1,5 = 3 | 3 |
| Другие виды самостоятельной работы | | | | | |
| 4 | Тестирование | 1 тест по теме | 0,1-0,5 | 0,5 x 8 = 4 | 4 |
| 5 | Подготовка к экзамену | 1 экзамен | | 9 | 9 |
| Итого: | | | | | 168 |

Тема 1. Воздействие антропогенных факторов горного производства на подсистемы биосферы.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 1 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 1 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое безотходные технологии?
2. В чём заключается загрязнение окружающей среды от горнопромышленных производств?
3. Какие существуют компоненты земной атмосферы?
4. Назовите основные пути решения экологических проблем.

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как правильно оценивается эффективность экологической охраны окружающей среды?

- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения чистоты продуктивности природной среды, являющейся индикатором здоровья людей и продолжительность их жизни;
- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения и рационального использования природных ресурсов и естественных условий;
- как показатель эколого–социально–экономической прибыли, понимаемый как конечный результат природоохранных мероприятий.

2. Какую роль в управлении и экономическом регулировании экологической охраны природы и окружающей среды играют кадастры и реестры природных ресурсов?

- введение стимулирующих льготных налогов, цен на экологически чистую продукцию;
- дифференцирование взимания платы за пользование природными ресурсами с учетом ренты;
- установление нормативных налоговых и других видов платежей, штрафных санкций за загрязнение окружающей среды.

3. Расставьте по степени снижения их вредного воздействия на окружающую среду виды транспорта:

- ракетно-космический;
- водный;
- авиационный;
- железнодорожный;
- автомобильный;
- трубопроводный.

4. Расставьте в последовательности увеличения экологической нагрузки на окружающую среду объекты топливно-энергетического комплекса:

- ТЭС, сжигающие уголь и горючие сланцы;
- геотермальные электростанции;
- ТЭС, сжигающие нефтепродукты;
- ТЭС, сжигающие газ;
- АЭС, при их безаварийной работе.

5. Что такое экологический фактор?

6. Что представляют собой абиотические факторы?

7. Антропогенные факторы это...

8. Каким геологическим процессам подвергаются отвалы техногенных пород?

- а) выветривания;
- б) испарению;
- в) водной и ветровой эрозии.

9. Какие геохимические изменения природы вод происходят в результате разработки сульфидных месторождений?

- а) накопление тяжёлых металлов;
- б) условия миграции химических элементов;
- в) рассеяние тяжёлых металлов.

10. К каким изменениям приводит разработка месторождений нефти на шельфе?

Тема 2. Взаимодействие природных и техногенных процессов, преобразование вещества и энергии в горном производстве.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 2 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 2 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Как промышленное производство воздействует на окружающую среду?
2. Назовите принципы нормирования техногенного воздействия промышленности на окружающую среду.
3. Какие существуют требования к технологическим процессам горного производства?
4. Какие существуют требования к аппаратному оформлению, сырью, энергоресурсам и готовой продукции?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Выветривание горных пород, связанное с круговоротом воды, называется..

2. Основные горные породы земли и металлы, слагающие земную кору- это..

3. Наибольшую опасность представляет нарушение герметичности сосуда хранения жидкостей 1 и 2 категории (правильный ответ):

А. выше уровня жидкости; Б. ниже уровня жидкости;

В. отказ предохранительного клапана.

4. Взрывом называют:

А. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся быстрым увеличением давления в ограниченном пространстве;

Б. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся изменением состояния вещества;

В. Сильный и шумный хлопок, связанный с нагнетанием и сбросом давления.

5.Что из нижеперечисленного является основным поражающим фактором при взрыве?

А. Тепловая энергия;

Б. Ударная волна;

В. Звуковая волна.

6. Какие виды взрывов бывают? (согласно классификации)

7. К легко воспламеняющимся жидкостям относятся ...

8. Взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости происходит при(выберите правильный ответ):

А. Разгерметизации сосуда под давлением;

Б. Нахождении сосуда под давлением в зоне пожара;

В. Разлитии воспламеняющегося вещества

9. Физические характеристики токсичных веществ (выберите неправильный ответ):

А. Способность к рассеиванию;

Б. Стойкость;

В. Гидрофильность.

Тема 3. Оценка воздействия на окружающую среду горных предприятий. Разделы ООС и ОВОС в проектной документации.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 3 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

- ознакомиться со следующими нормативно-правовыми документами:

| | |
|--|---|
| Закон «Об охране окружающей природной среды» | Верховный Совет РФ с изменениями на 27 декабря 2018 года |
| Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации | Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 N 372. Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.07.2000 N 2302 |
| Закон «Об экологической экспертизе» | Законодательное Собрание РФ |

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Что такое оценка воздействия на окружающую среду?
2. В чём заключается государственная экологическая экспертиза?
3. Сколько этапов в себя включает ОВОС?
4. В чём заключается экологическая экспертиза и экологический аудит? В чём их различие?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что первоначально проводится при проведении ОВОС?

1. Собрание ГЭЭ.
2. Рекогносцировочная оценка.
3. Предварительная проверка.
4. Оценка по проведению ОВОС.

2. Что готовит заказчик/инвестор на любой стадии разработки проектной документации?

1. Информацию о состоянии ОПС.
2. Участников процесса ОВОС
3. Техническое задание.
4. Оценку доходов на предприятии.

3. Что включает в себя предварительная оценка воздействия на окружающую среду?

1. Анализ, проверка, выявление и прогноз.
2. Описание, анализ и характеристика.
3. Характеристика и оценка.
4. Анализ и меры по снижению воздействия

4. Какие разделы предусматриваются в проекте ТОО?

5. Описание, анализ, характеристика, оценка и меры мы можем отнести к...

6. Сколько этапов содержит, согласно "Положению об ОВОС в РФ", данная процедура?

1. три

2. четыре

3. пять

7. Какой итоговый документ первого этапа ОВОС выдается, согласно "Положению об ОВОС в РФ"?

1. Сводка воздействий на ОС

2. Техническое задание на проведение ОВОС

3. Разрешение на проведение ОВОС

8. Является ли обязательным информирование общественности на первом этапе ОВОС?

1. Да

2. Нет

9. Итогом третьего этапа ОВОС, согласно "Положению об ОВОС в РФ", является...

10. Что не должны содержать материалы ОВОС проектов новых технологий и техники?

1. Характеристику технологического процесса

2. Бизнес-план применения данной технологии

3. Оценку методического подхода к определению и расчёту выбросов (сбросов)

4. Алгоритмы расчёта удельных количеств ЗВ, поступающих в ОС

Тема 4. Охрана атмосферного воздуха в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 5. Охрана поверхностных и подземных вод в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 6. Охрана и рациональное использование недр и земной поверхности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, шахт и карьеров.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитайте раздел 4,5,7 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеевичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитайте главы 4,5 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Какие существуют нормативы качества атмосферного воздуха?

2. Перечислите основные источники загрязнения атмосферы от горных производств.

3. Какие существуют инженерные методы защиты воздуха от загрязнений?

4. Что такое рециркуляция газов?

5. В чем заключается смысл создания замкнутых водооборотных систем?

6. Как нормируется качество воды?

7. Какие существуют мероприятия по охране водных ресурсов?

8. Перечислите инженерные методы очистки сточных вод.

9. В чём заключается антропогенное воздействие на ландшафты от горных производств?

10. Что такое почвы? В чём проявляются её свойства?

11. Какие существуют мероприятия по охране земельных ресурсов?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что не относится к мерам по предотвращению загрязнения воздуха?

- а) разбавление метана свежим атмосферным воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и местной всасывающей;
- б) изоляция выработанного пространства;
- в) средства индивидуальной защиты шахтёра («самоспасатель»);
- г) контроль за состоянием и качеством проветривания;
- д) опережающая дегазация пластов;
- е) дегазация выработанного пространства;
- е) применение горного оборудования во взрывобезопасном исполнении.

2. Что не относится к способам борьбы с рудничной пылью?

- а) применение очистных и проходческих комбайнов с крупным срезом стружки;
- б) предварительное нагнетание в пласт воды;
- в) применение взрывной отбойки патронированными ВВ;
- г) орошение забоя;
- д) сухое пылеулавливание;
- е) связывание пыли полимерами;
- ж) применение средств индивидуальной защиты (респиратор).

3. Что не относится к защите гидросферы от загрязнений?

- а) механическая очистка сточных и шахтных вод;
- б) бурение шпуров и скважин с промывкой;
- в) использование коагулянтов и сорбентов;
- г) хлорирование;
- е) утилизация жидких промышленных отходов;
- ж) создание пневмобарьера.

4. Что не относится к защите литосферы?

- а) технологии по утилизации и обезвреживанию промышленных отходов;
- б) сжигание токсичных отходов;
- в) ликвидация воронок обрушения;
- г) переработка отходов в шлаковом расплаве;
- д) рекультивация карьера и промплощадки рудника (шахты);
- е) обеззараживание загрязнённых территорий;
- ж) противоэрозионные мероприятия.

5. Какие мероприятия не относятся к изоляции и захоронению отходов?

- а) хранение отходов в специальных наземных, слабоуглубленных и подземных сооружениях;
- б) размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;
- в) закладка выработанного пространства;
- г) размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;
- д) преобразование отходов в нейтральное вещество;
- е) сжигание, переработка отходов.

6. Что не относится к экологическому воздействию?

- а) вентиляция шахт и карьеров;
- б) водоотлив и водозабор;
- в) осушение месторождений;
- г) сооружение отвалов, хвостохранилищ;
- д) шум, сейсмика взрывов;
- ж) отчуждение и изъятие земель;
- з) оформление земельного и горного отвода;

и) добычные работы.

7. Какие техногенные загрязнения окружающей среды могут вызвать «региональную экологическую катастрофу»?

8. Наибольший объём среди отходов бурения составляют:

- буровые сточные воды;
- хозяйственно-бытовые отходы;
- буровой шлам.

9. Основной стратегии создания экологически безопасной технологии бурения является:

- безопасный сброс буровых сточных вод в объекты природной среды;
- утилизация отходов бурения;
- применение оборотного водоснабжения.

10. В каких зонах морей самоочищение нефти происходит быстрее:

- в холодных водах;
- в тёплых водах;
- в арктических водах.

11. Что не является конструктивной частью бунового ограждения:

- плавучая часть;
- нефтесборщики;
- экранирующая и балластная части.

12. Наиболее надёжными методами ликвидации нефтяного загрязнения в морях являются:

- биологические методы;
- механические;
- химические.

13. При бурении и эксплуатации геотехнологических скважин наибольшее загрязнение оказывает:

- подземное растворение солей;
- подземное выщелачивание металлов;
- подземная выплавка серы.

14. Какие наиболее дисперсные загрязнители содержатся в буровых сточных водах:

- взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий;
- растворимые минеральные соли;
- коллоидные и высокомолекулярные соединения.

15. К механическим методам очистки буровых сточных вод не относятся:

- центрифугирование;
- адсорбция;
- отстаивание.

16. Для обезвреживания и утилизации отработанного бурового раствора и шлама не применяется следующий метод:

- отверждение;
- электрокоагуляция;
- физико-химическая нейтрализация.

17. Когда должны разрабатываться профилактические мероприятия по минимизации вредного воздействия объектов недропользования на окружающую среду?

1. – в процессе строительства и эксплуатации объекта
- 2.- при проектировании объекта
3. – после завершения эксплуатации объекта

18. Что контролирует, учитывает и прогнозирует горно-геологический мониторинг на объектах недропользования?

1. – климатические изменения
2. – загрязнение воздушного и водного бассейнов

3. – изменение ландшафта
4. - движение разведанных запасов полезных ископаемых, их погашение, потери и разубоживание.

19. Назовите один из приоритетных принципов геоэкологической экспертизы.

1. – производственная необходимость
2. – экономическая целесообразность
- 3.- соблюдение технологических норм проектирования и экологии недропользования
- 4.– корпоративные интересы недропользователей

20. Укажите супертоксичную геохимическую группу элементов:

1. – Cu, Zn, S, Bi, Ag
2. - Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Nb
3. – Hg, Cd, Tl, Be, U, Rn, радионуклиды Sr и др.
4. – Pb, Se, Te, As, Sb

21. Какая взаимосвязь (корреляции) между величинами потерь и разубоживания?

1. – прямая
2. – обратная
3. – неопределенная

22. Какими показателями выражается регламентация санитарно – защитных зон предприятий при добыче полезных ископаемых?

1. – расстояние, м
2. – площадь, м²
3. – объем, м³

23. Укажите группу минерального сырья с наибольшим размером платежа на ее добычу.

1. – горно-химическое сырье
- 2.– радиоактивное сырье
3. – нефть, природный газ
4. – черные металлы
5. – цветные и редкие металлы

24. Укажите загрязняющее вещество за сброс, которого в поверхностные и подземные воды плата наиболее высокая:

1. – нефть и нефтепродукты
2. – ртуть
3. – железо

25. Соотнести группы нормативов качества атмосферного воздуха с определениями:

| | | | |
|----|-----------|----|--|
| 1. | (ПДКр.з.) | А. | Среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия в условиях неопределенного долгого круглосуточного вдыхания |
| 2. | (ПДКс.с.) | Б. | Временный гигиенический норматив сроком на три года, по истечении которого он должен быть пересмотрен или заменен значениями ПДК |
| 3. | (ПДКм.р.) | В. | Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны, которая не должна вызывать у работающего при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования |

| | | | |
|--|------|----|---|
| | | | непосредственно в процессе работы или в отдельные сроки |
| | ОБУВ | Г. | Максимальная разовая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека |

26. Дайте определение санитарно-защитной зоне (СЗЗ)....

27. При введении предприятия в эксплуатацию требуются расчеты ПДВ:

- а) Для всех компонентов выбросов, входящих в выброс
- б) Для веществ, составляющих основную часть выброса
- в) Для веществ, опасность которых для жизни и здоровья человека не установлена
- г) Верно все
- д) Верно б, в.

28. В целях определения критериев безопасности и (или) безвредности воздействия химических, физических и биологических факторов на людей, растения, животных и т.д., а также в целях оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются:

- а) Гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха;
- б) Экологические нормативы качества атмосферного воздуха
- в) Предельно допустимые уровни физических воздействий
- г) Временно согласованные сбросы
- д) Качественные показатели сбросов

29. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ “Об охране окружающей среды” под нормированием в области охраны окружающей среды понимается:

- а) установление нормативов на эксплуатацию природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот
- б) установление нормативов качества окружающей среды
- в) установление нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности
- г) разработка нормативных правовых документов в области охраны окружающей среды

30. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ “Об охране окружающей среды” под мониторингом окружающей среды (экологическим мониторингом) понимается:

- а) независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований в области охраны окружающей среды
- б) система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушений законодательства в области охраны окружающей среды
- в) вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности
- г) комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Тема 7. Горное производство как источник образования отходов, экологические аспекты обращения с отходами, учёт и отчетность при обращении с отходами.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 6 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Легучая, А.Ф.Фадеев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 6 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. *Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:*

1. Какие существуют источники образования и виды деятельности с отходами производства и потребления?
2. Какие основные отходы образуются в результате горного производства?
3. Какие предъявляются требования к обеспечению экологической безопасности при обращении с опасными отходами?
4. Какие существуют классы опасности отходов?
5. Что такое нормативы образования отходов и лимиты на их размещение?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1.Отходы, которые после соответствующей обработки могут быть снова использованы в производстве, называются:

1. Возобновимыми ресурсами.
2. Вторичными ресурсами.
3. Невозобновимыми ресурсами.
4. Обратными ресурсами.
5. Сбереженными ресурсами.

2. Показатель качества окружающей среды, определяющий максимально допустимое содержание вредного вещества, которое на протяжении длительного времени не оказывает отрицательного влияния на здоровье организма и его потомства, называется:

1. Государственный стандарт.
2. ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия).
3. ГОСТом.
4. ПДК.
5. Нет верного ответа.

3. Разновидность малоотходных процессов - это... , при котором использованная в производстве вода очищается, охлаждается и снова пускается на производственные нужды.

1. Обратное водоснабжение.
2. Реутилизация.
3. Экономичное водоснабжение.
4. Минимальное водоснабжение.
5. Оптимальное водоснабжение.

4. Какой из источников вносит наибольший вклад в антропогенное повышение в атмосфере концентрации углекислого газа?

1. Извержение вулканов.
2. ТЭЦ.
3. Автотранспорт.
4. Разложение органических веществ почвы.
5. Котельные жилых домов.

5. Ресурсосберегающие технологии – это:

1. Строго фиксированная оплата труда.
2. Использование новых технологических разработок.

3. Минимальные затраты труда и энергии.
4. Строго фиксированные ежемесячные затраты.
5. Нет верного ответа.
6. **Сероулавливающие установки в крупных городах позволяют использовать до 90% сернистого газа для производства серной кислоты. Какой принцип учтен в таком производстве?**
 1. Принцип сверхточных технологий.
 2. Принцип исключения.
 3. Принцип взаимоприспособляемости.
 4. Принцип рециклизации.
 5. Принцип неопределенности.
7. **Остатки сырья, материалов, полуфабрикатов химических соединений, образующиеся при производстве продукции или выполнении работ, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства:**
 - а) основные отходы;
 - б) вторичные материальные отходы;
 - в) отходы потребления;
 - г) отходы производства;
 - д) отходы предприятия
8. **Складирование твёрдых отходов горного производства осуществляется в качестве:**
 - А) потенциального минерально-сырьевого ресурса
 - Б) отходов предприятия
9. **Рециркуляция, это...**
10. **Системы классификации отходов подразделены:**
 - а) по отраслевому принципу;
 - б) по агрегатному состоянию;
 - в) направлениям использования;
 - г) все перечисленное

Тема 8. Экономические аспекты воздействия горного производства на окружающую среду.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 9 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главы 10,12,13, 15 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Как рассчитывается плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу?
2. Что входит в плату за сброс загрязняющих веществ в водные объекты?
3. Какие экологические проблемы проявляются от горного производства?
4. Как рассчитывается плата за размещение отходов?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный может быть один или несколько.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как соотносятся экология и экономика по затратным статьям:

- прямая корреляционная связь;
- обратная корреляционная связь;
- отсутствие связи (взаимозависимости).

2. Куда поступает плата за пользование недрами?

- на производственные нужды предприятия – недропользователя;
- в бюджет административных управленческих структур;
- на статью соцкультбыта населения.

3. Какое структурное подразделение выдает лицензию на право недропользования, на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов?

- Министерство сельского хозяйства РФ;
- Росгортехнадзор;
- Министерство природных ресурсов РФ;
- Министерство образования и науки РФ.

4. С каким понятием связано случайное вредное воздействие на окружающую среду объектами недропользования?

- «парникового эффекта»;
- технического риска;
- роялти.

5. Какие причины конфликтов между бизнесом и охраной окружающей среды?

6. Для чего создается система экологических отходов?

7. Государственное управление в области промышленной безопасности осуществляется через:

- А. Лицензирование деятельности;
- Б. Платежи за эксплуатацию технических систем повышенной опасности;
- В. Систему административной и уголовной ответственности за нарушение правил эксплуатации опасных технологий

8. Декларация безопасности промышленного объекта должна включать следующие сведения (выберите неправильный ответ):

- А. Основные характеристики технологических процессов;
- Б. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- В. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации экологических последствий чрезвычайных ситуаций;
- Г. Сведения о природно-климатических особенностях района размещения объекта.

9. Экологическая экспертиза устанавливает соответствие между:

- а) намечаемой хозяйственной деятельностью и экологическими требованиями;
- б) существующей деятельностью человека и экологическими требованиями;
- в) результатами деятельности человека и экологическими требованиями

10. Как называется предельное количество вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создает приземную атмосферную концентрацию, опасную для людей, растительного и животного мира?

Для проведения контроля самостоятельной работы студентов применяются: доклад, тестирование; экзамен.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (уровень творческой деятельности)

Написать Доклад – подготовить доклад на определенную тему.

Доклад должен включать 3 раздела: 1 - проблемный - практический (анализ, обзор, творческое изложение статей ученых на выбранную тему в научных журналах за два года (текущий и предшествующий), 2 - собственное мнение на выделенную проблему; 3 - список научной литературы по выбранной теме.

Выбор темы осуществляется студентом самостоятельно.

1. Экологические факторы и их действие
2. Экосистемы: структура и динамика
3. Круговорот веществ в биосфере
4. Законы экологии
5. Источники воздействия на природную среду на горнодобывающих предприятиях.
6. Характеристика источников загрязнения литосферы, гидросферы, воздушного бассейна
7. Задачи органов управления охраной и регулированием использования природных ресурсов
8. Техничко-эколого-экономическая оценка эффективности использования и охраны минеральных ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых
9. Оценка эффективности использования и охраны земель при добыче и переработке полезных ископаемых
10. Охрана и рациональное использование земель при добыче и переработке полезных ископаемых
11. Рекультивация карьерных выемок, мульд сдвижения и зон обрушения.
12. Водоснабжение горных предприятий. Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых. Способы подачи воды.
13. Охрана воздушного бассейна от пылегазовых выбросов предприятий. Планирование достижений предельно допустимых выбросов.
14. Утилизация отходов производства.
15. Использование подземного пространства земных недр.
16. Технология экологически замкнутого производства.
17. Принципы утилизации и использования шахтного метана.
18. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выброса.
19. Способы складирования углесодержащих и радиоактивных горных пород.
20. Влияние газопылеобразных отходов на биосферу и климат планеты. 25.Извлечение металлов и других полезных соединений из отходов.

Объем Доклада не более 25 листов. Оформление работы должно отвечать общим требованиям, установленным в университете.

Результат работы представляется на практическом (семинарском) занятии по соответствующей теме.

Требования к докладу на практическом (семинарском) занятии

Студенту предоставляется время для выступления на практическом (семинарском) занятии продолжительностью не более 15 минут: 10 минут - доклад, 5 минут - ответы на вопросы.

Студент представляет доклад в форме компьютерной презентации, выполненной в MS PowerPoint.

Презентация должна иметь:

- слайд, содержащий полное название доклада, ФИО автора;
- слайд, содержащий четко сформулированную решаемую задачу;
- несколько слайдов, описывающих решение задачи;
- слайд, содержащий краткие выводы из работы.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оформление самостоятельной работы студента должно отвечать общим требованиям, установленным в университете Положением о требованиях к оформлению Докладов, отчетов по практике, контрольных, курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций.

ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Критерии оценки Доклада – новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста - актуальность темы Доклада; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, нормативными правовыми актами, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (привлечены ли наиболее известные работы по теме доклада статистические данные, справки и т.д.).

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; соблюдение требований к объёму доклада.

Критерии оценки публичного выступления (защита Доклада) - логичность построения выступления; грамотность речи; глубина выводов; умение отвечать на вопросы; оригинальность формы представления результата; поведение при защите работы (манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.).

Критерии оценки презентации - эстетическое оформление; использование эффектов анимации.

Выполнение Доклада и доклад его результатов на занятии оценивается по четырёхбалльной шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Оценка «отлично» - Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка «хорошо» - Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка «удовлетворительно» - Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка «неудовлетворительно» - Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4

«Маркшейдерское дело»

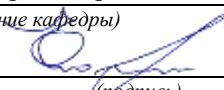
форма обучения: очная, заочная

Автор: ст. преподаватель Мухин Д.В.

Одобрена на заседании кафедры
Безопасности горного производства

(название кафедры)

Зав.кафедрой


(подпись)

Елохин В.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 16.03.2020

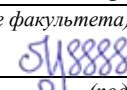
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-технологического факультета

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|---|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА | 4 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ | 4 |
| Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса | 4 |
| Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам | 5 |
| Подготовка и написание контрольной работы | 6 |
| Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) | 7 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ..... | 8 |
| Подготовка к зачёту | 8 |
| Подготовка к экзамену..... | 8 |

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Голубко Б.П.

Маркшейдерское дело

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

МАРКШЕЙЕРСКОЕ ДЕЛО

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерское дело: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П.Голубко; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы обучающихся специальность 21.05.04 Горное дело по дисциплине «Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол №19

© Голубко Б.П.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы обучающегося | 6 |
| 2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения | 7 |
| 2.1. Содержание курса | 7 |
| 2.2. Контрольные вопросы и задачи | 8 |
| Рекомендуемая литература | 11 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 252 часов или 7 зачетных единиц. Из них 97 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерское дело» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; решение и защита типовых маркшейдерских задач по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерское дело». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется учебное пособие для решения типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом [2]. Эта учебное пособие программа может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] изучите каждую тему дисциплины, используйте указанную дополнительную литературу [2]. Консультацию можете получить у преподавателя.
3. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные задачи. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
4. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
5. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в конце каждого раздела учебного пособия [2]. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание курса

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

3. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. РПД общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и

их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служит опрос.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

2.2. Контрольные вопросы и задачи

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Основные задачи маркшейдерского дела.
2. Основная цель маркшейдерских работ.
3. Какие особенности ведения маркшейдерских работ?
4. Какие разделы геодезии необходимо знать для изучения дисциплины?
5. Основные исторические этапы развития маркшейдерии.
6. Какова структура маркшейдерских отделов?

Тема 2: Опорные маркшейдерские сети на карьерах

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?
3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?

6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

Тема 3: Создание съемочных маркшейдерских сетей на карьерах

1. Каковы цель и задачи съемочных маркшейдерских сетей?
2. Кем создаются съемочные сети на карьерах?
3. Назовите основные требования к созданию и реконструкции съемочных сетей?
4. Как подразделяются съемочные маркшейдерские сети?
5. От чего зависит выбор способа создания съемочных сетей?
6. Как закрепляются пункты съемочных сетей?
7. Назовите классические способы создания съемочных сетей.

Тема 4: Маркшейдерская съемка карьеров и отвалов

1. Назовите цель и задачи маркшейдерской съемки на карьерах и отвалах.
2. Какие способы съемки на карьерах и отвалах?
3. Какова периодичность съемки на карьерах и отвалах?
4. В каких масштабах выполняется маркшейдерская съемка на карьерах?
5. Каковы особенности и перспективы аэрофотограмметрической съемки карьеров?
6. Каковы особенности и перспективы наземной фотограмметрической съемки карьеров?
7. Каковы особенности и перспективы маркшейдерской съемки с использованием лазерного сканирования?

Тема 5: Маркшейдерские работы при обеспечении буровзрывных работ

1. Каковы цель и задачи маркшейдерских работ при обеспечении буровзрывных работ?
2. Назовите маркшейдерские работы до производства буровзрывных работ.
3. Какие маркшейдерские работы при производстве бурения взрывных скважин?
4. Назовите маркшейдерские работы после производства взрывных работ в карьере.
5. Какие основные задачи маркшейдера при составлении плана – проекта на буровзрывные работы?
6. Какие способы выноса в натуру взрывных скважин в карьере?
7. Какие способы маркшейдерского контроля глубины и сетки взрывных скважин?

Тема 6: Маркшейдерские работы при проходке траншей

1. Главная цель и задачи маркшейдера при проходке траншей.
2. Какие горно-графические материалы составляются для проходки траншей?
3. Методика расчета элементов параметра траншеи.
4. Способы привязки и выноса в натуру параметров траншеи.
5. Способы задания направления оси и параметров траншеи.
6. Методика расчета уклона трассы траншеи.
7. Маркшейдерский контроль проходки оси и параметров траншеи.

Тема 7: Маркшейдерские работы при дражном и гидравлическом способах разработки

1. Какими методами создаются опорные и съемочные сети на полигонах?
2. Как контролируется процесс строительства драги?
3. Как контролируется процесс добычи песков?
4. Какие способы измерения глубины черпанья драги?
5. Какие способы маркшейдерской съемки на полигонах?
6. Маркшейдерский контроль объемов добычи дражных полигонов.
7. Маркшейдерский контроль объемов добычи гидравлических полигонов.

Тема 8: Применение спутниковой геодезии на карьерах

1. Назовите основной принцип спутниковой геодезии.
2. Какие основные спутниковые системы применяются в маркшейдерии?
3. Какие в области спутниковых технологий маркшейдерских работ существуют схемы?
4. Дайте краткую характеристику навигационных спутников.
5. Что такое сегмент наземного контроля к управлению спутниковой системы?
6. Что такое технология дифференциальной GPS для определения точных координат пунктов?
7. Назовите схемы создания опорных, съемочных сетей и маркшейдерской съемки с использованием спутниковой геодезии.

Тема 9: Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях

1. Основные задачи маркшейдерской службы при рекультивационных работах.
2. Методы планового съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
3. Методы высотного съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
4. Методы прогнозирования нарушенности земной поверхности и планирования работ.
5. Маркшейдерские работы при засыпке отработанных карьеров.
6. Маркшейдерские работы по реализации агрохимического плана.
7. Маркшейдерские работы при рекультивации породных отвалов.

Рекомендуемая литература

1. Голубко Б.П. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. –212 с.

2. Голубко Б.П. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2018. – 71с.

Маркшейдерское дело: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П. Голубко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Автор

Голубко Борис Павлович

Корректурa кафедры маркшейдерского дела

Подписано к печати

Формат бумаги 60x84 1/16

Печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА

620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Гордеев В.А., Яковлев В.Н.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ | 6 |
| 2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ | 10 |
| 2.1. Государственный надзор за использованием и охраной недр | 10 |
| 2.2. Оформление представления горного и земельного отводов | 15 |
| 3. ОПОРНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ
ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ | 18 |
| 4. СЪЕМОЧНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ
НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ | 25 |
| 4.1. Классические способы создания съемочных сетей | 27 |
| 4.1.1. Плановое съемочное обоснование | 27 |
| 4.1.2. Высотное съемочное обоснование | 45 |
| 4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разрезах | 48 |
| 4.2.1. Основные положения спутниковой геодезии | 48 |
| 4.2.2. Технологии съемок комплексами глобальных спутниковых
систем | 68 |
| 4.2.3. Приборное и программное обеспечение спутниковых
съемок | 80 |
| 4.2.4. Создание и реконструкция маркшейдерского опорного
обоснования | 86 |
| 4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских
сетей на карьерах | 98 |
| 4.3.1. Общие положения | 98 |
| 4.3.2. Накопление ошибок в линейно-угловых ходах | 101 |
| 4.3.3. Накопление ошибок в высотных ходах | 111 |
| 4.3.4. Оценка точности геодезических засечек | 119 |
| 4.3.5. Точность спутниковых геодезических технологий | 136 |
| 4.3.6. Проектирование и уравнивание маркшейдерских сетей | 142 |
| 5. СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ | 150 |
| 5.1. Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки) | 151 |
| 5.2. Тахеометрическая съемка | 152 |
| 5.3. Стереофотограмметрическая съемка | 156 |
| 5.3.1. Аэрофотограмметрическая съемка карьеров (аэросъемка) | 158 |
| 5.3.2. Наземная фотограмметрическая съемка | 163 |
| 5.4. Лазерное сканирование в карьерах и разрезах | 175 |
| 5.4.1. Основные положения и технология лазерного сканирования | 175 |
| 5.4.2. Приборное обеспечение технологии лазерного сканирования | 183 |
| 5.4.3. Практическое применение систем лазерного сканирования | 196 |
| 6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ
РАБОТ В КАРЬЕРЕ | 201 |
| 6.1. Основные положения | 201 |

| | |
|--|-----|
| 6.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов . | 206 |
| 6.3. Маркшейдерские работы при проходке траншей | 210 |
| 6.4. Маркшейдерские работы при разбивке и съемке транспортных
путей | 215 |
| 6.5. Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ | 217 |
| 6.6. Маркшейдерские работы при рекультивации нарушенных земель . | 222 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 225 |
| Библиографический список | 231 |

ВВЕДЕНИЕ

Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых по сравнению с подземным имеет преимущества, которые обусловлены специфическими условиями производства. К их числу относятся: системы разработки, позволяющие одновременно проводить горные работы на больших площадях с перемещением значительных объемов горной массы; высокая степень механизации трудоемких работ с использованием высокопроизводительного оборудования; интенсивное подвигание горных выработок; высокая производительность и безопасность труда; низкая себестоимость добычи.

В связи с этим, маркшейдерские работы на карьерах имеют свои особенности. Прежде всего, становится возможным применять высокоэффективные современные методы съемки с использованием геодезических спутниковых систем, проводить съемку при естественном освещении. В то же время, все виды съемок находятся в зависимости от внешних факторов – рельефа местности, метеоусловий. При выборе методики маркшейдерских работ на карьере указанные факторы имеют существенное, а иногда и основополагающее значение.

Маркшейдерские работы на карьере по значимости, трудоемкости и характеру работ подразделяются на три вида: капитальные, основные и текущие. К капитальным относятся крупные работы разового характера, например, создание или реконструкция опорной сети. К основным относятся систематически повторяющиеся работы: построение съемочных сетей; наблюдения за устойчивостью откосов уступов и бортов карьера. К текущим относятся постоянно выполняемые работы: съемка горных выработок (уступов), буровзрывных работ и транспортных путей; определение и учет объемов вскрыши и полезного ископаемого; обеспечение направления проходки траншей; контроль за выполнением плана ведения горных работ.

Маркшейдерские опорные сети на карьерах являются маркшейдерским обоснованием, т. е. геометрической основой, обеспечивающей все виды съемки на территории карьерного поля. По мере строительства и эксплуатации карьера пункты маркшейдерского обоснования утрачиваются из-за нарушения види-

мости между смежными знаками или уничтожения их горными разработками. Работы по созданию, реконструкции и пополнению утраченных пунктов опорных сетей проводятся по техническому проекту, в котором определяется их количество, схема расположения, методика измерений и вычислений. Известно, что данный вид работ требует тщательного анализа фактического состояния маркшейдерских сетей, знания существующих способов их создания применительно к условиям карьера, соответствующего технического и финансового обеспечения.

Данные работы выполняются маркшейдерами предприятия, или по их заданию для выполнения работ привлекаются специализированные организации. Маркшейдер должен овладеть теорией и практикой ведения этих работ, используя учебную и справочную литературу.

Маркшейдерские съемки на карьерах включает определение положения горных выработок и инженерных сооружений относительно пунктов опорных и съемочных сетей с целью нанесения их на план горных работ с точностью и подробностью, обусловленной масштабом съемки.

В предлагаемом учебном пособии обобщен основной материал по организации и выполнению работ, связанных с маркшейдерско-геодезическим обоснованием и производством маркшейдерской съемки при разработке месторождений открытым способом.

Изложены требования, предъявляемые к опорным съемочным сетям и маркшейдерским съемкам, даны схемы, методика измерений и вычислений, а также новые методы спутниковой геодезии. Спутниковые системы находят все большее применение в отечественном геодезическом и маркшейдерском производстве и требуют постоянного информационного и методического обеспечения.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Открытый способ разработки месторождений в России сохраняется как генеральное направление горнодобывающей промышленности для обеспечения топливом и минеральным сырьем потребностей энергетики, металлургии, строительства, сельского хозяйства и др.

Развитие открытых горных работ на основе их интенсификации и повышения производительности осуществляется при создании проектов уникальных карьеров с глубиной разработки до 800 м.

Горные работы в карьерах характеризуются определенным порядком выемки и последующего перемещения полезного ископаемого, вскрышных и вмещающих пород, что определяет конфигурацию и размеры карьерного поля.

Карьер (рис. 1.1) – совокупность открытых горных выработок, посредством которых производят разработку месторождения, одновременно это административно-хозяйственное производственное подразделение, производящее добычу полезного ископаемого открытым способом.

Разрез – название открытых горных работ при разработке угольных месторождений.

Геометрическими элементами карьера (разреза) являются:

уступы - слой толщи пустых пород или руды, разрабатываемый самостоятельными техническими средствами отбойки, погрузки и транспорта;

траншея (капитальная, разрезная) - открытая горная выработка трапецеидального поперечного сечения, обеспечивающая доступ с поверхности к рабочим горизонтам (капитальная), с горизонта на горизонт (разрезная);

откос уступа - наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства;

угол откоса уступа – угол наклона поверхности уступа в плоскости, нормальной к простиранию уступа;

бровка уступа (верхняя и нижняя) – линии пересечения откоса уступа с верхней и нижней площадками (бермами) уступа;

борт карьера - боковая поверхность, ограничивающая выработанное пространство карьера. Различают борта рабочие и постоянные, поставленные в предельное (проектное) положение.

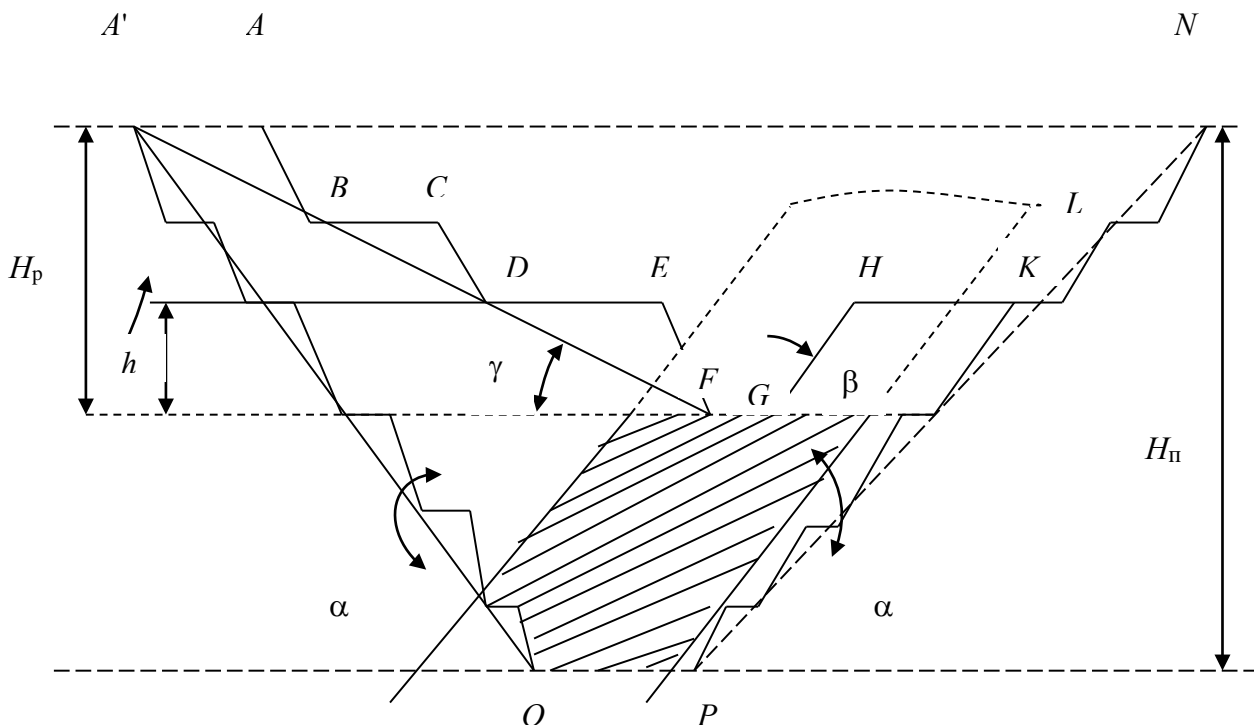


Рис. 1.1. Карьер и его элементы:

$A'ABC, BCDE, DEFG$ – уступы; $EFGH$ – разрезная траншея;
 AB, CD, EF – откосы уступов; β - угол откоса уступа; A, B, C, D – бровки уступов; BC, DE – рабочие горизонты; L – предохранительная берма;
 $A'O$ и NP – борта карьера; γ - угол разгона или угол эксплуатации;
 α - угол погашения бортов карьера; h – высота уступа;
 H_p – рабочая глубина карьера; H_n – предельная глубина карьера

Показателем оценки пригодности месторождения к разработке открытым способом, определения экономически целесообразной глубины и планирования горных работ, расчета себестоимости полезного ископаемого служит коэффициент вскрыши.

Под коэффициентом вскрыши понимают количество вскрышных пород, исчисляемое на единицу полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши называют "весовым" (т/т) и "объемным" ($\text{м}^3/\text{м}^3$). Различают следующие виды коэффициента вскрыши: граничный - максимально допустимый по условию экономичности открытых разработок; средний - в пределах конечных контуров карьера или его участка; контурный - в пределах прирезаемого к карьере одного слоя при увеличении его глубины; текущий - по месяцам, кварталам и годам; слоевой - в границах горизонтального слоя; эксплуатационный - за определенный период эксплуатационных работ в карьере; первоначальный - отношение объема вскрыши за период строительства карьера к

общему объему полезного ископаемого в конечных контурах; текущий (стоимостной) - при текущем планировании объемов вскрыши и производственной себестоимости.

Вскрытие карьерного поля и разработка месторождения - два взаимосвязанных процесса. В зависимости от инженерно-геологических и горнотехнических условий вскрытие карьерного поля осуществляется проведением открытых или подземных горных выработок (табл. 1.1, 1.2).

Таблица 1.1

Элементы системы горных выработок для вскрытия карьерных полей

| Горная выработка
1 | Назначение
2 |
|--|---|
| Наклонная траншея (внешняя траншея) | Обеспечение связи горизонтов в рабочей зоне карьера с поверхностью или нижележащим горизонтом |
| Горизонтальная траншея (разрезная траншея) | Создание фронта горных работ на горизонте |
| Наклонная транспортная берма (внутренняя траншея, съезд, насыпь) | Обеспечение связи между горизонтами внутри эксплуатационного пространства карьера |
| 1 | 2 |
| Горизонтальная транспортная берма | Связь в пределах горизонта, размещение пунктов примыкания к наклонной трассе транспортных коммуникаций рабочих горизонтов, тупиков и петлевых соединений транспортных путей |
| Крутая траншея | Связь концентрационного горизонта с поверхностью |
| Ствол | Связь рабочей зоны глубоких карьеров с поверхностью |
| Штольня | Связь эксплуатационного пространства нагорных карьеров с поверхностью, на равнинах - со стволом |
| | Окончание таблицы 1.1 |
| Рудоспуск | Гравитационная доставка полезного ископаемого на рабочей зоне карьера на транспортный горизонт |

| | |
|----------|---|
| Рудоскат | Гравитационная доставка полезного ископаемого из рабочей зоны карьера к пункту погрузки |
|----------|---|

Таблица 1.2

Связи систем разработки с вскрытием карьерных полей

| Система разработки | Система вскрытия основных горных выработок |
|---|--|
| Бестранспортная, транспортно-отвальная | Наклонные траншеи и горизонтальные бермы для грузопотоков полезного ископаемого |
| Экскаватор-карьер | Вскрывающие выработки не требуются |
| Транспортная:
с перевозкой вскрышных пород в выработанное пространство

с перевозкой вскрышных пород на внешние отвалы | Наклонные траншеи и горизонтальные бермы для грузопотоков полезного ископаемого, горизонтальные транспортные бермы и насыпи для грузопотоков вскрышных пород

Наклонные траншеи и наклонные бермы для грузопотоков вскрышных пород и полезного ископаемого |
| Комбинированная | Наклонные траншеи, горизонтальные и наклонные бермы для грузопотока вскрышных пород и полезного ископаемого |

На карьере может быть два - вскрышной и добычной - или несколько технологических потоков, которые отличаются между собой числом забоев в разрабатываемой зоне карьера и количеством пунктов приема горной массы, а также по их связи между собой.

Главными параметрами карьера являются: границы открытых разработок (геометрические размеры карьера - длина, ширина, глубина); производительность карьера; схема вскрытия карьера; система разработки; геомеханика карьерного поля (устойчивость откосов уступов, бортов карьера, отвалов).

Основным критерием при определении границ открытых разработок является граничный коэффициент вскрыши, на основе сравнения которого с другими видами коэффициента вскрыши определяется предельная глубина и производится оконтуривание карьерного поля.

2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

2.1. Государственный надзор за использованием и охраной недр

Маркшейдерская служба горного предприятия является одной из ведущих структур, обеспечивающих эффективную и безопасную работу по добыче полезного ископаемого. На каждом горном предприятии маркшейдерские работы ведутся в строгом исполнении действующих федеральных законов, инструкций, приказов и правил, на базе которых дополнительно разрабатываются и вводятся внутренние распорядительные документы. Нормативно-правовое маркшейдерское обеспечение недропользования основано на новом законодательстве Российской Федерации, в котором сформулированы основные права и обязанности пользователей недр, требования по рациональному использованию и охране недр, безопасному ведению работ, связанных с использованием недрами [1, 2].

В основном Законе нашего государства Конституции РФ (статья 9) указано, что «земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории». Недра, среди природных ресурсов, занимают главенствующее место. Недра обладают огромным количеством ценных и весьма ценных ресурсов.

В законе РФ «О недрах», под недрами понимается «часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водосток, и простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения». Ресурсы недр (гидроресурсы) – это твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые, энергоресурсы и полости естественного и техногенного происхождения в массиве горных пород. Недропользование – это деятельность человека по изучению, использованию и охране ресурсов недр.

В соответствии с общеправовым классификатором отраслей законодательства РФ законодательство о недрах выделено в

самостоятельную отрасль, с включением в ее состав следующих разделов [1]:

- общие вопросы охраны и использования недр;
- управление в области использования и охраны недр, контроль за охраной и использованием недр;
- государственный фонд недр, государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых;
- собственность на недра;
- пользование недрами, виды пользования недрами, основные права и обязанности пользователей недр, плата при пользовании недрами, конкурсы и аукционы на пользование недрами;
- охрана недр;
- государственная экспертиза запасов полезных ископаемых;
- ответственность за нарушение законодательства о недрах.

Законодательство о недрах основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов «О недрах» (1992 г.); «О континентальном шельфе» (1995 г.); «О соглашениях о разделе продукции» (1995 г.); «О государственном регулировании в области добычи и использовании угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» (1996 г.), а также Положения о порядке лицензирования пользования недрами (1992 г.).

Дополнительно к этому имеется большое число подзаконных нормативных правовых актов исполнительной власти субъектов РФ. Для выполнения требований указанных выше законов и актов с целью эффективного и безопасного недропользования необходимо обеспечить [1]:

- государственный контроль и надзор за рациональным использованием и охраной недр;
- государственный контроль и надзор за промышленной безопасностью недропользования;
- государственный контроль и надзор за экологической безопасностью недропользования;
- правовое регулирование условий предоставления геологического, горного и земельного отводов.

На маркшейдерскую службу горного предприятия возлагаются ответственные государственные задачи:

строгое соблюдение государственных интересов при использовании недрами, предупреждение всякого рода проявлений хищнического подхода к использованию недр. В соответствии с законодательством РФ недра и содержащиеся в них ресурсы являются государственной собственностью;

высококачественное и своевременное выполнение маркшейдерских работ, обеспечивающих полное и комплексное освоение месторождений на всех этапах его развития от поиска и разведки до ликвидации (консервации) горного предприятия, а также эффективного и безопасного ведения горных работ.

Уже более 30 лет существует Международное общество по маркшейдерскому делу (ИСМ), которое является объединением специалистов маркшейдеров в рамках негосударственной организации ЮНЕСКО и постоянным членом Всемирного горного конгресса, осуществляющее свою деятельность, как самостоятельная международная организация в соответствии с утвержденным Уставом ИСМ. В Уставе ИСМ дано определение понятия «маркшейдерское дело» как отрасль горной науки и техники, занимающаяся комплексом измерений, вычислений и геометрических построений всех видов для сбора и документирования данных, выполненных на всех стадиях поиска, разведки МПИ, их добычи открытым и подземным способами, а также строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. На современном уровне развития горного производства маркшейдерию следует считать главной составляющей системы недропользования, при этом развитие непосредственно маркшейдерии как науки следует рассматривать в двух направлениях:

качественное изменение в технике и методике производства маркшейдерских работ с внедрением новейших приборов, оборудования и ГИС технологий;

разработка и внедрение нормативных правовых и инструктивных документов, обеспечивающих эффективную деятельность маркшейдерской службы горных предприятий.

Все это должно обеспечить полное и комплексное использование недр, промышленную и экологическую безопасность недропользования.

Правовое положение маркшейдерской службы в Российской Федерации (права, обязанности, ответственность) определено Законами РФ «О недрах», «О лицензировании отдельных видов деятельности» (2001 г.), «Положением о лицензировании Деятельности по производству», утвержденным постановлением Правительства РФ от 04.06.2002 № 382 и «Правилами охраны недр» ПБ 07-601-03 (2003 г.), утвержденными Госгортехнадзором России, введенными с 29.06.2003. Постановлением Госгортехнадзора России от 22 мая 2001 г. № 18 утверждено «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр» (РД 07-408-01).

В этом положении определены:

требования к осуществлению маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности и охраны недр;

функции служб главного маркшейдера;

требования к составлению положений о маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр.

Производство маркшейдерских работ и раньше, и в настоящее время регламентируется Инструкцией по производству маркшейдерских работ, утвержденной постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.03 г. № 73, к введенной в действие с 29.06.03 г.

Инструкция является обязательной для всех организаций, независимо от их организационно – правовых форм и форм собственности, индивидуальных предпринимателей, осуществляющих проектирование, строительство, эксплуатацию, консервацию и ликвидацию объектов по добыче и переработке полезных ископаемых, а также объектов пользования недрами в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, на территории Российской Федерации и в пределах ее континентального шельфа и исключительной экономической зоны Российской Федерации [3].

В инструкции изложены технические требования и указания:

по производству маркшейдерских работ на земной поверхности (на территории производственно – хозяйственной деятельности предприятия);

при открытом и подземном способах разработки месторождений;

при разработке месторождений углеводородного сырья;
при строительстве горных предприятий;
по составлению и ведению маркшейдерской документации.

Составление и ведение маркшейдерской документации регламентируется Федеральными законами: «О недрах» и «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (2006 г.). По первому закону пользователь обязан обеспечить ведение маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность; по второму – маркшейдерская документация является информационным ресурсом. В Законе указано, что информационные ресурсы могут быть государственными и негосударственными и как элемент состава имущества находится в собственности граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и общественных объединений. Этот Закон способствует значительному повышению ценности маркшейдерской документации, придавая ей в определенных условиях статус товара [1].

Все вышесказанное раскрывает нормативно – правовую основу маркшейдерского обеспечения недропользования и рационального использования недр. В тоже время рациональное использование недр это комплексная проблема и ее решение возможно в совместном изучении следующих направлений: геологического, горнотехнологического, экономического, экологического и организационного.

Законом РФ «О недрах» (раздел V) предусмотрено платное пользование ресурсами недр. Порядок и условия взимания платежей за пользование недрами с учетом вида полезного ископаемого, количества и качества запасов, природно-географических, горно-технологических и экономических условий освоения месторождения устанавливаются Правительством РФ.

Для горнодобывающего предприятия окончательные размеры этих платежей устанавливаются при предоставлении лицензии на пользование недрами.

В Законе РФ «О недрах» (ст. 51) указан ряд правовых норм, предусматривающих уголовную и административную ответственность за нарушение законодательства и возмещения вреда,

причиненного пользователю недр или государству в процессе недропользования. Возмещение вреда подлежит за счет собственных средств пользователя недрами.

2.2. Оформление представления горного и земельного отводов

В соответствии с лицензией на право добычи полезных ископаемых на основании Закона РФ «О недрах» горному предприятию предоставляется участок недр в виде горного отвода.

Министерством природных ресурсов РФ (07.02.1998) и Госгортехнадзором РФ (31.12.1997) утверждена «Инструкция по оформлению горных отводов для разработки месторождений полезных ископаемых». Субъекты РФ могут устанавливать иной порядок предоставления горных отводов для разработки общераспространенных полезных ископаемых. Порядок предоставления горных отводов нефтегазовых месторождений устанавливается «Инструкцией о порядке предоставления горных отводов для разработки газовых и нефтяных месторождений» утвержденной Госгортехнадзором РФ 11.09.1996 г.

Согласно закону РФ «О недрах» под горным отводом понимается участок недр, представленный в виде геометризированного блока недр в соответствии с лицензией для добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых и обслуживания особо охраняемых геологических объектов.

При получении лицензии на пользование недрами устанавливаются предварительные границы горного отвода. После разработки технического проекта, согласования его с органами государственного горного надзора, охраны окружающей среды документы, определяющие уточненные границы горного отвода с ведомостью координат угловых точек, включаются в лицензию в качестве неотъемлемой составной части.

Проекты горного отвода для разработки месторождений полезных ископаемых составляют организации, имеющие лицензию на проектирование горных производств. Проект горного отвода включается в состав технического проекта разработки ме-

сторождения специальным разделом «Обоснование границ горного отвода».

Проект горного отвода и прилагаемые к нему документы подписывает руководитель, главный маркшейдер и главный геолог горного предприятия, испрашивающий горный отвод, главный инженер проекта и руководитель проектной организации. Органы государственного надзора пользования недр рассматривают проект горного отвода и выносят соответствующее решение. При положительном решении границы горного отвода считаются уточненными.

В состав документов, подтверждающих уточненные границы горного отвода входят: горно-отводной акт и графическая документация, включающая топографический план с ведомостью координат угловых точек границы горного отвода, структурные карты и разрезы.

Лицензии на пользование недрами представляются только после получения предварительного согласования органа управления земельными ресурсами, либо собственника земли на отвод соответствующего земельного участка для целей недропользования.

Получение земельных участков во временное пользование или их изъятие осуществляется в соответствии с земельным законодательством РФ и республик в состав РФ, а также правовыми актами краев, областей, автономных образований.

Под земельным отводам понимается земельный участок, предоставляемый после получения горного отвода для проведения работ, связанных с использованием недрами.

Для получения земельного отвода горное предприятие обращается в органы исполнительной власти, в чьем ведении находится данный земельный участок. Величина земельного отвода может изменяться как в сторону увеличения при получении в пользование новых земель в период эксплуатации и реконструкции предприятия, так и в сторону уменьшения при возвращении неиспользованных и рекультивированных земель.

В общей площади земельного отвода выделяют группы участков земли в зависимости от их предназначения (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Подразделение участков земли в зависимости от их предназначения

| Предназначение участка земли | Форма пользования земельным участком |
|---|---|
| Производство горных работ | временное |
| Внешние отвалы, хвостохранилища | долгосрочное |
| Размещение основных технологических и вспомогательных сооружений: водозаборных, складов ВВ, внутриплощадных коммуникаций и т. д. | постоянное или временное долгосрочное |
| Строительство поселков горных предприятий, зданий и сооружений для нужд горных предприятий | постоянное |
| Размещение различных коммуникаций линейного типа: железных и автомобильных дорог, линий электропередач, связи, водопроводов, канализации, отопления и др. | постоянное или временное в зависимости от сроков эксплуатации |

3. ОПОРНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Геометрической основой для производства всех видов съемки (маркшейдерской, геологической, геодезической и топографической) на земной поверхности и в карьере служат: государственные геодезические сети (триангуляция, полигонометрия, трилатерация 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов); сети сгущения (триангуляция, полигонометрия 1-го и 2-го разрядов) и высотные сети I, II, III и IV классов [3].

Государственная геодезическая сеть обеспечивает распределение координат на территории государства и является исходной для построения других сетей.

Работы по созданию маркшейдерских опорных геодезических сетей на карьере выполняются по согласованию и разреше-

нию Госгеонадзора. В качестве исходных пунктов для построения опорных сетей служат пункты государственной геодезической сети и сети сгущения.

Координаты и высоты всех видов опорных сетей вычисляются в принятых в стране системах координат в проекции Гаусса и в Балтийской системе высот.

Наибольшее распространение на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия в качестве опорных сетей находят сети 4-го класса, сети сгущения 1-го и 2-го разрядов и нивелирование III и IV классов, создаваемые на основе пунктов государственной геодезической сети путем перехода от общего к частному (от высшего разряда к низшему). В табл. 3.1 приведены характеристики опорных сетей 4-го класса и сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов.

В случаях, когда привязка ходов полигонометрии к пунктам государственной геодезической сети выполняется с использованием светодальномеров, длины примычных сторон хода могут быть увеличены на 30 %.

Таблица 3.1

Характеристики опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов

| Элементы характеристики | 4-й класс | 1-й разряд | 2-й разряд |
|--|-----------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| <i>Триангуляция</i> | | | |
| Длина стороны треугольника, км, не более | 5 | 5 | 3 |
| Минимально допустимая величина угла, град: | 20 | 20 | 20 |
| - в сплошной сети | - | 30 | 30 |
| - связующего в цепочке треугольников | - | 30 | 20 |
| - во вставке | - | 30 | 20 |
| Число треугольников между исходными сторонами или исходным пунктом и исходной стороной, не более | - | 10 | 10 |
| Минимальная длина исходной стороны, км | | | |

| | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Средняя квадратическая погрешность измерения углов, вычисленная по невязкам треугольников, с | - | 1 | 1 |
| Предельная невязка в треугольнике, с | 2 | 5 | 1 |
| Относительная погрешность исходной (базисной) стороны, не более | 8 | 20 | 40 |
| Относительная средняя квадратическая погрешность определения длины стороны в наиболее слабом месте, не более | 1:200000 | 1:50000 | 1:20000 |
| | - | 1:20000 | 1:10000 |
| <u>Полигонометрия</u> | | | |
| Предельная длина хода, км: | 10 | 5 | 3 |
| - относительного | | | |
| - между исходной и узловой точками | 7 | 3 | 2 |
| - между узловыми точками | 5 | 2 | 1,5 |
| Предельный периметр хода, км | 30 | 15 | 9 |
| Длина сторон хода, км | | | |
| - наибольшая | 2 | 0,8 | 0,35 |
| - наименьшая | 0,25 | 0,12 | 0,08 |
| - средняя расчетная | 0,50 | 0,30 | 0,20 |
| Число сторон в ходе, не более | 15 | 15 | 15 |
| Предельная относительная невязка хода | 1:25000 | 1:10000 | 1:5000 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), с | 2 | 5 | 10 |
| Окончание табл. 3.1 | | | |
| Угловая невязка хода или полигона, не более, с, | $5\sqrt{n}$ | $10\sqrt{n}$ | $20\sqrt{n}$ |
| где n – число углов в ходе или полигоне | | | |
| <u>Полигонометрия с использованием электронных тахеометров и светодальномеров</u> | | | |
| Предельная длина отдельных полигонометрических ходов в зависимости от числа сторон (n) в ходе, км: | 8 при
$n=30$ | 10 при
$n=50$ | 6 при
$n=30$ |
| | 10 при
$n=20$ | 12 при
$n=40$ | 8 при
$n=20$ |
| | 12 при
$n=15$ | 15 при
$n=25$ | 10 при
$n=10$ |
| | 15 при
$n=10$ | 20 при
$n=15$ | 12 при
$n=8$ |
| | 20 при
$n=6$ | 25 при
$n=10$ | 14 при
$n=6$ |
| Наименьшая длина сторон хода, км: | 0,25 | 0,12 | 0,08 |

| | | | |
|--|---|---------------------------|----------------|
| Средняя квадратическая погрешность измерения длины стороны | До 500 м-
2 см | До 1000-
3 см | До 1000 м
- |
| | от 500 до
1000 м – 3
см
свыше
1000 м
1:40000 | свыше
1000 м
1:3000 | 5 см |

Число угловых и линейных невязок, близких к предельным во всех видах сетей, не должно превышать 10 %. Допускается увеличение длин ходов полигонометрии 1-го и 2-го разрядов на 30 % при условии определения дирекционных углов сторон хода с точностью 5 - 7" не реже чем через 15 сторон и не реже чем через 3 км.

Расстояние между пунктами параллельных полигонометрических ходов 1-го разряда, по длине близких к предельным, не должно быть менее 1,5 км. При меньших расстояниях ближайшие пункты связываются ходом того же разряда.

Предельная длина хода для всех сетей, прокладываемых с использованием электронных тахеометров и светодальномеров, должна быть равна:

для ходов между исходным и узловым пунктами $\frac{2}{3}$ отдельного хода, определенного от числа сторон (n);

для ходов между узловыми пунктами $\frac{1}{2}$ отдельного хода;

при уменьшении числа сторон (n) отдельного хода соответственно $\frac{2}{3}$ и $\frac{1}{2}$.

Предельная длина сторон при измерении электронными тахеометрами и светодальномерами не устанавливается, но необходимо избегать перехода от наименьших сторон к максимальным.

Опорные сети обеспечивают распространение геометрической основы на территории карьерного поля и являются исходными для построения съемочных сетей и маркшейдерской съемки всех видов работ на земной поверхности и в карьере.

Плотность опорных сетей определяется количеством пунктов на 1 км^2 и должна быть доведена сетями сгущения не менее чем до 4-х пунктов на застроенных территориях, а на незастроенных - до 1 пункта. Исходными пунктами для сетей сгущения 1-

го разряда служат пункты государственной геодезической сети 1-4-го классов, а для сетей 2-го разряда - пункты 1-4-го классов и сети сгущения 1-го разряда (рис.3.1).

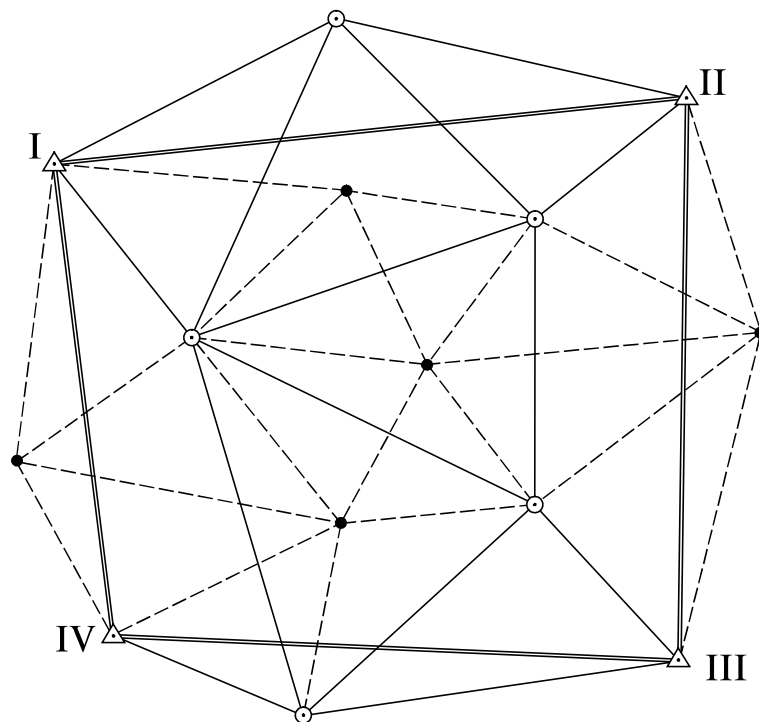


Рис. 3.1. Схема опорных сетей на карьере:

- △ - пункты государственной геодезической сети 1-4-го классов,
- ⊙ - пункты опорных сетей 1-го разряда,
- - пункты опорных сетей 2-го разряда

Порядок и производство работ сетей 4-го класса изложены в инструкции по их производству. Измерение углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов производится круговыми приемами теодолитами класса Т2, Т5 с соблюдением допусков, приведенных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Допуски измерения углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов

| Показатели | Теодолит Т2 | | Теодолит Т5 | |
|---|-------------|------------|-------------|------------|
| | 1-й разряд | 2-й разряд | 1-й разряд | 2-й разряд |
| Число приемов | 3 | 2 | 4 | 3 |
| Предельная невязка при замыкании горизонта, сек | 8 | 8 | 12 | 12 |
| Предельная невязка в направ- | | | | |

| | | | | |
|-------------------------------|---|---|----|----|
| лениях из разных приемов, сек | 8 | 8 | 12 | 12 |
|-------------------------------|---|---|----|----|

Опорные сети, создаваемые методом полигонометрии, строятся в виде замкнутых, разомкнутых и висячих, а по форме вытянутых и ломаных ходов, опирающихся на исходные пункты (пункты с известными координатами). Группа ходов одного разряда точности, пересекающихся в узловых точках и уравниваемых совместно, называется системой. Система замкнутых ходов называется системой полигонов: свободной при наличии одного исходного пункта и одной исходной стороны и несвободной при наличии нескольких исходных пунктов и сторон. Система незамкнутых ходов называется системой с узловыми точками (пунктами) с одной, двумя и большим числом узловых точек.

Полигонометрия 4-го класса определяется относительно пунктов сетей высших классов в виде одиночных ходов или систем с узловыми точками. Сети 4-го класса как самостоятельные строятся для обоснования на застроенных территориях площадью 5-50 км². Сети 1-го и 2-го разрядов строятся в виде сетей сгущения относительно пунктов 1-4-го классов (отдельные ходы и системы с узловыми точками) и самостоятельно на застроенных территориях площадью 2,5-5 км².

Пункты опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разряда закрепляются долговременными и частично временными знаками. Долговременные знаки закрепляются на отдельных участках группами не менее трех подряд и в местах узловых точек. Временные пункты в виде железных труб и стержней длиной 0,5-1,0 м забиваются в твердый грунт и окапываются канавкой. На пунктах 4-го класса и 1-го разряда устанавливаются наружные геодезические знаки в виде простых пирамид и сигналов. На пунктах 2-го разряда допускается устанавливать вехи. Конструкции наиболее распространенных центров и знаков приведены в справочной литературе и представляют собой, как правило, забетонированный металлический штырь диаметром 25-30 мм, зазубренный или загнутый в нижней части в виде крючка. В головке штыря высверливается отверстие, наносится керн или крестообразная насечка, фиксирующие центр пункта. Допускается керн зачеканивать медной проволокой.

С учетом разнообразия маркшейдерских работ на карьере и их объемов на территории каждого из них, в зависимости от размеров и глубины разработки, должно быть не менее двух пунктов опорной сети, а на крупных - трех пунктов.

Создание опорных сетей проводится на стадиях разведки месторождения, проектирования и строительства карьера. В период эксплуатации, по мере развития горных работ, часть пунктов уничтожается и требуется периодическое пополнение опорной сети.

При построении опорных сетей, при планировании работ по ее пополнению и реконструкции руководствуются следующими требованиями:

пункты должны располагаться в таких местах, откуда видна большая часть территории, на которой ведутся горные работы;

число пунктов должно обеспечивать определение в любом месте карьера пунктов съемочной сети;

место заложения пунктов выбирается с учетом наиболее длительного срока их сохранности, наиболее близкого расположения от неподвижных бортов, перспектив развития горных работ и рекультивации земель;

наружные знаки пунктов, как правило, не должны иметь редуций, чтобы не вводить поправки в измеренные направления.

Высотные опорные сети на карьерах, как было сказано выше, создаются нивелированием III и IV классов, отметки которых определяются от сетей I и II классов соответственно в единой Балтийской системе высот на всей территории страны [2].

Сети нивелирования III и IV классов прокладываются для высотного обеспечения маркшейдерских съемок и решения инженерных задач внутри полигонов высшего класса в виде отдельных ходов или полигонов, опирающихся на исходные реперы, или в виде систем (линий) с узловыми пунктами.

Нивелирование III класса выполняется в прямом и обратном направлениях. Нивелирование IV класса производится в одном направлении. Программа и порядок наблюдений на станции проводится с соблюдением требований инструкции по нивелиро-

ванию данного класса. Основные показатели нивелирования III и IV классов приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Характеристика высотных опорных сетей,
нивелирование III и IV классов**

| Показатели | III класс | IV класс |
|--|--|-------------------------------------|
| Периметр полигона, длина линий, не более, км | 150 | 50 |
| Допустимая невязка в полигонах и по линиям, мм | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| Увеличение трубы нивелира, не менее, крат | 30 | 25 |
| Тип нивелира | НЗ, НЗК | НЗ, НЗК |
| Тип рейки | Штриховые, шашечные 3-метровые двухсторонние | Шашечные, 3-метровые, двухсторонние |
| Длина визирного луча, м | 75 - 100 | 100 - 150 |
| Допустимое неравенство плечей визирных лучей, м | 2 | 5 |
| Высота визирного луча над земной поверхностью, не менее, м | 0,3 | 0,2 |
| Допустимое расхождение превышений $\alpha_{\text{доп}} \leq h_{\text{пр}} - \eta_{\text{обр}}$, мм, где α - периметр полигона или длина линии, км. | $10\sqrt{\alpha}$ | $20\sqrt{\alpha}$ |

При решении инженерных задач на промышленных и строительных площадках нивелирование III и IV классов проводится по особой программе. В этом случае уменьшается длина хода и увеличивается частота установки знаков. Длина линий нивелирования III класса не должна превышать 10 км на застроенных и 15 км на незастроенных участках. Длина линий нивелирования IV класса не должна превышать 4 км между пунктами высшего класса и 2 км - между узловыми точками. Периметры полигонов в сетях нивелирования IV класса в этом случае не должны превышать 12 км. Линии нивелирования закрепляются на местности постоянными знаками (грунтовыми, скальными и стенными реперами), конструкции которых выбираются в соответствии с требованиями инструкции по нивелированию. В качестве временных знаков нивелирования могут быть включены пункты плановой сети.

Опорные сети на карьерах (плановое и высотное обоснование) следует выполнять так, чтобы их результаты могли быть использованы по возможности на всех стадиях разработки месторождения. Целесообразно для выполнения этих работ привлекать специализированные организации или подразделения. Работы по созданию и реконструкции опорных сетей ведутся в соответствии с проектом, который составляется на картах масштабов 1:10000 - 1:25000. Проект на эти работы согласовывается с главным маркшейдером предприятия - заказчика, который осуществляет приемку работ. Заказчику передается каталог координат и высот пунктов. Маркшейдерская служба карьера обязана вести журнал учета состояния опорной сети. Контроль за своевременным выполнением и качеством работ возлагается на маркшейдерскую службу вышестоящей организации. Государственный надзор осуществляют органы Ростехнадзора.

4. СЪЕМОЧНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЕТИ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ

Съемочными маркшейдерскими сетями на карьерах называют сети пунктов, равномерно расположенных на поверхности и внутри карьера, используемых для съемки горных выработок и решения различных горнотехнических задач. Съемочные сети создаются на основе пунктов опорных сетей. Число пунктов съемочных сетей состоит из основных пунктов и определяемых в дополнение к ним съемочных точек. Определение пунктов и точек съемочного обоснования в пространстве включает расчет плановых координат и высотных отметок. Как правило, решение этих двух независимых задач осуществляется одновременно.

Выбор способа и схемы расположения пунктов и точек съемочного обоснования зависит от размеров, конфигурации, глубины карьера, системы разработки и рельефа местности. Количество пунктов съемочного обоснования, включая и пункты опорных сетей, на карьере может быть различным, и число их определяется исходя из методов и масштаба съемки. Количество основных пунктов определяется в процессе рекогносцировки, съемочных точек в процессе съемки, в зависимости от способа и масштаба съемки и сложности контуров, но во всех случаях

должно быть обеспечено соблюдение оптимальных параметров применяемого метода съемки, например, удаленность прибора до снимаемого объекта (пикета) при тахеометрическом методе съемки.

Средние квадратические погрешности положения пунктов съемочного обоснования относительно ближайших пунктов опорных сетей не должны превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки при определении плановых координат и 0,2 м по высоте [3].

Съемочная сеть на карьерах закрепляется постоянными и временными центрами. Постоянные центры (основные пункты) закрепляются в местах, обеспечивающих длительную их сохранность для многократной съемки. К таким местам относятся нерабочие уступы, старые устоявшиеся внутренние и внешние отвалы. Временные центры (съемочные точки) закрепляются в границах рабочей части карьера, в том числе на рабочих уступах и на новых отвалах, и используются для небольшого количества съемок. Конструкция постоянных знаков представляет собой металлический центр (труба, рельс, стержень), забетонированный в скважину или в котлован на глубину, превышающую глубину промерзания на 0,5 м, но не менее 1 м. Центры временных знаков - забивные из металла или деревянных кольев - в зависимости от крепости пород забиваются вровень с поверхностью земли на глубину 0,2 - 0,5 м.

4.1. Классические способы создания съемочных сетей

4.1.1. Плановое съемочное обоснование

Для определения плановых координат постоянных и временных центров съемочного обоснования на карьерах существует несколько способов, которые можно разделить на две группы. Первая - широко распространенные способы, применяемые практически для любых горнотехнических условий: аналитические сети (в виде цепочки треугольников триангуляции, трилатерации), теодолитные ходы, геодезические засечки, полярный способ. Вторая группа для специфических условий, применение которых ограничено рельефом местности, геометрическими разме-

рами и формой карьера: разбивка прямоугольной сетки и профильных линий, аналитическая пространственная фототриангуляция. В ряде случаев применяют комбинацию из нескольких способов.

Аналитические сети при использовании методов триангуляции, трилатерации представляют или цепочку треугольников (рис. 4.1 пункты: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), опирающихся на пункты маркшейдерской опорной сети 1 и 2, или построение центральных систем, геодезических четырехугольников, вставок в углы, в треугольники и других типовых фигур.

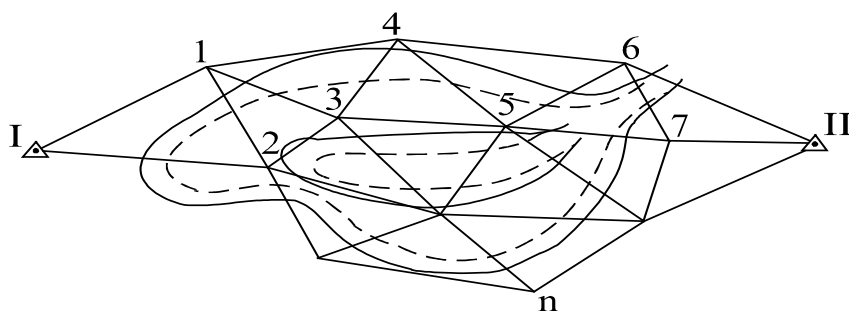


Рис. 4.1. Схема аналитической сети съемочного обоснования:
I, II – пункты опорных сетей; 1, 2, ..., n – пункты съемочного обоснования

Предельная длина цепочки треугольников между исходными пунктами не должна превышать 1,5; 3,6 и 6,0 км при съемке в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000 соответственно [3]. В цепочках треугольников допускается определять не более 7 пунктов, сторона треугольника принимается не более 1000 м.

Треугольники должны быть по возможности равносторонними с углами не менее 30° и не более 150° , длиной сторон от 150 до 1000 м.

Углы в треугольниках измеряются теодолитами Т30 двумя круговыми приемами, Т5 - одним круговым приемом. Допустимая угловая невязка в треугольниках $1'$. Длина базисной стороны измеряется с относительной ошибкой 1:40000. При трилатерационном способе построения длины сторон измеряют с относительной ошибкой 1:10000. Уравнивание результатов измерений допускается упрощенными способами.

В целях упрощения уравнивания рекомендуется производить измерение углов с повышенной точностью, используя высокоточные инструменты или увеличивая число приемов. В этом случае, вследствие незначительных по величине невязок, уравнивание можно свести к распределению их в каждом треугольнике поровну на каждый угол. Невязки в координатах, вычисленных по предварительно уравненным углам, распределяют пропорционально длинам сторон.

Решение аналитических сетей проводится по способам триангуляции и трилатерации, описанным в курсе геодезии.

Теодолитные ходы прокладывают от пунктов опорных сетей в виде замкнутых полигонов или между пунктами в виде разомкнутых ходов (рис. 4.2).

В необходимых случаях допускается определять положение одного пункта висячим ходом из одной стороны длиной не более 400 м. На исходных пунктах измеряют примычные углы на два направления опорной сети. Их сумма не должна отличаться от значения жесткого угла больше чем на 1'.

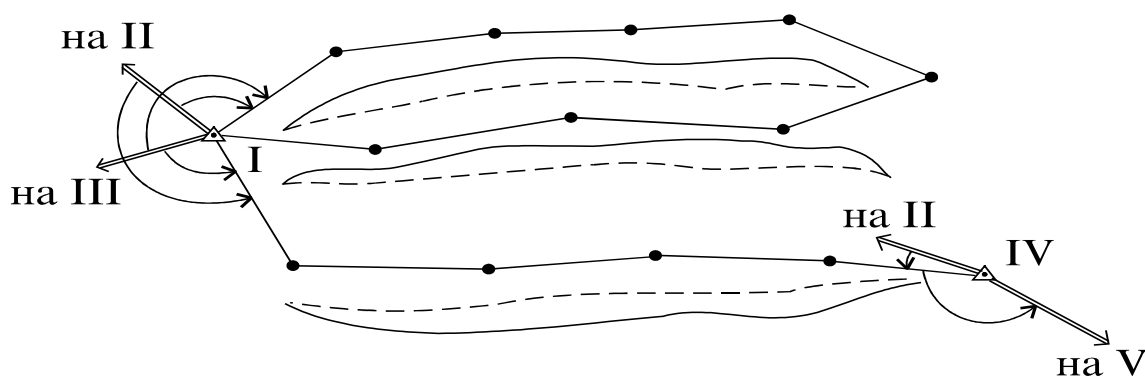


Рис. 4.2. Схема теодолитных ходов съемочного обоснования

Предельная угловая невязка теодолитного хода $45'' \sqrt{n}$, где n - число измеренных углов в ходе.

Длины сторон теодолитного хода выбираются, как правило, не менее 100 м и не более 400 м. Длина теодолитного хода в целом не должна быть более 1,8; 2,5 и 6,0 км при съемке в масштабе 1:1000; 1:2000; 1:5000 [2]. Стороны измеряются дважды с

относительной ошибкой 1:1500. Допустимая линейная невязка всего хода 1:3000.

При необходимости длины сторон теодолитного хода разрешается определять косвенно или аналитически.

Данный способ определения длин линий при прокладке теодолитного хода удобен, когда применение рулетки затруднительно, а порой и невозможно при наличии на участке механизмов, транспортных средств, навалов пород и т. п. Использование светодальномеров для решения частных задач не всегда рационально, или просто они отсутствуют.

Применение этого способа сводится к измерению только углов, что на практике не вызывает затруднений. Известны два варианта прокладки теодолитных ходов.

Первый вариант. Теодолитный ход прокладывается между сторонами опорной сети в виде разомкнутого полигона (рис. 4.3).

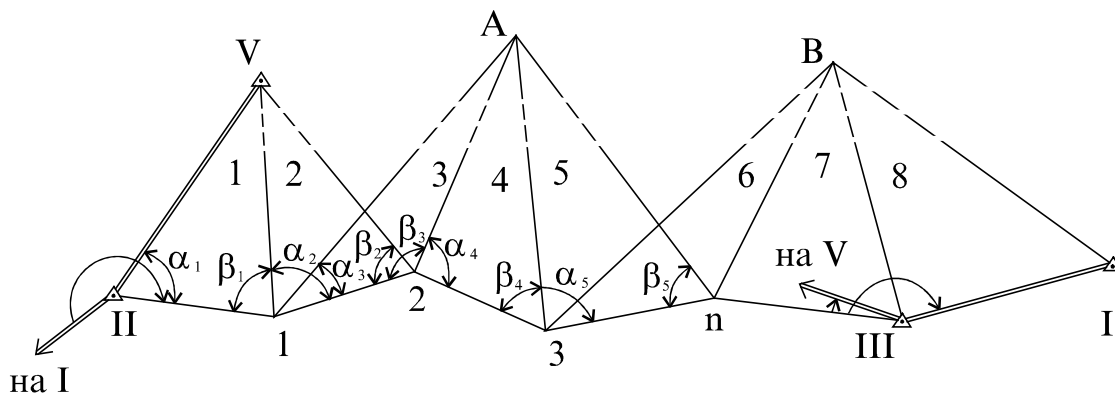


Рис. 4.3. Схема теодолитного хода с определением длин линий косвенным способом

На поверхности карьера (на нерабочем борту карьера) выбирают ориентиры (мачты ЛЭП, шпили труб и т. п.). В точках теодолитного хода начиная от пункта II до пункта III кроме измерения горизонтальных углов, необходимых для расчета дирекционных углов сторон, в каждом треугольнике измеряются углы ($\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, \dots$) на выбранные ориентиры (V, A, B).

Вычисление длин сторон теодолитного хода производится по формуле синусов. Для расчета стороны l_{II-1} первый треугольник выбирается с включением известной стороны l_{II-V} :

$$l_{\Pi-1} = l_{\Pi-V} \frac{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}{\sin \beta_1} .$$

Для вычисления второй стороны l_{1-2} определяют длину смежной стороны 1-го и 2-го треугольников:

$$l_{V-1} = l_{\Pi-V} \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} ;$$

$$l_{1-2} = l_{V-1} \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin \beta_2} \quad \text{и т. д.,}$$

переходя от одного треугольника к другому и заканчивая стороной $l_{\text{III-IV}}$. Поскольку значение этой стороны известно и длина ее вычислена аналитически, то представляется возможным определить линейную невязку и проконтролировать результаты измерений и вычислений.

Второй вариант. Измерение углов теодолитного хода может вестись по азимутальной схеме. В точке II установлен теодолит, на лимбе которого ставится отсчет, равный обратному дирекционному углу исходной стороны $\alpha_{\Pi-V}$. Визируем на точку 1, сделав отсчет, получим дирекционный угол $\alpha_{\Pi-1}$ при одном положении вертикального круга теодолита. Измерения повторяются при втором положении вертикального круга, получаем $\alpha_{1-\Pi}$ и при соответствующем допуске между полуприемами вычисляем среднее значение $\alpha_{\Pi-1}$.

Таким же образом определяют дирекционные углы всех сторон теодолитного хода, заканчивая измерения в пункте III, определив известный угол $\alpha_{\text{III-IV}}$ и вычислив угловую невязку:

$$f_{\beta} = \alpha_{\text{III-IV,изм}} - \alpha_{\text{III-IV,изв.}}$$

Одновременно с измерением основных углов теодолитного хода ведется по этой же схеме определение дирекционных углов α_{1-V} , α_{I-A} , α_{2-V} , α_{2-A} и т. д. По разности дирекционных углов в треугольниках определяют горизонтальные углы в треугольниках α_1 , β_1 , α_2 , β_2 , и т.д. между всеми направлениями и по формуле синусов вычисляют горизонтальные длины сторон.

Недостатком способа является большой объем вычислений, но они однотипны. Этот недостаток легко устраним при использовании вычислительной техники.

При прокладке ходов необходимо следить за тем, чтобы углы в треугольниках были не менее 30° и не более 150° .

Геодезические засечки - способ определения координат отдельных пунктов по необходимому числу измеренных угловых и линейных величин [4, 5, 6].

Основными элементами вычисления засечек является решение треугольника. В зависимости от методики измерений и вычислений геодезические засечки называются: прямая, обратная (задача Потенота), обратная по известным пунктам и вспомогательной точке (задача Ганзена), линейная.

Расчет координат определяемых пунктов ведется из двух треугольников в прямой засечке и из двух вариантов в обратной засечке. За окончательные координаты принимаются средние их значения. Допустимое расхождение из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съемки. Углы между линиями при определяемом пункте на исходные не должны быть менее 30° и более 150° .

Расстояния между исходными пунктами и определяемым не должны превышать 1, 2, 3 км соответственно для масштабов съемки 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Для решения прямой геодезической засечки необходимо в карьере на исходных пунктах A , B и C (рис. 4.4) измерить два угла - α_1 , β_1 в одном треугольнике и два угла α_2 , β_2 - во втором.

Сущность способа заключается в том, что для определения координат пункта P прямой засечкой достаточно решения одного треугольника по известной стороне AB (X_A , Y_A , X_B , Y_B - известны) и двум углам - α_1 , β_1 . Решение второго треугольника по известной стороне BC и двум углам - α_2 , β_2 необходимо для контроля.

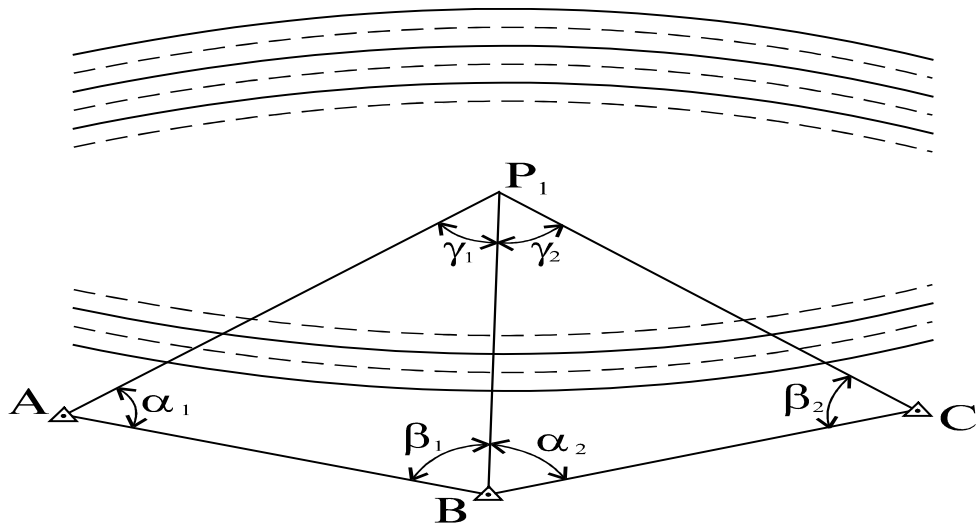


Рис. 4.4. Прямая геодезическая засечка

Для повышения точности вычисления координат пункта P дополнительно могут быть измерены углы γ_1 и γ_2 . В этом случае имеем

$$\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = f_\beta,$$

где f_β - угловая невязка треугольника, которая при равноточном измерении углов распределяется на все три угла с обратным знаком. Тогда средняя квадратическая погрешность угла уравненного треугольника

$$m_\alpha = m_\beta = m_\gamma = m_\beta \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,82 m_\beta.$$

Известны несколько способов решения прямой засечки. Наиболее распространенные из них два.

Первый способ решения прямой засечки по формулам тангенсов дирекционных углов. Исходные данные (см. рис. 4.4) X_A, Y_A, X_B, Y_B - координаты исходных точек; α_1, β_1 - измеренные углы. По известным координатам и измеренным углам определяются:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad \alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \alpha_1; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ;$$

$$\gamma_1 = 180^\circ - \alpha_1 + \beta_1 \text{ или } \gamma_1 = \alpha_{PA} - \alpha_{PB};$$

$$X_P = \frac{X_A \cdot t \cdot \alpha_A - X_B \cdot t \cdot \alpha_B + \dot{O}_B - \dot{O}_A}{t \cdot \alpha_A - t \cdot \alpha_B};$$

$$\dot{O}_P = \dot{O}_A + (\ddot{O}_O - \ddot{O}_A) \cdot t \cdot \alpha_A.$$

Контроль:

$$X_A = \frac{X_B \cdot t \cdot \alpha_B - X_P \cdot t \cdot \alpha_P + \dot{O}_O - \dot{O}_A}{t \cdot \alpha_A - t \cdot \alpha_P};$$

$$\dot{O}_A = \dot{O}_B + (\ddot{O}_A - \ddot{O}_B) \cdot t \cdot \alpha_B.$$

Аналогичное решение осуществляется по второму треугольнику.

Второй способ решения прямой засечки по формулам котангенсов измеренных углов (см. рис. 4.4).

$$X_P = \frac{X_A \cdot c \cdot \beta_1 t + X_B \cdot c \cdot \alpha_1 t + \dot{O}_A - \dot{O}_B}{-t \cdot \alpha_1 - t \cdot \beta_1};$$

$$Y_P = \frac{\dot{O}_A \cdot c \cdot \beta_1 t + \dot{O}_B \cdot c \cdot \alpha_1 t - \ddot{O}_A + \ddot{O}_B}{-t \cdot \alpha_1 + t \cdot \beta_1}.$$

Контроль:

$$X_A = \frac{X_B \cdot c \cdot \gamma_1 + X_P \cdot c \cdot \beta_1 + Y_P - Y_B}{-t \cdot \beta_1 - t \cdot \gamma_1};$$

$$Y_A = \frac{\dot{O}_B \cdot c \cdot \gamma_1 + \dot{O}_P \cdot c \cdot \beta_1 - \ddot{O}_P + \ddot{O}_B}{-t \cdot \beta_1 + t \cdot \gamma_1}.$$

Окончательный контроль при любом способе решения проводится сравнением координат точки P , полученных из двух треугольников. Допустимое расхождение, как было указано вы-

ше, из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съемки.

Азимутальная засечка как вариант решения прямой засечки в случае, если есть возможность с определяемого пункта P вычислить азимут (дирекционный угол) направлений на исходные точки (рис. 4.5)

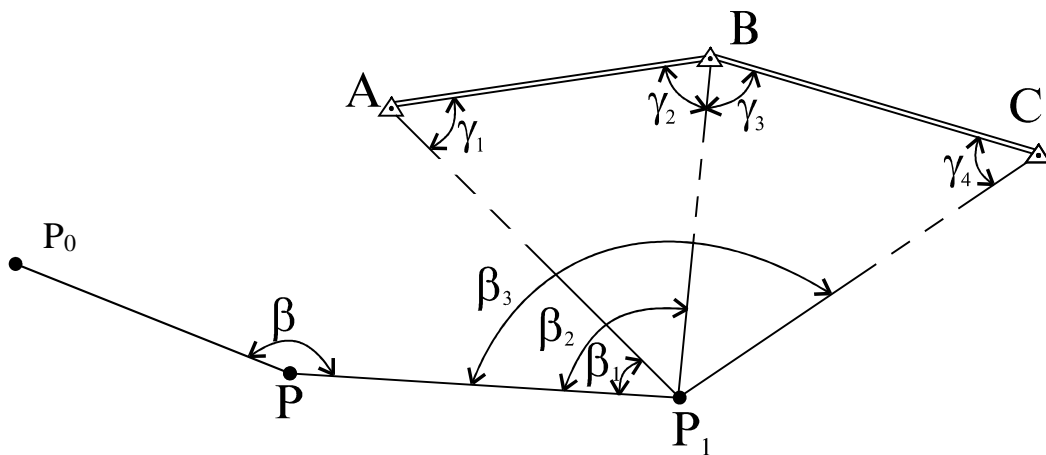


Рис. 4.5. Азимутальная засечка

С ранее определенного пункта съемочного обоснования P_1 передается дирекционный угол на направление P_1P , (α_{P_1P}) :

$$\alpha_{P_1P} = \alpha_{P_0P_1} + \beta - 1 \quad \text{§}$$

В пункте P_1 измеряются горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ на известные точки A, B, C и вычисляются дирекционные углы:

$$\alpha_{P_1A} = \alpha_{P_1P} + \beta_1 - 1 \quad \text{§};$$

$$\alpha_{P_1B} = \alpha_{P_1P} + \beta_2 - 1 \quad \text{§};$$

$$\alpha_{P_1C} = \alpha_{P_1P} + \beta_3 - 1 \quad \text{§}.$$

По разности дирекционных углов вычисляются:

$$\gamma_1 = \alpha_{AP} - \alpha_{AB};$$

$$\gamma_2 = \alpha_{BA} - \alpha_{BP};$$

$$\gamma_3 = \alpha_{BP} - \alpha_{BC};$$

$$\gamma_4 = \alpha_{CB} - \alpha_{CP}$$

Определение координат $X_P \dot{O}_P$ выполняют, решая прямую засечку из двух треугольников.

Измерение углов в точке P может быть выполнено и по азимутальной схеме, описанной выше.

Обратная засечка - способ определения координат пункта съемочного обоснования $\ddot{O}_P; \dot{O}_P$ по трем исходным пунктам (задача Потенота) (рис. 4.6).

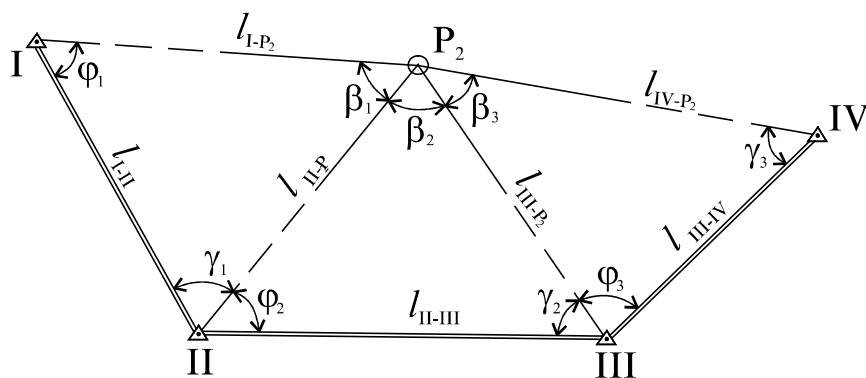


Рис. 4.6. Обратная геодезическая засечка

Обратная засечка значительно сокращает объем полевых работ по сравнению с прямой, т. к. измерение углов $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ проводится непосредственно в определяемом пункте P на исходные I, II, III, IV.

Расчет обратной засечки начинается с определения средней квадратической погрешности положения пункта P относительно исходных [3] с целью выбора наиболее выгодной формы треугольников. Для этого используют сводный план карьера в наиболее мелком масштабе, например 1:5000. На плане отмечают предполагаемое положение определяемого пункта P и проводят направления на исходные опорные пункты, видимые с определяемого.

Из всех возможных вариантов предполагаемых треугольников обратных засечек выбирают те, у которых сумма углов $\varphi + \gamma$ отличается от 0° или 180° не менее чем на 30° .

По каждому варианту засечки, включающему три исходных пункта (два треугольника), среднюю квадратическую по-

грешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле, м

$$M_{P2} = \frac{m_{\beta} \cdot l_{I-P}}{2 \cdot \sin(\frac{\varphi_1 + \gamma_2}{2})} \sqrt{\left(\frac{l_{I-P}}{l_{I-I}}\right)^2 + \left(\frac{l_{I-P}}{l_{I-I}}\right)^2},$$

где m_{β} - средняя квадратическая погрешность измерения углов β , ($m_{\beta} \leq 15$); l - длины соответствующих сторон, км.

Формула составлена для первого варианта из двух треугольников, включающих пункты I, II, III.

Значение углов φ_1, γ_2 берется с плана с точностью до 1° , длины сторон - до 0,1 км.

Вычисление координат пункта P проводится по двум вариантам засечек, имеющих M_P не более 0,3 мм на плане.

Для схемы, приведенной на рис. 4.6, может быть составлено четыре варианта засечек: 1-й - на пункты I, II, III, 2-й - на пункты II, III, IV, 3-й - на пункты I, II, IV, 4-й на пункты I, III, IV.

Решение обратной засечки может быть выполнено двумя вариантами. Ниже приводится пример для треугольников I P II и II P III.

Первый вариант:

$$\operatorname{tg} Q = \frac{(Y_{II} - Y_I) \operatorname{ctg} \beta_1 - (Y_{III} - Y_{II}) \operatorname{ctg} \beta_2 + X_I - X_{III}}{(X_{II} - X_I) \operatorname{ctg} \beta_1 - (X_{III} - X_{II}) \operatorname{ctg} \beta_2 - Y_I + Y_{III}};$$

$$N_1 = (Y_{II} - Y_I) (\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{tg} Q) - (X_{II} - X_I) (1 + \operatorname{ctg} \beta_1 \operatorname{tg} Q);$$

$$N_2 = (Y_{III} - Y_{II}) (\operatorname{ctg} \beta_2 + \operatorname{tg} Q) + (X_{III} - X_{II}) (1 - \operatorname{ctg} \beta_1 \operatorname{tg} Q);$$

$$N_1 = N_2 = N;$$

$$\Delta X_{II} = \frac{N}{1 + \operatorname{tg}^2 Q}; \quad X_P = X_{II} + \Delta X_{II};$$

$$\Delta Y_{II} = \Delta X_{II} \cdot \operatorname{tg} Q; \quad Y_P = Y_{II} + \Delta Y_{II};$$

$$(X_{II} - X_I) + (X_{III} - X_{II}) + (X_I - X_{III}) = 0;$$

$$(Y_{II} - Y_I) + (Y_{III} - Y_{II}) + (Y_I - Y_{III}) = 0.$$

Второй вариант:

$$\varepsilon_1 = 1 \quad \delta^\circ - \theta \frac{\beta_1 + \beta_2 + (\gamma_1 + \varphi_2)}{2}; \quad \eta = \operatorname{ar} c \left(\frac{l_{I-II} \operatorname{tg} \beta_1}{l_{I-I} \operatorname{tg} \beta_2} \right)$$

$$\varepsilon_2 = \operatorname{ar} c \left(\frac{\operatorname{tg} \beta_1 \operatorname{ctg} \beta_2}{\operatorname{tg} \beta_2} \right) \gamma_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2; \quad \varphi_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2;$$

$$l_{I-IP} = l_{I-II} \frac{\operatorname{tg} \beta_2}{\operatorname{tg} \beta_1} = l_{I-I} \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_2};$$

$$\alpha_{I-IP} = \alpha_{I-II} - \varphi_1 - \beta_1 \pm 1 \quad \delta^\circ; \quad \alpha_{I-IP} = \alpha_{I-II} + \gamma_2 + \beta_2 \pm 1 \quad \delta^\circ;$$

$$X_P = X_{II} + l_{I-IP} \operatorname{ctg} \alpha_{I-IP}; \quad O_P = O_{II} + l_{I-IP} \operatorname{tg} \alpha_{I-IP}.$$

Третий вариант (М.В. Пащенко):

$$K = \frac{l_{I-II} \operatorname{tg} \beta_1}{l_{I-I} \operatorname{tg} \beta_2};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{s (\alpha_{I-II} - \alpha_{I-I} - \beta_1) K \cdot s \beta_2 i}{K \cdot c \beta_2 \operatorname{ctg} (\alpha_{I-II} - \alpha_{I-I} - \beta_1)};$$

$$l_{P-I} = \frac{l_{I-II} \operatorname{tg} \beta_1 (\beta_2 \mp \gamma)}{s \beta_2 n};$$

$$\alpha_{I-IP} = \alpha_{I-II} + \varphi_2;$$

$$\Delta X = l_{P-I} \cos \alpha_{I-IP}; \quad X_P = X_{I-I} + \Delta X$$

$$\Delta Y = l_{P-I} \sin \alpha_{I-IP}; \quad Y_P = Y_{I-I} + \Delta Y$$

Значение угла $(\gamma_1 + \varphi_2)$ вычисляют по разности дирекционных углов известных сторон $\alpha_{II-III} + \alpha_{II-I}$, длины сторон l_{I-II} , l_{II-III} определяют, решив обратную геодезическую задачу.

Что касается аналитического обоснования решения прямой и обратной геодезических засечек, то существует несколько способов их решения. В качестве примера получим для прямой засечки формулы котангенсов.

Из рис. 4.7 имеем

$$\begin{aligned} X_P - X_A &= l_{AP} \cos \alpha_{AP} = l_{AP} \cos(\alpha_{AB} - \alpha) = \\ &= l_{AP} \cos \alpha_{AB} \cos \alpha + l_{AP} \sin \alpha_{AB} \sin \alpha, \\ \cos \alpha_{AB} &= \frac{X_B - X_A}{l_{AB}}; \quad \sin \alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{l_{AB}}. \end{aligned}$$

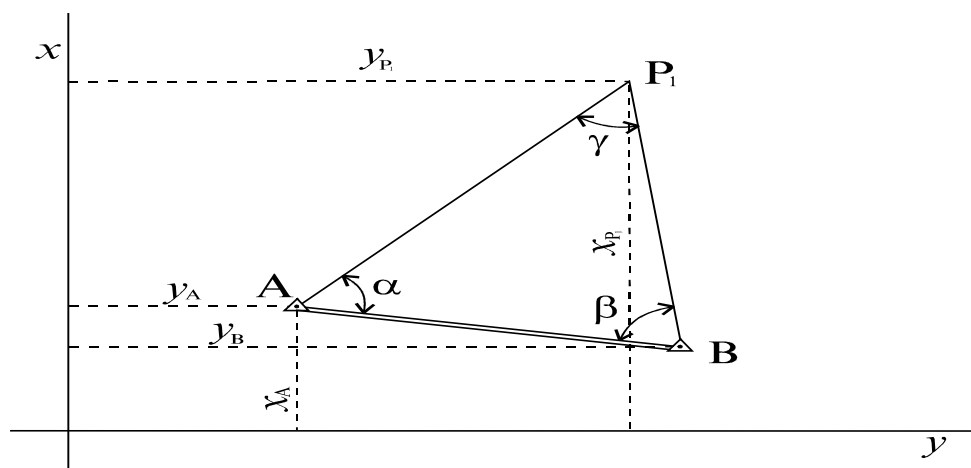


Рис. 4.7. Решение прямой геодезической засечки

Рис. 4.7. Решение прямой геодезической засечки

$$X_P - X_A = \frac{l_{A-P}}{l_{A-B}}(X_B - X_A) \cos \alpha + \frac{l_{A-P}}{l_{A-B}}(Y_B - Y_A) \sin \alpha =$$

$$= \frac{l_{A-P}}{l_{A-B}}((X_B - X_A) \cos \alpha + (Y_B - Y_A) \sin \alpha);$$

$$\frac{l_{A-P}}{l_{A-B}} = \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad \frac{l_{A-P}}{l_{A-B}} \sin \alpha = \frac{\sin \beta \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{1}{\cos \alpha + \cos \beta};$$

$$X_P - X_A = \frac{(X_B - X_A) \cos \alpha + (Y_B - Y_A) \sin \alpha}{\cos \alpha + \cos \beta}; \quad X_P = \frac{X_A \cos \beta + X_B \cos \alpha + Y_B - Y_A}{\cos \alpha + \cos \beta}.$$

Аналогично

$$Y_P - Y_A = \frac{(Y_B - Y_A) \cos \alpha - (X_B - X_A) \sin \alpha}{\cos \alpha + \cos \beta};$$

$$Y_P = \frac{Y_A \cos \beta + Y_B \cos \alpha - X_B + X_A}{\cos \alpha + \cos \beta}.$$

Решение обратной геодезической засечки состоит в определении четвертой точки по трем известным. При определяемой точке измеряются все направления, в том числе и замыкающее. Измеренные направления уравниваются.

Схемы обратной геодезической засечки не равнозначны. Наилучшим вариантом являются так называемые образцовые засечки с углами 120° , 60° , 45° при определяемом пункте и относительно равных расстояниях до исходных пунктов.

Точность определения координат пункта съемочного обоснования в этом случае зависит от точности измерения углов, расположения пунктов (формы треугольника) и расстояний от определяемого пункта до исходных. Обратная засечка не имеет решения, когда определяемый пункт лежит на одной окружности с тремя исходными пунктами.

Линейная засечка - способ определения координат пункта съемочного обоснования по известным координатам двух пунктов опорных сетей и измеренным расстояниям от исходных пунктов до определяемого (рис. 4.8).

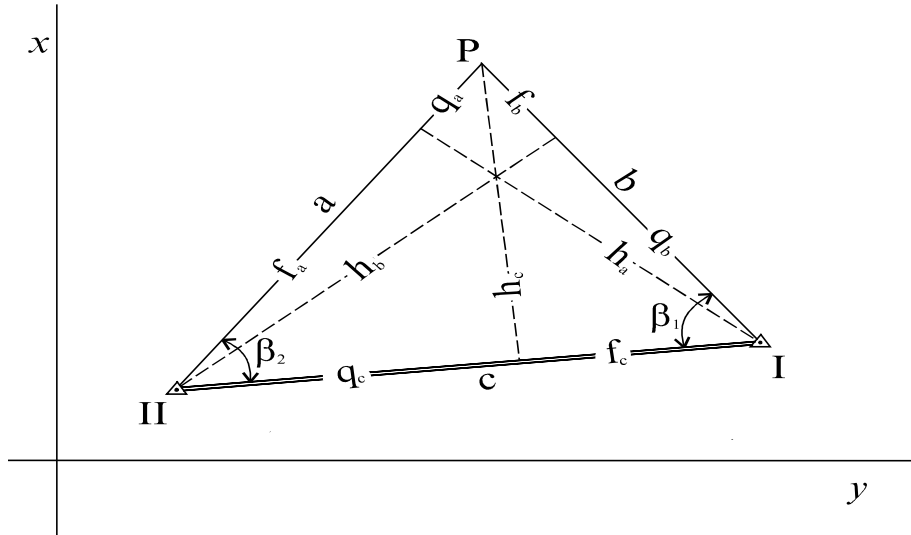


Рис. 4.8. Линейная засечка

Принятые обозначения: a, b – измеренные расстояния; c – известная (исходная) сторона треугольника; h – высота треугольника; f и q – проекции двух сторон треугольника на третью сторону; p – полусумма квадратов длин сторон

$$(p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2}).$$

Вычисление координат определяемого пункта может проводиться в двух вариантах.

Первый вариант: решают линейный треугольник, определяя углы: $\beta_{10} = \frac{p - a^2}{b^2}$; $\beta_{20} = \frac{p - b^2}{a^2}$; затем вычисляют координаты пункта P , решая прямую засечку.

Второй вариант: координаты пункта P вычисляют:

исходя из пункта I

$$\begin{aligned} X_P &= X_I + f_c \cos \alpha_{PI} - h_c \sin \alpha_{PI} \\ O_P &= O_I + f_c \sin \alpha_{PI} + h_c \cos \alpha_{PI}; \end{aligned}$$

исходя из пункта II

$$\begin{aligned}
X_P &= X_{II} - q_c \cos \alpha_{I-II} - h_c \sin \alpha_{I-II}; \\
Y_P &= Y_{II} - q_c \sin \alpha_{I-II} + h_c \cos \alpha_{I-II}; \\
f_c &= \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}; q_c = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2c} = c - f_c; \\
h_c &= \sqrt{b^2 - f_c^2} = \sqrt{a^2 - q_c^2}; \\
\sin \alpha_{I-II} &= \frac{Y_{II} - Y_I}{c}; \cos \alpha_{I-II} = \frac{X_{II} - X_I}{c}.
\end{aligned}$$

Высота треугольника h_c принимается с соответствующим знаком: знак плюс, если точка P расположена справа по отношению к линии I–II, и знак минус, - если слева.

Полярный способ определения координат пункта съемочного обоснования по измеренным горизонтальным углам (β_1, β_2), вертикальному углу δ_1 и расстоянию l_1 от исходного опорного пункта I до определяемого P_1 (рис. 4.9). Способ достаточно эффективный на карьерах со значительным удалением участков ведения горных работ от пунктов опорных сетей.

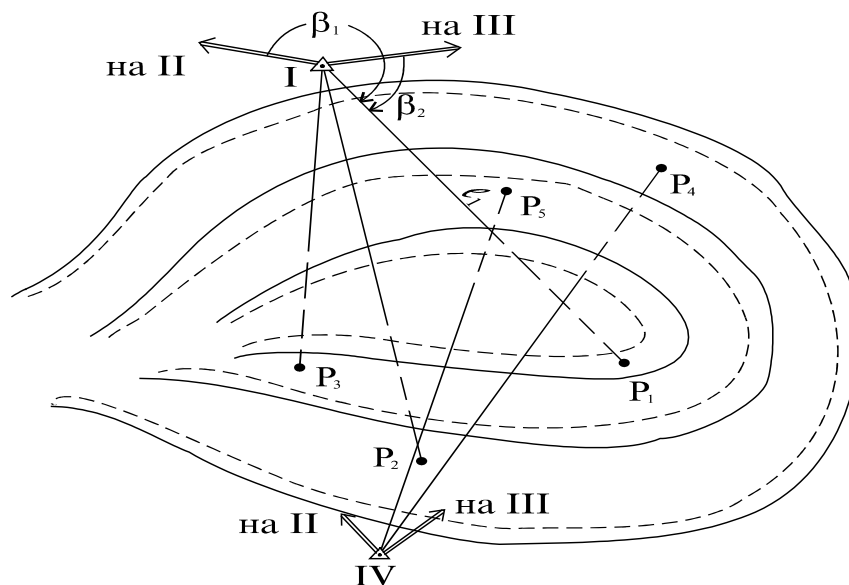


Рис. 4.9. Полярный способ определения координат

Для производства работ на нерабочих бортах карьера закладывается необходимое количество опорных пунктов, обеспечивающих видимость на все рабочие участки карьера.

Горизонтальные и вертикальные углы измеряются теодолитами класса Т1, Т2, наклонные расстояния - светодальномерами, соблюдая следующие требования [3]: расстояние до определяемого пункта не должно превышать 3 км, средняя квадратичная погрешность измеренного расстояния не более 0,1 м, горизонтальные углы измеряются круговыми приемами не менее чем от двух исходных направлений с расхождением в дирекционных углах от каждого направления на определяемый пункт не более 45".

Необходимо стремиться, чтобы длины исходных направлений превышали длины направлений до определяемых пунктов съемочного обоснования.

Координаты определяемого пункта вычисляют по формулам:

$$X_{P_1} = X_I + d_1 \cos \alpha_{I-P_1}, \quad O_{P_1} \approx O_I + d_1 \sin \alpha_{I-P_1},$$

где $d_1 = l_1 \cdot \cos \delta_1$; $\alpha_{I-P_1} = \alpha_I - \beta_1 - 1^\circ = \alpha_I - \beta_2 - 1^\circ$.

Погрешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле

$$M_{P_1} = \sqrt{\left(\frac{m_\alpha \cdot l}{\rho''}\right)^2 + m_l^2},$$

где m_α - погрешность определения дирекционного угла из двух направлений; m_l - погрешность измерения расстояния.

Прямоугольные (эксплуатационные) сетки как способ съемочного обоснования представляют собой условную систему прямоугольных координат. Съемочными пунктами являются точки пересечения сторон квадратов, закрепляемых постоянными и временными знаками по всей поверхности карьера (рис. 4.10).

Применение данного способа целесообразно в условиях относительно ровного рельефа поверхности карьерного поля, небольшой глубины карьера, но при значительных площадях разработки (как правило, при горизонтальном залегании пластовых месторождений).

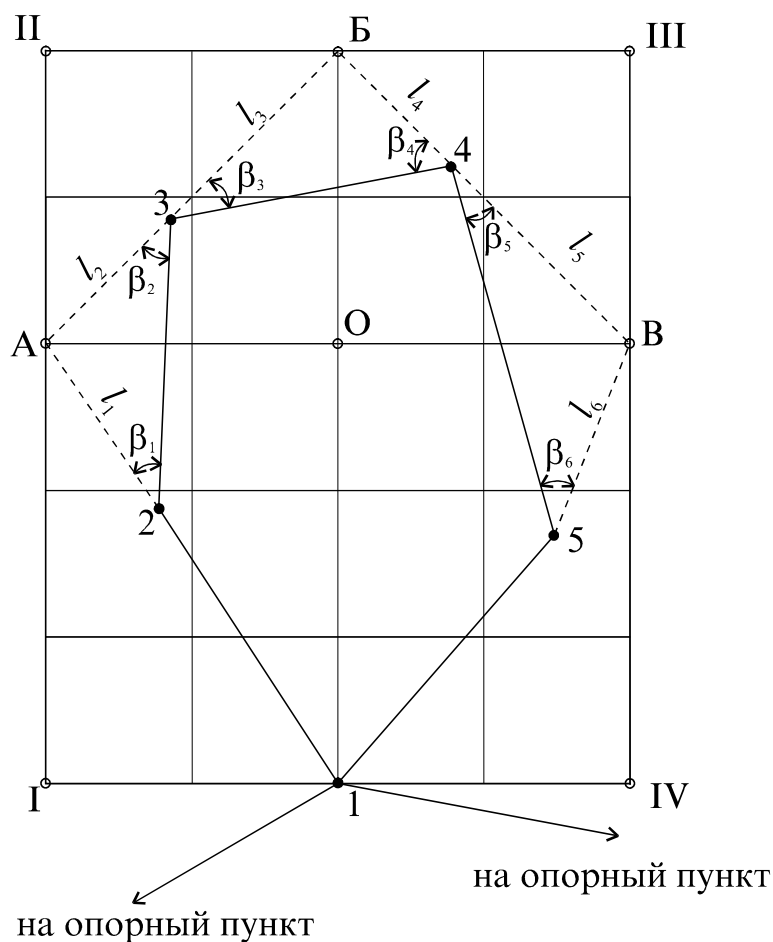


Рис. 4.10. Прямоугольные (эксплуатационные) сетки

Линии сетки ориентируют по направлению фронта горных работ (или совпадающими с направлениями сетки координат). На поверхности карьерного поля вершины основных прямоугольников сетки определяют от пунктов опорной сети и закрепляют постоянными знаками. Дальнейшее сгущение сетки до прямоугольников с проектными размерами сторон проводят методом створов. Максимальная длина визирного луча не должна превышать 800 м. Прямоугольность разбивки проверяют контрольным провешиванием диагоналей. Длины сторон отдельных квадратов принимают от 50 до 200 м в зависимости от масштаба съемки и скорости подвигания горных работ.

Для разбивки сетки на местности, на топографическом плане составляется ее проект расположения и привязки к пунктам опорной сети. В пределах проектного контура карьера проходят теодолитный ход, включая одну из вершин квадрата. Теодолитный ход наносится на топографический план, и с плана

определяются разбивочные элементы $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6, l_1, l_2, \dots, l_6$ основных вершин сетки A, B, B .

Аналитическая фототриангуляция как способ создания съемочного обоснования используется в случаях применения фотограмметрической съемки на карьере. Координаты и высоты пунктов съемочной сети вычисляются на ЭВМ по специальным программам, предусматривающим уравнивание и оценку точности положения пунктов. Погрешности координат определяемых пунктов не должны превышать основных требований, предъявляемых к съемочным сетям [3]. Масштаб снимков, высоту фотографирования, местоположение и количество опорных пунктов на снимке определяют также с учетом выполнения основных требований по точности определения пунктов съемочного обоснования. Методика выполнения полевых работ и вычислений изучается в курсе фотограмметрии.

При применении на карьере наземной стереофотограмметрической съемки положение съемочных пунктов может быть определено графическим способом - решением фотограмметрической прямой засечки непосредственно на плане. Для этого используют стереопары фотоснимков, снятые с двух или трех базисов фотографирования (рис. 4.11). Базисы B_1, B_2, B_3 выбираются таким образом, чтобы соответствующие направления от левых концов каждого из них (H_1, H_2, H_3) на определяемые пункты пересекались под углом от 30 до 120° .

В качестве определяемых пунктов P_1, P_2, P_3 могут быть использованы любые неподвижные, хорошо видимые на снимках предметы или специально установленные в нужных местах сигналы.

На стереоавтограф устанавливают поочередно стереопару каждого базиса. Каждую из них ориентируют обычным порядком, вводят базис фотографирования, устанавливают высотную отметку станции (левого конца базиса) и ориентируют планшет. Ориентирование планшета может проводиться по 2-3 точкам, по одной удаленной точке с известными координатами, по известному направлению или дирекционному углу нормальной оптической оси фотокамеры.

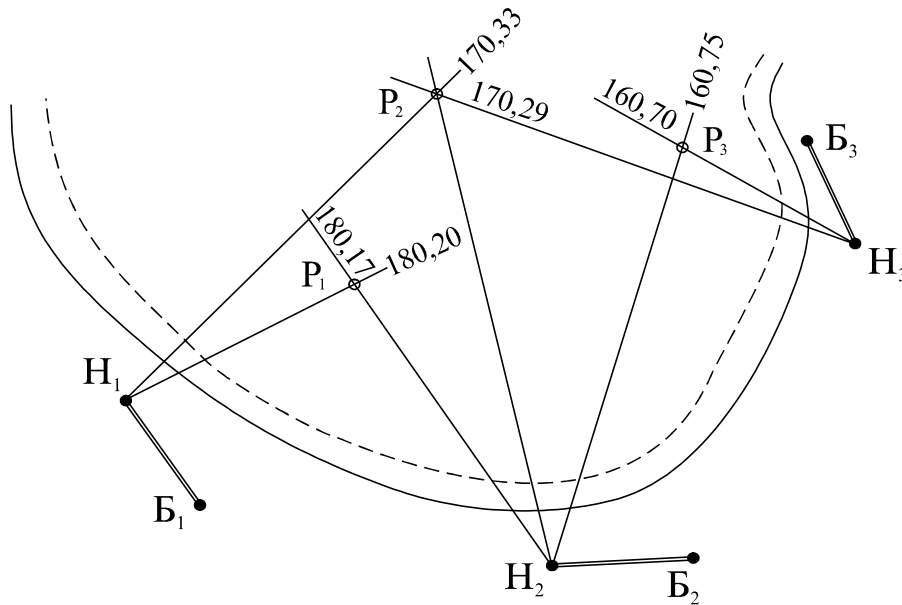


Рис. 4.11. Схема прямой фотограмметрической засечки

Затем с каждого базиса, наводя марку бинокля стереоавтографа на определяемые пункты (сигналы), на планшете карандашом координатографа прочерчивают направления на соответствующие пункты, записывают их высотные отметки, снятые со счетчика высот прибора. Точки пересечения, полученные по соответствующим направлениям из двух или трех базисов на плане, определяют координаты и высотные отметки новых пунктов.

4.1.2. Высотное съёмочное обоснование

Высотное обоснование маркшейдерских съёмок в карьере создается одновременно с плановым. Исходными пунктами по определению высотных отметок пунктов съёмочного обоснования являются пункты опорных высотных сетей III, IV классов.

Высотные отметки пунктов съёмочного обоснования в карьере определяются геометрическим нивелированием IV класса, техническим нивелированием или тригонометрическим способом.

Для технического нивелирования применяются нивелиры класса точности Н10 и выше. Нивелирные ходы прокладываются между исходными пунктами в одном направлении, висячие ходы - от исходного пункта в прямом и обратном направлениях. Расстояния до реек на связующих точках по возможности должны

быть равными и не превышать 150 м. Допустимая разность в превышениях, определенных при двух горизонтах инструмента или по черной и красной сторонам рейки - 5 мм. Предельная высотная невязка хода $f_h \leq 5 \sqrt{L}$, мм или $10\sqrt{n}$, мм при числе станций более 25 на 1 км хода, где L - длина хода в км, n - число станций в ходе [3].

Производство тригонометрического нивелирования включает измерение вертикального угла δ , наклонного расстояния l , высоты инструмента i , высоты сигнала v (рис. 4.12).

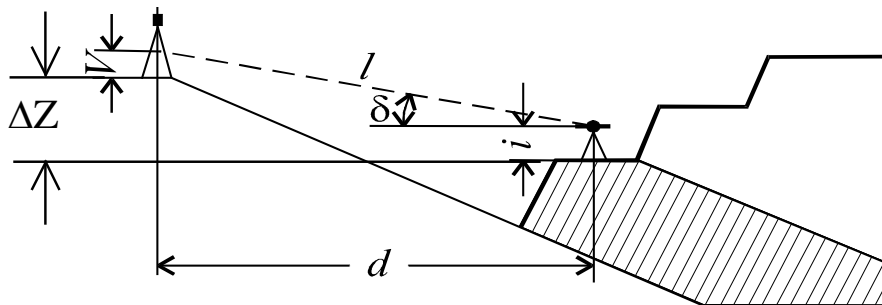


Рис. 4.12. Тригонометрическое нивелирование в карьере

Превышение определяется по формуле

$$\Delta Z = d \tan \delta + i - v = l \sin \delta + i - v,$$

где d - горизонтальное, l - наклонное расстояния между пунктами, м.

$$f = k + r,$$

где $k = \frac{d^2}{2R}$ - поправка за кривизну Земли; $r = -k \frac{d^2}{2R}$ - поправка за рефракцию; $R = 6370$ км - средний радиус Земли; r - коэффициент вертикальной рефракции.

По результатам исследований известно, что в течение дня коэффициент рефракции изменяется от -0,22 перед восходом и до -0,10 перед заходом Солнца. Для сравнительно коротких расстояний (до 3 км) среднее значение $k_{\text{ср}} = -0,16$. Тогда суммарная по-

правка за кривизну Земли и рефракцию

$$f = k + r = \frac{d^2}{2R} - 0,1 \frac{d^2}{2R} \mp 0,4 \frac{d^2}{R}.$$

В табл. 4.1 приведены суммарные поправки f для различных расстояний.

Таблица 4.1

Суммарные поправки f

| $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ | $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ | $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 100 | 0,001 | 1100 | 0,080 | 2100 | 0,291 |
| 200 | 0,003 | 1200 | 0,095 | 2200 | 0,319 |
| 300 | 0,006 | 1300 | 0,111 | 2300 | 0,349 |
| 400 | 0,010 | 1400 | 0,129 | 2400 | 0,380 |
| 500 | 0,016 | 1500 | 0,148 | 2500 | 0,412 |
| 600 | 0,024 | 1600 | 0,169 | 2600 | 0,446 |
| 700 | 0,039 | 1700 | 0,191 | 2700 | 0,480 |
| 800 | 0,042 | 1800 | 0,214 | 2800 | 0,517 |
| 900 | 0,053 | 1900 | 0,238 | 2900 | 0,554 |
| 1000 | 0,066 | 2000 | 0,264 | 3000 | 0,594 |

Рабочая формула для вычисления превышения с учетом поправки f примет вид:

$$\Delta = dt \delta + 0,4 \frac{d^2}{R} + i \pm v = l s \delta + 0,4 \frac{d^2}{R} + i \pm v.$$

Вертикальные углы измеряются теодолитом класса точности Т30 двумя приемами, Т15 и выше - одним приемом. Высота инструмента и сигнала определяется рулеткой с округлением до миллиметров, длины - светодальномером. Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты опорных сетей не ниже IV класса общей протяженностью не более 2,5 км.

Превышение для каждой стороны определяется дважды в прямом и обратном направлениях. Допустимое расхождение в превышениях $0,04l$, см, всего хода - $0,004 L/\sqrt{n}$, где l - наклонная длина стороны, м; L - длина хода, м; n - число сторон.

4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разре-

4.2.1. Основные положения спутниковой геодезии

Появление искусственных спутников Земли произвело переворот в методах геодезии и значительно повысило точность навигации и определения положения точек и объектов на поверхности Земли.

С созданием радиолокационных станций стало возможным измерять параметры движения и относительное местоположение спутника по отражённому от его поверхности лучу радиолокатора. Появилась возможность измерения параметров движения спутника по излучаемому сигналу. В 1957 году в СССР группа учёных под руководством В.А. Котельникова экспериментально подтвердила возможность определения параметров движения искусственного спутника Земли (ИСЗ) по результатам измерений доплеровского сдвига частоты сигнала, излучаемого этим спутником. При этом была установлена возможность решения обратной задачи – нахождения координат приёмника по измеренному доплеровскому сдвигу сигнала, излучаемого с ИСЗ, если параметры движения и координаты этого спутника известны.

Эффект Доплера заключается в том, что при относительном перемещении приёмника или передатчика частота принимаемого сигнала изменяется [7]:

$$f_D = f(1 \pm v_b / c) \sqrt{1 - \frac{v_b^2}{c^2}},$$

где v_b - относительная скорость перемещения; c - средняя скорость электромагнитных волн.

При измерении разностей расстояний на основе эффекта Доплера по разностной частоте определяется относительная скорость v_b , которая интегрируется по времени, в результате находят пройденный путь.

Появление атомных часов в 1960 году позволило создать для целей навигации сеть точно синхронизированных передатчиков, передающих кодированные сигналы. Координаты приёмника определялись по временным задержкам сигнала.

В 1964 году в США началось исследование возможностей использования для целей местоопределения широкополосных сигналов, модулированных псевдослучайными шумовыми кодами, что на основе корреляционного разделения таких сигналов давало возможность использования несколькими передатчиками одной несущей частоты.

Основной принцип спутниковой геодезии – это использование трилатерации, т. е. измеряются расстояния до спутников, являющихся точками отсчёта для вычисления координат на Земле. Для определения местоположения на земной поверхности измеряют расстояние между наземным пунктом и спутником, а также скорость изменения этого расстояния при прохождении спутника. Расстояния рассчитывают, исходя из времени, которое затрачивает электромагнитный сигнал (лазерная вспышка или радиоимпульс) на прохождение пути от спутника до принимаемой станции при условии, что скорость распространения сигнала известна. Скорость изменения расстояния между спутником и принимающей станцией определяется по величине наблюдаемого доплеровского сдвига частоты – изменения частоты сигнала, поступающего со спутника. Вводятся поправки за атмосферную задержку сигнала и рефракцию [7].

В настоящее время наиболее прогрессивными средствами навигационно-геодезического обеспечения являются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) среднеорбитального типа ГЛОНАСС (Россия) и GPS NAVSTAR (США). Основные сравнительные характеристики ГЛОНАСС и GPS приведены в табл. 4.2 [8].

В дополнение к ГНСС ГЛОНАСС (Россия) и GPS NAVSTAR (США) Европейский Союз с 1999 г. приступил к разработке спутниковой радионавигационной системы Galileo (ЕС). Опытное использование системы Galileo было начато в 2005 г. запуском космического аппарата GIOVE-A (Galileo In-Orbit Validation Element). Проектное число спутников составляет 30 (из них 3 в резерве), расположенных на высоте 23200 км в трёх орбитальных плоскостях, наклонённых на 56° к плоскости экватора. С учётом спутников ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR в распоряжении пользователей будет 80 космических аппаратов, опоясыва-

ющих весь земной шар [10].

Таблица 4.2

Основные технические характеристики глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR

| ПАРАМЕТРЫ | ГЛОНАСС | GPS |
|---|---|-------------------------------------|
| Проектное/фактическое число спутников | 24/20* | 24/31* |
| Число орбитальных плоскостей | 3 | 6 |
| Высота орбит относительно центра масс, км | 25 500 | 26 600 |
| Способ разделения сигналов | частотный | кодовый |
| Несущая частота
L1, МГц
L2, МГц | 1602,6-1615,5
1246,4-1256,5 | 1575,4
1227,6 |
| Система пространственных координат | ПЗ-90 | WGS-84 |
| Тип эфемерид | Геоцентрические координаты и их производные | Модифицированные Кеплеровы элементы |
| Период вращения вокруг Земли, час | 12 | 12 |

Примечание. * - Состав группировки космических навигационных спутников на 1.03.2009 г. по данным Федерального космического агентства «Информационно-аналитический центр» [14].

В соответствии с действующими правилами по терминологии в области спутниковых технологий геодезических работ РТМ 68 - 14 – 01 [11] глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) - система, состоящая из созвездия навигационных спутников, службы контроля и управления и аппаратуры пользователей, позволяющая определять местоположение (координаты) антенны приемника потребителя.

Созвездие спутников – совокупность, расположенных в пространстве всех спутников входящих в ГНСС, которые излучают радиосигналы, содержащие навигационную информацию,

приём которой необходим для определения местоположения приемника потребителя. Часть ГНСС, состоящая из созвездия навигационных спутников является *космическим сегментом*.

Орбитальные группировки ГЛОНАСС и GPS NAVSTAR состоят из спутников, которые вращаются вокруг Земли по практически круговым орбитам. Спутники в GPS NAVSTAR расположены в шести, а в ГЛОНАСС – в трёх плоскостях развёрнутых соответственно через 60° и через 120° по долготе восходящего узла (рис. 4.13).

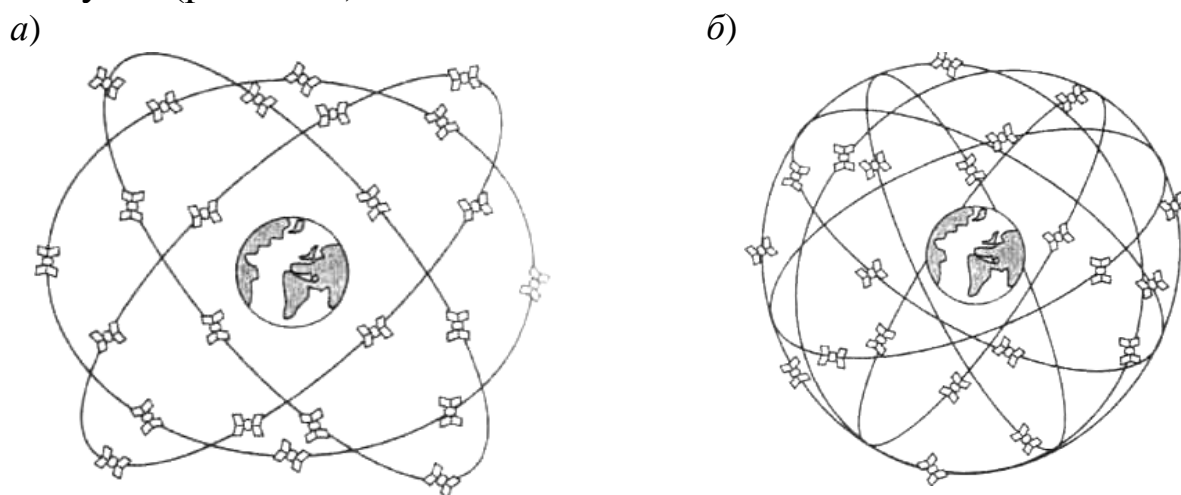


Рис. 4.13. Созвездия искусственных спутников:
а) ГЛОНАСС; б) NAVSTAR GPS

Если все спутники системы перевести в одну плоскость, то они расположатся равномерно через 15° [10]. Такое количество спутников и их расположение обеспечивают одновременный прием сигналов как минимум от четырех спутников в любой точке Земли в любое время. На каждом спутнике GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС установлены солнечные батареи питания, приемно-передающая аппаратура, эталоны частоты и времени, бортовые компьютеры и уголкового отражатели для лазерной дальнометрии.

Внешний вид навигационных спутников показан на рис. 4.14 [12].

а

б

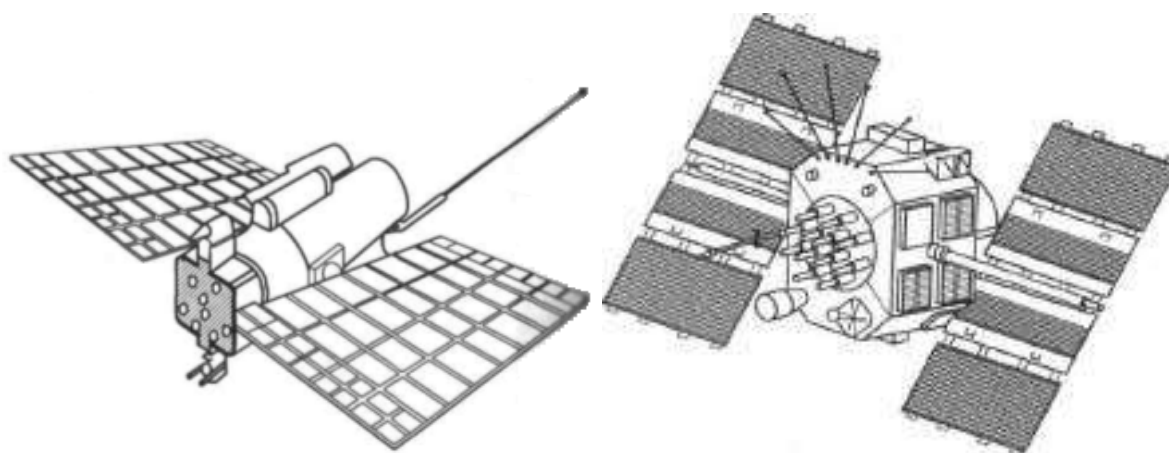


Рис. 4.14. Навигационный спутник
 а) ГЛОНАСС; б) NAVSTAR GPS

Питание всех подсистем производится от солнечных батарей, ширина которых в раскрытом виде составляет 7,23 метра. Служебные системы и специальная аппаратура спутника расположены в цилиндрическом гермоконтейнере диаметром 1,35 метра. Если рассматривать навигационный спутник в положении штатной ориентации, то в нижней части находится платформа с антенно-фидерными устройствами и уголковыми отражателями, а в верхней – топливные баки и штанга магнитометра [13].

Навигационный спутник снабжен кварцевым стандартом частоты, двумя цезиевыми и двумя рубидиевыми стандартами частоты, которые поддерживают стабильность часов спутника в пределах $1 \cdot 10^{-12} \dots 1 \cdot 10^{-13}$. Цезиевые и рубидиевые стандарты частоты координируют и управляют основной частотой – кварцевым стандартом частоты, генерирующим 10,23 МГц. Из основной частоты формируют две частоты *L*-диапазона, МГц [6]:

$$L_1 = 10,23 \cdot 154 = 1575,42 \text{ (длина волны 19,05 см);}$$

$$L_2 = 10,23 \cdot 120 = 1227,60 \text{ (длина волны 24,45 см).}$$

Эти две частоты (называемые несущими) через модуляторы поступают на антенну и передают на Землю информацию. Для измерения расстояний формируют специальные дальномерные коды, представляющие собой псевдослучайные чередования нулей и единиц. Такие коды вырабатывают на спутниках и в приёмнике пользователя. Со спутника их передают на Землю. Для переноса на Землю их встраивают в колебания высокой частоты,

излучаемые космическим аппаратом и называемые несущими. Информация накладывается на несущую частоту методом импульсно-фазовой модуляции [10]. *Модуляция сигнала* – это изменение какого-либо параметра электрического сигнала (при амплитудной модуляции изменяется амплитуда сигнала, а при частотной – частота сигнала). При импульсно-фазовой модуляции фаза сигнала изменяется скачком на 180° (рис. 4.15).

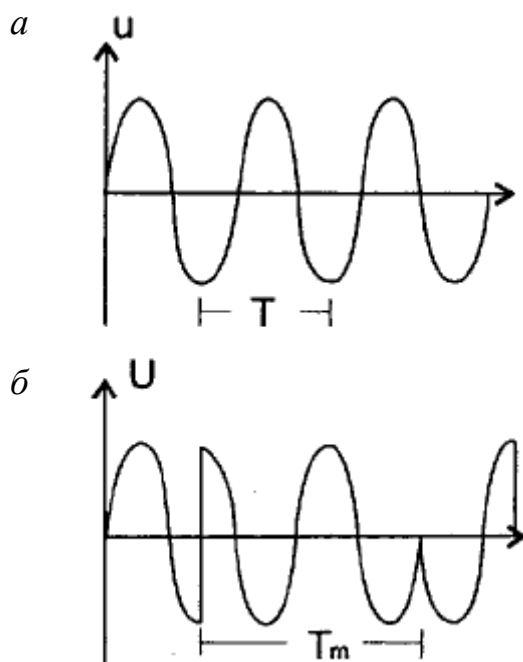


Рис. 4.15. Импульсно-фазовая модуляция:

а – несущий сигнал с периодом колебаний T (сигнал до модуляции);
б – модулированный сигнал, T_m промежуток времени между смежными пребросами фазы на 180° (сигнал после модуляции).

На частотах L_1 и L_2 передаются навигационные сигналы (коды), а также другая навигационная и системная информация посредством предварительного её преобразования в двоичный код и в моменты смены в кодах 0 на 1 или 1 на 0 фаза несущего колебания перебрасывается на 180° .

В системе NAVSTAR GPS все спутники излучают на двух одинаковых частотах L - диапазона (L_1 и L_2), но каждый спутник излучает свой личный код (индивидуальная последовательность переключения фазы на 180°), по которому ведется распознавание спутников.

В российской системе ГЛОНАСС спутник излучает на своей частоте, а код общий для всех спутников. Российские спутни-

ки передают информацию на двух частотах:

$$L_1=f_{01}+k\Delta f_1; \quad L_2=f_{02}+k\Delta f_2,$$

где $f_{01} = 1602$ МГц; $f_{02} = 1246$ МГц; k – номер спутника ($k = 0, 1, 2, \dots$); $\Delta f_1 = 0,4375$ МГц; $\Delta f_2 = 0,5625$ МГц.

Отношение частот L_1 и L_2 равно $9/7$.

В системе NAVSTAR GPS частота L_1 (1575.42 MHz) модулируется двумя видами кодов [7]: C/A кодом (кодом свободного доступа) и P - кодом (кодом санкционированного доступа). Частота L_2 (1227.60 MHz) модулируется только P-кодом. В российской системе ГЛОНАСС аналогичные коды получили название узкополосной (СТ - код) и широкополосной (ВТ - код) псевдослучайной последовательности. Кроме того, обе несущие частоты дополнительно кодируются специальным навигационным сообщением. Схема модуляции спутникового радиосигнала представлена на рис. 4.16.

В настоящее время производится модернизация системы GPS, в результате проведения которой гражданские пользователи смогут принимать дополнительные сигналы: C/A код на частоте L_2 и новый сигнал на частоте L_5 , что улучшит работу пользователей в приложениях, связанных с высокоточными измерениями на длинных и коротких базовых линиях – таких как обеспечение точного захода самолетов на посадку и автоматическое приземление, картографирование, геодезические и геофизические измерения и многих других.

Согласно календарному плану выполнения работ по модернизации системы NAVSTAR GPS ожидается трансляция сигнала L_5 с 18 спутников ориентировочно в 2012 году. Средства передачи третьего гражданского сигнала на частоте 1176.45 МГц (L_5) будут установлены на первом спутнике серии Block IIF, производства фирмы Боинг (Boeing), так же как и для передачи C/A-кода на частоте L_2 и M-кода на частотах L_1 и L_2 , как показано на рис. 4.17 [14].

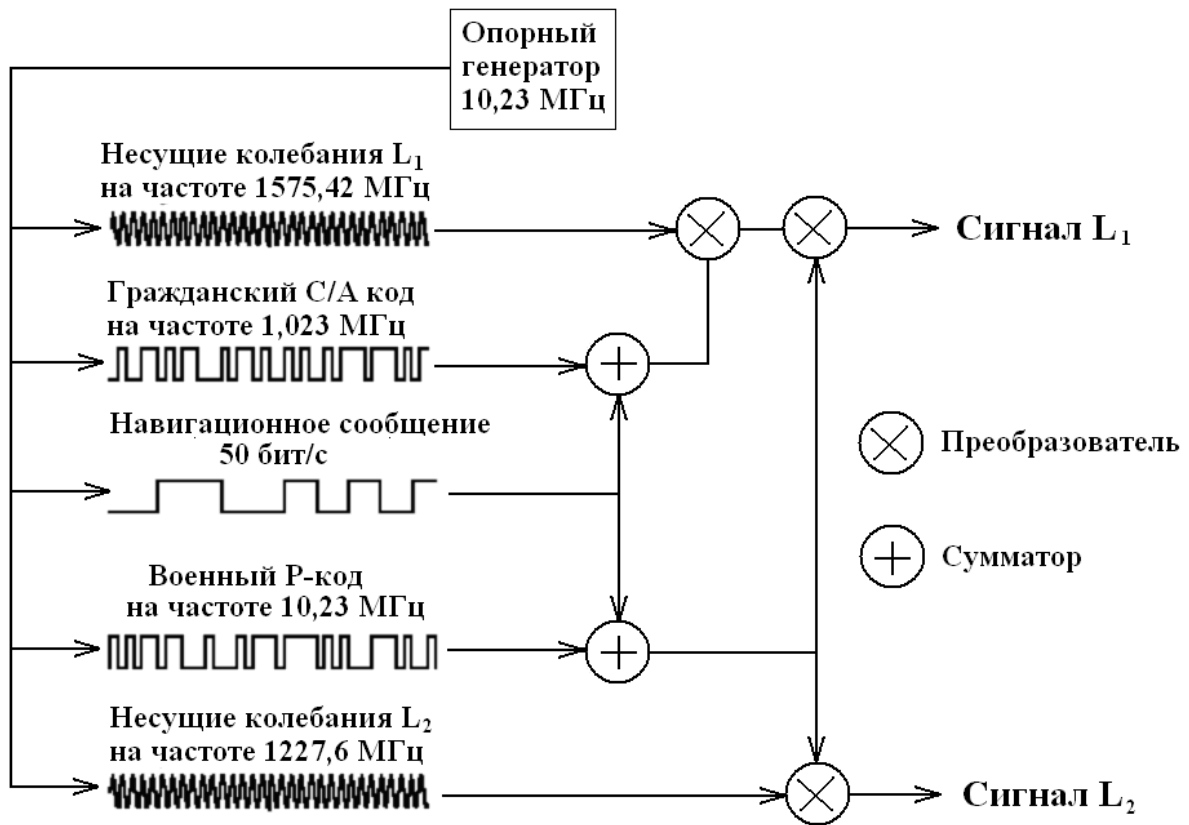


Рис. 4.16. Схема модуляции спутникового радиосигнала в системе NAVSTAR GPS

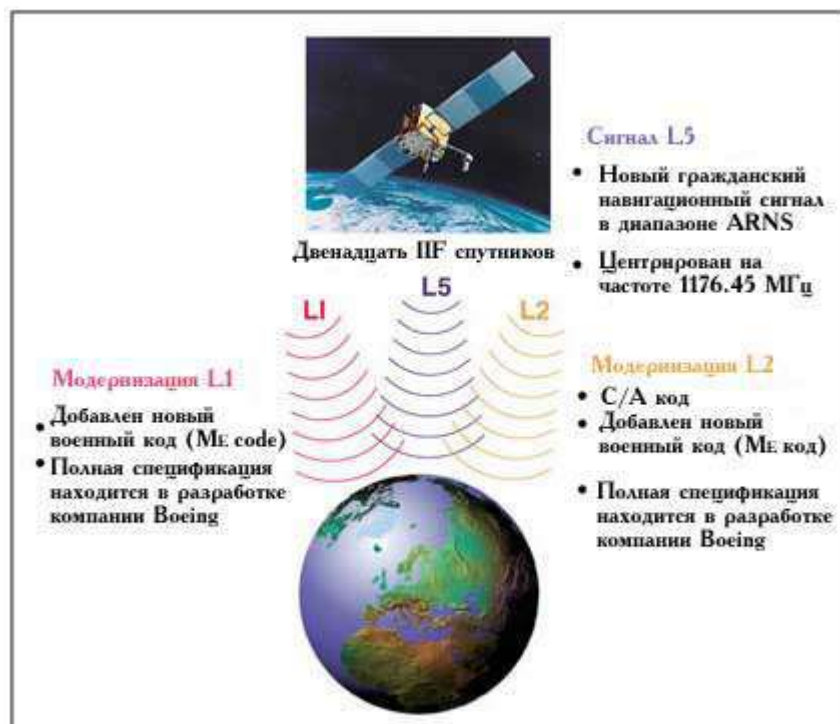


Рис. 4.17. Модернизация системы NAVSTAR GPS

Всего на частотах $L1$ и $L2$ передаются три вида кодовых данных:

Гражданский P код это псевдослучайный радиосум (PRN), который передается на частоте 1,023 МГц. Этот код повторяется каждую миллисекунду. Уравнения для раскодирования C/A кода известны и общедоступны, поэтому C/A код доступен для гражданского применения. Этот код используется большинством гражданских приемников для целей навигации, геодезии и картографии. Гражданский C/A код модулируется на частоте $L1$.

Военный P - код это второй псевдослучайный радиосум (PRN), который модулируется в GPS сигнал и передается на частоте 10.23 МГц. Этот сигнал повторяется каждые 267 дней. Этот циклический период делится на 38 семидневных сегментов. Шесть из них зарезервированы для целей управления и не используются. Оставшиеся семидневные сегменты присвоены различным спутникам, поэтому каждый спутник имеет уникальный код, ассоциированный только с ним. Так как P - код одновременно передается на частотах $L1$ и $L2$, то этим частично компенсируется ошибка задержки радиосигнала в ионосфере, поэтому точность определения координат с использованием P - кода на порядок выше. До недавнего времени уравнения для декодирования P - кода были засекречены, однако в результате утечки секретной информации уравнения для расшифровки P-кода стали доступны широкому кругу специалистов. В связи с этим американское оборонное ведомство приняло меры дополнительной защиты P - кода: в любой момент времени без предупреждения может быть включен режим AS (Anti Spoofing). При этом выполняется дополнительное кодирование P - кода, и он превращается в Y - код. Расшифровка Y - кода возможна только аппаратно, с использованием специальной микросхемы (криптографического ключа).

Спутниковое навигационное сообщение это особый низкочастотный радиосигнал, который передается 50 раз в секунду. Навигационное сообщение содержит описание GPS спутниковых орбит, коэффициенты коррекции бортовых часов спутников, информацию о параметрах атмосферы и другие системные параметры. Эти декодированные данные также называют эфемеридами спутников. Эфемериды используются при планировании работ с применением GPS оборудования и для определения про-

странственных координат. Спутниковое навигационное сообщение передается на частотах $L1$ и $L2$.

Созвездия ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS полного состава обеспечат непрерывную глобальную навигацию военных и гражданских потребителей за счёт использования двух типов сигналов: стандартной точности для гражданских потребителей и высокой точности для военных потребителей.

Сегмент наземного контроля и управления – часть Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), состоящая из расположенной на земле сети станций слежения за спутниками, равномерно размещенных по территории страны, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станцией загрузки данных на борт спутников. С пунктов слежения дважды в сутки лазерным дальномером измеряются расстояния до каждого из спутников. Собранную информацию о положении спутников на орбитах (эфемеридах) передают на бортовой компьютер каждого спутника. Наземные передающие антенны расположены так, что каждый спутник ежедневно имеет, по крайней мере, три сеанса связи с системой слежения. Схема обновления бортовых эфемерид спутников приведена на рис. 4.18.



Рис. 4.18. Измерение, прогнозирование и обновление эфемерид спутника

Спутники непрерывно излучают для пользователей измерительные радиосигналы, данные о системном времени, свои ко-

ординаты и другие сведения. Расположение мониторинговых станций приведено на рисунках 4.19 и 4.20 [15].

Сегмент пользователя – часть ГНСС, состоящая из аппаратуры пользователей [16]: большого числа гражданских и военных GPS - приемников, в которых полученный со спутников сигнал декодируется, из него выделяются кодовые последовательности, а также служебная информация. Полученный со спутников код сравнивается с внутренним кодом приемника, по этим данным определяется задержка прохождения радиосигнала и расстояния от спутников до приемника.



Рис. 4.19. Размещение станций контроля и управления системой NAVSTAR GPS:

• — станции слежения; ■ — главные станции контроля; ▲ — наземные антенны

Координаты приёмника пользователя в системе определяются посредством их расчёта по псевдодальностям до спутника. Псевдодальности рассчитываются по временным задержкам T_i сигнала по трассе « i -ый спутник – приёмник» и известной скорости распространения радиоволн c без учёта поправки за расхождение часов спутника и приемника [17]:

$$D_i = c T_i.$$



Рис. 4.20. Размещение станций контроля и управления системы ГЛОНАСС:
 ЦУС – центр управления системой ГЛОНАСС; ЦС – центральный синхронизатор;
 КС – контрольная станция; СКФ – система контроля фаз; КОС – квантово-оптическая станция;
 АКП – аппаратура контроля параметров; КСС – контрольная станция слежения

T_i измеряются в результате сопоставления принятых псевдослучайных кодов и генерируемых в приёмнике копий этих кодов с учётом априори известных моментов излучений сигналов спутника. При этом могут использоваться также соответствующие измерения разностей фаз несущих частот. Предварительно для определения координат проводится компенсация эффекта вращения Земли, тропосферных и ионосферных ошибок.

Для решения задачи определения места и коррекции временной шкалы образуется система уравнений, неизвестными которой являются три координаты X, Y, Z и ошибка шкалы времени потребителя T' , проявляющаяся при априорном определении момента излучения сигнала навигационного космического аппарата [17]:

$$D_i = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + c \cdot T', i = 1, T \dots N,$$

где X, Y, Z – прямоугольные координаты определяющегося объекта, на котором размещена навигационная аппаратура пользователя в геоцентрической системе координат; X_i, Y_i, Z_i – такие же координаты i -го навигационного космического аппарата;

T' – расхождение шкал времени навигационных космических аппаратов и приёмников пользователя; $i=1, \dots, N$ – число навигационных космических аппаратов

Учитывая, что неизвестных оказывается 4, поэтому для расчета четырехмерной координаты местоположения приемника (X, Y, Z, Time) требуется принять радиосигнал как минимум от четырех спутников. GPS-приемники используются для целей навигации, определения пространственных координат, определения точного времени и для других исследований. Обеспечение навигации в трехмерном пространстве является основной функцией GPS, для этой цели созданы приемники для самолетов, кораблей, автомобилей, индивидуальные ручные приемники. GPS сигналы используются также для определения точных координат (геодезические приемники), для астрономических наблюдений, для измерения параметров атмосферы и др.

Каждый спутник и приемник имеет встроенные часы, которые точно синхронизированы с всемирным навигационным временем. Это позволяет и спутнику и приемнику в один и тот же момент времени генерировать одинаковый псевдослучайный код, как показано на рис. 4.21.



Рис. 4.21. Определение расстояния от GPS спутника до приемника

Когда приемник получает и расшифровывает код от спутника, он просматривает в обратном направлении свой собственный код и определяет промежуток времени, который прошел с того момента, когда приемник генерировал тот же код, который он принял от спутника. По известному времени прохождения радиосигнала от фазового центра передающей антенны спутника до фазового центра антенны приемника, определяется расстояние между ними. Аналогичным образом измеряются расстояния и до других спутников, попадающих в поле зрения GPS приемника.

В геодезических целях для обеспечения сантиметрового уровня точности измерений необходимо синхронизировать ход часов на спутнике и в приёмнике с ошибкой не более нескольких сотых долей наносекунды ($1 \text{ нс} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ с}$), так как электромагнитное излучение проходит за одну наносекунду расстояние, равное 30 см [18].

Опорные генераторы являются основой устройств, с помощью которых отсчитывается время на спутнике и на земной станции. Несинхронность работы этих генераторов, следовательно, несинхронность хода часов на спутнике и на земной станции, приводит к существенному различию между истинным и измеренным значениями расстояния между спутником и точкой на Земле.

Пространственные координаты фазового центра GPS приемника определяются пространственной линейной геодезической засечкой (методом пространственной трилатерации) от спутников с известными координатами, как показано на рис. 4.22. Для случая трехмерного пространства, измеренные расстояния до трех спутников дадут только две точки пересечения в пространстве, одна из которых может быть проигнорирована, так как она будет находиться далеко за пределами земного шара.

Теоретически радиус - векторы, соответствующие измеренным расстояниям от спутников до приемника, отложенные от спутников с известными координатами, должны пересечься в одной точке, но на самом же деле этого не происходит. Это вызвано тем, что кварцевые часы приемника имеют гораздо меньшую точность, чем высокоточные атомные часы спутников. Так, если в схему, показанную на рис. 4.20, ввести измерение дальности до четвертого спутника, то в результате в трехмерном пространстве

вместо одной точки пересечения получатся четыре точки, удовлетворяющие условию пространственной геодезической засечки.

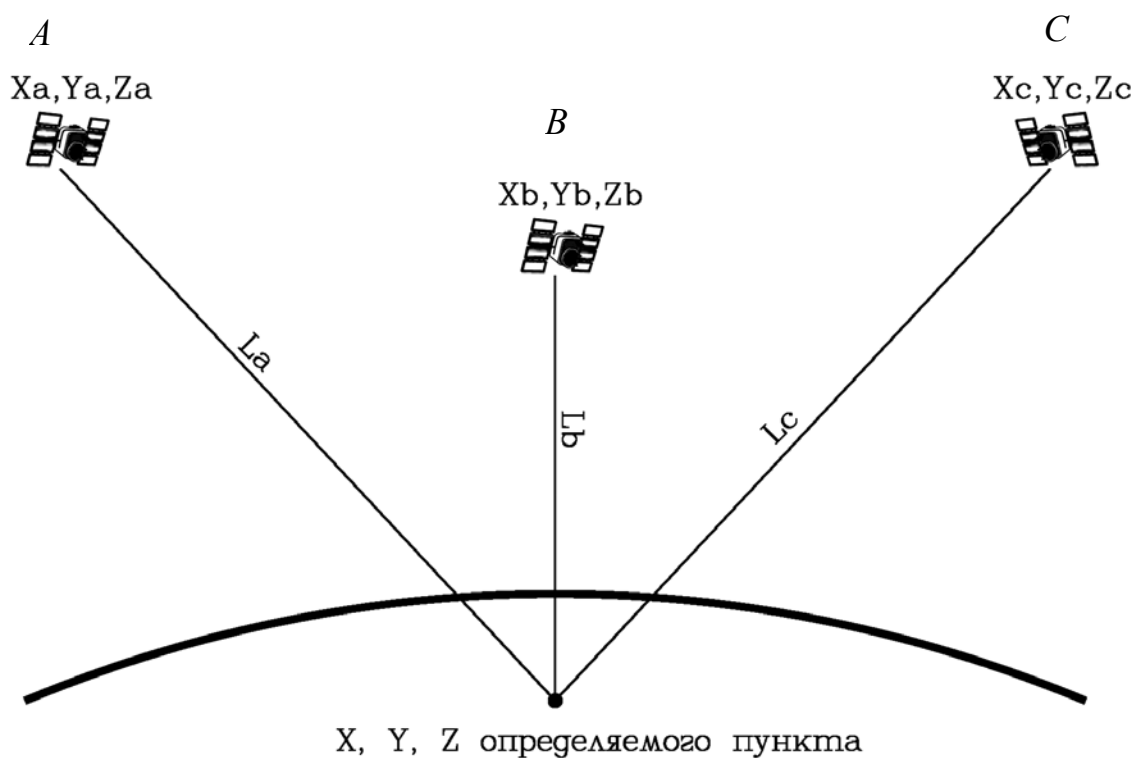


Рис. 4.22. Схема определения пространственных координат точки комплексом спутниковой геодезии

Возникающая неоднозначность в определении координаты искомой точки устраняется использованием алгоритма обработки псевдодальностей. Для упрощения этот алгоритм представлен на рис. 4.23 для случая плоской двухмерной засечки, в случае же реального трехмерного пространства добавится только одно измерение дальности до четвертого спутника.

В данном случае приемник находится в точке X , равноудаленной от спутников A , B и C на расстояние, эквивалентное 5 - секундному времени прохождения радиосигнала. В случае абсолютно точного измерения расстояний, все три радиус - вектора должны пересечься в точке X .

На самом деле измеренное приемником расстояние до спутников эквивалентно 6-секундному интервалу времени прохождения радиосигнала. В этом случае пересечение радиус - век-

торов, отложенных от спутников A и B даст точку пересечения XX , а введение в схему третьего измерения до спутника C даст дополнительно еще две точки пересечения.

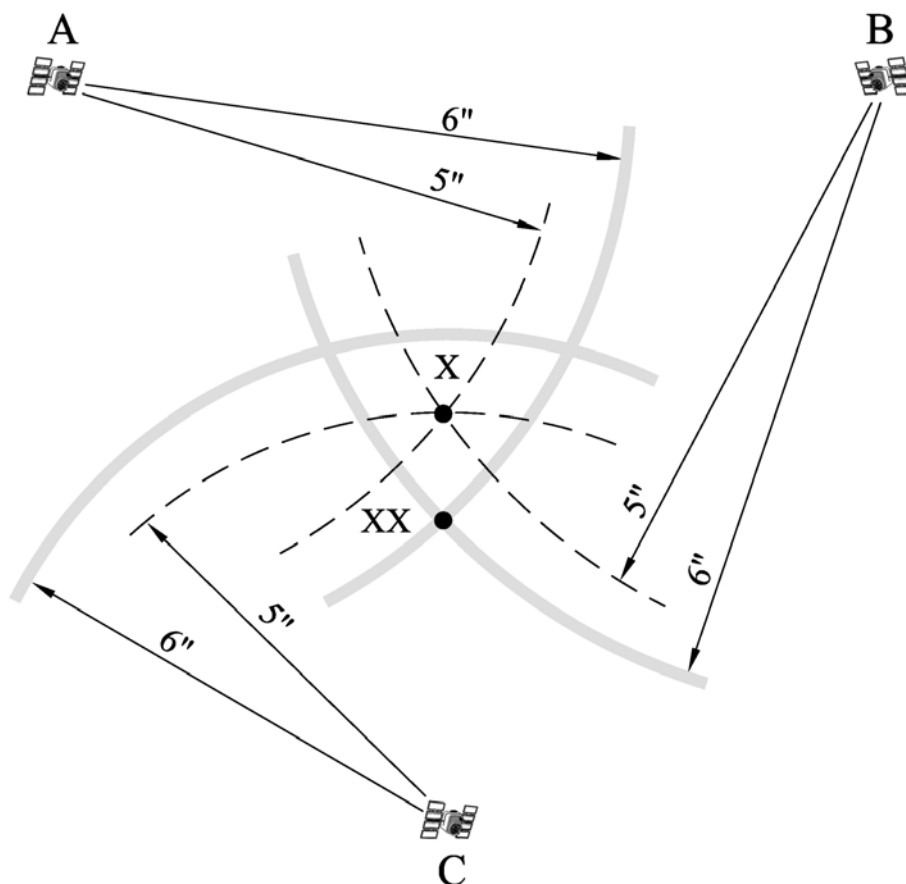


Рис. 4.23. Схема алгоритма обработки псевдодальностей

Зная причину этого явления – неверный ход внутренних часов GPS приемника, легко найти точку истинного местоположения фазового центра приемника. В данном случае встроенный микрокомпьютер приемника начинает прибавлять и вычитать одно и то же время от произведенных измерений дальностей до спутников. Так, в вышеописанном случае, компьютер определит, что вычитание одной секунды из всех трех измерений дальностей даст пересечение радиус-векторов в одной точке X , это также позволит сделать вывод, что внутренние часы приемника спешат на одну секунду. В случае двухмерного пространства – плоской задачи необходимо произвести минимум три измерения дальности до спутников, в случае же реального трехмерного пространства необходимо произвести четыре измерения расстояний до че-

тырех спутников. Этим объясняется одно из основных требований определения координат комплексами спутниковой геодезии – необходимость производить измерение расстояний как минимум до четырех спутников с известными пространственными координатами.

Точность вышеописанного способа определения координат одиночным приемником, использующего только гражданский P код будет составлять около 5 - 10 метров, что является неприемлемым для применения таких измерений в геодезической и маркшейдерской практике. Причина такой низкой точности определения координат обусловлена тем, что при прохождении через атмосферу Земли спутниковый радиосигнал претерпевает искажения, основное из которых – ионосферная задержка радиосигнала. Исключить влияние ионосферных задержек радиосигнала и других неблагоприятных факторов можно применением технологии «дифференциальной GPS» (рис. 4.24), которая позволяет получать координаты определяемой точки с миллиметровой точностью.

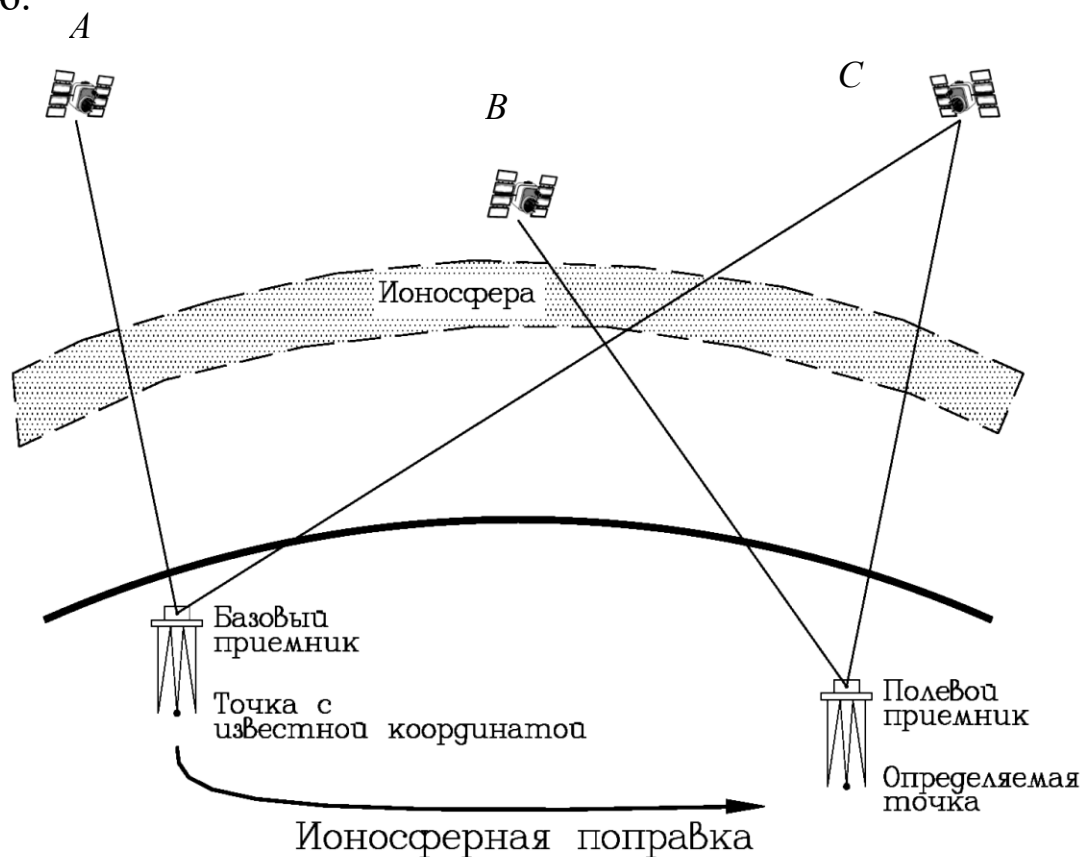


Рис. 4.24. Применение технологии дифференциальной GPS для определения точных координат точки

Основная идея этой технологии состоит в том, что один из приемников (базовый приемник) помещается на точку с заранее известными координатами, так называемую базовую станцию, и ведет непрерывные спутниковые наблюдения весь сеанс GPS съемки. В результате такого наблюдения определяется величина ионосферной поправки, равная разнице заранее известных координат точки и ее координат, полученных в результате сеанса спутниковых наблюдений. Полученная величина ионосферной поправки вводится в результаты спутниковых наблюдений на определяемых точках. При этом главным условием работы в режиме дифференциальной GPS является обеспечение одновременного приема сигнала от общих спутников базовым и полевым приемниками. Так как величина ионосферной поправки является постоянной на довольно обширных территориях, то технологию дифференциальной GPS возможно использовать без снижения точности определения координат для наблюдения базовых линий длиной от 1 метра до 1000 км.

Ионосферная поправка может вноситься в результаты измерений двумя способами. В первом случае величина поправки передается на приемник, определяющий координаты точки либо по радиомодему с использованием выделенного радиоканала, либо через систему специальных радиомаяков в режиме реального времени. Во втором случае ионосферная поправка учитывается во время обработки результатов измерений в камеральных условиях. Выбор способа передачи величины ионосферной поправки целиком зависит от задач съемки.

В случае необходимости получения определяемых координат с точностью 3-5 см прямо в поле, целесообразно получение ионосферных поправок по радиоканалу. В случае, когда существует необходимость в выполнении высокоточных геодезических работ, ионосферная поправка будет учитываться при камеральной обработке данных полевых измерений.

Основным режимом сбора данных для всех дифференциальных GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от

конкретного вида съемки и количества спутников, от которых идет прием радиосигнала, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

Одним из наибольших отличий GPS съемок по сравнению с традиционными видами геодезических съемок заключается в том, что приращения координат между станциями вычисляются на математическом эллипсоиде WGS-84 (World Geodetic System) в геоцентрической системе координат, а не в принятой плановой системе координат. При этом вычисляется положение определяемых станций относительно базовых, которые затем трансформируются на используемую модель эллипсоида в принятой картографической проекции, например на эллипсоид Красовского в прямоугольной проекции Гаусса. Существует несколько способов трансформации координат с эллипсоида WGS-84 в пользовательские системы координат. Среди них наиболее распространенными являются способы «3 параметра» (Молоденского), способ «7 параметров», способ пространственного вращения сети и полиномиальная регрессия.

Все вычисления в GPS производятся в геоцентрической системе координат с использованием параметров математического эллипсоида WGS - 84, центр которого совпадает с центром тяжести Земли. В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности (задачи землеустройства) и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS - 84, как это показано на рис. 4.25.

Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

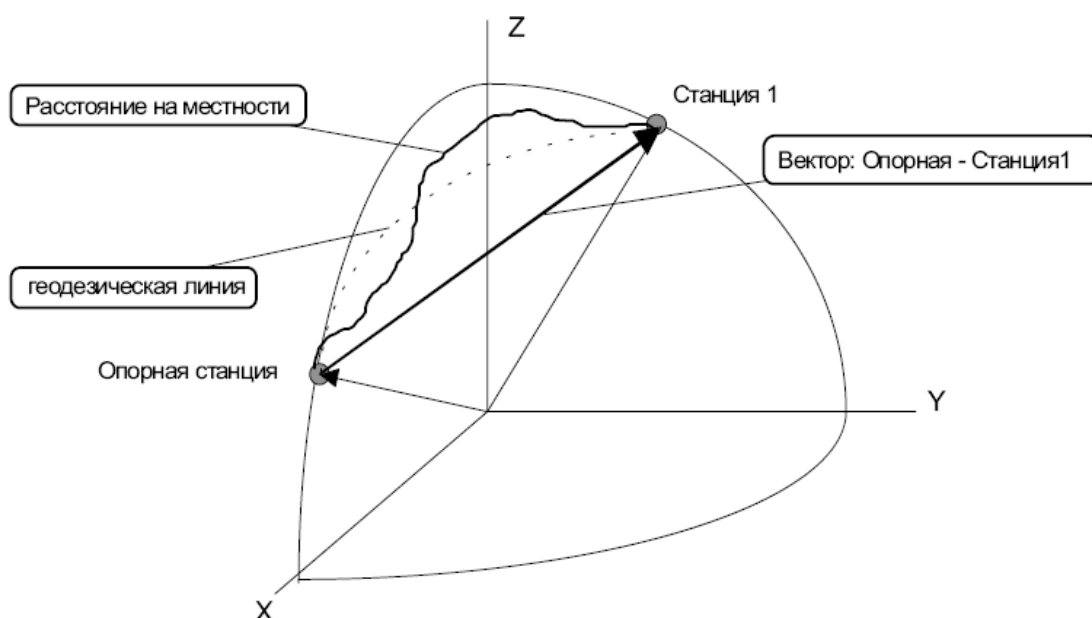


Рис. 4.25. Вектор и геодезическая линия на эллипсоиде WGS-84

Несколько более сложно при спутниковых геодезических измерениях определить нормальную высоту точки наблюдений – «отметку в Балтийской системе высот». Дело в том, что при трансформации координат из геоцентрической системы вычисляется эллиптическая высота точки наблюдения h , отсчитываемая от поверхности принятого эллипсоида, как показано на рис. 4.26.

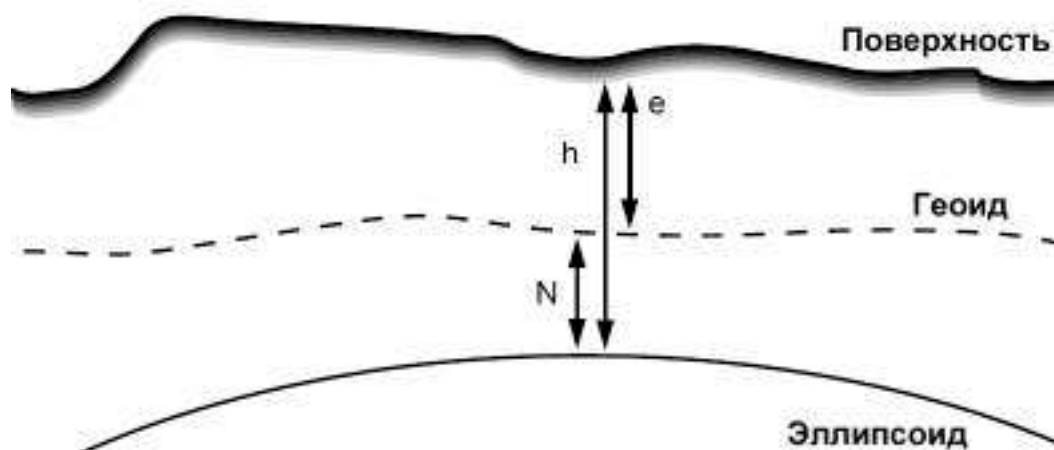


Рис. 4.26. Системы высот, применяемые в геодезии

На территории Российской Федерации принята система нормальных высот, которые отсчитываются по отвесной линии от поверхности геоида, поэтому на самом деле наблюдаемая точ-

ка должна иметь высоту e , а не h . Задача перевода высот решается с использованием карт аномалий высот или моделей геопотенциалов, таких как EGM - 96 или PGG - 2000, когда все геодезические высоты WGS – 84 приводятся к нормальным. Поскольку для небольших участков земной поверхности геоид является относительно плавной поверхностью, наклоненной к поверхности эллипсоида, то использование математических моделей геопотенциала в большинстве случаев позволяет получить корректный результат трансформации высот. В случае, когда на участке ведения геодезических работ имеются существенные аномалии гравитационного поля, целесообразно дополнительно использовать при уравнивании сети достаточно большое количество исходных пунктов с известными нормальными высотами. Такие пункты включаются в геодезические построения и используются в качестве исходных для фиксации геодезической сети в вертикальной плоскости.

4.2.2. Технологии съемок комплексами глобальных спутниковых систем

Технологическая схема производства глобальных навигационных спутниковых систем в общем виде включает [19]:

- подготовительные работы;
- полевые измерения;
- камеральную обработку полевых измерений;
- оценку точности измерений.

В состав подготовительных работ входят:

- составление прогноза видимости спутников на участке работ;
- предварительный расчет геометрического фактора;
- определение рационального времени проведения съемочных работ;
- составление схемы передвижения между определяемыми точками маршрута;
- подготовка каталога координат точек маршрутов с занесением их в накопитель данных (контроллер).

Составление прогноза видимости спутников позволяет

определить интервалы времени непрерывной видимости заданного числа спутников на участке съёмочных работ.

Составление прогноза видимости спутников и расчет геометрического фактора производится на основе альманаха, принимаемого навигационной аппаратурой пользователя. Также альманах может быть загружен с использованием ресурсов глобальной сети Интернет, например, с официального сайта фирмы «Trimble» (<http://www.trimble.com/gpsdataresources.shtml>).

Расчет видимости спутников и параметров геометрического фактора производится в вычислительном устройстве самого приемника или на персональном компьютере.

Выполнение расчета на компьютере предпочтительнее, так как позволяет быстро выявить все необходимые сведения о состоянии созвездия навигационных спутников с распечаткой (при необходимости) этих сведений на принтере.

Для расчета видимости спутников и геометрического фактора кроме альманаха в память вычислительного устройства приемника должны быть занесены: дата и время выполнения работ, приблизительные географические координаты района работ, высота, маска по возвышению спутников.

Большое значение при планировании спутниковых съёмок имеет правильный выбор минимального значения маски угла возвышения. При установленной маске угла возвышения приемник начинает вести приём радиосигнала не от всех спутников, а только от тех, угол возвышения которых больше или равен маске угла возвышения. Это позволяет избежать влияния атмосферных эффектов и интерференции радиоволн, вызванной близко расположенными объектами. В соответствии с инструктивно-нормативными документами [8, 20] не рекомендуется наблюдать спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 15° . т. к. в противном случае полученные данные будут значительно искажаться влиянием атмосферной рефракции. В работе [16] указывается, что для рядовых работ маска угла возвышения обычно принимается равной 15° , а для особо ответственных - $17-21^\circ$.

Например, планирование полевых работ с применением аппаратуры фирмы «Trimble» выполняется в программном пакете-

те «Trimble Geomatics Office» с использованием утилиты «Planning». Выбор времени наблюдений осуществляется на основе графиков «Количество наблюдаемых спутников» (рис. 4.27) и «Показатели точности наблюдений» (рис. 4.28).

Показатель *DOP* является индикатором качества GPS-определений координат точек, учитывающий расположение каждого спутника относительно других спутников созвездия и их расположение относительно GPS - приёмника.

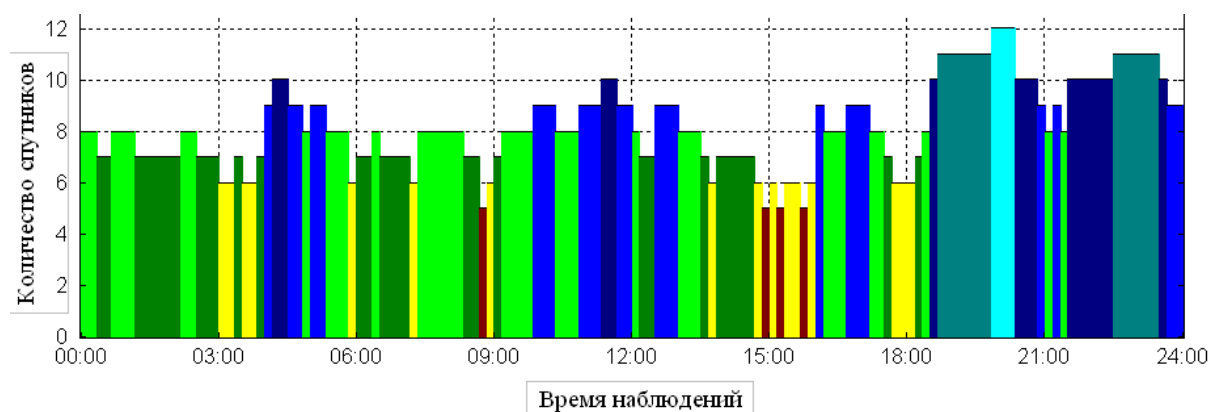


Рис. 4.27. Количество наблюдаемых спутников

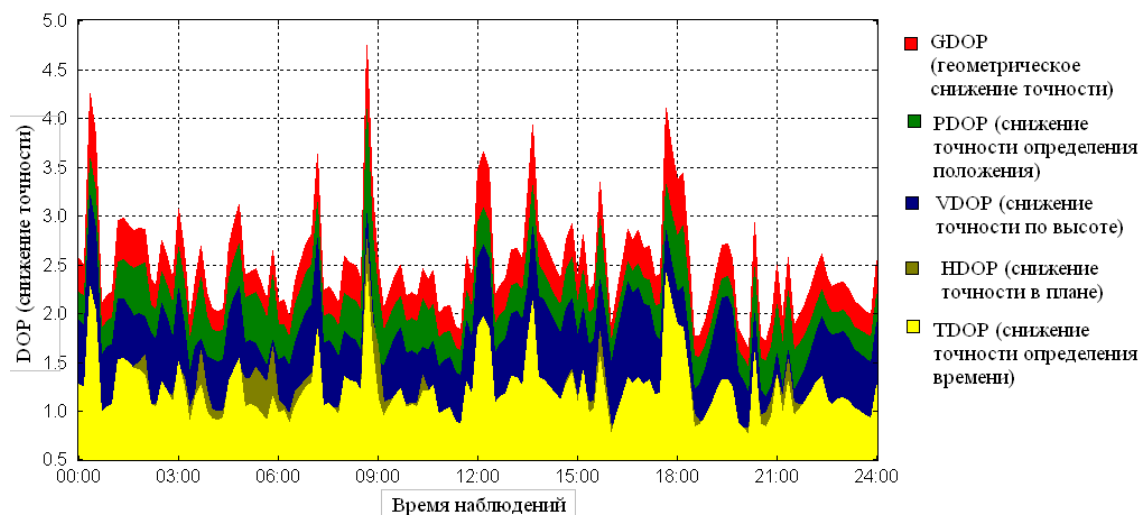


Рис. 4.28. Показатели точности наблюдений

Низкое значение *DOP* указывает на более высокую вероятность получения результатов с высокой точностью. Различают следующие коэффициенты потери точности в определении координат и времени, связанные с конфигурацией (геометрией расположения) наблюдаемых спутников [2]:

PDOP – коэффициент потери точности совокупного определения местоположения;

GDOP – коэффициент потери точности геометрического (по вектору положения) местоположения;

HDOP – коэффициент потери точности определения горизонтального (планового) местоположения;

VDOP – коэффициент потери точности определения вертикального (высотного) местоположения;

TDOP – коэффициент потери точности определения времени.

Одним из основных показателей точности является критерий точности определения положения точки PDOP. Геометрически величина PDOP обратно пропорциональна объёму пирамиды, образованной линиями, исходящими из приёмника до четырёх наблюдаемых спутников.

Численно считается, что значения PDOP лежащие в пределах от 1 до 7 являются хорошими для производства топографо-геодезических работ, в эти интервалы времени рекомендуется производить спутниковые определения координат, а значения PDOP большие 7 - плохие, и в этот период времени необходимо воздержаться от выполнения спутниковых измерений. При выполнении высокоточных геодезических работ значения PDOP на должны превышать 3 - 4. Предельное значение фактора PDOP, принятое для определенного вида работ, называется маской PDOP, приемник спутниковых сигналов постоянно вычисляет значение фактора PDOP, и если его значение начинает превышать заранее установленное значение маски, то приемник прекращает запись спутникового радиосигнала во внутреннюю память до тех пор, пока значение PDOP не снизится до допустимых значений [16].

Подготовка координат заключается в выборке их значений из каталогов или снятии с топографических карт масштабов 1:10000 - 1:50000 (в зависимости от требуемой точности), перевычислений координат в рабочую систему координат приемника, занесении в библиотеку путевых точек приемника.

Занесение координат точек в память приемника производят вручную с использованием контролера или из компьютера через порт связи. В последнем случае координаты должны быть

записаны в файле в соответствующем формате.

Типичная последовательность действий в рамках проекта по выполнению полевых измерений, камеральной их обработки и оценки точности показана на рис. 4.29 [21].

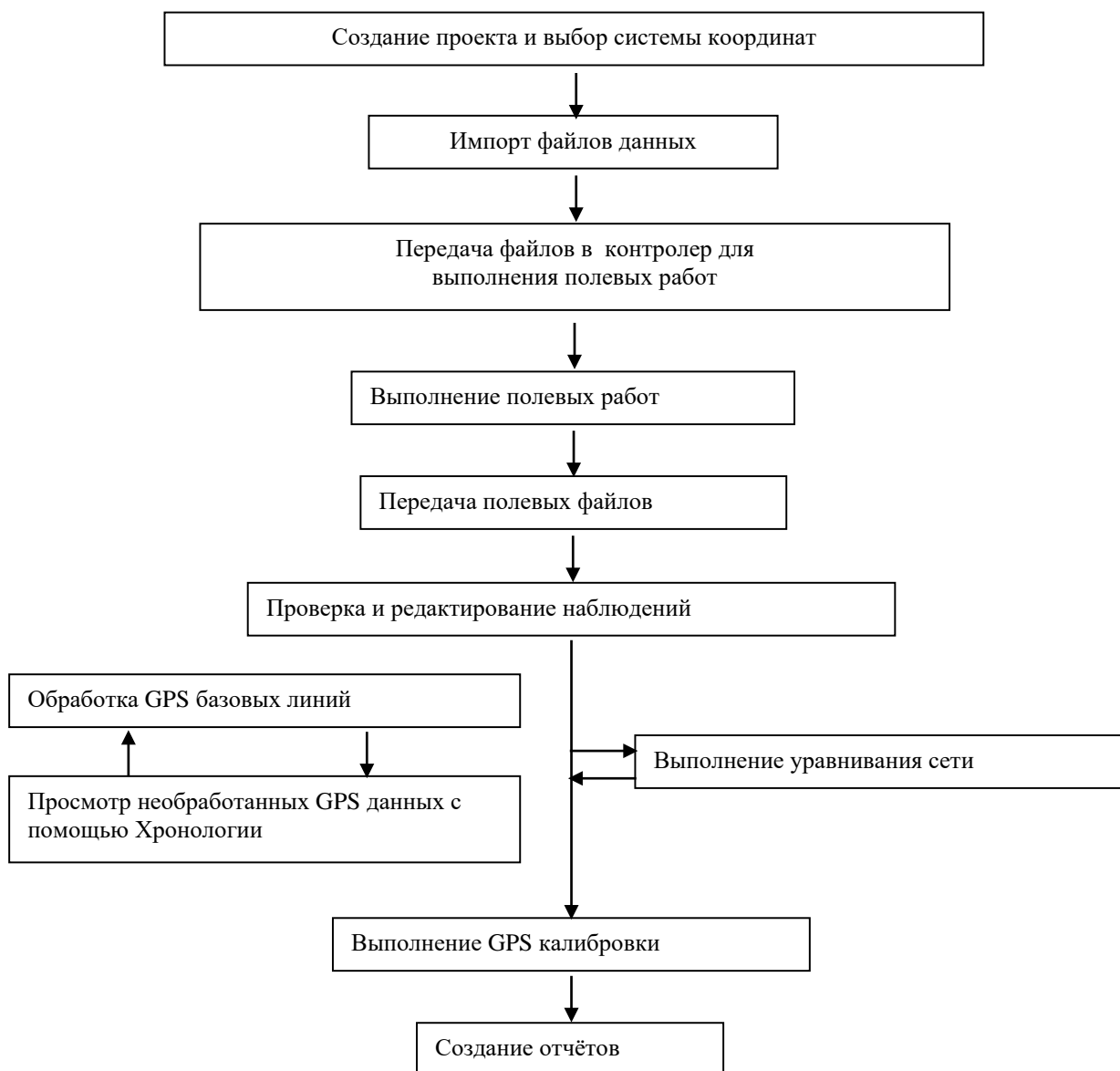


Рис. 4.29. Методика GPS-обработки

При спутниковых наблюдениях, например в режиме статики, как правило, используются следующие стандартные установки приёмников: интервал записи измерений 5 секунд, ограничения по возвышению спутников 15 градусов, время сбора данных при приёме с 6 и более спутников 8 минут.

Существенное влияние на точность спутниковых определений оказывают: время накопления информации на точке, вы-

бор времени измерений в соответствии с расчетом видимости достаточного количества спутников и параметров геометрического фактора, закрытие видимости на отдельные спутники деревьями или искусственными сооружениями.

В работе [10] приводится следующая классификация способов определения координат объектов посредством спутниковых навигационных систем:

- абсолютные (безотносительные) способы определения геоцентрических координат:
 - автономный (autonomous);
 - дифференциальные (кодовые DGPS и фазовые PDGPS определения);
- относительные способы определения пространственных векторов – базовых линий (relative, baselines):
 - статические:
 - ✓ ускоренная статика (fast, rapid statics);
 - ✓ псевдостатика (pseudostatics, reoccupation);
 - кинематические (kinematics):
 - ✓ непрерывная (continuous), постобработка;
 - ✓ «стой и иди» (Stop and Go), постобработка;
 - ✓ реального времени (Real Time K – RTK).

Метод абсолютных определений предполагает получение координат в единой системе, носителем которой является комплекс станций наземной подсистемы контроля и управления.

Автономные определения выполняются по принципу пространственной обратной линейной засечки, образованной измеренными псевдодальностями до 4-х и более спутников с одной точки, на которой размещён спутниковый приёмник. Точность автономных определений местоположения ограничена рядом факторов, среди которых основным является влияние погрешностей эфемерид спутников и в среднем составляет 5 м [10, 20].

В *дифференциальном способе* измерения одновременно выполняются двумя приёмниками. Один приёмник (базовый - base) ставится на пункте с известными координатами, а другой приёмник (подвижный - rover), размещается над определяемой точкой. Поскольку координаты базовой станции известны, то их можно использовать для сравнения с вновь определяемыми и

находить на этой основе поправки для подвижной станции.

При выполнении коррекции координат (координатный способ) непосредственно корректируются координаты мобильной станции. Поправки получают на базовой станции как разности между истинными (эталонными) и определяемыми спутниковым приёмником координаты. Необходимым условием реализации координатного способа является использование идентичных созвездий навигационных спутников для вычисления местоположения на опорном и определяемом пунктах. При полном развертывании орбитальных группировок спутниковых систем (когда одновременно в зоне видимости СП могут находиться более четырех НИСЗ), выполнение условия относительно продолжительного совпадения рабочих созвездий НИСЗ на опорном и определяемом пунктах становится затруднительным из-за довольно частой смены НИСЗ в созвездии (при заданном геометрическом факторе). Поэтому реализация координатного способа относительных определений трудновыполнима.

При выполнении коррекции первичных навигационных параметров (псевдодальностей, псевдоскоростей) на базовой станции вычисляются поправки к измеренным навигационным параметрам по всем видимым НИСЗ. Для этого одновременно с измерениями навигационных параметров находят их расчетные значения, используя данные эфемерид и истинные координаты базовой станции. Разности между измеренными и расчетными значениями используются в качестве дифференциальных поправок.

При *кодовых измерениях* поправки дифференциальной коррекции вычисляются как разности между истинными и определяемыми значениями координат базовой (опорной) станции или как разности псевдодальностей, вычисленных по координатам и измеренных на базовой станции.

Дифференциальные поправки передаются на подвижный приёмник при помощи радио или сотовой связи и вводятся в координаты или псевдодальности, полученные на определяемом пункте. Поправки могут вводиться и в режиме постобработки – окончательной обработке данных в камеральных условиях с целью получения координат пунктов. Точность дифференциального позиционирования на основе кодовых измерений составляет 5 - 7 м.

Дифференциальные коррекции применяют и к *фазовым измерениям*. Существует два варианта передачи поправок: в форме необработанных измерений фазы и в форме поправок к фазе несущей. Коррекции к фазовым дальностям повышают точность до уровня 1-5 см (PDGPS) [3].

Геодезические приёмники обычно имеют вход, позволяющий принимать в форматах RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) SC - 104 поправки в псевдодальности по каждому спутнику. Наличие RTCM - выхода, в свою очередь, даёт возможность использовать приёмник в качестве базового для генерирования и трансляции по дополнительному цифровому радиоканалу поправок на другие приёмники. Для передачи дифференциальных поправок используется средневолновый (275-2000 кГц) и УКВ (390-1550 МГц и 3-300 ГГц) радиоканалы.

Существуют сотни базовых станций, расположенных в разных странах мира, передающие дифференциальные коррекции в стандартном международном формате RTCM SC - 104. Например, работают в Германии 5, Нидерландах 5, Финляндии 11, Швеции 21 станция. С 1998 г. действует бесплатная открытого пользования DGPS станция под Санкт-Петербургом. Она передаёт дифференциальные поправки в международном формате на частоте 298,5 кГц на расстояния до 150 км на суше и до 300 км на море. Опытная базовая станция действует в Москве на территории ГАИШ МГУ им. М.В. Ломоносова.

В настоящее время широкое развитие в мире получили различные *навигационные дифференциальные подсистемы*. Их условно подразделяют [10]:

- локальные;
- региональные;
- широкозонные или глобальные.

Локальные навигационные дифференциальные подсистемы имеют зону действия в радиусе 50-200 км от контрольно-корректирующей станции. В ряде стран созданы специальные активные сети базовых станций. Так, на территории Германии действует 260 базовых станций службы SAPOS, расстояния между станциями от 10 до 50 км. С 2004 г. в Москве и Московской области функционирует спутниковая система межевания земель (ССМЗ) в составе 22 базовых (референсных) станций и вычисли-

тельного центра (ВЦ). Базовые станции располагаются на расстоянии от 30 до 80 км. В сети ССМЗ дифференциальные поправки получают с ВЦ системы, которое программное обеспечение интерполирует по нескольким базовым пунктам, т.е. применяется сетевая структура коррекции данных [13]. ССМЗ обеспечивает определение координат объектов в режиме реального времени со средней квадратической ошибкой 2 - 3 см в пределах Московской области на площади свыше 50 тыс. кв. км. С использованием режима постобработки на территории Московской области достигается миллиметровая точность определения координат, а для областей, прилегающих к Московской, на расстоянии 150 - 200 км от ближайших референчных станций – сантиметровая точность [22].

Аналогичные спутниковые системы межевания земель создаются в северо-западном регионе (Санкт - Петербург, Ленинградская и Новгородская области), Красноярском крае и других областях.

Рабочая зона *региональных навигационных дифференциальных подсистем* простирается от 400-500 до 2000 км. Они могут иметь одну или несколько контрольно-корректирующих станций. В европейских странах созданы подсистемы, формирующие дифференциальные поправки: LandSTAR, EuroFix, Startfix и другие. В качестве примера можно привести спутниковую дифференциальную подсистему Startfix с дальностью действия свыше 2000 км, с 60 наземными контрольно-корректирующими станциями и четырьмя геостационарными спутниками, расположенными на высоте около 36000 км над уровнем моря. Геостационарная орбита – круговая орбита, расположенная над экватором Земли (0^0 широты), находясь на которой искусственный спутник обращается вокруг планеты с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения Земли вокруг оси, и постоянно находится над одной и той же точкой на земной поверхности. Заявленная точность 1 - 2 м на дальностях до 1000 км и 3 м на дальностях свыше 2000 км [10].

В 2004 г. в Харькове и Баку введены в действие региональные навигационные дифференциальные подсистемы. При удалении от дифференциальных станций до 1000 км точность определения координат составляет 0,5 - 2 м. Однако на большин-

стве территорий действия системы обеспечивается дециметровая точность даже при использовании кодовых приёмников [5].

Основой *широкозонных навигационных дифференциальных подсистем* является сеть наземных контрольно-корректирующих станций, ведущих мониторинг за состоянием сигналов навигационных спутников. С них проводятся двухчастотные измерения псевдодальностей для всех навигационных спутников систем. Информация передаётся на главную станцию, где обрабатывается, определяются дифференциальные поправки к эфемеридным данным, шкалам времени, параметрам ионосферной модели. Эти поправки через станции передачи данных передаются на геостационарные космические аппараты, которые передают данные дифференциальные поправки, а также GPS-подобный сигнал пользователям (в диапазоне L1 на частоте 1575,42 МГц). Дополнительные измерения псевдодальностей до геостационарных космических аппаратов повышает точность и надёжность навигационных определений. Размер зоны действия широкозонных навигационных дифференциальных подсистем составляет около 5000 км.

Существуют следующие широкозонные навигационные дифференциальные подсистемы [13]:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) – американская дифференциальная подсистема, обеспечивающая североамериканский континент и Северную Атлантику;

- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) – европейская дифференциальная подсистема, охватывающая европейскую и часть азиатской зоны России;

- MAAS (Multi-Transport Satellite based Augmentation System) – многофункциональная широкозонная дифференциальная подсистема Японии, обеспечивающая регион Японии и Тихого океана между Азией и Америкой, большую часть азиатской территории Российской Федерации;

- GNSS

Примером глобальной *навигационной дифференциальной подсистемы* может служить система OmniSTAR. Она использует распределённую по всему миру сеть станций для сбора информации со спутников GPS. Собранные данные передаются в три цен-

тра управления, откуда транслируются на борт одного из семи геостационарных спутников. Каждый спутник в пределах своей зоны обслуживания передаёт дифференциальные поправки пользователям. Зона действия OmniSTAR охватывает весь мир, за исключением Гренландии, Канады и большей части России [10].

Методы относительных определений основаны на принципе компенсации сильно коррелированных погрешностей (к которым относятся и эфемеридные погрешности) при одновременном определении кодовых и фазовых псевдодальностей до спутников одного и того же созвездия с двух точек. Данные методы выполняются посредством навигационных спутников и минимум двух приемников сигналов, один из которых совмещен с определяемым объектом, а второй устанавливается на опорном пункте с известными координатами, например А и В. Дифференциальные коррекции не определяют, а формируют разности из наблюдений на станциях, на основе которых вычисляют соединяющий эти станции пространственный вектор [10]:

$$D = (X_B - X_A, Y_B - Y_A, Z_B - Z_A)^T.$$

Базовая станция должна иметь точные координаты, чтобы по измеренным приращениям можно было бы вычислить координаты остальных пунктов геодезической сети.

Спутниковые определения относительными методами обеспечивают определение плановых координат и высот в системе координат и высот пунктов геодезической основы.

В *статическом режиме* определение координат производится на неподвижном основании в течение некоторого времени (от минут до часов) с последующей математической обработкой многократных измерений.

Кинематический режим предполагает выполнение спутниковых определений в движении. В этом режиме необходима точная привязка определяемых координат к шкале единого времени.

Динамический режим отличается от кинематического тем, что спутниковый приёмник синхронно работает в комплексе с другой навигационной аппаратурой, например, использующей информацию от инерциальных датчиков.

В зависимости от времени получения дифференциальных

поправок при использовании относительного метода различают два основных способа спутниковых определений: получение скорректированных координат в процессе совместной камеральной обработки (постобработки) измерений на опорном и определяемом пунктах (*псевдодифференциальный*) и в реальном масштабе времени.

При псевдодифференциальном способе следует записать измеренные данные в накопитель и затем при камеральной обработке скорректировать ранее накопленные измерения.

Если точные координаты необходимы на данный момент, то следует использовать дифференциальный режим в реальном времени. В этом случае поправки непрерывно вычисляются на опорной станции и передаются на мобильную станцию по каналу радиосвязи.

Если точное местоположение мобильной станции нужно знать на опорной станции, то применим инверсный дифференциальный режим в реальном времени. При этом координаты мобильной станции по радиоканалу передаются на опорную станцию, где уточняются.

Камеральная обработка спутниковых определений, выполненных абсолютным методом в статическом режиме, включает: осреднение накоплений на определяемых точках; перевычисление координат в систему относимости, принятую для данной съемки; оценку точности; формирование каталога координат, в том числе подготовку данных для программ последующей обработки.

Обработка определений, выполненных абсолютным методом в кинематическом режиме, включает: перевычисление координат; формирование каталогов для программ последующей обработки; вывод графической информации.

Обработка спутниковых определений, выполненных относительным методом с постобработкой информации, проводится в следующей последовательности: перезапись файлов полевых накоплений в директорию с файлами базовой станции для совместной обработки; определение варианта фильтрации измеренных величин и других параметров обработки; управление программами обработки; подготовка каталога координат для программ последующей обработки (при необходимости в комплексе

с геолого-геофизической информацией).

При оценке качества измерений и оптимизации результатов обработки GPS-определений используются следующие информационные показатели [21]:

- тип решения;
- отношение;
- коэффициент дисперсии;
- СКО (RMS);
- сводки отслеживания на станциях и объёдинённая сводка;
- графики поправок навигационных спутников.

Для оценки точности спутниковых определений выполняют контрольные измерения на геодезических пунктах с известными координатами, а также повторные измерения на тех же пунктах. По завершении полевых и камеральных работ сдаче подлежат: материалы полевых измерений; материалы камеральных работ; схема района работ; каталоги координат точек наблюдений; пояснительная записка.

4.2.3. Приборное и программное обеспечение спутниковых съёмок

Подсистема аппаратуры потребителей, представлена различными типами приемников и программного обеспечения обработки спутниковых измерений.

Навигационная аппаратура потребителей ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS начала разрабатываться практически с момента зарождения систем в середине 70 - х годов XX века и прошла в своём развитии ряд этапов, обусловленных главным образом развитием элементарной базы приёмных устройств и средств обработки сигналов и данных, а также соответствующего математического обеспечения [17]. Первые образцы аппаратуры, создавались в одноканальном исполнении, весили десятки килограмм. Современные многоканальные приёмные и процессорные устройства весят на порядок меньше и основную массу устройства в целом составляют элементы конструкции [20]: антенна, блок приёма радиосигналов, микропроцессор, блок управления, блока индикации с дисплеем, запоминающее устройство; устрой-

ство связи с внешней ЭВМ, блок питания. В конкретных конструкциях спутниковых приёмников перечисленные элементы могут быть скомпонованы в один или несколько блоков.

Схематично структура геодезического спутникового приёмника представлена на рисунке 4.30 [13].

Антенный блок принимает радионавигационные сообщения от навигационных спутников. Приёмник генерирует сигнал, который сравнивается с сигналом, полученным от спутника. В измерительном блоке определяются разность фаз этих двух сигналов и кодовая задержка. Вычислительный блок проводит первичную обработку полученной информации от всех навигационных спутников в течение всего времени позиционирования и записывает её в блок памяти прибора. Управление работой всех блоков приёмника осуществляется автоматически.

На рис. 4.30 представлены две блок-схемы приёмников, которые различаются применяемым режимом обработки результатов измерений [13]:

а) Если приёмник работает в режиме постобработки, то результаты измерений заносятся в блок памяти приёмника, а по завершении наблюдений передаются в компьютер для постобработки. Для передачи в компьютер приёмник имеет специальные порты подключения и кабель. При полевых работах можно к приёмнику подключить контроллер, с клавиатуры которого вносится информация о пунктах, особенностях наблюдений, высоте антенны.

б) Если приёмник работает в режиме реального времени, то подключение контроллера обязательно. Кроме того, приёмник должен иметь блок связи, по которому передаётся необходимая для обработки информация с базового пункта на определяемый. Контроллер должен быть оснащён программным обеспечением обработки в режиме РТК. Для связи используют специальные радиомодемы или каналы мобильной связи.

Сигнал навигационного спутника

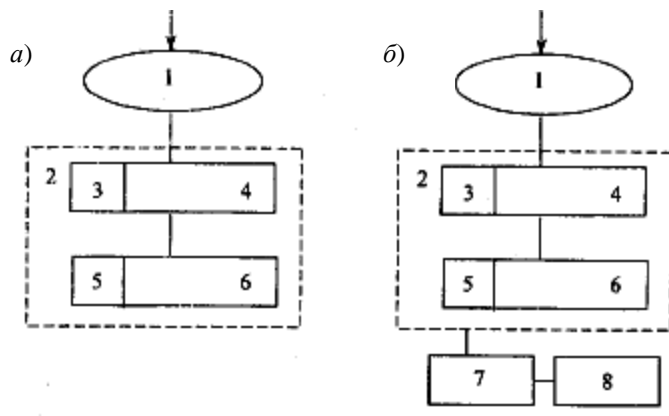


Рис. 4.30. Блок схемы приёмников:

- a) режим постобработки; б) режим реального времени;
- 1 – антенный блок; 2 – приёмник; 3 – генератор опорного сигнала;
- 4 – измерительный блок; 5 – блок первичной обработки; 6 – блок памяти;
- 7 – контроллер с программным обеспечением режима RTK;
- 8 – блок связи с базовой станцией

В современной навигационной аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем осуществляется приём сигналов навигационных космических аппаратов и дополнений, измерение временных задержек по кодам и фазам несущих, а также доплеровских сдвигов, определение на этой основе псевдодальностей и псевдоскоростей, ввод необходимых поправок, расчёт координат, времени, составляющих скоростей и скорости ухода местной шкалы времени, а также характеристик точности навигационных определений.

Типы и группы геодезических спутниковых приемников приведены в табл. 4.3 [8]. Наиболее известными производителями навигационных спутниковых систем являются [23]:

Таблица 4.3

Типы и группы геодезических спутниковых приемников

| Тип приемника | Группа | Число каналов не менее | Частоты | Точность |
|-------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Двухсистемные двухчастотные и более | 1 | 24 | L1/L2(GPS)+
L1/L2(ГЛОНАСС) | 3 мм + 1*10 ⁻⁶ D |
| Односистемные двухчастотные | 2 | 9 | L1/L2(GPS) или
L1/L2(ГЛОНАСС) | (3-5) мм+
1*10 ⁻⁶ D |

| | | | | |
|--------------------------------|---|---|----------------------------|------------------------------|
| Односистемные
одночастотные | 3 | 9 | L1(GPS) или
L1(ГЛОНАСС) | 10 мм + 2*10 ⁻⁶ D |
|--------------------------------|---|---|----------------------------|------------------------------|

К.Б. Навис (Россия); Российский институт радионавигации и времени (Россия); ФГУП НИИМА "ПРОГРЕСС" (Россия); DeLORME (США); Garmin (США); ITT Industries Aerospace/Communications Division (США); Hemisphere GPS (ранее CSI Wireless) (Канада); Javad Navigation Systems (США); Leica (Швейцария); Magellan Navigation (США -Франция); NavCom Technology Inc. (США); Novatel (Канада); Sokkia (Япония); Topcon Positioning Systems (США-Япония); Trimble (США).

К приёмникам 1-ой группы относятся: «TRIUMPH-1-G3T» (Javad Navigation Systems, США), «Trimble R8 GNSS» (Trimble, США) и др.

К приёмникам 2-ой группы относятся: «Trimble 5700/5800» (Trimble, США).

К приёмникам 3-ей группы относятся: Бриз-ГП (К.Б. Навис, Россия).

В настоящее время на горных предприятиях при выполнении маркшейдерско-геодезических работ, в основном, используются навигационные приёмники 1 - ой и 2 - ой групп (см. табл. 4.3).

Типичным представителем 1 - ой группы является навигационная система пользователя «Trimble R8 GNSS», в которой интегрированы в одном корпусе приемник, антенна, аккумуляторы и встроенный модем. Для работы с приемником используется контроллер «Trimble TSC2», оснащённый операционной системой «Microsoft Windows Mobile» для «Pocket PC». Передача данных может осуществляться, используя технологию «Bluetooth» - беспроводной порт связи 2.44 Гц. Внешний вид закрепленного на вешке приемника и контроллера показан на рис. 4.31.



Рис. 4.31. Навигационная система пользователя «Trimble R8 GNSS» и контроллер «Trimble TSC2» на вехе

Типичным представителем 2-ой группы является навигационная система пользователя «Trimble 5700/5800». Внешний вид навигационных приёмников представлен на рис. 4.32.

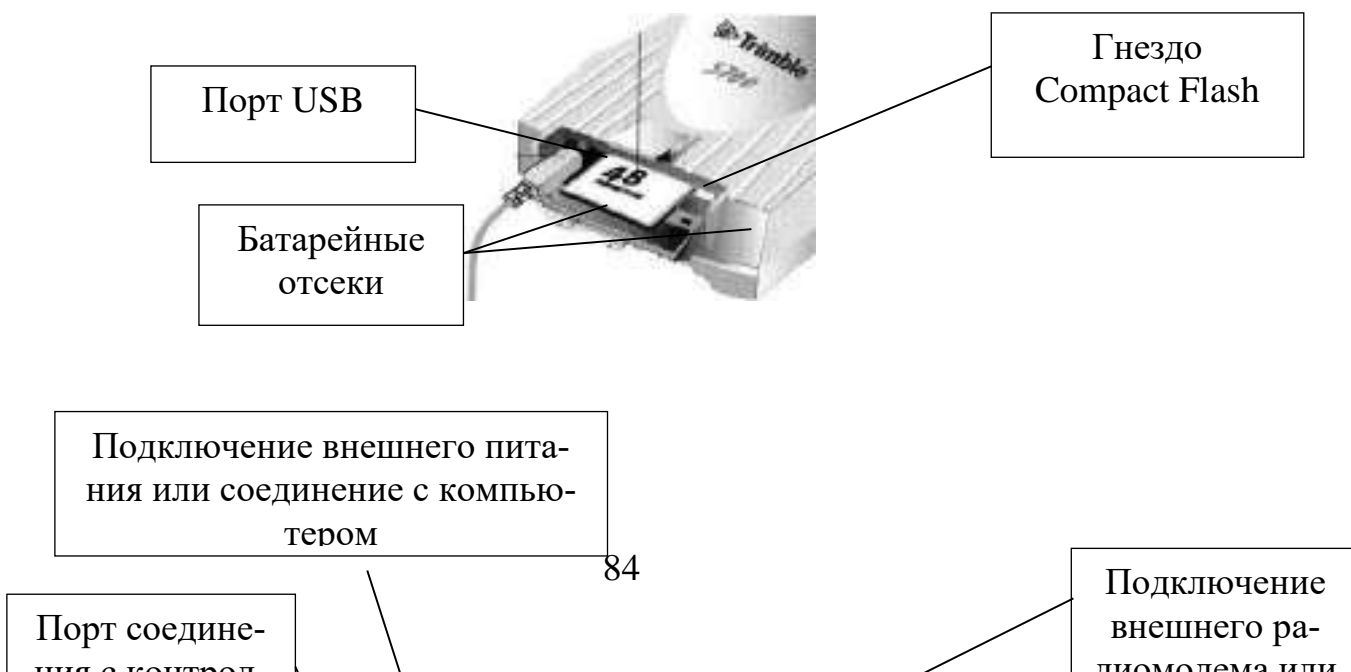




Рис. 4.32. Внешний вид навигационного приёмника «Trimble» 5700

опорного обоснования

Необходимость создания и реконструкции опорных и съёмочных маркшейдерско-геодезических сетей на открытых горных разработках может быть обусловлена двумя причинами. Первая причина – ввод в эксплуатацию новых промышленных объектов, таких, как карьеры, отвалы пустых пород, россыпи, шламоотстойники и другие. Вторая причина – необходимость реконструкции существующей опорной сети, когда часть ее пунктов в результате хозяйственной деятельности горнодобыва-

ющего предприятия утрачена, а координаты сохранившихся пунктов в результате техногенного воздействия горных разработок на верхнюю часть земной коры претерпели значительные изменения [16].

Основными этапами создания и реконструкции маркшейдерского опорного обоснования являются [8]:

1. Предпроектное обследование пунктов и контрольные измерения

В процессе предпроектного обследования должны быть установлены сохранность исходных пунктов государственной геодезической сети и степень их утраты, пригодность этих пунктов для спутниковых определений. Контрольные измерения выполняются для определения реальной точности существующей государственной геодезической и маркшейдерской опорной сети. Контрольные измерения выполняются между исходными пунктами ранее созданной маркшейдерской опорной сети, исходными и узловыми пунктами полигонометрии, ближайшими пунктами государственной геодезической сети.

Материалы предпроектного обследования и контрольные измерения должны быть максимально получены из отчётов по ранее выполненным работам. Выполнение полевых работ осуществляется только в крайних случаях.

2. Сбор и анализ геодезической обеспеченности

Получение задания и сбор материалов ранее выполненных работ является первым этапом создания технического проекта, который является документом, определяющим содержание, объём, затраты, основные технические условия, сроки, организацию выполнения проектируемых работ и сметную стоимость работ.

Сбор материалов геодезической обеспеченности производится в подразделениях, выполнявших ранее геодезические работы на данном объекте, территориальной инспекции государственного геодезического надзора, городских отделах архитектуры, маркшейдерских отделах, земельных комитетах и др.

При этом собираются следующие материалы:

- топографические карты района работ;
- материалы геодезического обследования на данном объекте по ранее выполненным работам;

- выписки из каталогов координат и высот пунктов на объект работ;
- сведения о центрах исходных пунктов, их состоянии;
- сведения о центрах и состоянии пунктов ранее проложенных сетей;
- выписки из отчетов ранее выполненных геодезических работ (наименование работы, шифр объекта, инвентарный номер отчета, год выполнения, наименование организации-исполнителя работ, оценка точности работ, каталог пунктов, участвующих в работе, схема);
- справки о системах координат и высот, применяемых на объекте.

Все собранные материалы систематизируются для предварительного анализа и составления технического проекта.

На основе собранного материала выполняется анализ с целью установления:

1. Качественных характеристик и плотности существующей сети.
2. Возможности использования пунктов ранее выполненных работ, отвечающих требованиям к пунктам создаваемой сети взамен запроектированных.
3. Возможности построения проектируемой сети, связанные с различными технологиями спутниковых измерений (сетевой, лучевой и совмещенный методы).

3. Проектирование геодезических работ

Проектирование маркшейдерских опорных сетей включает следующие стадии работ:

- Выбор схемы проектируемой сети.
- Выбор метода построения сети в данном районе и его экономическое обоснование.
- Оформление технического проекта.

Выбор схемы проектируемой сети.

Предварительная графическая схема проектируемой сети составляется на топографических картах, масштаб которых позволяет выдержать угловые и линейные параметры создаваемой сети. По крупномасштабным картам и планам анализируется местоположение пунктов, включенных в городскую геодезическую сеть на предмет наличия вокруг них препятствий. Для каждого

пункта, на котором отмечаются ограничения обзора наблюдаемых спутников из-за наличия тех или иных препятствий, строится полярная диаграмма видимости небосвода с нанесением на нее экранирующих препятствий. Согласно выбранной схеме составляется графическая часть проекта создаваемой сети, при этом показываются все связи при наблюдениях на пунктах.

Выбор технологии выполнения работ.

При выборе технологии выполнения работ необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- Для достижения однородной высокой точности необходимо проектировать минимальное количество классов и разрядов при совмещении старой и новой сетей.

- При построении маркшейдерской опорной сети необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить точность и надежность результатов наблюдений.

- При проектировании сети, с использованием лучевого метода, предусмотреть выполнение спутниковых наблюдений на каждом определяемом пункте дважды с контролем сходимости получаемых результатов.

Для пунктов с ограниченным обзором небосвода из-за наличия тех или иных препятствий, время для проведения сеансов наблюдений выбирается на основе анализа полярной диаграммы препятствий, дополненной траекториями движения спутников с указанием времени их прохождения по нанесенной на диаграмму траектории. Для организации синхронных наблюдений это время согласуется со временем проведения спутниковых измерений на всех других пунктах, участвующих в планируемом сеансе наблюдений.

Оформление технического проекта.

Технический проект должен включать в себя пояснительную записку, графическую и сметную части.

Пояснительная записка должна включать следующие разделы:

- Обоснование технического проекта: нормативные документы, геодезическая изученность, краткая физико-географическая

характеристика объекта работ, проектируемые работы, объемы работ, системы координат и высот.

- Сведения о ранее выполненных работах: наименование пунктов геодезического обоснования, наименование работы, наименование организаций, выполнивших работу, год выполнения, оценка точности, системы координат и высот.

- Технология выполнения работ с обоснованием выбранной схемы и способов измерений.

- График выполнения работ с подробным изложением порядка и времени выполнения работ на пунктах.

- Критерии оценки точности полученных результатов.

- График выполнения работ и сдачи готовой продукции.

Графическая часть проекта оформляется на картах с указанием местоположения пунктов опорных и перемещаемых спутниковых приемников и связующих сторон проектируемой сети. Для нанесения графического проекта на карты используются условные обозначения и их цветовое соотношение.

В сметной части рассчитывается время работы на одном пункте во время одного сеанса включения с использованием действующих нормативов времени и общее время работы с учетом количества пунктов сети и проектируемого количества приемников. Стоимость работ определяется с использованием действующих сметных расценок.

4. Рекогносцировка и закладка пунктов.

В процессе рекогносцировки выполняют:

- уточнение проекта сети для максимального совмещения пунктов проектируемой сети с плановыми и высотными пунктами ранее созданных сетей;

- выбор места закладки новых пунктов;

- согласование выбранных мест закладки с учетом типов применяемых центров.

Закладка новых пунктов до необходимой плотности осуществляется на основании технического задания и рабочего проекта, уточненного по материалам рекогносцировки и обследования. Выбранные в натуре места закладки пунктов закрепляются в соответствии с требованиями «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети» (ЦНИГАиК, 2001 г.) Центры закладываемых пунктов маркшейдерской опорной сети

должны быть типа 190 – для районов с сезонным промерзанием грунтов и типа 191 – для скальных грунтов.

Не следует размещать пункты внутри металлических ограждений, рядом с высокими зданиями, большими деревьями, а также другими сооружениями, способными экранировать прямое прохождение радиосигналов от спутников.

Наличие на существующих пунктах металлических или деревянных сигналов и пирамид нежелательно.

5. Привязка исходного пункта к общеземной геоцентрической системе координат.

Используемые в геодезии спутниковые координатные определения базируются на применении дифференциальных методов, позволяющих определять разности геоцентрических координат между пунктами. Вместе с тем конечными результатами создаваемой сети должны быть полные значения координат пунктов в той или иной координатной системе. Исходя из этого, возникает необходимость иметь в составе сети хотя бы один опорный пункт с заранее известными значениями геоцентрических координат. Оптимальным вариантом является наличие в составе сети не менее трех исходных пунктов.

Координаты исходного пункта определяются в геоцентрической системе координат (X, Y, Z) , (B, L, H) . От точности знания этих координат зависит положение всей создаваемой маркшейдерской опорной сети в более общей координатной системе.

Для корректной математической обработки спутниковых наблюдений сети необходима привязка исходного пункта к геоцентрической системе координат, что обеспечит передачу координат в геоцентрической системе на пункты городской сети с максимально возможной точностью. Конструкции реперов показаны на рис. 4.33 и 4.34.

5. Полевые наблюдения и камеральная обработка.

До начала проведения работ в целях обеспечения преемственности геодезической информации должен быть выполнен анализ существующих на территории создания маркшейдерского опорного обоснования геодезических построений и установлена их точность. Реальная точность взаимного положения пунктов существующей сети и государственной геодезической сети определяется сравнением длин контрольных линий, полученных из

спутниковых измерений и вычисленных по значениям координат пунктов.

В государственной геодезической сети (ГГС) необходимо выделить каркас в объеме не менее 3 исходных пунктов для создания маркшейдерского опорного обоснования. На указанных пунктах должны быть выполнены спутниковые измерения, обеспечивающие их взаимное положение с повышенной точностью. Определение координат исходных пунктов производится с использованием статического режима.

При создании маркшейдерского опорного обоснования необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить точность и надежность результатов наблюдений.

Пункты маркшейдерского опорного обоснования должны быть максимально совмещены с сохранившимися пунктами триангуляции и полигонометрии. Закладка новых пунктов производится в необходимых случаях для обеспечения требуемой плотности сети. Центры пунктов маркшейдерского опорного обоснования по возможности должны быть глубокого заложения.

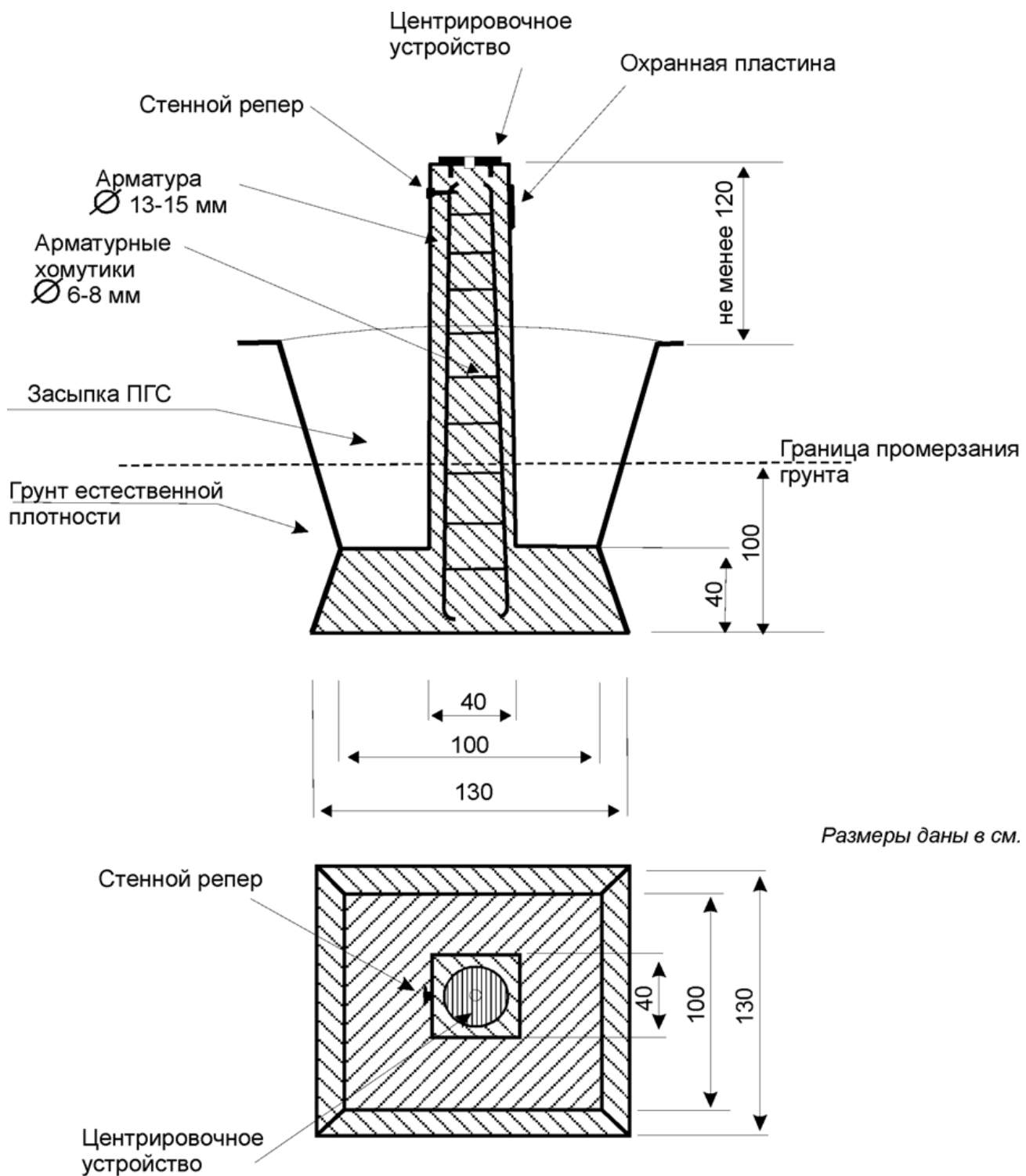


Рис. 4.33. Рабочий центр пункта маркшейдерской опорной сети для районов с сезонным промерзанием грунтов (тип 190)

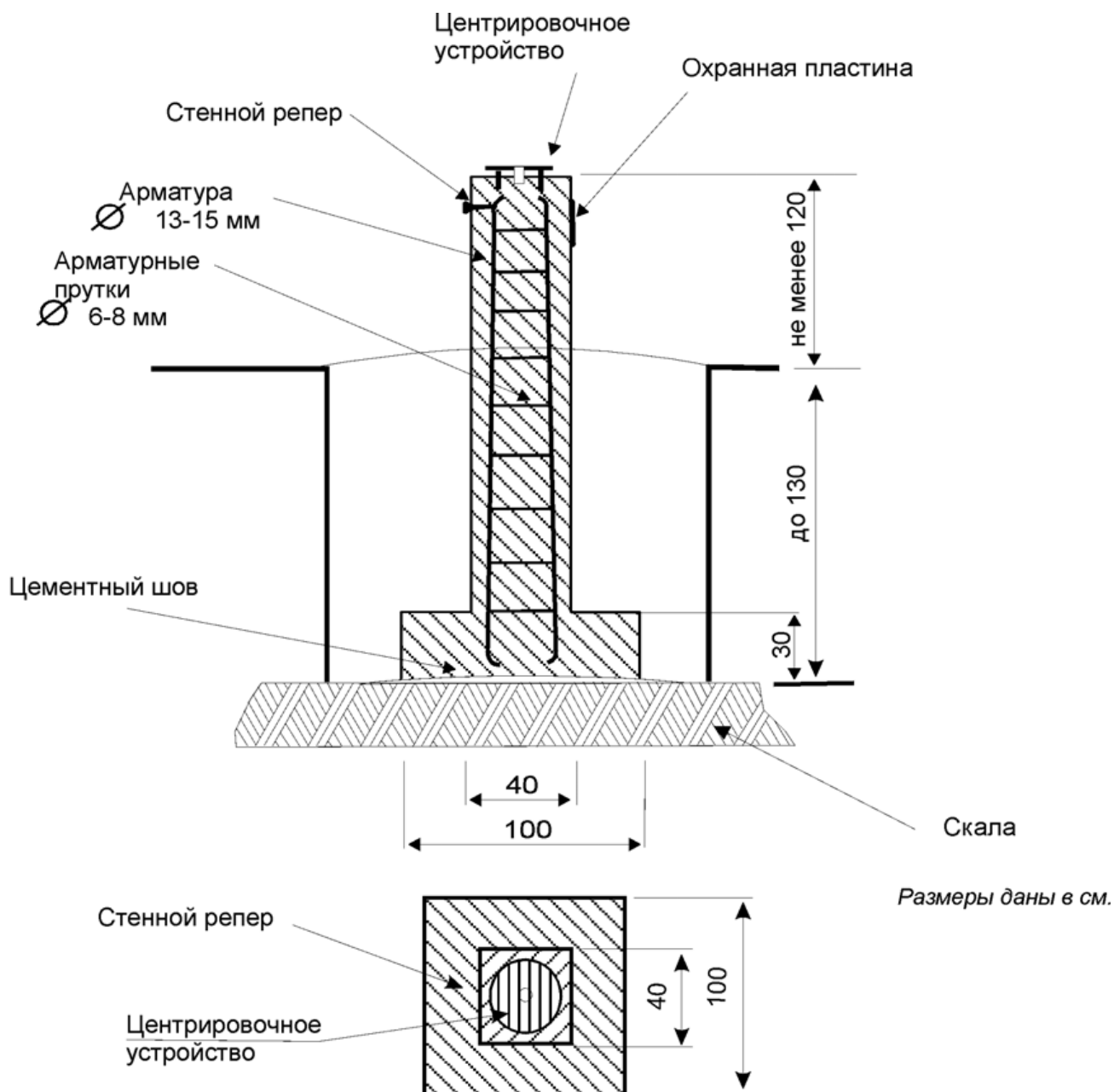


Рис. 4.34. Рабочий центр пункта маркшейдерской опорной сети для скальных грунтов (тип 191)

Для уравнивания маркшейдерской опорной сети в государственной системе координат используются координаты всех исходных пунктов ГГС. Производится строгая увязка государственной геодезической и опорной маркшейдерской сетей, как это показано на рис. 4.35.

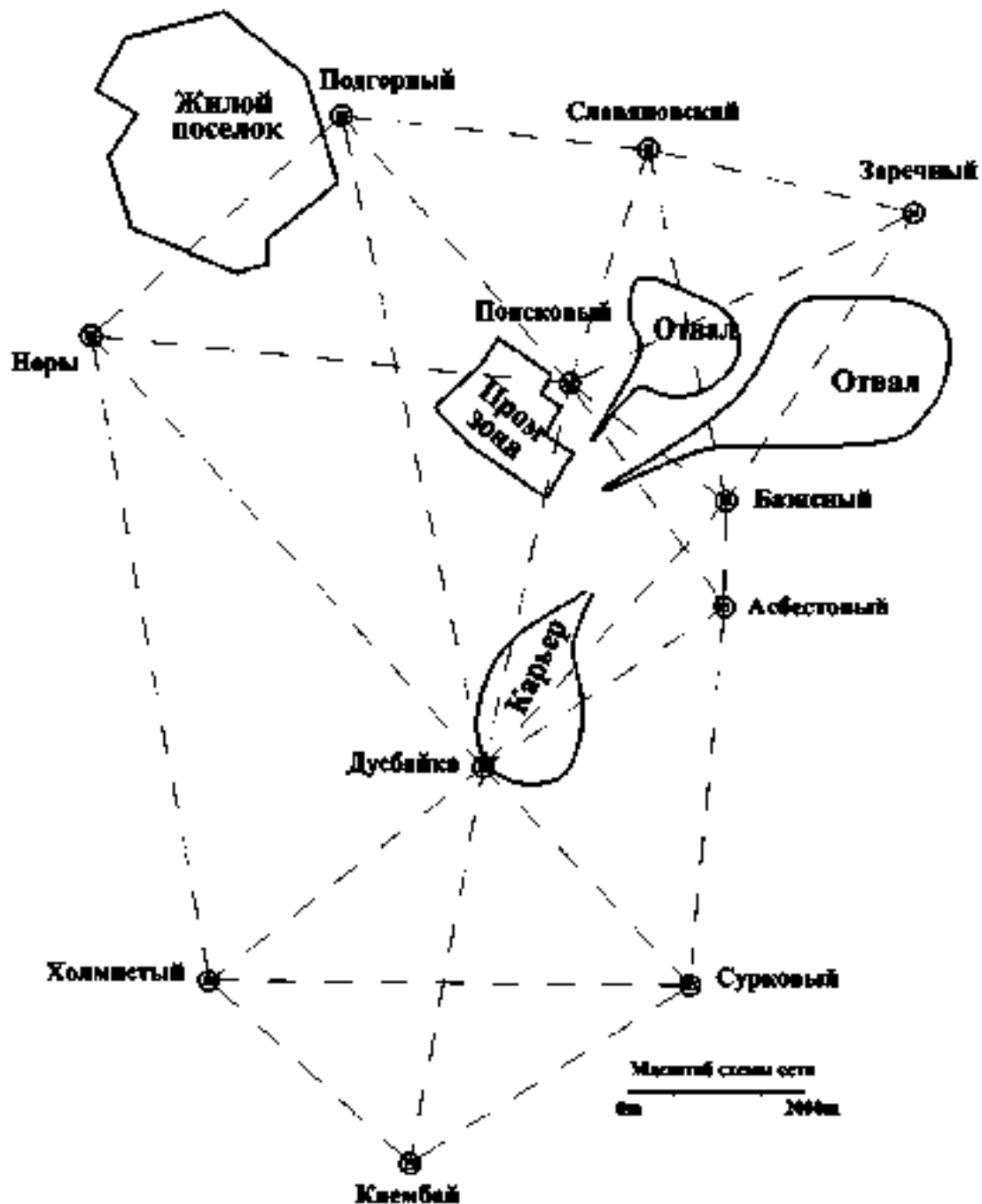


Рис. 4.35. Схема привязки опорной сети карьера к пунктам ГГС

В результате такой совместной увязки сетей с применением алгоритмов уравнивания выявляются пункты, координаты которых претерпели значительные изменения и должны быть перепределены, а также пункты, координаты которых изменения не претерпели и которые можно считать условно неподвижными. В данном случае за условно неподвижные пункты сети были при-

няты пункты государственной геодезической сети третьего класса «Подгорный» и «Норы», величины, изменения пространственных координат которых оказались сопоставимы с точностью GPS-измерений.

После дополнительных наблюдений совместная сеть строго уравнивается, и от условно неподвижных пунктов сети переопределяются координаты пунктов сети, расположенных в относительной близости от района работ. Дальнейшее определение координат новых пунктов опорной маркшейдерской сети и переопределение старых производится уже от вблизи расположенных пунктов государственной геодезической сети и пунктов маркшейдерской опорной сети, координаты которых были переопределены в предыдущем уравнивании.

В нашем случае плано-высотная привязка опорной сети карьера производилась от 4-х пунктов сети 2-го, 3-го и 4-го классов «Дусбайка», «Поисковый», «Асбестовый» и «Базисный». В результате выполнения данной работы были определены современные пространственные координаты пунктов опорной сети карьера, расположенных на верхней бровке по всему периметру карьера. Схема опорной сети карьера приведена на рис. 4.36. Приведенная технология выполнения геодезических работ позволяет существенно снизить затраты времени на определение координат пунктов маркшейдерской опорной сети и получить качественный результат.

GPS геодезическая сеть по сути своей представляет собой линейно-угловую сеть, в которой измеренными величинами являются длины линий, превышения между концами линий и азимуты линий. Для однозначного нахождения координаты определяемой точки необходимо измерить только один вектор от точки с известными координатами (рис. 4.37). Такая технология называется радиально-лучевой, а ее аналог в традиционной геодезии – методом полярной засечки. На рисунке треугольниками показаны точки с известными координатами, прямоугольниками – определяемые точки. В данном случае резко снижаются затраты времени на определение координат пунктов опорной сети.

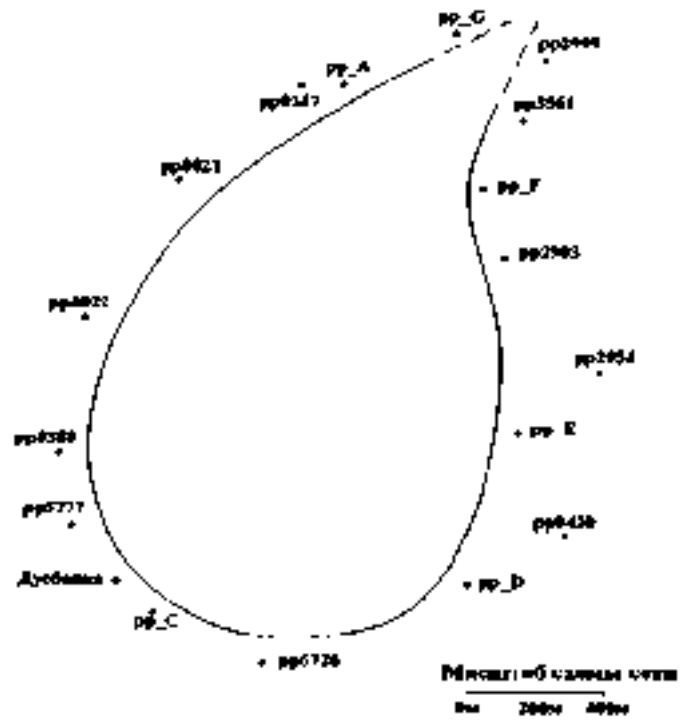


Рис. 4.36. Схема опорной сети карьера

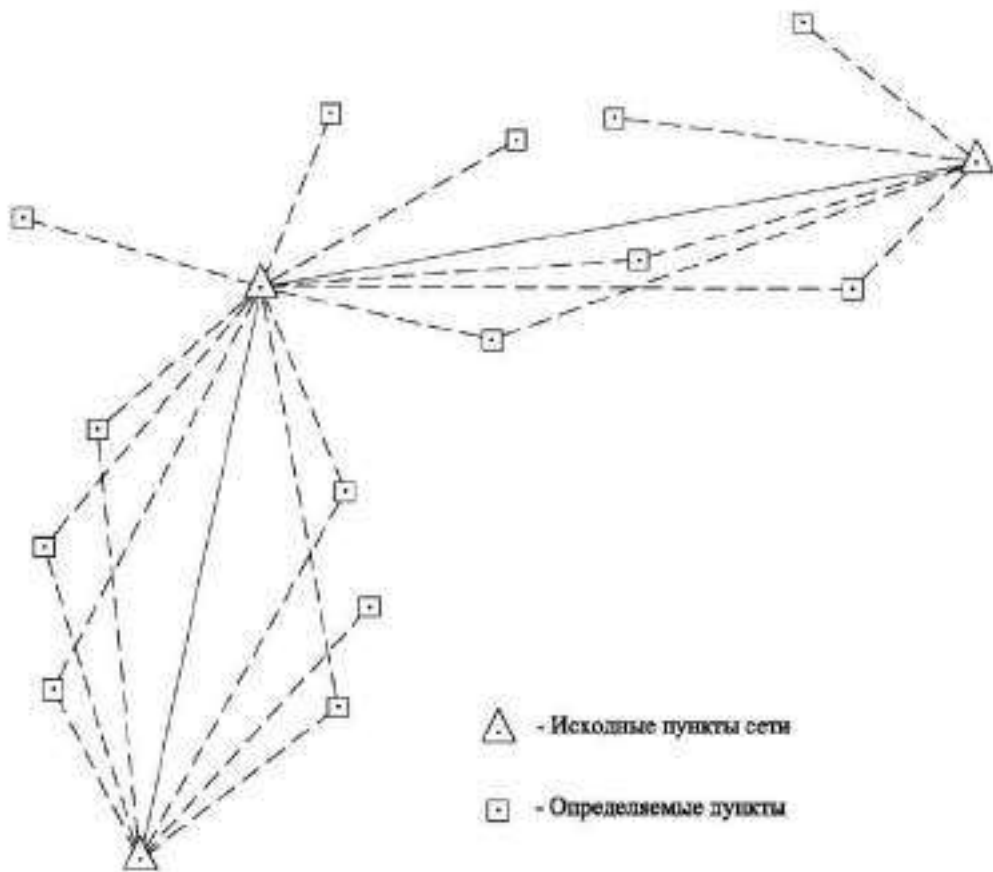


Рис. 4.37. Определение координат пунктов с использованием радиальной технологии наблюдений

Единственным недостатком этого способа является либо отсутствие какого-либо контроля определения координат, кроме внутреннего контроля вычислений, либо достаточно слабый контроль в случае, когда одновременно работают две базовые станции. Хотя, как показывает практика, по результатам внутреннего контроля вычислений можно гарантированно отбраковать недоброкачественные измерения и не возникает необходимости выполнения повторных полевых измерений.

Для выполнения же особо ответственных геодезических работ применяется другая технология, схематично представленная на рис. 4.38.

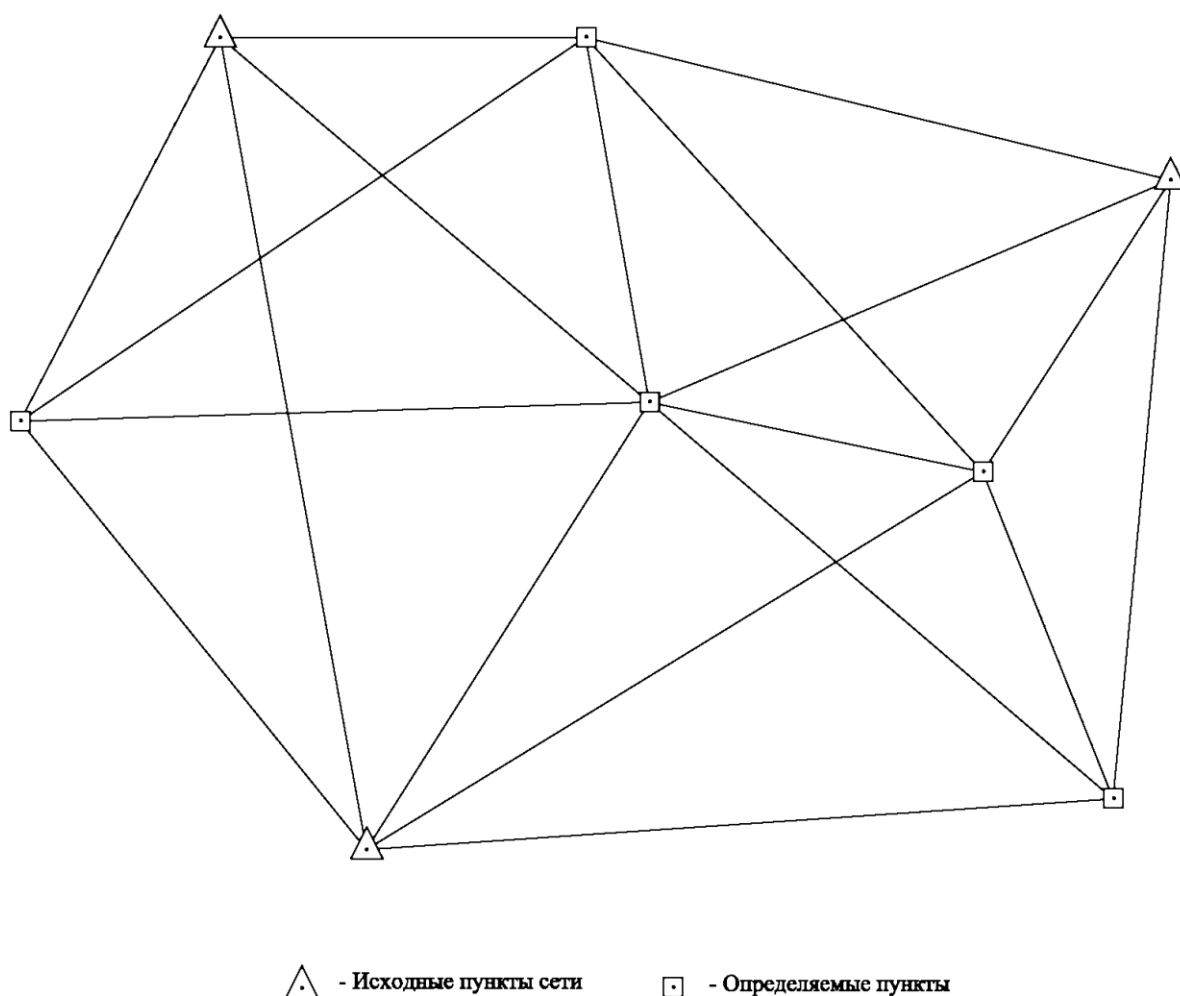


Рис. 4.38. Схема создания сети с контрольными измерениями

В этом случае на каждой определяемой точке наблюдаются как минимум три вектора. При таком способе спутниковых наблюдений возникают избыточные измерения в сети, что позво-

ляет уравнивать такую сеть методом наименьших квадратов. В случае выбраковки в такой сети некоторого количества векторов не возникает необходимости возвращаться в поле и выполнять повторные измерения. После отбраковки некачественных векторов, как правило, имеется возможность для дальнейшего уравнивания сети. При применении этой технологии наблюдений затраты времени на определение координат пункта сети увеличиваются как минимум в два раза, что компенсируется более надежными результатами всей работы.

Одним из самых часто задаваемых вопросов при создании и реконструкции опорных сетей методами спутниковой геодезии является вопрос о том, насколько эффективнее создавать маркшейдерско-геодезическую сеть с применением новых технологий по сравнению с методами традиционной геодезии. Практика показывает, что в зависимости от различных внешних факторов увеличение производительности труда может составлять от 25 до 100 % и более. Наибольшее увеличение эффективности использования комплексов спутниковой геодезии наблюдается при производстве работ на открытой местности, где характерны малые помехи прохождения спутникового радиосигнала. Однако следует иметь в виду, что при всех имеющихся неоспоримых достоинствах методы спутниковой геодезии имеют несколько ограниченные условия применения и ни в коей мере не могут полностью заменить традиционные методы создания и реконструкции опорных маркшейдерско-геодезических сетей на открытых горных разработках. Наиболее приемлемым в данном случае является совместное использование методов традиционной и спутниковой геодезии.

4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских сетей на карьерах

4.3.1. Общие положения

Маркшейдерские сети – плановые и высотные – представляют собой совокупность закрепленных на земной поверхности и в горных выработках пунктов, пространственное положение которых определяется координатами x , y , z в единой системе координат. Как правило, пункты маркшейдерских сетей имеют пла-

новые x , y и высотные z координаты, и поэтому маркшейдерские сети можно называть плано-высотными сетями.

По назначению маркшейдерские сети делятся на *маркшейдерские опорные сети* и *маркшейдерские съёмочные сети* [3, 24].

Маркшейдерские опорные сети создаются силами маркшейдерской службы горного предприятия или лицензированными на этот вид деятельности подрядными организациями. Они включают, при необходимости, имеющиеся на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия пункты государственной геодезической сети – триангуляции и полигонометрии 3-го и 4-го классов, 1-го и 2-го разрядов. Основными методами создания маркшейдерских опорных сетей являются – спутниковая геодезия, триангуляция, трилатерация и полигонометрия 4 классов, 1-го и 2-го разрядов, нивелирование III и IV класса в соответствии с установленными требованиями [3].

Таблица 4.4

Требования к маркшейдерским опорным сетям

| Класс, разряд | Триангуляция | Полигонометрия и трилатерация | |
|---------------|--------------|-------------------------------|--|
| | m_B | m_B | Предельная относительная невязка хода, $f_{доп}$ |
| 4 класс | 2" | 2" | 1:25 000 |
| 1 разряд | 5" | 5" | 1:10 000 |
| 2 разряд | 10" | 10" | 1:5 000 |

Маркшейдерские съёмочные сети создаются силами маркшейдерской службы горного предприятия на основе пунктов маркшейдерской опорной сети. Основными методами создания маркшейдерских съёмочных сетей являются – спутниковая геодезия, теодолитные ходы, геодезические засечки.

Ошибки положения пунктов маркшейдерской съёмочной сети относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети не должны превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съёмки и 0,2 м по высоте [3, п. 60]. Съёмку карьеров и отвалов выполняют в масштабе 1:1000, 1:2000 и 1:5000 [3, п. 59], при съёмке небольших по размерам карьеров допускается масштаб 1:500 [25]. Поэтому ошибки положения пунктов маркшейдерской съёмочной сети в плане M_P не должны превышать: 0,2 м

(при масштабе съемки 1:500); 0,4 м (при масштабе съемки 1:1000) и т.д.

На различных стадиях построения и использования маркшейдерских сетей выполняется анализ точности – оценка погрешностей отдельных элементов сетей: координат пунктов сети; дирекционных углов, длин сторон и др. В зависимости от стадии построения и использования сети преследуются следующие цели [24]:

- при проектировании сети – выбор приборов и методов измерений;
- при создании сети – контроль качества выполненных измерений;
- в процессе эксплуатации сети – решение вопросов о возможности использования ее при выполнении инженерных работ с заданной точностью.

На стадии проектирования сети выполняется предварительный анализ (предрасчет) точности элементов сети, исходя из приборов, имеющихся в распоряжении исполнителя работ. В процессе проектирования маркшейдерских опорных сетей определяется геометрическая схема (геометрия) сети, при которой, с учетом принятого метода создания сети и точностных характеристик оборудования, погрешности элементов сети не превысят нормативных показателей. При проектировании маркшейдерских съемочных сетей обоснованию подлежит метод создания сети, обеспечивающий необходимую точность определения положения пунктов съемочной сети.

В процессе создания сети выполняются различные виды контроля качества выполненных измерений – полевой и заключительный.

Полевой контроль осуществляется по внутренней сходимости результатов измерений. Измерения одних и тех же элементов сети выполняются не менее двух раз – в полигонометрии и теодолитных ходах углы следует измерять двумя приемами, а длины сторон в прямом и обратном направлении. Для установления допуска можно задаться доверительной вероятностью $\gamma = 0,95$ [26]. При этой доверительной вероятности допустимое расхождение для двойных равноточных измерений определяется по формуле:

$$R_{\text{II}} = 2,7 \sigma, \quad (4.1)$$

где σ – паспортная точность однократного измерения прибором.

Например, допустимое расхождение между двумя приемами при измерении горизонтального угла теодолитом типа Т5 составит $2,77 \times 5'' = 14''$, т. к. паспортная точность измерения угла одним приемом для этого теодолита составляет $5''$.

Заключительный контроль выполняется с помощью сравнения полученных невязок ходов с допустимыми невязками – угловыми, линейными, высотными и проч. В сложных маркшейдерских сетях, состоящих из нескольких взаимосвязанных ходов или геометрических фигур, оценка точности производится по результатам уравнивания.

В процессе эксплуатации сети ее стороны и пункты могут быть использованы в качестве исходных данных при решении производственных задач и проложении ходов специального назначения. Знание ошибок исходных данных необходимо для анализа точности этих работ.

4.3.2. Накопление ошибок в линейно-угловых ходах

В линейно-угловом ходе (полигонометрическом или теодолитном) измеряются горизонтальные углы на пунктах хода и длины сторон между соседними пунктами хода. Рассмотрим наиболее простой вид линейно-углового хода – разомкнутый свободный (висячий) полигон (рис. 4.39).

Координаты пункта A – последней точки хода – вычисляются по формулам:

$$x_A = x_1 + \sum_{s=1}^n l_s \cos \alpha_s \quad \alpha_s = \alpha_1 + \sum_{i=1}^s \beta_i - s \cdot \beta \quad (4.2)$$

$$y_A = y_1 + \sum_{s=1}^n l_s \sin \alpha_s \quad \alpha_s = \alpha_1 + \sum_{i=1}^s \beta_i - s \cdot \beta$$

где x_1 и y_1 – координаты исходного пункта; l_s , β_i – измеренные значения длин сторон и левых углов хода; α_0 , α_s – дирекционные углы исходной и последующих сторон хода.

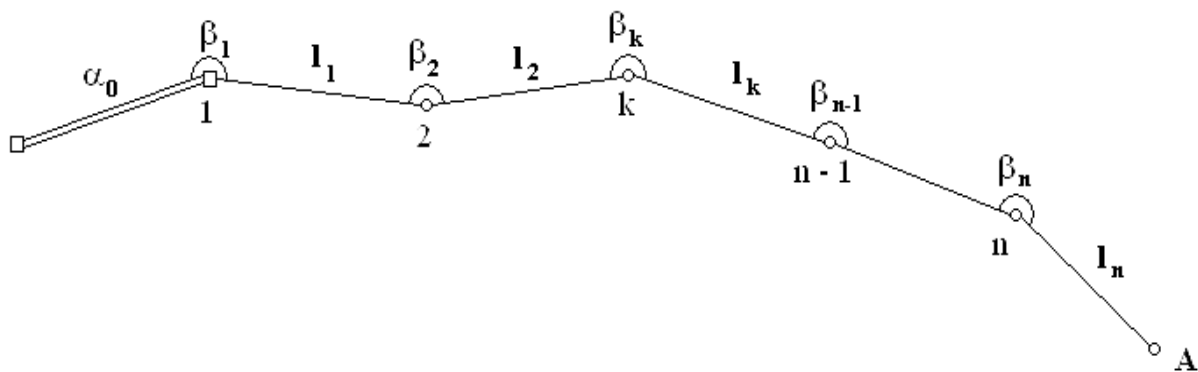


Рис. 4.39. Схема разомкнутого свободного полигона

Полные средние квадратические ошибки координат последней точки запишем в следующем виде:

$$M_{x_A}^2 = M_{x_1}^2 + M_{x_l}^2 + M_{x_\alpha}^2 + M_{x_\beta}^2; \quad (4.3)$$

$$M_{y_A}^2 = M_{y_1}^2 + M_{y_l}^2 + M_{y_\alpha}^2 + M_{y_\beta}^2,$$

где $M_{x_1}, M_{x_l}, M_{x_\alpha}, M_{x_\beta}$ – составляющие полной ошибки координаты x точки A , обусловленные соответственно ошибками координаты x исходного пункта, ошибками линейных измерений, ошибками дирекционного угла исходной стороны и ошибками угловых измерений. Аналогичные обозначения приняты для M_{y_A} .

Для вычисления составляющей M_{x_l} дифференцируем выражение (4.2) по всем длинам l_s

$$\frac{\partial x_A}{\partial l_s} = c \quad \alpha_s; \quad \frac{\partial y_A}{\partial l_s} = s \quad \alpha_s.$$

Складывая произведения квадратов производных на квадраты средних квадратических ошибок линейных измерений, получим

$$M_{x_l}^2 = \sum_{s=1}^n \left(\frac{\partial x_A}{\partial l_s} \right)^2 m_{l_s}^2 = \sum_{s=1}^n (c \quad \alpha_s m_{l_s})^2; \quad M_{y_l}^2 = \sum_{s=1}^n (s \quad \alpha_s m_{l_s})^2, \quad (4.4)$$

где m_{l_s} – средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны хода.

Частные производные выражения (4.2) по исходному дирекционному углу α_0 имеют вид:

$$\frac{\partial x_A}{\partial \alpha_0} = -\sum_{s=1}^n l_s \sin \alpha_s \quad \Delta y_s = -(y_A - y_1) = y_1 - y_A;$$

$$\frac{\partial y_A}{\partial \alpha_0} = \sum_{s=1}^n l_s \cos \alpha_s \quad \Delta x_s = x_A - x_1.$$

Таким образом, влияние ошибки дирекционного угла исходной стороны хода оценивается формулой

$$M_{x_\alpha}^2 = (y_A - y_1)^2 \frac{m_{\alpha_0}^2}{\rho^2}; \quad M_{y_\alpha}^2 = (x_A - x_1)^2 \frac{m_{\alpha_0}^2}{\rho^2}, \quad (4.5)$$

где m_{α_0} – средняя квадратическая ошибка дирекционного угла исходной стороны.

Дифференцируем выражение (4.2) по всем углам β_i :

$$\frac{\partial x_A}{\partial \beta_1} = y_1 - y_A; \quad \frac{\partial x_A}{\partial \beta_2} = y_2 - y_A; \quad \dots \quad \frac{\partial x_A}{\partial \beta_n} = y_n - y_A;$$

$$\frac{\partial y_A}{\partial \beta_1} = x_A - x_1; \quad \frac{\partial y_A}{\partial \beta_2} = x_A - x_2; \quad \dots \quad \frac{\partial y_A}{\partial \beta_n} = x_A - x_n.$$

Складывая произведения квадратов производных на квадраты средних квадратических ошибок угловых измерений, получим

$$M_{x_\beta}^2 = \sum_{s=1}^n \left(\frac{\partial x_A}{\partial \beta_s} \right)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho} \right)^2 = \sum_{s=1}^n (y_A - y_s)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho} \right)^2;$$

$$M_{y_\beta}^2 = \sum_{s=1}^n (x_A - x_s)^2 \left(\frac{m_{\beta_s}}{\rho} \right)^2, \quad (4.6)$$

где m_{β_s} – средняя квадратическая ошибка измерения углов в ходе.

Формулы (4.3) – (4.6) применяются при анализе точности ходов любой формы. Обычно ошибками координат исходного пункта пренебрегают ($M_{x_1} = M_{y_1} = 0$), угловые измерения считают равноточными ($m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = \dots = m_{\beta_s} = m_{\beta}$), т. к. влиянием ошибок центрирования теодолита и сигналов на поверхности можно пренебречь, а ошибки линейных измерений представляют в относительном виде:

$$m_{l_s} = \frac{l_s}{T}, \quad (4.7)$$

где T – знаменатель формулы относительных ошибок линейных измерений (показатель точности линейных измерений – чем больше знаменатель T , тем точнее измерения).

При числе сторон хода $n > 5$ можно пренебречь ошибками исходного дирекционного угла. С учетом принятых допущений преобразуем формулы (4.3):

$$M_{x_A}^2 = \frac{1}{T^2} \sum_{s=1}^n (l_s \cos \alpha_s)^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{s=1}^n (y_A - y_S)^2; \quad (4.8)$$

$$M_{y_A}^2 = \frac{1}{T^2} \sum_{s=1}^n (l_s \sin \alpha_s)^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{s=1}^n (x_A - x_S)^2.$$

Теперь ошибку положения пункта A можно вычислить по формуле

$$M_A = \sqrt{M_{x_A}^2 + M_{y_A}^2} = \sqrt{\frac{1}{T^2} \sum_{s=1}^n l_s^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{s=1}^n L_s^2}. \quad (4.9)$$

где L_s – расстояния между точками хода и конечной точкой A (рис. 4.40).

Формула (4.9) описывает закон накопления ошибок в линейно-угловом ходе.

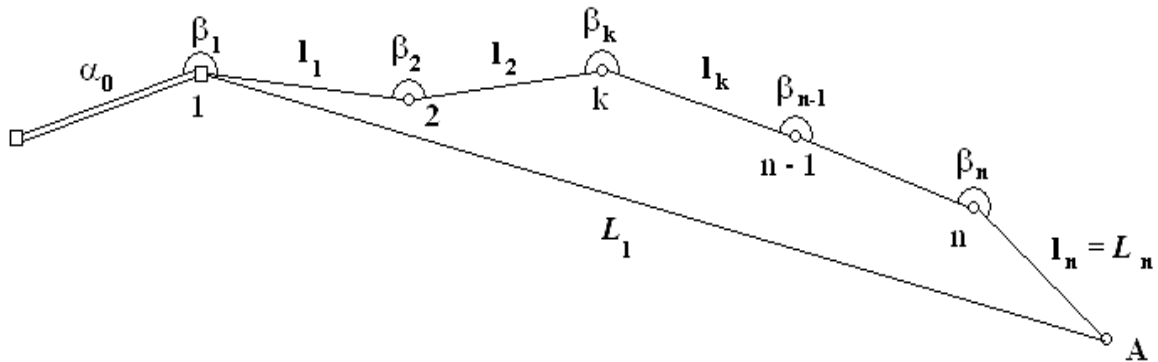


Рис. 4.40. Замыкающая изогнутого хода

Дальнейшие упрощения формулы (4.9) возможны при замене изогнутого хода на вытянутый равносторонний ход (рис. 4.41).

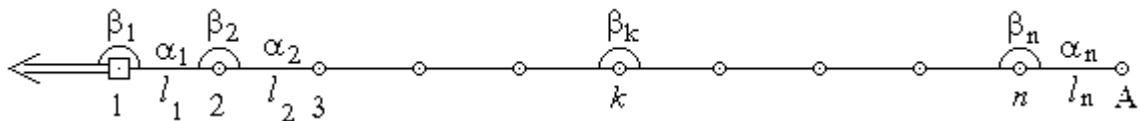


Рис. 4.41. Вытянутый равносторонний ход, проложенный от твердой стороны

Для этого случая очевидно:

$$\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 1. \quad \circ; \quad l_1 \approx l_2 = \dots = l_n = l; \quad L_s = s.$$

Перепишем формулу (9)

$$M_A = \sqrt{\frac{l^2}{T^2} \sum_{s=1}^n 1 + \frac{m_{\beta}^2 l^2}{\rho^2} \sum_{s=1}^n s^2} = \sqrt{\frac{n^2}{T^2} + \frac{m_{\beta}^2 l^2}{\rho^2} \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}}. \quad (4.10)$$

Заметим, что в подкоренном выражении первое слагаемое характеризует влияние ошибок линейных измерений на ошибку положения пункта, а второе слагаемое показывает вклад ошибок угловых измерений.

Формулу (4.10) можно еще упростить, если вынести из-под корня значение длины хода $L = n l$:

$$M_A = L \sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{2n+3+1/n}{6}} \cong L \sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{n+1,5}{3}}. \quad (4.11)$$

Из формул (4.9) – (4.11) можно заключить, что ошибка положения последней точки линейно-углового хода зависит от точности линейных и угловых измерений, длины и геометрии хода, количества сторон хода.

Предельная относительная линейная ошибка (невязка) хода определяется по формуле

$$f_{\text{д}} = c_{2;P} \frac{M_A}{L} = c_{2;P} \sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{m_\beta^2}{T\rho^2} \frac{n+1,5}{3}}.$$

где $c_{2,P}$ – квантиль двумерного нормального распределения при доверительной вероятности P .

В геодезической нормативной литературе при назначении допусков для невязок принята доверительная вероятность $P = 0,99$. Вектор линейной невязки имеет двумерное нормальное распределение, поэтому $c_{2; 0,99} = 3,03 \approx 3$ (табл. 9.2 в [4]), и допустимая невязка

$$f_{\text{д}} = 3 \sqrt{\frac{1}{n^2 T} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{n+1,5}{3}}. \quad (4.12)$$

При проектировании линейно-угловых сетей применяется принцип равных относительных ошибок [26], в соответствии с которым относительные ошибки линейных измерений приравниваются средним квадратическим ошибкам угловых измерений, выраженным в радианной мере

$$\frac{1}{T} = \frac{m_\beta}{\rho}. \quad (4.13)$$

Например, для ходов полигонометрии 4-го класса точность линейных измерений должна быть не ниже

$$\frac{1}{T} = \frac{2''}{\rho} \approx \frac{1}{100000}$$

Необходимая точность линейных измерений для линейно-угловых ходов, рассчитанная по формуле (4.13), приведена в табл. 4.5.

Таблица 4.5

**Показатели точности угловых и линейных измерений
в полигонометрических и теодолитных ходах**

| | Класс, разряд | m_β | $f_{\beta \text{ доп}}$ | 1/T |
|------------------|---------------|-----------|-------------------------|-----------|
| Полигонометрия | 4 класс | 2" | $5'' \sqrt{n}$ | 1:100 000 |
| | 1 разряд | 5" | $10'' \sqrt{n}$ | 1:40 000 |
| | 2 разряд | 10" | $20'' \sqrt{n}$ | 1:20 000 |
| Теодолитные ходы | | 20" | $40'' \sqrt{n}$ | 1:10 000 |
| | | 30" | $60'' \sqrt{n}$ | 1:7 000 |

С учетом формулы (4.13) закон накопления ошибок в вытянутом равностороннем ходе можно записать в двух формах:

$$M_A = \frac{L}{T} \sqrt{\frac{n+2}{3}}; \quad M_A = \frac{m_\beta L}{\rho} \sqrt{\frac{n+2}{3}}. \quad (4.14)$$

Формулы (4.14) можно применять для приближенного предварительного расчета точности и при проектировании линейно-угловых ходов.

Формулу (4.12) можно представить в виде

$$f_d = \frac{3}{T} \sqrt{\frac{n+2}{3}} = \frac{\sqrt{3(n+2)}}{T}. \quad (4.15)$$

Из формулы (4.15) следует, что предельная относительная невязка хода зависит от числа сторон в ходе n . В табл. 4.6 приведены значения $f_{\text{доп}}$ для различных нормативных значений n .

Анализ табл. 4.5 и сравнение ее с табл. 2 (п. 27 Инструкции [3]) и с табл. 3 (п. 28 Инструкции [3]) показывает:

значения предельных относительных невязок хода, приведенные в табл. 2 (п. 27 Инструкции [3]) справедливы при $n < 3$, а не при $n = 15$;

таблицы 2 и 3 Инструкции [3] не согласованы между собой по величине предельных относительных невязок.

Таблица 4.6

**Значения предельных относительных невязок ходов
при различном числе сторон хода**

| | Класс, разряд | m_B | 1/Т | $n = 3$ | $n = 15$
п. 27 | $n = 30$
п. 28 |
|------------------|---------------|-------|--------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Полигонометрия | 4 класс | 2" | 1:100
000 | 1:25
000 | 1:14
000 | 1:10 000 |
| | 1 разряд | 5" | 1:40 000 | 1:10
000 | 1:5 600 | 1:4 000 |
| | 2 разряд | 10" | 1:20 000 | 1:5 000 | 1:2 800 | 1:2 000 |
| Теодолитные ходы | | 20" | 1:10 000 | 1:2 500 | 1:1 400 | 1:1 000 |
| | | 30" | 1:7 000 | 1:1 800 | 1:1 000 | 1:700 |

На практике при назначении предельной линейной невязки свободного хода можно руководствоваться табл. 4.6 в зависимости от фактического числа сторон в ходе.

Формулы (4.9) и (4.11) получены для свободных ходов. Ошибка положения любой k – ой точки хода определяется по этим же формулам, но с заменой $n = k$. Очевидно, что с увеличением номера точки будет возрастать ошибка положения точки. На практике часто ходы прокладываются между известными пунктами (пунктами более высокого разряда). Если полученные при этом линейные и угловые невязки не превысили допустимые значения, то выполняется уравнивание хода – приближенное (раздельное) или строгое. Для ходов полигонометрии 4-го класса требуется выполнять строгое уравнивание.

Если ход опирается с обеих сторон на пункты с известными координатами или дирекционными углами, то в результате избы-

точных измерений после уравнивания точность элементов хода (координат пунктов, дирекционных углов) повышается. Например, для хода, проложенного между сторонами с известными дирекционными углами (рис. 4.42), ошибка положения наиболее слабого пункта (также последнего в ходе) после разброса угловой невязки повысится в 2 раза.

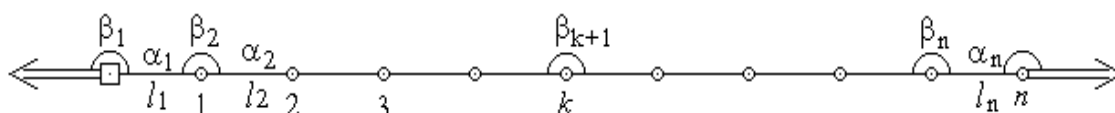


Рис. 4.42. Ход между сторонами с известными дирекционными углами

Возможны и другие варианты ходов (рис. 4.43).

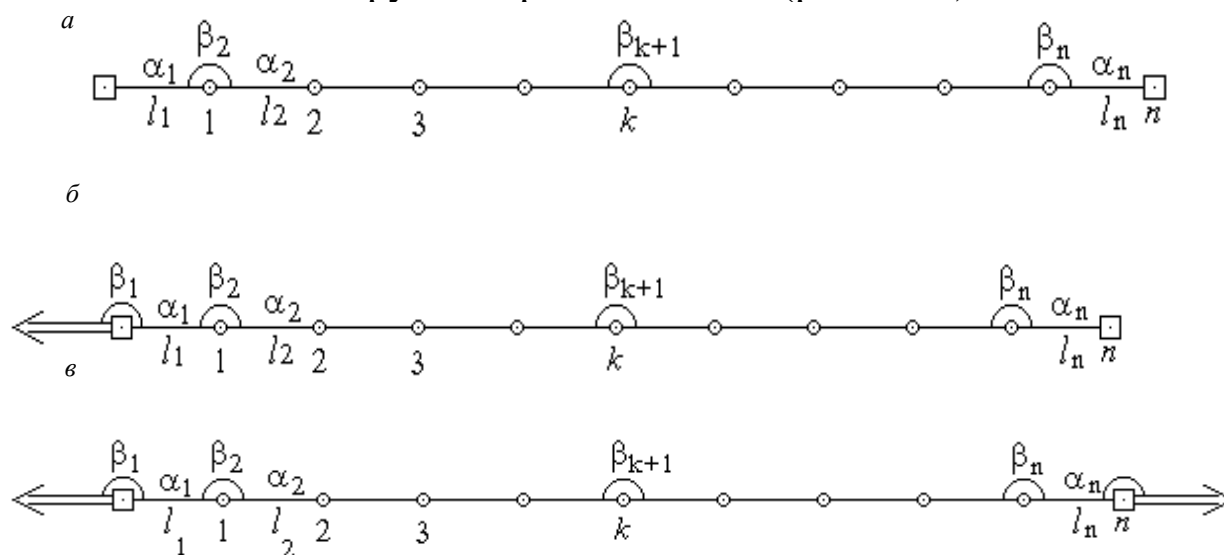


Рис. 4.43. Различные виды замыкания ходов:

а – ход между двумя пунктами; *б* – на твердый пункт; *в* – на твердую сторону

Ошибка положения k -го пункта определяется в основном ошибками угловых измерений. Наибольшую ошибку имеет пункт, расположенный в середине хода, а для случая замыкания на твердый пункт (рис. 4.36, *б*) – удаленный от начала хода на $0,58 L$. Максимальные значения ошибки положения пунктов, обусловленные ошибками угловых измерений, рассчитываются для различных видов ходов по формулам [27]:

ход между двумя пунктами

$$M_{k=n/2} = \frac{m_{\beta}L}{\rho} \sqrt{\frac{n^2 + 2}{4n8}}; \quad (4.16)$$

замыкание на твердый пункт

$$M_{k=0,5n} = \frac{m_{\beta}l}{\rho} \sqrt{\frac{k(k+1)}{6} \left(2k+1 - \frac{k(k+1)3n-(k+1)^2}{n(n+1)2n-1} \right)}; \quad (4.17)$$

замыкание на твердую сторону

$$M_{k=n/2} = \frac{m_{\beta}L}{\rho} \sqrt{\frac{(n+2)n^2(+2n+4)}{1n(n+1)2}}. \quad (4.18)$$

Точность ходов повышается с каждым дополнительным условием – угловым, координатным и т. д. Для ходов, опирающихся на два пункта, она в 4 раза выше, а строгое уравнивание хода, опирающегося на две стороны, позволяет повысить точность ошибки положения наиболее слабого пункта в 8 раз по отношению к свободному ходу.

Таким образом, точность линейно-углового хода зависит от его геометрии, наличия избыточных исходных данных, точности угловых и линейных измерений.

Приведенные выше формулы для прямолинейных равносторонних ходов могут использоваться при анализе точности криволинейных ходов при соблюдении некоторых условий (критерии прямолинейности и равносторонности хода):

ход можно оценивать как прямолинейный, если направления его сторон отличаются от направления замыкающей не более чем на 30°;

ход можно считать равносторонним, если его стороны отличаются не более чем на 20 %.

4.3.3. Накопление ошибок в высотных ходах

Высотные отметки пунктов маркшейдерских опорных и съемочных сетей определяются, как правило, по результатам геометрического нивелирования. Маркшейдерская служба пред-

приятия может создавать сети III и IV классов, а также прокладывать ходы технического нивелирования. Требования к высотным сетям приведены в табл. 4.

Таблица 4.7

Характеристика точности ходов геометрического нивелирования [28], [3, п. 83]

| Показатели | III класс | IV класс | Техническое нивелирование |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| СКО 1 км хода одинарного | 5 мм | 10 мм | 20 мм |
| Допустимая невязка, $f_{\text{доп}}$ | $10 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$ | $20 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$ | $50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$ |
| Оптимальная длина визирного луча, м | 75 | 100 | 125 |
| Допустимая длина визирного луча, м | 100 | 150 | 150 |
| СКО на 1 км двойного хода, мм | 3 | 6 | 15 |

Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлении [3, п. 29], ходы IV класса и технического нивелирования проходят между опорными реперами в одном направлении, допускается прокладывать висячие ходы технического нивелирования в прямом и обратном направлении.

Рассмотрим свободный (висячий) нивелирный ход от опорного (исходного) репера *A* (рис. 4.44).

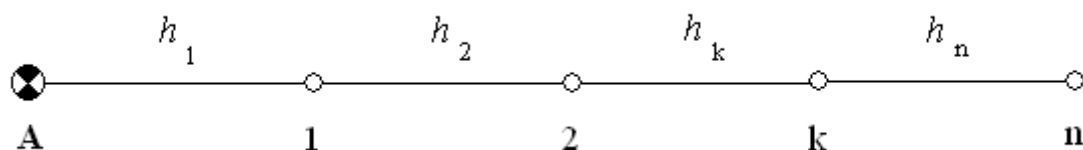


Рис. 4.44. Висячий нивелирный ход

Высотная отметка последней точки хода определяется через сумму превышений, определенных на каждой станции:

$$H_n = H_A + \sum_{i=1}^n h_i. \quad (4.19)$$

По правилам теории ошибок средняя квадратическая ошибка высотной отметки последней точки вычисляется по формуле:

$$m_{H_n} = \sqrt{m_{H_A}^2 + \sum_{i=1}^n m_{h_i}^2}. \quad (4.20)$$

Погрешностью исходных данных можно пренебречь, а средние квадратические ошибки превышений будем считать равными, т. е. $h_1 = h_2 = \dots = h_n = h$. Тогда

$$m_H = m_h \sqrt{n}, \quad (4.21)$$

где n – число стоянок хода.

Формула (4.21) используется при анализе точности нивелирных ходов в условиях гористой местности, когда точность зависит от числа стоянок в ходе. Преобразуем формулу (4.21):

$$m_H = m_h \sqrt{n} = m_h \sqrt{\frac{L_K}{2l}} = \frac{m_{kh}}{\sqrt{2l}} \sqrt{L_K} = \mu \sqrt{L_K}, \quad (4.22)$$

где l – расстояние от нивелира до рейки, км.

Формула (4.22) описывает закон накопления ошибок в нивелирном ходе для условий равнинной местности, когда точность зависит от длины хода. Предельные значения коэффициента μ для различного класса точности имеются в табл. 4.7. Так, для III-го класса нивелирования $\mu_{\text{пред}} = 10$ мм, для технического нивелирования $\mu_{\text{пред}} = 50$ мм. Переходя от предельных значений коэффициента μ (переходные коэффициенты: $k_3 = 2$ для III и IV классов; $k_3 = 2,5$ для технического нивелирования) при нормальных расстояниях от нивелира до рейки (см. табл. 4.7) можно рассчи-

тать для каждого класса нивелирования средние квадратические ошибки определения превышений на станции:

$$m_h = \frac{\mu_{п\ p} \sqrt{2l_{ж\ м}}}{k_3}. \quad (4.23)$$

Для условий гористой местности длина визирного луча может быть уменьшена до 30 м. Рассчитанные по формуле (4.23) значения погрешностей превышений для различных условий приведены в табл. 4.8. Они могут быть использованы при проектировании и анализе точности ходов геометрического нивелирования.

Таблица 4.8

**Дополнительные характеристики точности
геометрического нивелирования**

| Показатели | III класс | IV класс | Техническое нивелирование |
|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| СКО превышения в равнинной местности, мм | 2 | 5 | 10 |
| СКО превышения в гористой местности, мм | 1,2 | 2,5 | 5 |
| Допустимая невязка в гористой местности, $f_{доп}$ | $2,5 \text{ мм} \sqrt{n}$ | $5 \text{ мм} \sqrt{n}$ | $10 \text{ мм} \sqrt{n}$ |

Важной характеристикой точности работ по геометрическому нивелированию является средняя квадратическая ошибка двойного нивелирования 1 км хода $m_{1\text{кмд.х}}$, или средняя квадратическая ошибка среднего из прямого и обратного ходов длиной 1 км. Именно эта характеристика является паспортной точностью нивелиров и служит для выбора нивелира при проектировании работ.

Для расчета СКО на 1 км двойного хода применяется формула

$$m_{1\text{кмд.х}} = \bar{x} \frac{\mu_{п\ p}}{k_3 \sqrt{2}}. \quad (4.24)$$

Для высотных маркшейдерских опорных и съемочных сетей получим:

III класс – $m_{1кмд.х} = 3,5$ мм ($\mu = 10$ мм, $k_3 = 2$);

IV класс – $m_{1кмд.х} = 7$ мм ($\mu = 20$ мм, $k_3 = 2$);

техническое нивелирование – $m_{1кмд.х} = 14$ мм ($\mu = 50$ мм, $k_3 = 2,5$).

Эти значения хорошо согласуются с нормативными характеристиками (см. табл. 4.7). В табл. 4.9 приведены современные нивелиры, точность которых отвечает требованиям, предъявляемым к маркшейдерским высотным сетям.

Формула (4.21) получена для свободных ходов. Ошибка положения любой k – ой точки хода определяется по этой же формуле, но с заменой $n = k$. С увеличением номера точки возрастает ошибка положения точки.

Таблица 4.9

Современные нивелиры, точность которых отвечает требованиям, предъявляемым к маркшейдерским высотным сетям

| Класс нивелирования | $m_{1кмд.х}$, мм | | Нивелиры с компенсатором |
|---------------------|-------------------|-----------|--|
| | требуемая | приборная | |
| III | 3,5 | 2,5 – 3 | C410 (Sokkia)
FG-040 (FPM)
4Н-3КЛ (Россия) |
| IV | 7 | 5 | 3Н-5КЛ (Россия) |
| Техническое | 14 | 10 | 3Н-10КЛ |

На практике часто ходы прокладываются между реперами более высокого разряда. Если полученная при этом невязка не превысила допустимые значения, то выполняется уравнивание хода – невязка распределяется с обратным знаком поровну на все превышения. Погрешностями исходных реперов пренебрегают.

Рассмотрим нивелирный ход, проложенный между двумя реперами А и В (рис. 4.45).

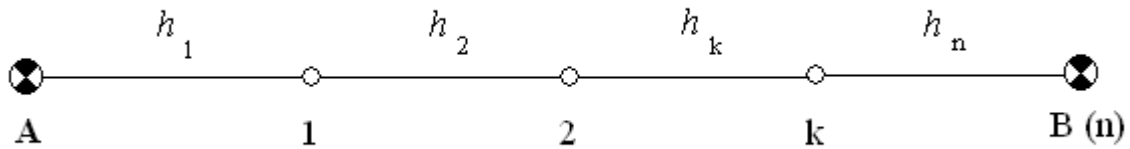


Рис. 4.45. Нивелирный ход между реперами A и B

Поправка в превышение вычисляется по формуле

$$v = -\frac{f_h}{n},$$

где невязка $f_h = \sum_{i=1}^n h_i - (H_B - H_A)$.

После введения поправок в превышения, высотная отметка k -ой точки хода равна

$$H_k = H_A + \sum_{i=1}^k h_i + v = H_A + \sum_{i=1}^k h_i - \frac{k}{n} f_h.$$

С учетом принятых допущений ($m_{H_A} = m_{H_B} = 0$; $m_{h_i} = m_h$) найдем среднюю квадратическую ошибку высотной отметки k -ой точки хода

$$m_{H_k} = m_h \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial H_k}{\partial h_i} \right)^2}.$$

Заметим, что первые k производных равны $\frac{\partial H_k}{\partial h_i} = 1 - \frac{k}{n}$, а следующие $(n - k)$ производных равны $\frac{\partial H_k}{\partial h_i} = \frac{k}{n}$. Поэтому получим

$$m_{H_k} = m_h \sqrt{\left(1 - \frac{k}{n}\right)^2 k + \left(\frac{k}{n}\right)^2 (n - k)} = m_h \sqrt{\frac{k(n - k)}{n}}. \quad (4.25)$$

Функция (4.25) достигает максимум при $k = 0,5 n$, т. е. наибольшую ошибку имеет пункт, находящийся в середине хода. Причем, эта ошибка в 2 раза меньше ошибки последнего пункта свободного хода (при той же длине хода). На рис. 4.46 представлено распределение ошибок положения пунктов в высотных ходах – свободном и несвободном.

Расчеты выполнены по формулам (4.21) и (4.25) для $n = 10$, средние квадратические ошибки пунктов выражены в средних квадратических ошибках превышений m_h , т. е по оси ординат даны значения подкоренных выражений в расчетных формулах.

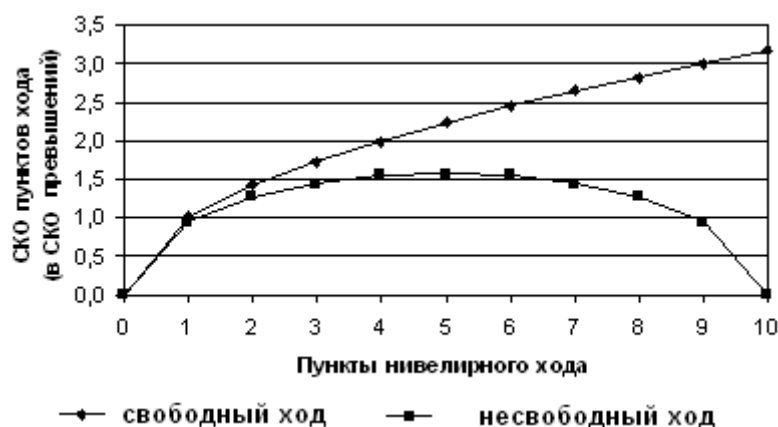


Рис. 4.46. Распределение ошибок положения пунктов в высотных ходах

Появление светодальномеров, а в последние годы электронных тахеометров способствовало широкому внедрению в практику построения планово-высотных сетей метода тригонометрического нивелирования.

Превышение между двумя пунктами при тригонометрическом нивелировании

$$h = l \sin \delta + i - v, \quad (4.26)$$

где l – измеренная наклонная длина линии; δ – вертикальный угол (или зенитное расстояние); i и v – высоты инструмента и визирной цели.

Дифференцируем формулу (4.26) и найдем дисперсию превышения по правилам теории ошибок

$$m_h^2 = m_l^2 \sin^2 \delta + l^2 \cos^2 \delta \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_v^2.$$

Для хода, состоящего из n вершин, погрешность высотной отметки последнего пункта определится из формулы

$$m_H^2 = \sum_{i=1}^n m_l^2 s^2 \delta_i + \frac{m_\delta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 c^2 \delta_i + n \frac{l_i^2}{i} + sm_v^2.$$

Примем закон ошибок линейных измерений в форме $m_l = \frac{l}{T}$ и пусть $m_i = m_v$. Тогда

$$m_H^2 = \sum_{i=1}^n l_i^2 \left(\frac{s^2 \delta}{T^2} + \frac{m_\delta^2}{\rho^2} c^2 \delta \right) + 2s \frac{l_i^2}{i}. \quad (4.27)$$

Приравняем в соответствии с принципом равных ошибок $\frac{1}{T} = \frac{m_\delta}{\rho}$ и пренебрежем вторым слагаемым. Для двойного равно-стороннего хода получим

$$m_H^2 = \frac{1}{2T^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 = \frac{n^2}{2T^2} = m_l^2 \frac{n}{2} = \frac{l^2}{2T^2},$$

или

$$m_H = \frac{1.6 \text{ м} \sqrt{l_{\text{км}} / 2}}{T} \sqrt{L_{\text{км}}}. \quad (4.28)$$

Опыт тригонометрического нивелирования с помощью электронных тахеометров показывает, что оптимальными можно считать длины сторон тригонометрического хода 300-400 м. При больших сторонах начинает сказываться ошибка наведения, и точность измерения вертикального угла снижается. Меньшие стороны приводят к росту числа стоянок.

Сравнивая формулы (4.22) и (4.28), найдем при $l = 0,4$ км и $T = 100\,000$ (4-й класс полигонометрии) предельное значение для μ ($k_3 = 2$):

$$\mu_{\text{пред}} = \frac{2 \cdot 1.6 \text{ м} \sqrt{l_{\text{км}} / 2}}{T} = 9 \text{ мм},$$

что соответствует точности геометрического нивелирования III класса. Аналогично получится, что если приборы и методика обеспечивают точность полигонометрии 1-го разряда, то тригонометрическое нивелирование обеспечит точность геометрического нивелирования IV класса. Второму разряду полигонометрии будет соответствовать тригонометрическое нивелирование технической точности.

В табл. 7 приведены сведения о современных электронных тахеометрах, применяемых при создании маркшейдерских опорных сетей.

Таблица 4.10

**Необходимая точность угловых и линейных измерений
при тригонометрическом нивелировании**

| Класс полигонометрии | Класс тригонометрического нивелирования | Точность угловых измерений | Минимальная точность линейных измерений | Электронный тахеометр |
|----------------------|---|----------------------------|---|-----------------------|
| 4 класс | III | 2" | 3 мм + 3 мм/км | NTS-322 |
| 1 разряд | IV | 5" | 5 мм + 3 мм/км | ЗТА5 |
| 2 разряд | Техническое | 10" | 10 мм + 5 мм/км | ТС 400 |

При выборе электронного тахеометра для производства тригонометрического нивелирования необходимо иметь в виду следующее:

для тригонометрического нивелирования и полигонометрических ходов целесообразно использовать прибор одного класса точности;

точность угловых и линейных измерений тахеометром должна соответствовать точности угловых и линейных измерений в полигонометрии.

Таким образом, получены соответствия между классами (разрядами) полигонометрии и классами нивелирования, между точностью тригонометрического и геометрического нивелирования. Последнее позволяет классифицировать тригонометрическое нивелирование по точности одинаково с геометрическим нивелированием – с теми же названиями и допусками.

4.3.4. Оценка точности геодезических засечек

Для определения координат пунктов маркшейдерских съёмочных сетей широкое применение нашли геодезические засечки – прямые и обратные угловые, линейные и линейно-угловые.

На точность определения положения определяемого пункта P влияет вид засечки, количество исходных пунктов и геометрия треугольников, образующихся между определяемым и исходными пунктами.

Средняя квадратическая ошибка положения пункта P определяется по формуле

$$m_P = \mu \sqrt{\eta_1 + \eta_2}, \quad (4.29)$$

где η_1 и η_2 – диагональные элементы обратной весовой матрицы координат определяемого пункта $\mathbf{N}^{-1} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1}$.

Матрица \mathbf{N} выглядит следующим образом

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} n_1 & n_{1\ 2} \\ n_{1\ 2} & n_2 \end{pmatrix}, \quad (4.30)$$

поэтому

$$\eta_1 = \frac{n_2}{|\mathbf{N}|}, \quad \eta_2 = \frac{n_1}{|\mathbf{N}|},$$

где $|\mathbf{N}| = n_1 n_2 - n_{1\ 2}^2$ – определитель матрицы \mathbf{N} .

Таким образом, подставляя в формулу (4.29) элементы матрицы \mathbf{N} , получаем формулу определения средней квадратической ошибки положения пункта P в общем виде

$$m_P = \mu \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2 - n_{1\ 2}^2}}, \quad (4.31)$$

где μ – ошибка единицы веса.

При оценке точности пунктов маркшейдерских съёмочных сетей за ошибку единицы веса в формуле (4.31) принимается средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов $m_\beta = 20''$. В линейной засечке $\mu = m_l$ и значения m_P принимаются в метрах, поэтому необходимо произвести переход от угловых величин к линейным, воспользовавшись отношением (4.13)

$$\frac{m_{\beta}}{\rho} = \frac{m_l}{l}, \quad (4.32)$$

где m_l – средняя квадратическая ошибка линейных измерений, мм.

Подкоренное выражение формулы (4.31) зависит от вида и геометрии засечек.

Для вывода формул ошибки положения пункта P по каждой засечке приведем исходные данные к общему виду. При 3-х исходных пунктах засечки можно представить в виде двух треугольников (рис. 4.40).

Так как ошибка положения пункта не зависит от направления осей прямоугольной системы координат, направим ось x по линии 2- P так, как это показано на рис. 4.47. Используем теорию параметрического уравнивания. Обозначим координаты пункта P через параметры:

$$X_P = T_1; \quad Y_P = T_2.$$

Рассмотрим сначала однократные засечки.

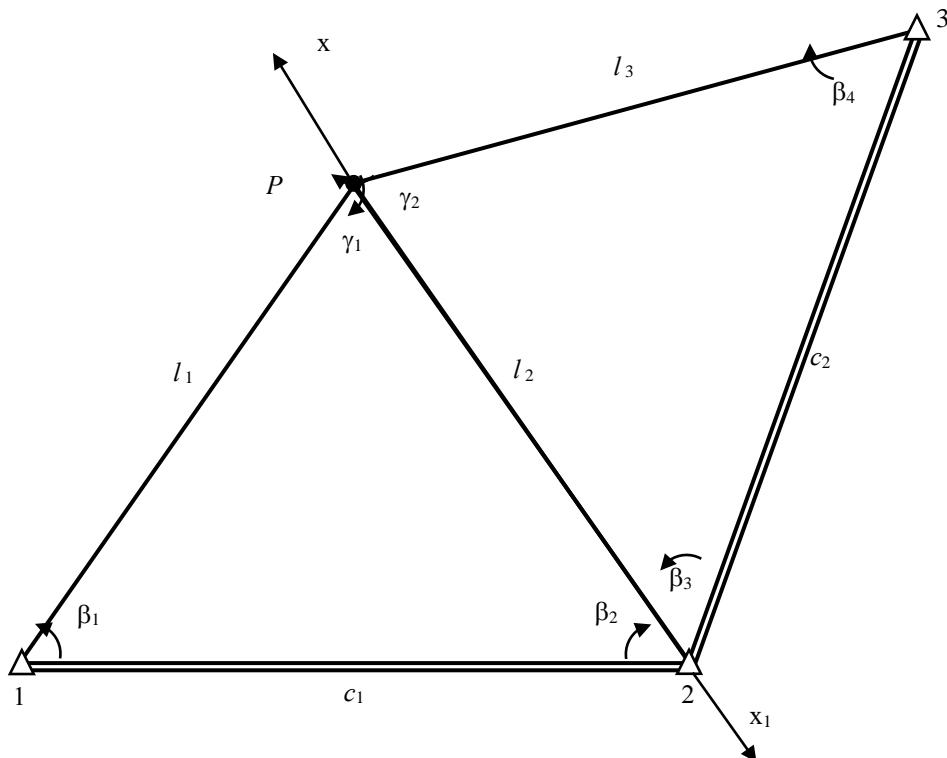


Рис. 4.47. Общая схема засечек

Прямая угловая засечка

При прямой угловой засечке измеряются углы β_1 и β_2 . Выразим эти углы через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\beta_1 = \arctan \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - \arctan \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2};$$

$$\beta_2 = \arctan \frac{y_2 - y_2}{x_1 - x_2} - \arctan \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}.$$
(4.33)

Дифференцируя выражения (4.33) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$a_{11} = \frac{\partial \beta_1}{\partial T_1} = \rho \frac{s}{l_1} \alpha_{1P}^i; \quad a_{12} = \frac{\partial \beta_1}{\partial T_2} = -\rho \frac{c}{l_1} \alpha_{1P}^o;$$

$$a_{21} = \frac{\partial \beta_2}{\partial T_1} = -\rho \frac{s}{l_2} \alpha_{2P}^i; \quad a_{22} = \frac{\partial \beta_2}{\partial T_2} = \rho \frac{c}{l_2} \alpha_{2P}^o.$$

Введем обозначения: $\frac{\rho}{l_i} = r_i$ – *градиенты направлений* [30].

Учтем, что: $\alpha_{1P} = \gamma_1$; $\alpha_{2P} = 0$; $\alpha_{3P} = -\gamma_2$. Тогда для матрицы **A** получим:

$$a_{11} = r_1 s \gamma_1; \quad a_{12} = -r_1 c \gamma_1;$$

$$a_{21} = 0; \quad a_{22} = r_2 c \gamma_2.$$

Так как углы измерены равноточно, матрица весов **P** – единичная, и элементы матрицы **N** вычислены по формулам:

$$n_1 = a_{11}^2 + a_{21}^2 = r_1^2 s^2 \gamma_1^2;$$

$$n_2 = a_{12}^2 + a_{22}^2 = r_1^2 c^2 \gamma_1^2 + r_2^2 c^2 \gamma_2^2;$$

$$n_1 = a_{11} a_1 + a_{12} a_2 = \frac{r_1^2}{2r_1^2 s} \gamma_1 \dot{\alpha}_1$$

По формуле (4.31) получим ошибку положения пункта

$$m_P = \frac{m_\beta \sqrt{r_1^2 + r_2^2}}{r_1 r_2 s \dot{\alpha}_1} = \frac{m_\beta \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{\beta_1 \dot{\alpha}_1 \beta_2} \quad (4.34)$$

Линейная засечка

При линейной засечке измеряются стороны l_1 и l_2 . Выразим их через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{(T_1 - x_1)^2 + (T_2 - y_1)^2}; \\ l_2 &= \sqrt{(T_1 - x_2)^2 + (T_2 - y_2)^2}. \end{aligned} \quad (4.35)$$

Дифференцируя выражения (4.35) по параметрам, найдем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = c \quad \alpha_{1P} = c \quad \gamma_1; \quad a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = s \quad \alpha_{1P} = s \quad \gamma_1$$

$$a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = c \quad \alpha_{2P} = 1; \quad a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = s \quad \alpha_{2P} = 0.$$

Матрица весов \mathbf{P} – не единичная, т. к. линейные измерения – неравноточные. Примем за ошибку единицы веса $\mu = m_{l_1}$. Матрица весов измеренных длин

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 \\ 0 & p_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{m_{l_1}^2}{m_{l_2}^2} \end{pmatrix}.$$

Элементы матрицы \mathbf{N} вычисляем по формулам:

$$n_1 = p_1 a_1^2 + p_2 a_2^2 = \rho^2 \gamma_1 + p_2 s$$

$$n_2 = p_1 a_1^2 + p_2 a_2^2 = s^2 \gamma_1 + \rho$$

$$n_1 = \beta_1 a_1 a_1 + \beta_2 a_2 a_2 = s_2 \gamma_1 + \rho_1.$$

По формуле (4.31) получим ошибку положения пункта

$$m_P = \frac{\sqrt{m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2}}{s \gamma_1 \rho} = \frac{\sqrt{m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2}}{s (\beta_1 + \beta_2)}. \quad (4.36)$$

Если ошибки линейных измерений имеют вид

$$m_{l_1} = \frac{l_1}{T}; \quad m_{l_2} = \frac{l_2}{T}, \quad (4.37)$$

то ошибка положения пункта P

$$m_P = \frac{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{T s (\beta_1 + \beta_2)}. \quad (4.38)$$

Прямая линейно-угловая засечка.

Прямая линейно-угловая засечка заключается в измерении углов β_1, β_2 и сторон l_1, l_2 . Используя решения угловой и линейной засечек, запишем матрицы \mathbf{A} и \mathbf{P} :

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} r_1 \sin \varphi & -r_1 \cos \varphi \\ 0 & r_2 \\ \cos \varphi & \sin \varphi \\ 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & p_{l_1} & \\ & & & p_{l_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \frac{m_\beta^2}{m_{l_1}^2} & \\ & & & \frac{m_\beta^2}{m_{l_2}^2} \end{pmatrix}.$$

После преобразований получим

$$m_P = m_\beta \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + p_{l_1} + p_{l_2}}{(r_1^2 + r_2^2) p_{l_1} + p_{l_2} + s^2 \gamma (r_1^2 - p_{l_1}) r_2^2 - (p_{l_2})}}.$$

Обратная угловая засечка.

При обратной угловой засечке измеряются углы γ_1 и γ_2 . Для обратных засечек при выводе формул удобно центр системы координат поместить в пункт P , а ось x направить вдоль стороны P_2 (см. ось x_1 на рис. 4.46). Выразим углы γ_1 и γ_2 через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\gamma_1 = \arctan \frac{y_1 - T_2}{x_1 - T_1} - \arctan \frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1};$$

$$\gamma_2 = \arctan \frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1} - \arctan \frac{y_3 - T_2}{x_3 - T_1}.$$
(4.39)

Дифференцируя выражения (4.39) по параметрам, найдем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_1 = \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_1} = r_1 s \gamma_1; \quad a_1 n = \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_2} = r_2 - r_1 c \gamma_1;$$

$$a_2 = \frac{\partial \gamma_2}{\partial T_1} = r_3 s \gamma_2; \quad a_2 n = r_3 c \gamma_2 \ominus r_2.$$

Матрица весов \mathbf{P} – единичная, ошибка единицы веса $\mu = m_\beta$.
Далее получим:

$$\begin{aligned} n_1 + n_2 &= a_1^2 + a_2^2 + a_1^2 + a_2^2 = 2 \\ &= (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 c \gamma_1) \oplus (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2r_3 c \gamma_2) \end{aligned}, \quad (4.40)$$

или

$$n_1 + n_2 = \frac{\rho^2}{l_2^2} \left(\frac{c_1^2}{l_1^2} + \frac{c_2^2}{l_3^2} \right);$$

$$\begin{aligned} N &= n_1 n_2 - n_1^2 = (a_1 a_2 - a_1 a_2)^2 \bar{\Gamma} \\ &= [r_1 r_2 s \gamma_1 + r_2 r_3 s \gamma_2 - r_1 r_3 s (\gamma_1 + \gamma_2)]^2, \end{aligned} \quad (4.41)$$

или

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \rho^4 \left[\frac{s \gamma_1}{l_1 l_2} + \frac{s r_2 \gamma_2}{l_2 l_3} - \frac{s r_1 (\gamma_1 + \gamma_2)}{l_1 l_3} \right]^2.$$

Ошибка положения определяемого пункта при однократной обратной угловой засечке (в случае измерения углов γ_1 и γ_2)

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho} \frac{l_2}{\beta_1 \beta_4} \sqrt{\frac{l_1^2}{c_1^2} + \frac{l_3^2}{c_2^2}}. \quad (4.42)$$

Обычно при точке P измеряются не углы γ_1 и γ_2 , а направления N_{P1} , N_{P2} и N_{P3} и $\mu = m_N = m_\beta / \sqrt{2}$ [29]. Уравнения связи для измеренных направлений будут иметь вид:

$$N_p = r \frac{y_i - T_2}{x_i - T_1} \sin T_p, \quad (4.43)$$

где T_p – третий параметр (ориентирный угол) [26].

Дифференцируя выражения (4.43) по параметрам, найдем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{11} = \frac{\partial N_{P1}}{\partial T_1} = r_1 \sin \gamma_1; \quad a_{12} = \frac{\partial N_{P1}}{\partial T_2} = -r_1 \cos \gamma_1;$$

$$a_{21} = \frac{\partial N_{P2}}{\partial T_1} = 0; \quad a_{22} = \frac{\partial N_{P2}}{\partial T_2} = -r_2.$$

$$a_{31} = \frac{\partial N_{P3}}{\partial T_1} = -r_3 \sin \gamma_2; \quad a_{32} = \frac{\partial N_{P3}}{\partial T_2} = -r_3 \cos \gamma_2;$$

$$a_{41} = a_{11} + a_{21} + a_{31} = r_1 \sin \gamma_1 - r_3 \sin \gamma_2;$$

$$a_{42} = a_{12} + a_{22} + a_{32} = -r_1 \cos \gamma_1 - r_2 - r_3 \cos \gamma_2.$$

Последняя строка матрицы \mathbf{A} (элементы a_{41} и a_{42}) вводится в связи с переходом к эквивалентной системе уравнений поправок для исключения третьего параметра T_p [26]. Матрица весов теперь не будет единичной, т. к. $p_4 = p_\Sigma = -1/3$:

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & -\frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

Далее получим:

$$n_1 + n_2 = \frac{1}{3} [r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \gamma_1 + (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2r_3 \cos \gamma_2) + (r_1^2 + r_3^2 - 2r_1r_3 \cos \gamma_1 + \gamma_2)] \quad (4.44)$$

или

$$n_1 + n_2 = \frac{\rho^2}{3} \left(\frac{c_1^2}{l_2^2 l_1^2} + \frac{c_2^2}{l_2^2 l_3^2} + \frac{c_1^2 + c_2^2 - 2c_1 c_2 \cos(\beta_2 + \beta_3)}{l_1^2 l_3^2} \right);$$

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \frac{1}{3} [r_1 r_2 \sin \gamma_1 + r_2 r_3 \sin \gamma_2 - r_1 r_3 \sin(\gamma_1 + \gamma_2)]^2, \quad (4.45)$$

ИЛИ

$$N = n_1 n_2 - n_1^2 = \frac{\rho^4}{3} \left[\frac{\sin \gamma_1}{l_1 l_2} + \frac{\sin \gamma_2}{l_2 l_3} - \frac{\sin(\gamma_1 + \gamma_2)}{l_1 l_3} \right]^2.$$

Ошибка положения определяемого пункта при однократной обратной угловой засечке (в случае измерения направлений N_{P1} , N_{P2} и N_{P3})

$$m_P = \frac{m_\beta}{\sqrt{2} \rho} \frac{l_2 \sqrt{c_1^2 l_3^2 + c_2^2 l_1^2 + (c_1^2 + c_2^2 - 2c_1 c_2 \cos(\beta_2 + \beta_3)) l_2^2}}{c_1 c_2 \sin(\beta_1 + \beta_4) n}. \quad (4.46)$$

Формулы оценки точности обратной угловой засечки содержат некий графический смысл. Если отложить на направлениях $P-1$, $P-2$, $P-3$ (см. рис. 4.48) градиенты r_1 , r_2 , r_3 , получим так называемый *обращенный треугольник ABC* [30] со сторонами c_{12} , c_{13} , c_{23} .

Используя тригонометрические соотношения, в формулах (4.40), (4.41), (4.44), (4.45) можно записать:

$$\begin{aligned} (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \gamma_1) + (r_2^2 + r_3^2 - 2r_2 r_3 \cos \gamma_2) + (r_1^2 + r_3^2 - 2r_1 r_3 \cos(\gamma_1 + \gamma_2)) = \\ = c_1^2 + c_2^2 + c_3^2; \\ r_1 r_2 \sin \gamma_1 + r_2 r_3 \sin \gamma_2 - r_1 r_3 \sin(\gamma_1 + \gamma_2) = \\ = 2S_A + 2S_C - 2S_B = 2S, \end{aligned}$$

где S – площадь обращенного треугольника.

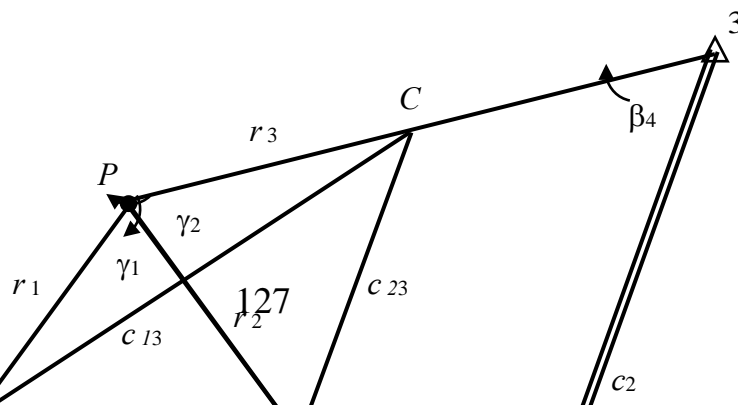


Рис. 4.48. Построение обращенного треугольника

Формулы для определения ошибки положения определяемого пункта через элементы обращенного треугольника имеют вид:

для засечек с измеренными углами

$$m_P = m_\beta \frac{\sqrt{c_1^2 \pm c_2^2}}{2S}, \quad (4.47)$$

для засечек с измеренными направлениями

$$m_P = m_\beta \frac{\sqrt{c_1^2 \pm c_2^2 \pm c_3^2}}{2\sqrt{2}S}. \quad (4.48)$$

Несмотря на простой вид формул (4.47) и (4.48) для расчетов они не удобны, и лучше пользоваться формулами (4.42) и (4.46).

Обратная линейно-угловая засечка

При обратной линейно-угловой засечке измеряются угол γ_1 и стороны l_1 и l_2 . Выразим их через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\gamma_1 = a \frac{y_1 - T_2}{x_1 - T_1} - \tan g \frac{y_2 - T_2}{x_2 - T_1};$$

$$l_1 = \sqrt{(x_1 - T_1)^2 + (y_1 - T_2)^2}; \quad (4.49)$$

$$l_2 = \sqrt{(x_2 - T_1)^2 + (y_2 - T_2)^2}.$$

Дифференцируя выражения (4.49) по параметрам, найдем элементы матрицы **A**:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_1} = r_1 s \gamma_1; & a_2 &= \frac{\partial \gamma_1}{\partial T_2} = r_2 - r_1 c \gamma_1; \\ a_3 &= \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = -c \alpha_{P1} = -c \gamma_1; & a_4 &= \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = -s \alpha_{P1} = -s \gamma_1; \\ a_5 &= \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = -c \alpha_{P2} = -1; & a_6 &= \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = -s \alpha_{P2} = 0. \end{aligned}$$

Матрица весов **P** – не единичная. Примем за ошибку единицы веса $\mu = m_\beta$. Тогда

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & & & & & \\ & m_\beta^2 & & & & \\ & m_{l_1}^2 & & & & \\ & & m_\beta^2 & & & \\ & & m_{l_2}^2 & & & \\ & & & & & \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & & & & \\ & p_{l_1} & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & p_{l_2} \end{pmatrix}.$$

Далее получим:

$$n_1 + n_2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 c \gamma_1 + p_{l_1} + p_{l_2} = \frac{\rho^2 c_1^2}{l_1^2 l_2^2} + p_{l_1} + p_{l_2},$$

$$\begin{aligned} N &= n_1 n_2 - n_1^2 = p_{l_1} (r_1 - r_2 c \gamma_1)^2 + p_{l_2} (r_2 - r_1 c \gamma_1)^2 + p_{l_1} p_{l_2} s^2 \gamma_1^2 = \\ &= \frac{\rho^2}{l_1^2 l_2^2} [p_{l_1} (l_2 - l_1 c \gamma_1)^2 + p_{l_2} (l_1 - l_2 c \gamma_1)^2] + p_{l_1} p_{l_2} s^2 \gamma_1^2. \end{aligned}$$

Ошибка положения определяемого пункта

$$m_P = m_B \sqrt{\frac{\rho^2 c_1^2 + (p_{l_1} + p_{l_2}) l_1^2 l_2^2}{\rho^2 [p_{l_1} (l_2 - l_1 \cos \gamma_1)^2 + p_{l_2} (l_1 - l_2 \cos \gamma_1)^2] + p_{l_1} p_{l_2} l_1^2 l_2^2 \sin^2 \gamma_1}}. \quad (4.50)$$

При линейно-угловой засечке минимальное количество исходных пунктов (два) обеспечивает получение координат определяемого пункта с контролем. Для надежного определения координат пункта P с помощью прямой угловой засечки и линейной засечки двух исходных пунктов мало, а для обратной угловой засечки мало и трех исходных пунктов – не обеспечиваются избыточные измерения.

Для контроля правильности определения координат, найденных из засечек, необходимо использовать избыточные пункты и произвести избыточные измерения. В таком случае засечки называют **многократными**.

Двукратная прямая угловая засечка может быть выполнена в двух вариантах – с трех исходных пунктов (рис. 4.40) и с четырех исходных пунктов (независимые засечки). В случае независимых прямых засечек линейная невязка в координатах определяемого пункта

$$f_l = \sqrt{(x_{P_1} - x_{P_2})^2 + (y_{P_1} - y_{P_2})^2}$$

не должна превышать предельного значения

$$f_{\text{д}} = 3 \sqrt{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2} = \frac{3m_B}{\rho} \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{s^2 \gamma_1^2} + \frac{l_3^2 + l_4^2}{s^2 \gamma_2^2}}, \quad (4.51)$$

где $x_{P_1}, y_{P_1}, x_{P_2}, y_{P_2}$ – координаты вставляемого пункта, полученные в результате двух засечек; M_{P_1}, M_{P_2} – ошибки положения пункта P , вычисленные для каждой засечки.

Если невязка не превышает допустимого значения, то за окончательный результат можно принять средние взвешенные значения

$$x_P = \frac{x_1 M_{P_2}^2 + x_2 M_{P_1}^2}{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}; \quad y_P = \frac{y_1 M_{P_2}^2 + y_2 M_{P_1}^2}{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}.$$

Точность полученных координат можно оценить как

$$M_P = \frac{M_{P_1} M_{P_2}}{\sqrt{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}}.$$

Анализ точности многократных засечек (обратной угловой и линейной) выполняется по результатам уравнивательных вычислений. Наиболее эффективен параметрический способ уравнивания.

Для сравнения точности различных видов засечек примем равенство углов при исходных пунктах ($\beta = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$) и равенство длин сторон между определяемым и исходными пунктами ($l = l_1 = l_2 = l_3$). Используем также условие (4.13).

Для приведения формул ошибки положения пункта P к общему виду производится переход от величин γ и l к горизонтальным углам β и базису c

$$\gamma = 1 - \cos 2\beta, \quad 0 < \beta < \frac{\pi}{2}, \quad l = \frac{c}{\sin \beta}. \quad (4.52)$$

Тогда подставляя полученные уравнения в отношение (4.13) получим

$$m_l = \frac{m_\beta}{\rho} l = \frac{m_\beta}{2\rho c \sin \beta} c. \quad (4.53)$$

В табл. 4.11 приведены формулы для определения СКО положения пункта P при решении однократных засечек.

Таблица 4.11

Оценка точности однократных засечек

| Вид засечки | Ошибка положения пункта |
|-------------|-------------------------|
|-------------|-------------------------|

| | |
|--------------------------|--|
| Прямая угловая | $m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{\sqrt{2} \rho c \beta s \sin 2\beta}$ |
| Линейная | $m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{\sqrt{2} \rho c \beta s \sin 2\beta}$ |
| Обратная по углам | $m_P = \frac{m_\beta \cdot c \sqrt{2}}{4 \rho c \beta s \sin 2\beta}$ |
| Обратная по направлениям | $m_P = \frac{m_\beta \cdot c \sqrt{2 - c \beta}}{4 \rho c \beta s \sin 2\beta}$ |
| Прямая линейно-угловая | $m_P = \frac{m_\beta \cdot c}{2 \rho c \beta s}$ |
| Обратная линейно-угловая | $m_P = \frac{m_\beta c}{\rho c \beta} \sqrt{\frac{1 + 2c^2 \beta s}{2(3 + 4c^2 \beta + c^2 s^2 \beta)}}$ |

Формулу для расчета ошибки положения пункта Р можно представить в виде [31]

$$m_{P_M} = k c_{KM} \quad (4.54)$$

где: k – коэффициент, определяющий вид засечки, ее геометрию и точность измерений; c_{KM} – среднее значение длин базисных сторон, км; m_{P_M} – ошибка положения вставляемого пункта, м.

В табл. 4.12 приведены значения коэффициента k , полученные при $m_\beta = 20''$ и различных значениях горизонтальных углов β для различных видов засечек.

Таблица 4.12

Значения коэффициента k для однократных засечек

| β , град. | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Прямая угловая | 0,204 | 0,114 | 0,091 | 0,091 | 0,108 | 0,158 | 0,312 | 1,154 |
| Линейная | 0,204 | 0,114 | 0,091 | 0,091 | 0,108 | 0,158 | 0,312 | 1,154 |
| Обратная угловая по углам | 0,103 | 0,060 | 0,053 | 0,059 | 0,084 | 0,158 | 0,456 | 3,324 |
| Обратная угловая | 0,075 | 0,047 | 0,046 | 0,057 | 0,088 | 0,177 | 0,536 | 4,030 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| по направлениям | | | | | | | | |
| Прямая линейно-угловая | 0,049 | 0,052 | 0,056 | 0,063 | 0,075 | 0,097 | 0,142 | 0,279 |
| Обратная линейно-угловая | 0,043 | 0,047 | 0,055 | 0,068 | 0,094 | 0,150 | 0,308 | 1,153 |

Из таблиц 4.11 и 4.12 можно заключить:

при равной относительной точности угловых и линейных измерений прямая угловая и линейная засечки обеспечивают равную точность;

ошибка положения пункта принимает наименьшее значение при следующих значениях угла γ – 110° (прямая угловая и линейная засечки), 120° (обратная угловая по углам), 128° (обратная угловая по направлениям);

точность обратной угловой засечки с измеренными направлениями выше точности засечки с измеренными углами лишь при $\gamma > 90^\circ$;

для линейно-угловых засечек при $\gamma > 120^\circ$ точность выше у обратной засечки, а при $\gamma < 120^\circ$ – у прямой засечки.

Распространяя выводы на двукратные засечки, получим формулы, представленные в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Оценка точности двукратных засечек

| Вид засечки | Ошибка положения пункта |
|-------------------|---|
| Прямая угловая | $m_p = \frac{m_\beta \cdot c}{2\rho c \beta \sin 2\beta \sqrt{1 + c^2 \alpha \beta}}$ |
| Линейная | $m_p = \frac{\sqrt{3} m_\beta \cdot c}{2\rho c \beta \sin 2\beta \sqrt{\alpha(1 + 2c^2 \alpha \beta)}}$ |
| Обратная по углам | $m_p = \frac{\sqrt{3} m_\beta \cdot c}{4\rho c \beta \sin 2\beta \sqrt{(1 + c^2 \alpha \beta)(1 + 2c^2 \alpha \beta)}}$ |

| | |
|--------------------------|--|
| Обратная по направлениям | $m_p = \frac{m_\beta c \sqrt{1 - s^2 \beta c n^2 2\beta} s}{4\rho c^3 \beta s 2\beta \sqrt{2(4s^4 \beta + n^2 2\beta)}}$ |
|--------------------------|--|

В табл. 4.14 приведены значения коэффициента k , полученные при $m_\beta = 20''$ и различных значениях горизонтальных углов β .

Таблица 4.14

Значения коэффициента k для двукратных засечек

| β , град. | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Прямая угловая засечка | 0,105 | 0,064 | 0,058 | 0,063 | 0,075 | 0,100 | 0,175 | 0,595 |
| Линейная засечка | 0,106 | 0,067 | 0,065 | 0,076 | 0,091 | 0,112 | 0,183 | 0,601 |
| Обратная угловая по углам | | | 0,037 | 0,050 | 0,071 | 0,112 | 0,268 | 1,731 |
| Обратная угловая по направлениям | | | 0,042 | 0,046 | 0,055 | 0,090 | 0,240 | 1,683 |

Из таблиц 4.13 и 4.14 можно заключить:

при равных условиях наиболее высокую точность обеспечивает обратная угловая засечка, уравненная по направлениям, а при $\gamma < 55^\circ$ – прямая угловая засечка;

ошибка положения пункта принимает наименьшее значение при следующих значениях угла γ – 122° и 128° (соответственно прямая угловая и линейная засечки);

точность обратной угловой засечки с измеренными направлениями выше точности засечки с измеренными углами (при $\gamma < 110^\circ$);

повышение точности двукратных засечек относительно точности однократных засечек происходит не просто в $\sqrt{2}$ раз, а зависит от геометрии засечки.

Точность засечек прямо пропорционально зависит от точности угловых (и линейных) измерений m_β и от длины базисной стороны s . Это позволяет с помощью таблиц 4.12 и 4.14 выполнять оценку точности засечек при других условиях измерений.

При этом значения коэффициента k будут пропорционально изменяться в зависимости от точности угловых измерений m_β .

Пример. Оценить ошибку положения пункта P , определяемого с помощью обратной угловой засечки по измеренным направлениям с 4-х исходных пунктов (двукратная засечка). Значения базисов $c_1 = 0,2$ км, $c_2 = 0,4$ км, $c_3 = 0,6$ км. Среднее значение горизонтального угла при исходных пунктах $\bar{\beta} = \sum_1^6 \beta_i / 6 = 4$ °.

СКО угловых измерений $m_\beta = 5''$.

Значение коэффициента $k = 0,046$ (при $m_\beta = 20''$) определяется из таблицы 4.14 (для двукратных засечек) при $\beta = 40^\circ$. Для заданных условий коэффициент k определяется из выражения

$$k_5 = \frac{k_2 \cdot 5''}{2''} = \frac{0,046 \cdot 5}{2} = 0,115$$

Тогда

$$m_P = k_5 \cdot c_k = 0,115 \cdot 0,4 = 0,046 \text{ м}$$

Ответы, получаемые по формулам (табл. 4.11 и табл. 4.13) имеют некоторую погрешность, обусловленную тем, что вместо точных значений геометрических элементов принимались средние их значения, и расчет формул выполнялся по упрощенному принципу ($\beta = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, $l = l_1 = l_2 = l_3$).

4.3.5. Точность спутниковых геодезических технологий

Наряду с традиционными методами создания маркшейдерских опорных и съемочных сетей, в последние десятилетия все более широкое применение на карьерах находят спутниковые геодезические технологии. В геодезическом смысле они реализуют принцип пространственной обратной линейной засечки – когда пространственные координаты (x, y, z) пункта наземной сети определяются по расстояниям, измеренным от этого пункта до четырех и более спутников, положение которых известно с достаточной точностью.

Основным достоинством спутниковых систем является их оперативность, всепогодность, оптимальная точность и эффек-

тивность. Для измерений не нужна видимость между определяемыми пунктами. Метод определения координат геодезических пунктов с помощью спутниковых систем называют *позиционированием*.

Анализ
позиционирования
схемы (рис. 4.49).
Пусть определяются
координаты $X_P, Y_P,$
расстояниям (дально-
мерами) от определяемо-
го пункта P до трех спут-



точности пози-
ционирования с простой
схемой. Пусть определяются
координаты Z_P по измеренным
расстояниям от определяемо-
го пункта P до трех спут-

Рассмотрим пирамиду
с вершиной в пункте P
и основанием – равносторонний
треугольник 123 , расположен-
ный в горизонтальной плос-
кости, а ребра – l_1, l_2, l_3 – равны
между собой и наклонены к
горизонту (как и к основанию пирамиды) под углом δ .

Пусть определяются
координаты Z_P по измеренным
расстояниям от определяемо-
го пункта P до трех спут-
ников – 1, 2 и 3.
Рассмотрим пирамиду
с вершиной в пункте P
и основанием – равносторонний
треугольник 123 , расположен-
ный в горизонтальной плос-
кости, а ребра – l_1, l_2, l_3 – равны
между собой и наклонены к
горизонту (как и к основанию пирамиды) под углом δ .

Центр системы координат поместим в точку P , ось z направим по высоте пирамиды вверх к основанию, а ось x – через точку 1. В равностороннем треугольнике 123 точка O – место пересечения медиан – отстоит от вершин треугольника на расстояние R (радиус описанной окружности), а от сторон треугольника на расстояние $R/2$. Учитывая, что в равностороннем треугольнике медиана – и биссектриса, и высота треугольника – она делит внутренние углы треугольника (60°) пополам.

Рис. 4.49. Позиционирование от трех спутников

Запишем в принятой системе координаты вершин пирамиды:

| Координаты | 1 | 2 | 3 | P |
|------------|-----|---------------|----------------|-----|
| x | R | $-R/2$ | $-R/2$ | 0 |
| y | 0 | $R\sqrt{3}/2$ | $-R\sqrt{3}/2$ | 0 |
| z | H | H | H | 0 |

Обозначим координаты определяемого пункта P через параметры:

$$X_P = T_1; \quad Y_P = T_2; \quad Z_P = T_3.$$

Выразим измеренные величины через координаты исходных пунктов и параметры:

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{(x_1 - T_1)^2 + (y_1 - T_2)^2 + (z_1 - T_3)^2}; \\ l_2 &= \sqrt{(x_2 - T_1)^2 + (y_2 - T_2)^2 + (z_2 - T_3)^2}; \\ l_3 &= \sqrt{(x_3 - T_1)^2 + (y_3 - T_2)^2 + (z_3 - T_3)^2}. \end{aligned} \quad (4.55)$$

Дифференцируя выражения (4.55) по параметрам, найдем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_1} = \frac{-(x_1 - T_1)}{l_1} = -\frac{R}{l_1} = -c \quad \delta; \quad a_1 = \frac{\partial l_1}{\partial T_2} = 0; \quad a_1 = -s \quad \delta;$$

$$a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_1} = \frac{-(x_2 - T_1)}{l_2} = \frac{R}{2l_2} = \frac{c}{2} \delta; \quad a_2 = \frac{\partial l_2}{\partial T_2} = -\frac{\sqrt{3}s}{2} c \quad \delta; \quad a_2 = -s \quad \delta;$$

$$a_3 = \frac{c}{2} \delta; \quad a_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} c \quad \delta; \quad a_3 = -s \quad \delta.$$

Примем линейные измерения равноточными и матрицу весов \mathbf{P} – единичной, примем за ошибку единицы веса $\mu = m_l$. Обратная весовая матрица координат определяемого пункта

$$\mathbf{Q}_P = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A} \begin{pmatrix} 1,5 c^{-2} \delta & s 0 & 0 \\ 0 & 1,5 c^{-2} \delta & s 0 \\ 0 & 0 & 3 s^{-2} \delta \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{2}{3 c^{-2} \delta} & & \\ & \frac{s}{3 c^{-2} \delta} & \\ & & \frac{s}{3 s^{-2} \delta} \end{pmatrix}$$

Диагональные элементы матрицы \mathbf{Q}_P используются для расчета ошибки положения пункта P :

$$\begin{aligned} \text{в плане} & \quad m_{P_{x,y}} = \mu \sqrt{q_1 + q_2} ; \\ \text{в пространстве} & \quad m_{P_{x,y,z}} = \mu \sqrt{q_1 + q_2 + q_3} ; \\ \text{по высоте} & \quad m_{P_z} = \mu \sqrt{q_3} \end{aligned}$$

Элементы матрицы \mathbf{Q}_P определяются только геометрией засечки. В теории анализа точности спутниковых геодезических измерений используется понятие геометрического фактора (ГФ) – отношение ошибки положения пункта к ошибке единицы веса [31]

$$\Gamma\Phi = \frac{m_P}{\mu}$$

В зависимости от вида ошибки положения (в плане, по высоте или в пространстве) геометрический фактор имеет следующие обозначения:

$$H \quad D = \sqrt{q_1 + q_2} ; \quad P \quad D = \sqrt{q_1 + q_2 + q_3} ; \quad V \quad D = \sqrt{q_3} \quad (4.56)$$

Из формулы (56) следует связь

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$$

Для нашего примера: $q_{11} = q_{22} = \frac{2}{3 \cos^2 \delta}$; $q_{33} = \frac{1}{3 \sin^2 \delta}$. В

табл. 4.15 приведены значения геометрического фактора при различных углах возвышения спутников над горизонтом.

Таблица 4.15

Влияние угла возвышения δ на точность позиционирования

| ГФ | Угол возвышения спутников над горизонтом δ | | | | | | | |
|-------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° |
| <i>PDOP</i> | 3,53 | 2,09 | 1,76 | 1,75 | 1,95 | 2,40 | 3,43 | 6,68 |
| <i>HDOP</i> | 1,17 | 1,23 | 1,33 | 1,51 | 1,80 | 2,31 | 3,38 | 6,65 |
| <i>VDOP</i> | 3,32 | 1,69 | 1,15 | 0,90 | 0,75 | 0,67 | 0,61 | 0,59 |

Из таблицы следует, что хорошие результаты получаются при небольших углах возвышения спутников – 30°... 40°. Вообще геометрический фактор зависит также от широты местности, количества наблюдаемых спутников и других факторов. ГФ становится меньше при наблюдении более 4 спутников, достаточно хорошим считается наблюдение шести спутников.

Основным показателем ГФ является *PDOP*. Для оценки качества засечки пользуются следующей шкалой:

| | |
|-------------|-------------------|
| <i>PDOP</i> | Вербальная оценка |
| <4 | Хорошо |
| 5-7 | Удовлетворительно |
| >7 | Плохо |

Геометрический фактор – не единственный источник ошибок при спутниковых геодезических измерениях. Источниками формирования ошибки определения расстояния от приемника до спутника являются также [32, 33]:

оборудование космического аппарата и наземный контрольно-измерительный комплекс;

среда распространения сигнала от спутника к приемнику станции наблюдения;

приемная станция;

методика наблюдений и обработки результатов измерений.

Ошибки от первого источника обусловлены неидеальностью частотно-временного и эфемероидного обеспечения спутников. Погрешности частотно-временного обеспечения возникают при сверке и хранении бортовой шкалы времени. Наблюдение и корректировку часов на спутнике ведут наземные контрольно-измерительные комплексы. Эфемериды (координаты) спутника в момент отправки сигнала содержат ошибки вследствие влияния внешних факторов – Солнца, Земли, Луны и проч. Корректировка координат спутника производится также контрольно-измерительными комплексами. Перечисленные ошибки практически исключаются при дифференциальных наблюдениях.

При распространении радиосигнала от спутника к приемной станции скорость его не остается постоянной, а меняется на различных участках атмосферы – особенно в ионосфере и тропосфере. Снижение влияния ионосферы на результаты позиционирования происходит за счет использования двух несущих частот и работы на двухчастотных приемных станциях. Задержка радиосигналов в тропосфере наиболее сказывается при наблюдениях за спутниками, имеющими угол возвышения над горизонтом $\delta < 10^\circ - 15^\circ$. Поэтому спутники с малым углом возвышения не отслеживаются. Эта мера направлена и на снижение влияния ошибок за счет изменения пути радиосигнала вследствие отражения от поверхности земли, зданий и других объектов, находящихся поблизости от приемной станции. Для снижения влияния многолучевости (многопутности) радиосигнала рекомендуется: выбирать место наблюдений вдали от отражающих объектов; устанавливать дополнительные экранирующие приспособления; увеличивать время работы на станции.

Инструментальные ошибки, или ошибки работы на приемной станции в большинстве своем исключаются при дифференциальных наблюдениях. К таким ошибкам относятся погрешности хода часов в приемнике, временные задержки в многоканальных приемниках. Неустраняемыми являются ошибки измерения высоты и центрирования прибора и антенны. Их значения составляют первые миллиметры и входят в составляющую a средней квадратической ошибки GPS-измерений. Общая ошибка спутникового позиционирования описывается линейной функцией

$$m_l = a + b i,$$

где для высокоточных моделей приемников и методов измерений, a составляет 2...5 мм, а b – 1 ... 3 мм/км. При этом точность координаты z в 2-3 раза ниже точности определения плановых координат.

Тип приемника, методика наблюдений и последующей обработки результатов измерений (постобработка) являются определяющими при оценке точности позиционирования. Современные кодово-фазовые многоканальные двухчастотные приемники позволяют работать как в кодовом, так и в более точном – фазовом режиме.

Кодовым методом проводят абсолютные наблюдения – определяют непосредственно координаты пункта, на котором установлен приемник. Фазовый метод применяют при относительных (дифференциальных) измерениях, когда определяют приращения координат между пунктами-станциями, на которых одновременно работают GPS-приемники, причем одна из этих станций – базовая, с известными координатами. Из этих относительных измерений образуют разности трех типов: простые, сдвоенные и строенные. Разности практически свободны от большинства погрешностей.

Так первые или простые разности (разности измерений между приемниками) не содержат искажений аппаратуры спутника, ослаблены влияния атмосферных воздействий и погрешности эфемерид. Чем ближе расположены станции А и В, тем полнее компенсированы искажения. Вторые разности (разности измерений между спутниками) свободны как от искажений на спутнике, так и от искажений на наземных станциях.

Вторые и третьи разности используются в постобработке и уравнивательных вычислениях, для оценки фактической точности измерений.

4.3.6. Проектирование и уравнивание маркшейдерских сетей

Построение маркшейдерских опорных и съемочных сетей выполняется по техническому проекту, разработанному на основе технического задания. Техническое задание составляется

главным маркшейдером предприятия и утверждается главным инженером.

В техническом задании указывается:

- цель проектируемых работ – создание или реконструкция сети (в т.ч. развитие существующей сети);
- тип проектируемой сети – маркшейдерская опорная сеть или маркшейдерская съемочная сеть;
- назначение сети;
- класс точности проектируемой сети или предельные ошибки положения новых пунктов сети относительно исходных;
- характеристика исходных пунктов государственной геодезической сети или маркшейдерской опорной сети на территории предприятия – их местоположение, каталог координат, класс точности, наружное оформление знаками.

При выполнении работ силами сторонних организаций согласовываются сроки и стоимость работ по проектированию и созданию сети.

Технический проект построения сети разрабатывается исполнителем работ. Технический проект может содержать текстовую, графическую и сметную части [33].

В текстовой части проекта отражаются следующие вопросы:

- тип и назначение проектируемой сети;
- краткая физико-географическая характеристика района работ;
- сведения о геодезической обеспеченности района работ;
- определение метода построения сети и выбор необходимых приборов;
- предварительный расчет ожидаемой точности плановых координат и высот пунктов сети;
- организация и сроки выполнения полевых работ, мероприятия по технике безопасности и охране труда;
- перечень материалов, подлежащих сдаче по окончании работ.

Графическая часть проекта составляется на плане масштаба принятого на горном предприятии. На план наносятся: исходные пункты и стороны, определяемые пункты и схема построения сети.

В сметной части проекта производится расчет необходимых затрат на выполнение проектируемых работ в соответствии с действующими нормами выработки (времени).

Выбор метода построения сети зависит: от имеющихся в распоряжении исполнителя работ приборов; от формы и размеров участка проектирования; рельефа местности и застроенности территории, условий видимости; наличия и расположения исходных пунктов.

Различают **необходимые** и **избыточные исходные данные**. Например, для центрирования, ориентирования и масштабирования сети триангуляции *необходимо* располагать четырьмя ($K_M = 4$) исходными данными – плановыми координатами двух пунктов сети или координатами одного пункта, дирекционным углом и длиной одной стороны сети. В трилатерации и полигонометрии $K_M = 3$ (координаты пункта и дирекционный угол стороны сети), в высотных сетях $K_M = 1$ (высотная отметка одного из реперов сети). Все остальные исходные данные будут избыточными.

Если число исходных данных в сети равняется необходимому числу исходных данных, т. е. $L = K_M$, сеть называется **нуль-свободной**. При $L < K_M$ сеть называется **свободной**, при $L > K_M$ – **несвободной сетью**.

При проектировании сети следует иметь в виду, что включаемые в сеть исходные пункты должны быть взаимно увязаны – координаты их должны быть вычислены в одной системе и не вызывать сомнений у работников маркшейдерской службы по результатам выполненных ранее работ. Класс точности исходных пунктов должен быть выше точности развиваемой сети. В этом случае координаты исходных пунктов можно принять безошибочными (истинными) и ошибки исходных данных не учитывать при предварительной оценке точности и при уравнивании результатов полевых работ.

К измеряемым величинам в маркшейдерско-геодезической практике относятся направления, углы, азимуты, длины сторон, приращения координат (при спутниковых наблюдениях) и т.д. В плановой сети для определения координат новых пунктов от исходных достаточно выполнить два измерения – двух сторон, двух углов или угла и стороны сети. В высотной сети достаточно одного измерения – превышения. Поэтому число необходимых из-

мерений в плановых сетях $K = 2p$, в высотных сетях $K = p$, где p – число определяемых пунктов.

При спутниковом позиционировании $K = 3p$, т. к. определяются координаты (приращения координат) по всем трем осям.

Если измерено N величин X_1, \dots, X_N , то число избыточно измеренных величин

$$R = N - K.$$

Каждое избыточное измерение влечет появление математических отношений между измеренными или измеренными и исходными величинами. Избыточные исходные данные математических условий не образуют.

Геодезические и маркшейдерские сети обязательно должны содержать избыточные измерения. Они нужны для своевременного обнаружения грубых ошибок, а также для производства уравнительных вычислений и оценки качества выполненных работ. Кроме того, точность элементов сети после уравнивания повышается в среднем в $\sqrt{N/K} = \sqrt{1 + R/K}$ раз [4].

Избыточность измерений достигается:

в триангуляции, трилатерации и спутниковых наблюдениях – построением замкнутых геометрических фигур – треугольников и цепочек треугольников, многоугольников с диагоналями, центральных фигур и т. д., в вершинах которых должно быть не менее двух исходных пунктов;

в полигонометрии и высотных ходах – проложением замкнутых ходов, ходов между двумя исходными пунктами, ходов с узловыми точками и проч.

Схема проектируемой сети переносится на план местности для определения объемов работ и проверки выполнения требований инструкций к элементам сети – углам фигур, длинам сторон и ходов.

Выполняется предварительный расчет ожидаемой точности плановых координат и высот пунктов сети. Для простых фигур и несложных сетей – засечек, вытянутых полигонов и разомкнутых высотных ходов – можно применить формулы, рассмотренные в главе. Сложные построения анализируются при помощи специальных компьютерных программ.

При анализе проекта можно решать задачи двух основных типов:

прямая задача – по заданной точности измерений и геометрии сети находят ожидаемую точность элементов сети – ошибки положения новых пунктов относительно исходных; ошибки взаимного положения новых пунктов; линейные и угловые ошибки наиболее слабых сторон сети;

обратная задача – по нормативным значениям ошибок элементов сети и ее геометрии определяют необходимую точность измерений.

Для решения этих задач применяются формулы из теории параметрического уравнивания.

В случае проектирования плановых сетей обозначим координаты новых (определяемых) пунктов:

$$x_1 = T_1, y_1 = T_1; \dots; x_{p1} = T_{p1}, y_{p1} = T_{p2}.$$

Для каждого из N запроектированных измерений составляется параметрическое уравнение связи $X_i = \varphi_i(T_{11}, \dots, T_{p2})$. Затем формируется матрица коэффициентов системы нормальных уравнений поправок

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{1,11} \dots a_{1,p2} \\ \dots \dots \dots \\ a_{N,11} \dots a_{N,p2} \end{pmatrix},$$

где $a_{ik} = \frac{\partial X_i}{\partial T_k}$, $I = 1 \dots N$, $k = 1 \dots 2p$. Для вычисления значений элементов матрицы \mathbf{A} используются приближенные значения координат новых пунктов, дирекционных углов и длин сторон проектируемой сети, снимаемые с плана. Оценка точности элементов сети производится по формуле

$$m_F = \mu \sqrt{q_F}, \quad (4.57)$$

где μ – априорное значение ошибки единицы веса (принимается $\mu = m_B$ при полигонометрии и триангуляции и $\mu = m_l$ при трилатерации и спутниковых наблюдениях). Априорная точность из-

мерений устанавливается в проекте в соответствии с применяемыми приборами и методиками измерений.

Обратный вес функции, описывающей оцениваемый элемент сети, определяется по формуле

$$q_F = \mathbf{sN}^{-1}\mathbf{s}^T,$$

где: матрица $\mathbf{N} = \mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}$; \mathbf{P} – матрица весов измеряемых величин; \mathbf{s} – вектор-строка производных функции F по параметрам T_{11}, \dots, T_{p2} .

Если определяется ошибка положения i -го пункта сети ($x_i = T_{i1}, y_i = T_{i2}$), то

$$q_F = \eta_{i1} + \eta_{i2}, \quad (4.58)$$

где η_{i1} и η_{i2} – диагональные элементы обратной весовой матрицы координат определяемого пункта $\mathbf{N}^{-1} = (\mathbf{A}^T\mathbf{P})^{-1}$.

Если определяется ошибка стороны l_{ij} , то

$$\mathbf{s} = (0, 0, s_{i1} = -c \cdot \alpha_i, s_{i2} = -s \cdot \alpha_i, 0, 0, s_{j1} = c \cdot \alpha_i, s_{j2} = s \cdot \alpha_i, 0, 0).$$

Если определяется ошибка взаимного положения i -го пункта сети ($x_i = T_{i1}, y_i = T_{i2}$) и j -го пункта сети ($x_j = T_{j1}, y_j = T_{j2}$), то

$$q_F = \omega_1 + \omega_2, \quad (4.59)$$

где ω_1 и ω_2 – диагональные элементы матрицы

$$\mathbf{\Omega} = \mathbf{SN}^{-1}\mathbf{S}^T,$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0, 0 & s_{1,i1} = -1 & s_{1,i2} = 0 & 0, 0 & s_{1,j1} = 1 & s_{1,j2} = 0 & 0, 0 \\ 0, 0 & s_{2,i1} = 0 & s_{2,i2} = -1 & 0, 0 & s_{2,j1} = 0 & s_{2,j2} = 1 & 0, 0 \end{pmatrix}.$$

Полученные значения ошибок сравниваются с нормативными значениями, приведенными в инструкциях по производству маркшейдерских и геодезических работ. При этом от предельных ошибок, указанных в инструкции, необходимо перейти к сред-

ним квадратическим ошибкам, разделив их на 3 (двумерный случай – ошибки положения на плоскости) или на 2,5 (одномерный случай). Если проект не обеспечивает необходимую точность элементов сети, следует повысить точность измерений или изменить геометрию сети.

В случае проектирования высотных сетей обозначим координаты новых (определяемых) пунктов:

$$z_1 = T_1, z_2 = T_2; \dots; z_p = T_p.$$

Для каждого из N запроектированных ходов между реперами составляется параметрическое уравнение связи $X_i = \varphi_i(T_1, \dots, T_p)$. Матрица коэффициентов системы нормальных уравнений поправок

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1p} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & \dots & a_{Np} \end{pmatrix},$$

где $a_{ik} = \frac{\partial X_i}{\partial T_k}$, $I = 1 \dots N$, $k = 1 \dots p$.

Априорное значение ошибки единицы веса принимается $\mu = m_{1 \text{ км}}$, а элементы весовой матрицы $p_i = 1/L_{\text{км}}$, где $L_{\text{км}}$ – длины ходов, км.

Если определяется ошибка положения i -го пункта сети ($z_i = T_i$), то

$$q_F = \eta_{\square i}, \quad (4.60)$$

где $\eta_{\square i}$ – диагональный элемент обратной весовой матрицы $\mathbf{N}^{-1} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P})^{-1} \mathbf{A}$.

Если определяется ошибка превышения между пунктами – взаимного положения i -го пункта сети ($x_i = T_i$) и j -го пункта сети ($x_j = T_j$), то

$$\mathbf{s} = (0 \ 0 \ \dots \ s_i = -1 \quad 0 \ 0 \ \dots \ s_j = 1 \quad 0 \ 0).$$

При решении обратной задачи находят ошибку единицы веса

$$\mu = \frac{D_F}{k_3 \sqrt{q_F}}, \quad (4.61)$$

где D_F – допуск, установленный инструкцией для точностной характеристики элемента сети; k_3 – коэффициент перехода от допуска к средней квадратической ошибке (3 или 2,5).

Точность любого проектируемого измерения в сети находят по формуле

$$m_i = \frac{\mu}{\sqrt{p_i}}. \quad (4.62)$$

По найденным значениям точности отдельных измерений подбираются приборы для выполнения работ по созданию сети.

После выполнения полевых работ и первичной обработки результатов измерений выполняется уравнивание сети. В зависимости от вида сети и числа избыточных измерений применяется коррелятный или параметрический способы уравнивания. Коррелятный способ уравнивания применяется при уравнивании полигонов, когда число избыточных измерений R много меньше числа достаточных измерений K . Сложные построения уравниваются параметрическим способом. Современный уровень вычислительной техники позволяет отказаться от приближенных способов уравнивания, который не обеспечивает строгий анализ точности сети.

Анализ точности по результатам параметрического уравнивания выполняется по формулам (57) – (60), но ошибка единицы веса рассчитывается по формуле

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N p_i v_i^2}{N - K}},$$

где μ_1 – апостериорная ошибка единицы веса, ν_i – поправки в результаты измерений.

Качество работ оценивается близостью априорной и апостериорной ошибок единиц веса, чем меньше отличие, тем лучше качество. Результаты оценки точности выполненных работ по материалам уравнивания приводятся в отчете, передаваемом исполнителем работ предприятию, и являются основанием для приемки выполненных работ.

5. СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРЕЗАХ

Маркшейдерская съемка карьеров - комплекс полевых и камеральных работ, проводимых с целью определения положения и изображения на планах в заданном масштабе горных выработок, инженерных сооружений и рельефа земной поверхности относительно пунктов опорных и съемочных сетей.

Маркшейдерские съемочные работы на карьерах выполняются способами: перпендикулярным, тахеометрическим, стереофотограмметрическим, нивелированием (геометрическим), тригонометрическим и их комбинациями. Съемка производится периодически через определенные Интервалы времени в пределах карьерного поля. Объектами съемки являются: уступы, траншеи, съезды, скважины, границы взорванных блоков и опасных зон, развалы, дренажные и геологоразведочные выработки, отвалы, склады полезного ископаемого, транспортные пути, линии электропередачи, постоянные и временные инженерные сооружения и т. п. Съемку карьеров выполняют в масштабах 1:1000, 1:2000, внешних отвалов - 1:2000, 1:5000.

В зависимости от сложности снимаемого контура и масштаба съемки маркшейдер определяет расстояния между точками съемки (пикетами), соблюдая следующие требования [3]:

- пикеты набирают на всех характерных точках;
- расстояния между пикетами на бровках уступов при съемке в масштабе 1:1000 не должны превышать 20 м, если контуры бровки уступов сложные, и 30 м, если контуры близкие к прямолинейным; при съемке в масштабе 1:2000 эти расстояния соответственно 30 и 40 м, при большой протяженности прямолинейных участков - 50 м;
- при съемке отвалов в масштабе 1:5000 расстояние между пикетами может достигать 100 м;
- при съемке участков взорванных горных пород в масштабе 1:1000 максимальное расстояние между пикетами 10 м; при съемке в масштабе 1:2000 - 20 м;
- съемка ведется с перекрытием пикетов на участках, снимаемых с разных пунктов съемочных сетей. Расхождения контуров на границах перекрытия не должны превышать 1 мм на плане для четких контуров и 1,5 мм - для нечетких;

- допустимые расхождения высот пикетов не должны превышать 0,4 м при наземных съемках и 0,8 м - при аэрофотограмметрической съемке.,

Периодичность съемки устанавливают исходя из производственной необходимости с учетом указаний вышестоящей организации, но не реже чем раз в квартал. В случае, если съемка предназначена для определения объемов с целью оплаты за экскавацию и транспортировку горной массы, то ее выполняют ежемесячно.

5.1. Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки)

Способ перпендикуляров (ординарный способ съемки) может быть применен практически при любой сложности контуров, снимаемых в карьере. Съемка ведется с пунктов или точек съемочного обоснования путем измерения длины перпендикуляров (ординат), восстановленных от линий съемочного обоснования (рис. 5.1).

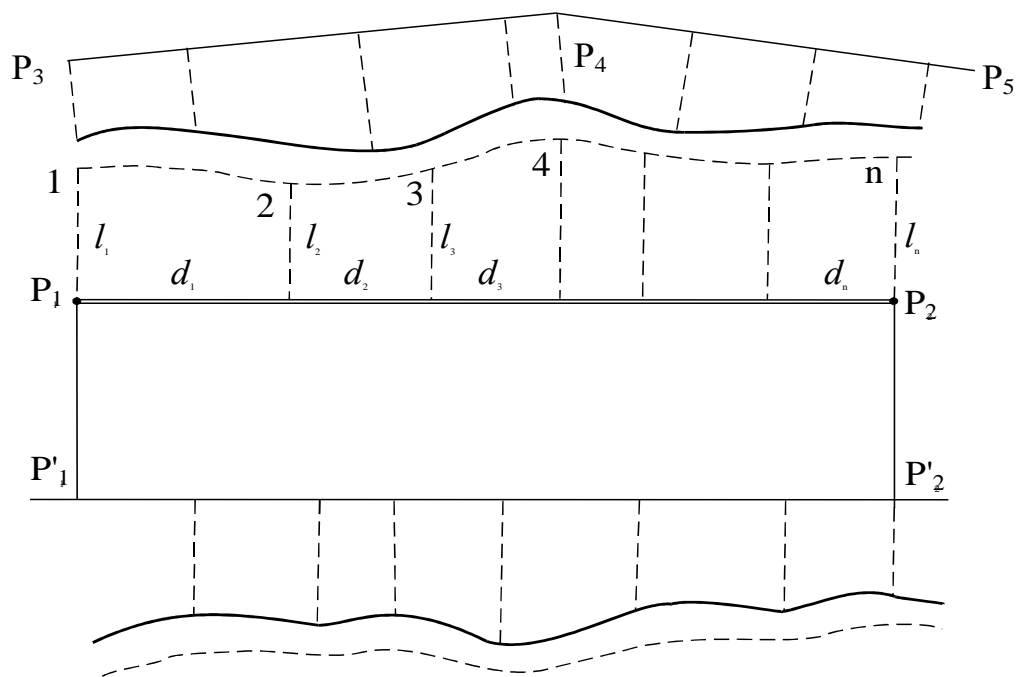


Рис. 5.1. Съемка уступа карьера способом перпендикуляров (ординат)

Методика съемки весьма проста и заключается в измерении перпендикуляров $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ от линии съемочного обоснования P_1P_2 через интервалы $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$. Набор количества

пикетов 1, 2, 3, ..., n и длину интервалов d_i определяет маркшейдер в зависимости от сложности снимаемого контура. Измерения проводят с помощью металлических рулеток с точностью отсчета до 0,1 м. Длину перпендикуляров, как правило, не допускают более 30 м. При длине более 15 м их восстанавливают с помощью эккера.

Результаты съемки заносят в полевой журнал, записывая номера пунктов или точек съемочного обоснования, длину интервалов d_i по линии P_1P_2 от начального пункта и длину перпендикуляров l_i . Одновременно ведутся зарисовки контуров и характерных мест, т. е. составляется абрис.

В случае удаления объекта съемки от линии P_1P_2 более чем на 30 м выносится дополнительная линия P'_1, P'_2 (см. рис. 5.1).

Высотные отметки пикетов 1, 2, 3, ..., n при необходимости, если они отличаются от высотных отметок точек съемочного обоснования более чем на 0,4 м, определяют геометрическим нивелированием.

Результаты съемки наносят на план от линии между точками съемочного обоснования (P_1P_2), используя абрис.

Недостатки способа:

- необходимо наличие правильной уступной системы ведения горных работ, когда берма уступа близка к горизонтальной;
- большое количество линейных измерений.

Достоинства: прост и точен.

Точность способа зависит от ошибок при измерении абсцисс, ординат и при построении прямых углов.

5.2. Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка - широко распространенный способ съемки в карьере, один из видов топографической съемки, выполняемой на отдельных участках. Пространственное положение точки при выполнении тахеометрической съемки определяется полярным способом с помощью тахеометра или теодолита, производя измерения горизонтального угла, расстояния и превышения методом тригонометрического нивелирования. Название «тахеометрическая съемка» в переводе с греческого слова

tachymetreo – означает быстрое измерение, т. е. при одном наведении зрительной трубы тахеометра или теодолита определяется положение каждой точки в пространстве. Тахеометрическая съемка выполняется по главному принципу от общего к частному, создавая в начале планово-высотную основу, с которой ведут съемку подробностей и по результатам последней в камеральных условиях составляют план горных выработок карьера. Плановой и высотной основой тахеометрической съемки служат пункты маркшейдерских съемочных сетей. В результате съемки по данным измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний производится определение положения в плане и по высоте точек (пикетов) снимаемого участка.

Тахеометрическая съемка выполняется теодолитами или авторедукционными тахеометрами.

Съемку теодолитами ведут с пунктов съемочного обоснования по схеме, указанной на рис.5.2.

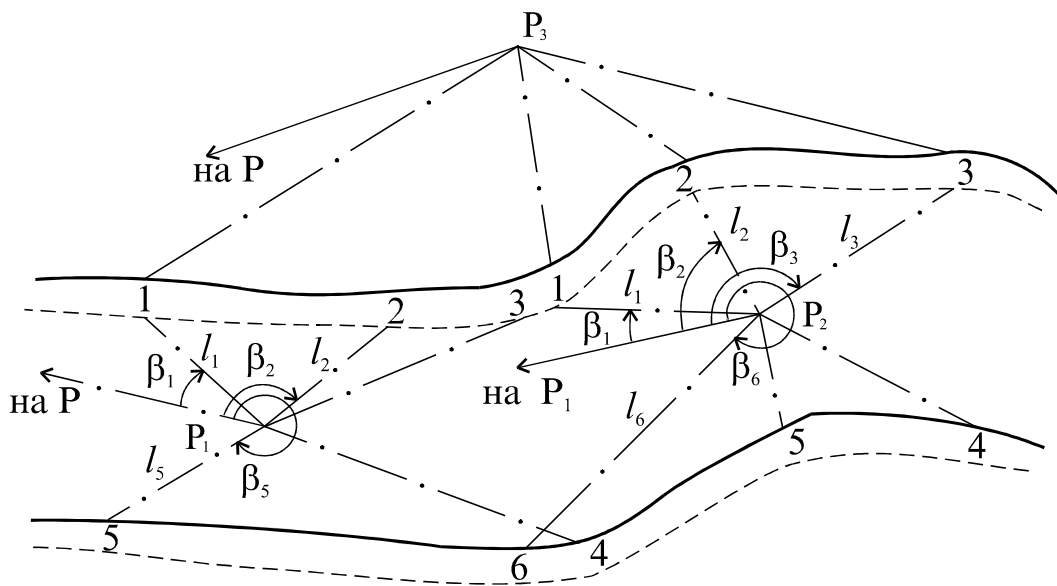


Рис. 5.2. Тахеометрическая съемка уступов

Первая стоянка на точке P_1 . От начального направления P_1P на выбранные пикеты 1, 2, ..., 5 измеряются горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$, вертикальные углы и наклонные расстояния l_1, l_2, \dots, l_5 . Аналогичные измерения проводятся на точках P_2, P_3 . Наклонное расстояние l_i определяют по нивелирной рейке нитя-

ным дальномером теодолита, направление - β_i – теодолитом, превышение – тригонометрическим способом, т. е. измерением угла наклона (δ).

Измерение горизонтальных углов допускается при одном положении круга с точностью отсчитывания до десятков минут. Во избежание грубых ошибок рекомендуется в конце работы на каждой станции (стоянке инструмента) проводить замыкание на горизонт. Допустимое смещение не должно превышать 2'. С помощью рулетки измеряется высота инструмента с точностью до 1 см и записывается в журнал.

Горизонтальное проложение наклонной длины линии d и превышение h определяют по формулам

$$d = l_i \cos \delta ; h = d \operatorname{tg} \delta ; h = l_i \sin \delta ,$$

если наведение визирной оси трубы производится на точку рейки, высота которой от поверхности земли равна высоте инструмента.

Расстояния от прибора до пикета при съемках бровок уступов и других нечетких контуров в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000 не должны превышать соответственно 150, 200, 300 м. При съемке четких контуров (здания, сооружения), для приведенных выше условий расстояния до пикетов, не должны быть больше соответственно 80, 100, 150 м.

На каждой стоянке тахеометрической съемки ведется абрис съемки с нанесением положений снимаемых контуров. Измерения заносятся в журнал тахеометрической съемки, в котором ведут вычисления горизонтальных проложений, превышений и высот пикетов. Пример записи в журнал приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Журнал тахеометрической съемки

Место съемки:

Инструмент:

Исполнитель

| Точки визирования | Отсчет по дальномеру l | Отсчет по гориз. кругу, | Отсчет по верт. кругу | Угол наклона | Горизонт. пролож. d , м | Превышение h , м | Высоты точек, м | Примечание, абрис |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|

| | м | β | | δ | | | | |
|--------------------|------|---------|--------|----------|------|-------|--|---|
| Станция точ. P_1 | | | | | | | | $M\Gamma=90$
$K=100$
$V=1,55$ м
$i=1,55$ м |
| P | | 00°00' | | | | | | 320,20 |
| 1 | 20,5 | 30°30' | 90°28' | -0°28' | 20,5 | -0,17 | | 320,03 |
| 2 | 21,4 | 129°00' | 91°10' | -1°10' | 21,4 | -0,43 | | 319,76 |
| 3 | 38,1 | 143°30' | 91°00' | -1°00' | 38,1 | -0,66 | | 319,53 |
| 4 | 44,6 | 186°30' | 89°30' | +0°30' | 44,6 | +0,39 | | 320,59 |
| 5 | 24,3 | 316°00' | 89°00' | +1°00' | 24,3 | +0,42 | | 320,62 |
| P | | 00°01' | | | | | | |

Камеральная обработка результатов тахеометрической съемки начинается с проверки полевых записей в журнале. После проверки журнала камеральную работу выполняют в следующей последовательности:

по координатам x , y , z наносят на план горных работ точки съемочного обоснования;

вычисляют горизонтальные проложения, превышения и высотные отметки пикетов;

наносят на план пикетные точки и все элементы и контуры участка съемки, используя абрис.

Для нанесения горизонтальных углов на план применяют простые тахеометрические транспортеры, длин линий - линейки с миллиметровыми делениями.

При съемке авторедукционными, электронными тахеометрами при наведении на пикет автоматически определяют наклонное или горизонтальное расстояние, горизонтальные и вертикальные углы. В зависимости от типа прибора в полевых условиях вычисляются приращения или координаты пикетов. Полученная информация вводится в блок памяти прибора и далее в камеральных условиях при использовании компьютера и программного обеспечения выполняется автоматический процесс составления плана горных выработок карьера.

5.3. Стереофотограмметрическая съемка

Стереофотограмметрическая съемка - способ съемки, позволяющий определять и графически изображать форму, размеры и пространственное положение земной поверхности и других

объектов по фотографическим снимкам методом измерения стереопар. Стереопару составляют два фотоснимка одного участка местности, полученные при разных положениях центра проекции (объектива фотоаппарата).

Различают монокулярное (одним глазом) и бинокулярное (двумя глазами) зрение. Бинокулярное зрение с устойчивым ощущением объемного восприятия объектов в пространстве называют стереоскопическим. Принцип стереоскопического зрения используется для получения стереомодели местности. Бинокулярное рассмотрение двух снимков, содержащих изображение одного и того же объекта, как и наблюдение невооруженным глазом, воссоздает объемное восприятие соответствующего объекта (участка местности), т. е. стереомодель. Поэтому в процессе преобразования фотоизображений в ортогональную проекцию (план) все измерения стереопар осуществляются не в натуре, а в камеральных условиях на специальных измерительных стереоскопических приборах.

Фотографирование местности может осуществляться с подвижных точек - аэрофотосъемка и с неподвижных базисов - наземная фотограмметрическая съемка.

В связи с различием технических приемов обработки стереопар при создании по ним плана различают три случая фотографирования (рис. 5.3):

- с отвесным положением оптической оси фотокамеры - вертикальная съемка;

- с наклонным положением оптической оси фотокамеры - перспективная съемка;

- с горизонтальным положением оптической оси фотокамеры - горизонтальная съемка.

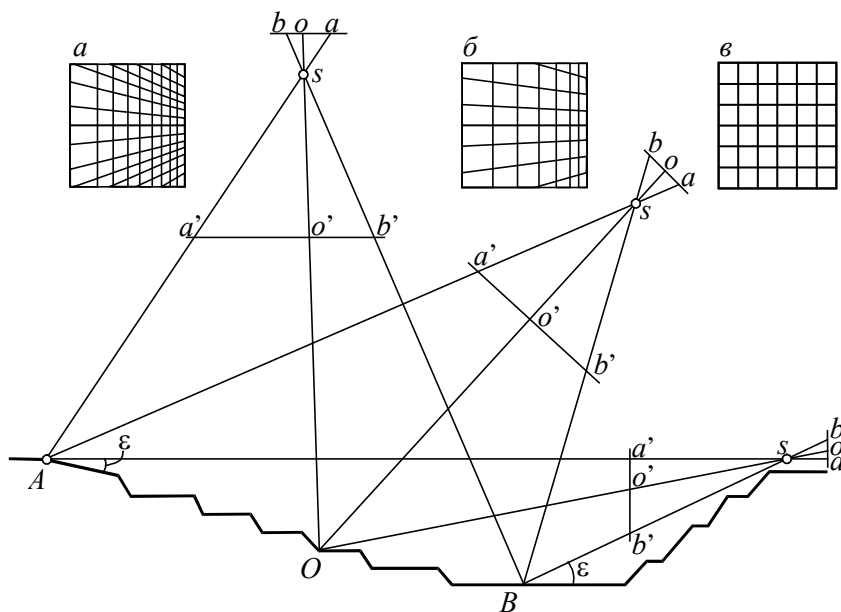


Рис. 5.3. Случаи фотографирования при различных съемках:
a - вертикальная (плановая); *б* – перспективная; *в* - горизонтальная,
so – центр проектирования (объектива), - главная точка снимка,
 ε - угол встречи проектирующих лучей с поверхностями снимаемых
 участков карьера и земной поверхности (должен быть не менее 1-2)

В горном деле фотографическая съемка наиболее широкое распространение получила для съемки открытых горных разработок, включая аэро- или наземную фотограмметрическую съемку.

Основные достоинства фотограмметрической съемки заключаются в следующем:

- высокая точность измерений за счет использования прецизионных приборов и методов обработки на ЭВМ;
- получение в короткие сроки объективной и достоверной информации о состоянии всего объекта в целом или больших его частей;
- получение информации об объекте бесконтактным способом;
- высокая производительность труда;
- возможность изучения неподвижных, медленно или быстро протекающих процессов;
- возможность съёмки труднодоступных участков карьера;

- малый объём полевых работ, что особенно важно для зимнего периода;

- материалы съёмки могут быть использованы для составления геологической документации месторождения.

5.3.1. Аэрофотограмметрическая съёмка карьеров (аэросъёмка)

Аэрофотограмметрическая съёмка карьеров (аэросъёмка) основана на обработке (измерении) фотографических снимков (стереопары), полученных из разных точек фотографирования.

Аэросъёмку выполняют с летательных аппаратов (самолет или вертолет) при помощи установленного на них аэрофотоаппарата (АФА). Летательный аппарат для этого оборудуется приборами, обеспечивающими операции фотографирования. АФА снабжены объективами с высокой разрешающей способностью и фокусным расстоянием.

Аэросъёмка выполняется в более мелком масштабе по сравнению с масштабом плана карьера, и не должно быть меньше 1:10000 - при съёмке горных выработок в масштабе 1:1000 и съёмке для контрольного определения объема выемки за два года и более; 1:15000 - при съёмке горных выработок в масштабе 1:2000 и 1:25000 при съёмке складов полезного ископаемого, отвалов вскрышных работ в масштабе 1:5000.

Масштаб и высоту фотографирования определяют по формулам

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}; \quad H = f \cdot m,$$

где f - фокусное расстояние АФА; H - высота фотографирования; m - масштаб снимка.

Аэросъёмку карьера проводят по схеме маршрутов летательного аппарата (рис. 5.4) с соблюдением следующих технических требований:

заданное продольное перекрытие снимков 60 % или 80 %;

угол наклона снимков до 4°;

изменение высоты полета в пределах одного маршрута не более 50 м;

величина расчетного линейного смаза фотоизображения не более 0,05 мм.

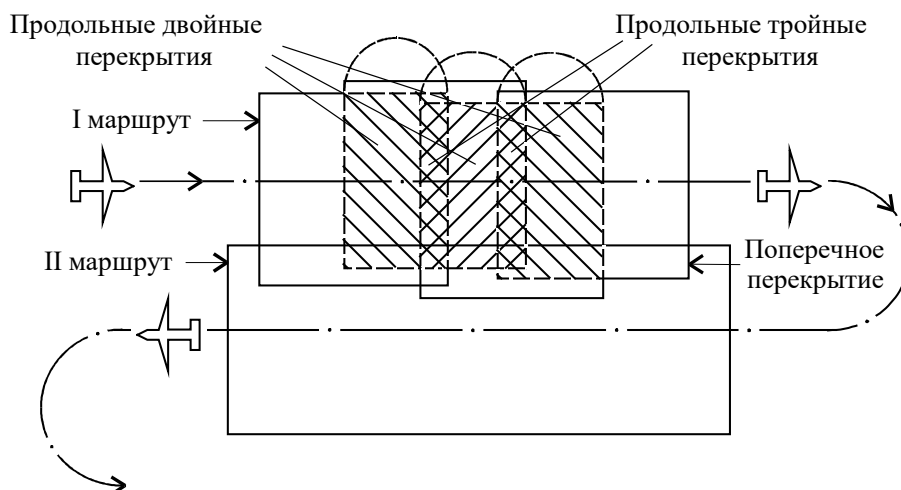


Рис. 5.4. Схема маршрутов аэросъемки

Для работы используют не весь снимок, а его центральную часть. Аэроснимок представляет центральную проекцию местности, полученную при помощи аэрофотоаппарата. Аэрофотоснимок подобен плану снимаемой местности, если местность представляет собой плоскость, а снимок горизонтален, т. е. оптическая ось АФА занимает вертикальное положение. Практически такие случаи невозможны. Поэтому для преобразования аэрофотоснимка в план используют элементы ориентирования, определяющие положение аэрофотоснимка в пространстве в момент фотографирования в заданной системе координат. Их подразделяют на внутренние и внешние элементы ориентирования.

Элементы внутреннего ориентирования позволяют определить положение центра проектирования S относительно аэроснимка (рис. 5.5) при помощи фокусного расстояния аэрофотоаппарата и прямоугольной системы координат аэрофотоснимка, образованной прямыми, соединяющими противоположные координатные метки прикладной рамки.

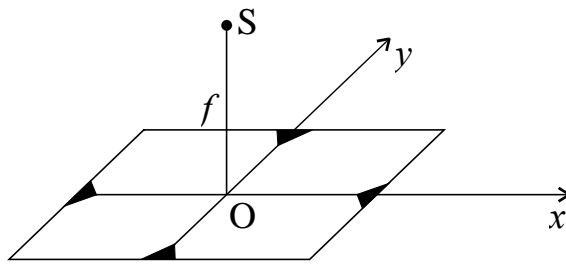


Рис. 5.5. Элементы внутреннего ориентирования

S - центр проектирования (объектив);
 f фокусное расстояние АФА;
 O - главная точка (центр) аэроснимка

Элементы внешнего ориентирования определяют пространственное положение аэрофотоснимка в момент фотографирования (рис. 5.6). К ним относят:

координаты центра проекции (объектов) $X_s, Y_s, Z_s = H$ - высота фотографирования, при помощи которой определяют положение точки S (центра объектива) в принятой на местности системе координат (ось X параллельна направлению аэрофотосъемочного маршрута);

угол наклона аэрофотоснимка α , при помощи которого определяют угол отклонения главного луча проектирования SO от отвесной линии Sn, дирекционный угол направления снимка A. Дирекционный угол A определяет положение плоскости главного вертикала W, в которой находится главный луч SO;

угол поворота γ , составленный плоскостью главного вертикала n_0 и определяющий поворот аэрофотоснимка в своей плоскости.

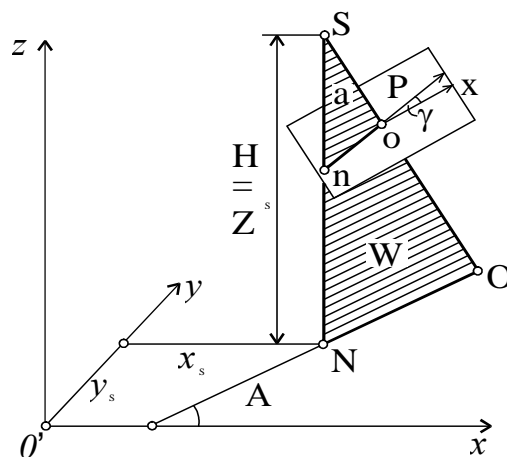


Рис. 5.6. Элементы внешнего ориентирования

Для внешнего ориентирования фотоснимков используют опорные точки, которые закладываются на местности. Плановое и высотное их положения определяют по методике, принятой для пунктов съёмочного обоснования. Опорные точки располагают вдоль маршрута аэрофотосъёмки. Для надежного опознания пунктов на снимках их маркируют в виде креста или окружностей. Размер знака на местности выбирается таким, чтобы на снимке длина штриха была не менее 0,2 мм, а толщина - 0,03 мм.

Количество опорных точек в карьере определяется с соблюдением следующих условий [3]:

при ежемесячной съёмке карьеров глубиной до 200 м каждую стереопару снимков обеспечивают четырьмя планово-высотными опорными точками, расположенными в ее углах;

при съёмке карьеров глубиной более 200 м, а также при съёмке, выполняемой с целью контрольного определения объёмов выемки за длительный период, необходимо дополнительно иметь высотную опорную точку в центре стереопары.

По окончании фотосъёмки производится лабораторная обработка фотопленки и изготавливаются контактные отпечатки на фотобумаге. Фотографии монтируются на общую основу (подложку) в таком порядке, чтобы в результате получился один общий аэрофотоснимок на весь участок съёмки. По общему аэрофотоснимку производится оценка качества летно-съёмочных работ, включающая проверку: допустимых отклонений продольного и поперечного перекрытий; сохранения направления и прямолинейности маршрутов; степени разномасштабности и углов наклона снимков и т. п.

Планы горных выработок составляют на универсальных фотограмметрических приборах, у которых средняя квадратическая погрешность определения координат точек модели не должна превышать для плановых координат 0,02 мм в плоскости снимка и для высоты - 0,01 % h , где h - высота проектирования на приборе, мм.

Приборы должны проверяться в соответствии с инструкциями по эксплуатации и юстироваться, если их точность не отвечает указанным требованиям.

Обработка материалов аэрофотосъёмки выполняется с использованием ЭВМ для вычисления элементов геодезического

ориентирования модели местности, подсчета объемов выемки горной массы, складов полезных ископаемых и составления планов объектов съемки на графопостроителях.

5.3.2. Наземная фотограмметрическая съемка

Наземная фотограмметрическая съемка - метод изучения и регистрации формы, размеров и пространственного положения объектов по их фотограмметрическим изображениям, полученным с точек земной поверхности [6]. Наземную фотограмметрическую съемку применяют как самостоятельный вид съемки, так и совместно с тахеометрической съемкой. Главным ее преимуществом является значительное сокращение полевых работ и возможность съемки труднодоступных участков карьеров.

Идея метода состоит в том, что пространственное положение третьей точки определяется относительно двух других (базисных) прямой засечкой, причём эта засечка реализуется с помощью стереопары снимков, полученных с земли. В основе наземной фотограмметрии лежат общие математические зависимости между пространственным положением точек объекта и их фотографическими изображениями на фотоснимках.

Суть фотограмметрической съемки сводится к следующему. Фотографирование участка карьера выполняют с двух точек (S_1 и S_2) базисной линии B_ϕ . Полученные с разных точек базиса снимки - левый P_1 и правый P_2 являются стереопарой снимаемого участка (рис. 5.7).

В зависимости от используемой аппаратуры, фотоизображение получается либо в виде плоских фотоснимков (при съемке фототеодолитом), либо в цифровом виде (при съемке цифровой камерой). Элементами стереопары считают:

центры проекций S_1 и S_2 левого и правого фотоснимков, т. е. задние узловые точки объективов фотокамер;

базисную линию (базис фотографирования) B_ϕ , равную расстоянию между центрами проекций фотоснимков;

проектирующие лучи, создающие изображение соответственно a_1S_1A , c_1S_1C на левом, a_2S_2A , c_2S_2C - на правом снимках;

главные лучи, перпендикулярные к плоскостям левого S_1O_1 и правого S_2O_2 фотоснимков;

главные точки пересечения главных лучей с фотоснимками O_1 и O_2 ;

фокусные расстояния фотоснимков $f_1 = S_1O_1, f_2 = S_2O_2$;

изображения одних и тех же точек снимаемого участка на каждом снимке (на двух снимках стереопары): идентичные точки a_1 и a_2, c_1 и c_2 по соответствующим лучам $S_1a_1, S_2a_2, S_1c_1, S_2c_2$.

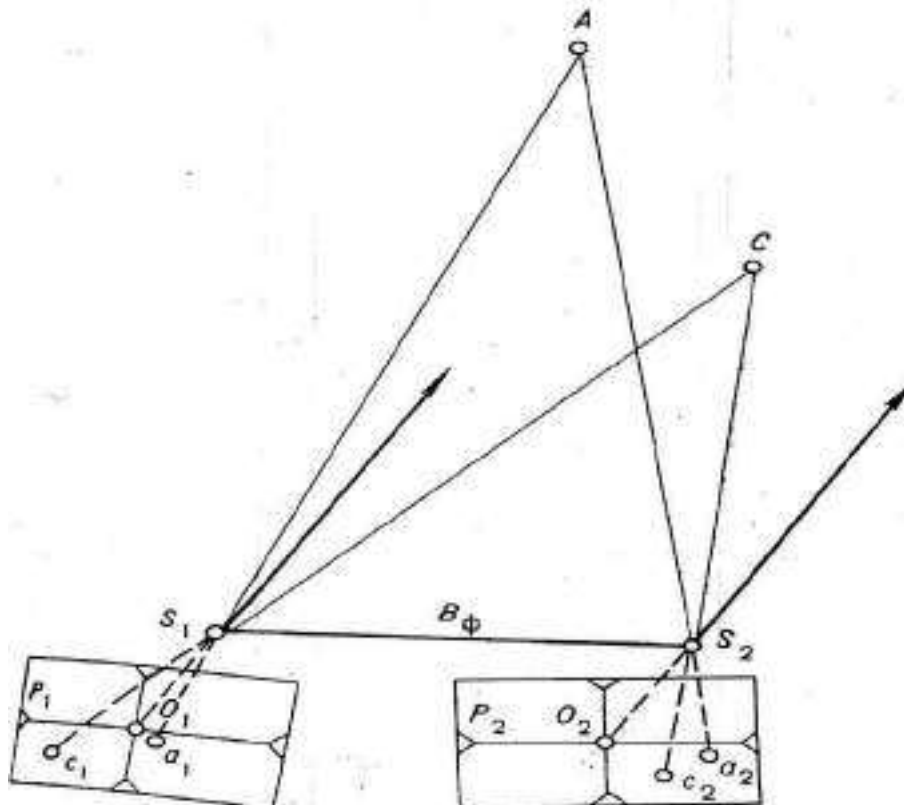


Рис. 5.7. Элементы стереопары снимаемого участка

Таким образом, в фотограмметрической съемке местоположение точки определяется прямой пространственной фотограмметрической засечкой, образуемой проектирующими лучами. Положение точки A (см. рис. 5.7) можно определить, если известны направления проектирующих лучей a_1S_1A и a_2S_2A , точки C - c_1S_1C и c_2S_2C . Совокупность всех точек пересечения снимаемого участка, образующих поверхность, называется геометрической моделью или моделью участка.

Фотоизображение участка получают или с помощью фототеодолита, в котором конструктивно объединены фотокамера и теодолит, или с помощью цифровой камеры. Прибору обеспечи-

вается неподвижное и определенное положение в момент фотографирования.

Фототеодолитный комплект (Photheo 19/1318) содержит следующие инструменты и оборудование: фотокамеру, оптический теодолит, двухметровую базисную рейку, три взаимозаменяемых трегера и три марки, три штатива, двадцать четыре деревянных кассеты, юстировочное устройство к фототеодолиту.

Фотокамера снабжена объективом «Ортопротар» с фокусным расстоянием 193 – 194 мм, постоянной диафрагмой с относительным отверстием 1 : 25 и постоянным желтым фильтром.

Полезные углы изображения по горизонтали $\sim 47^{\circ}$, по вертикали $\sim 34^{\circ}$. Для увеличения вертикального захвата местности объектив можно перемещать на 30 мм вверх и 45 мм вниз от среднего положения, что обеспечивает вертикальный захват вверх от горизонта $\sim 26^{\circ}$, вниз $\sim 29^{\circ}$.

Максимальная дисторсия объектива не превышает ± 5 мк. В фокальной плоскости его расположена металлическая фигурная прикладная рамка, к которой при съемке прижимается эмульсионный слой фотопластины.

Различают два вида съемки с земной поверхности: при горизонтальном положении оптической оси фотокамеры – горизонтальная съемка, при значительном отклонении оси фотокамеры от горизонтального положения – перспективная съемка. Съемку проводят в трех направлениях: перпендикулярно базисной линии и с отклонением влево или вправо до 35° (рис. 5.8). С каждой точки базисной линии фотографируют один и тот же участок карьера и получают стереоскопические пары фотоснимков.

Для обработки результатов фотограмметрической съемки с целью построения и пополнения плана горных работ карьера могут быть использованы оптико-механические приборы (при съемке фототеодолитом) и современные технологии, предназначенные для построения пространственных (фотограмметрических) моделей, цифровых моделей карьера, ортофотопланов, цифровых контурных планов и пространственных векторных объектов. В качестве исходных данных используется цифровая стереопара, которая получается при съемке цифровой камерой

или преобразуется в цифровую форму в процессе сканирования при съемке фототеодолитом.

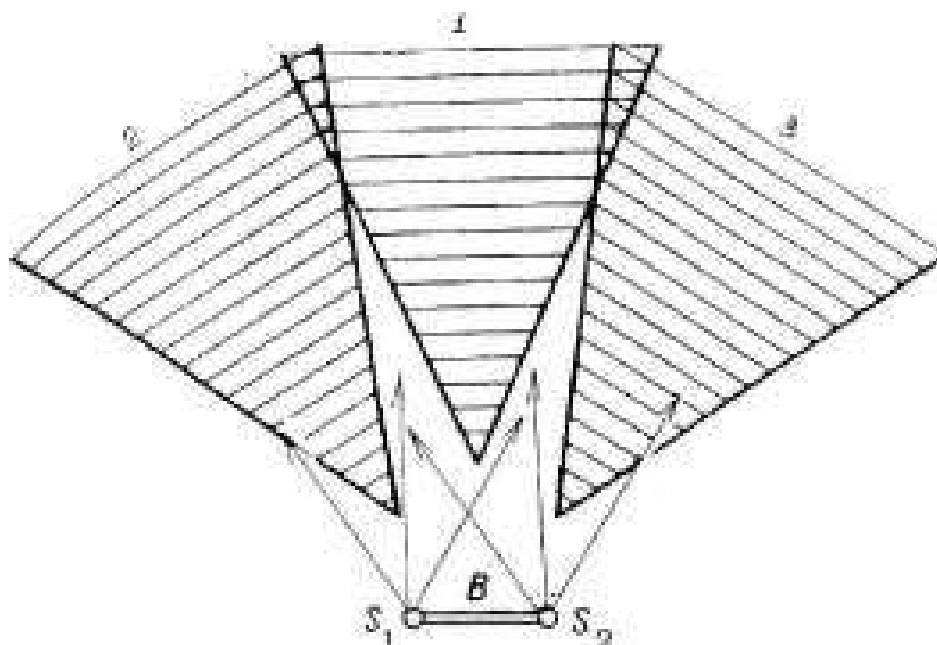


Рис. 5.8. Направление стереофотограмметрической съемки:

- 1 – перпендикулярно базисной линии;
- 2, 3 – отклонения от базисной линии влево, вправо

Построение пространственной модели позволяет производить пространственные измерения, т. е. определять и сохранять в специальном файле пространственные (трехмерные) координаты точек изображения и расстояния между точками; создавать, редактировать цифровую модель, измерять геометрические характеристики карьера, описывая их в реальной системе координат (рис. 5.9).

Общая организация наземной фотограмметрической съемки при создании маркшейдерских планов местности включает ряд взаимосвязанных технологических процессов: подготовительные работы, полевые геодезические работы и фотографирование местности, камеральные фотограмметрические работы.

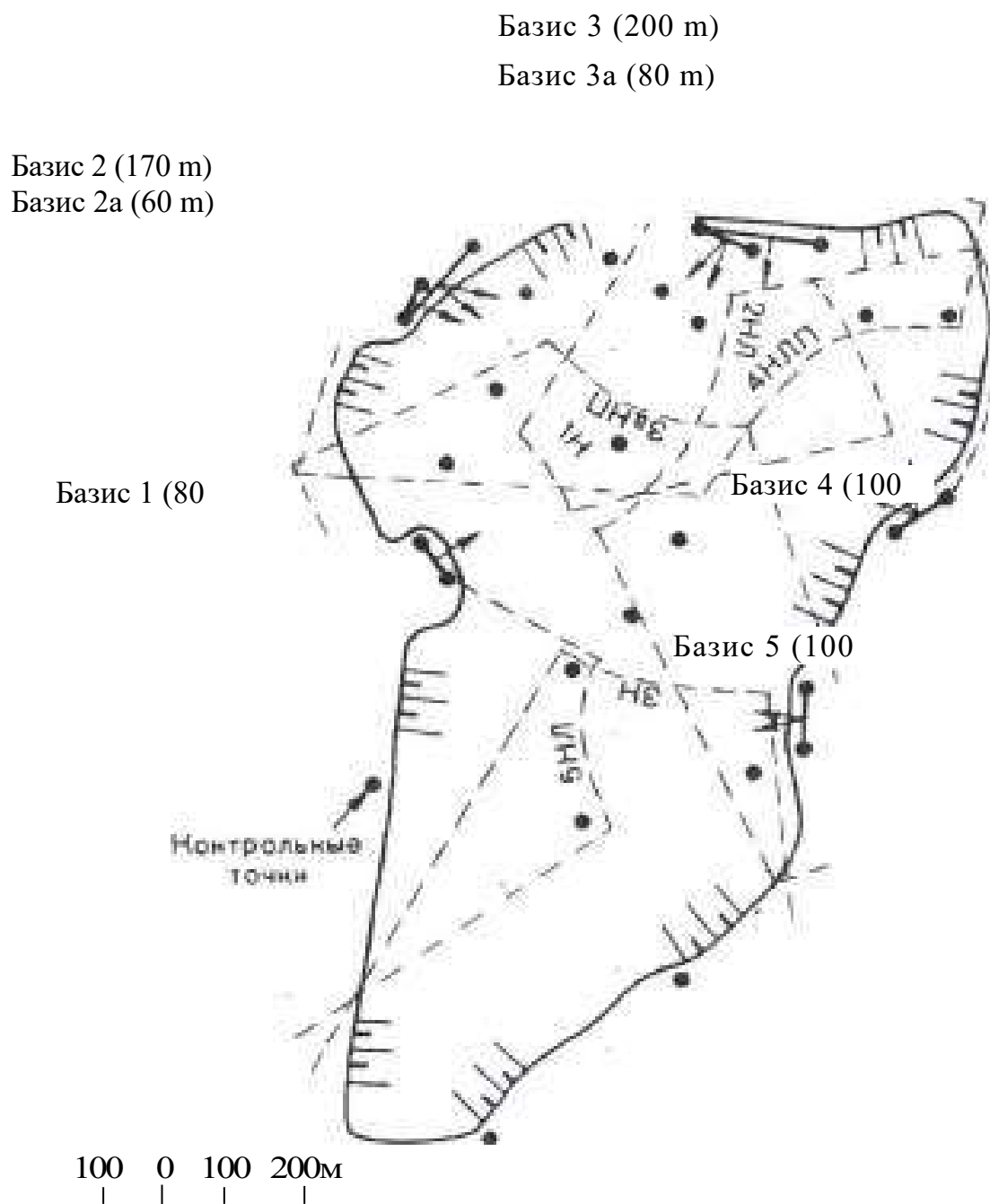


Рис. 5.9. Расположение базисных линий на карьере

Подготовительные работы предшествуют полевым съёмочным работам и включают: подготовку приборов и оборудования; сбор и изучение картографических материалов, имеющих на район предстоящих работ; составление проекта полевых работ; рекогносцировка участка с целью уточнения проекта съём-

ки, выбора мест расположения базисов фотографирования, контрольных пунктов, точек сгущения опорной сети и уточнения схемы геодезической привязки всех этих точек; закрепление и маркирование выбранных точек на местности.

Подготовка приборов и оборудования состоит в выполнении поверок и юстировок фототеодолитного комплекта.

На основе собранных картматериалов, уточняют размеры и границы площади участка предстоящей съёмки и приступают к составлению предварительного технического проекта съёмки. Основная задача проектирования состоит в выборе мест расположения точек базисов фотографирования – фотостанций, направления осей съёмки, расположения контрольных пунктов и точек сгущения опорной сети.

В связи с тем, что дополнительные съёмки карьеров являются наиболее распространённым видом маркшейдерских съёмочных работ и представляют собой постоянно повторяемый процесс, составление проекта наземной стереофотограмметрической съёмки всего карьера носит преимущественно разовый характер, а в дальнейшем в этот проект вносятся уточнения и дополнения.

Основные требования, определяющие высокое качество проекта, сводятся к обеспечению максимальной полноты охвата участка съёмки наименьшим количеством базисом фотографирования при соблюдении минимального объёма геодезических работ по их привязке и необходимой точности построения плана в заданном масштабе, а также обеспечение необходимой точности определения пространственных координат отдельных точек карьера, удобство расположения базисов, с учётом обеспечения их длительной сохранности.

Проект съёмки состоит из графической части и пояснительной записки. Графическую часть проекта составляют в масштабе 1:5000 – 1:2000, начиная с размещения базисов фотографирования. При выборе мест расположения съёмочных базисов необходимо руководствоваться следующими правилами:

- съёмочные базисы должны располагаться выше снимаемых участков, так как только при этом условии можно обеспечить съёмку без «мёртвых пространств»;

- размещать базисы с таким расчётом, чтобы весь участок был снят наименьшим количеством стереопар и проектировать по возможности на каждом базисе съёмку с нормальными и равноотклонёнными осями;
- располагать базисы группами, что заметно сокращает затраты времени на фотосъёмку, а также на геодезическую привязку фотостанций;
- соблюдать необходимое перекрытие смежных стереопар соседних базисов, которое в зависимости от сложности форм рельефа должно быть в пределах от 20 до 50%;
- размещать базисы в местах, где будет обеспечена их длительная сохранность.

Наметив на плане предполагаемое место расположения базиса, необходимо прежде всего определить границы участка, который может быть снят с этого базиса. Найдя предельное отстояние Y_{\max} , на которое может быть выполнена съёмка с намеченного базиса, определяют его наименьшую длину B_{\min} , которая может обеспечить заданную точность составляемого плана

$$B_{\min} = \frac{Y_{\max}^2 \cdot m_p}{m_y \cdot f \cdot t}$$

где m_p - погрешность измерения продольных параллаксов, принимаемая равной 0,01 мм.; m_y – погрешность планового положения определяемой контурной точки в м.; f – фокусное расстояние фотокамеры; t – коэффициент, учитывающий угол скоса. Если угол отклонения $\varphi = 31,5^\circ$, то значение t принимают равным 0,70. при нормальном случае съёмки угол отклонения $\varphi = 0^\circ$, поэтому $t = 1$.

При чрезмерном увеличении длины базиса сокращается площадь обработки стереопары за счёт увеличения минимального отстояния Y_{\min} до ближней границы участка съёмки.

На стереопаре наземных снимков минимальное отстояние определяется из соотношения $Y_{\min} < 3,5 B$, то есть на отстояниях менее Y_{\min} обработка наземной стереопары невозможна.

Необходимую длину базиса удобно находить при помощи номограммы, построенной по формуле нахождения B_{\min} .

Полевые работы начинаются с рекогносцировки местности, основной задачей которой является выявление необходимых изменений и дополнений в предварительный технический проект съёмки, составленный в камеральных условиях. В процессе рекогносцировки определяют на местности границы участка съёмки, уточняют места расположения базисных точек и контрольных точек, уточняют схему геодезической привязки фотостанций и контрольных точек (см. рис. 5.9).

Вначале выбирают положение концов базиса, затем контрольные точки и дополнительные точки геодезического обоснования. Для выноса в натуру направления базиса намечают с его левой точки направление главного луча фотокамеры при нормальном случае съёмки, а затем по перпендикуляру к нему выносят правую точку с соблюдением условия прямой видимости между концами базиса.

Наиболее целесообразным является совмещение одной из базисных точек (предпочтительно левой) с точкой опорной геодезической сети, так как при этом резко сокращается объём привязочных работ.

Базисные точки закрепляют на местности постоянными или временными центрами, в зависимости от того, какая предусматривается с данного базиса съёмка – разовая или многократная.

Контрольные точки выбирают с таким расчётом, чтобы они были хорошо видны с обоих концов базиса. Для надёжного опознавания на снимках контрольных точек перед фотографированием их маркируют путём нанесения контрастной по отношению к фону краской правильных геометрических фигур (крест, круг и т.д.) с чётко обозначенным центром или установкой специальных марок.

В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект съёмки, в котором показывают положение и нумерацию съёмочных базисов, границы и контуры участков съёмки с каждого базиса, положение пронумерованных контрольных точек и места возможного появления “мёртвых зон”.

В пояснительной записке отражают последовательность проведения съёмочных работ со всех базисов и порядок производства геодезических работ.

Полевые работы (фотографирование карьера) являются наиболее ответственным этапом, так как от качества негативов в значительной степени зависит успешное выполнение последующих работ и точность конечных результатов.

Последовательность фотографирования:

ориентируют фотокамеру относительно базиса съёмки по меткам на ее корпусе;

на регистратуре устанавливают номер снимка и вид съёмки;

горизонтируют фотокамеру и точно ориентируют ее относительно другой точки базиса;

выполняют экспонирование.

В аналогичной последовательности выполняют съёмку при другом положении главного луча камеры. Закончив фотосъёмку с одной точки базиса переходят на другую, где фотокамеру устанавливают в подставку вместо визирной марки.

После фотографирования с обеих точек базиса приступают к измерению его длины. Точность измерения базисов 1:2000 [3].

Измерение коротких базисов длиной до 130 м выполняют горизонтальной базисной двухметровой рейкой, входящей в фототеодолитный комплект.

Угол наклона базиса измеряют теодолитом с одной из базисных точек одним приёмом. Если известны высотные отметки обоих концов базиса, то угол наклона не измеряется.

Ориентирование базиса производят путём измерения теодолитом горизонтальных углов двумя полными приёмами в левой точке между направлениями базиса и направлениями на два пункта опорной геодезической сети.

Определение плановых координат базисных и контрольных точек, не совмещённых с пунктами съёмочной сети, в зависимости от условий местности выполняют обратными, прямыми и комбинированными засечками или прокладкой теодолитных ходов. Высотные отметки вычисляют по результатам геометрического или тригонометрического нивелирования.

Камеральная обработка снимков выполняется с целью составления планов или карт, а также для определения пространственных координат отдельных точек сфотографированных участков карьера.

Методы камеральной обработки: аналитический, графический и графомеханический.

Аналитический метод основан на измерении фотокоординат и параллаксов соответственных точек на стереопаре снимков и последующем вычислении пространственных координат точек сфотографированного участка по формулам связи координат точек снимков и участка. Этот метод позволяет решить аналитические соотношения между координатами точек снимков и объекта с высокой точностью.

Обработка наземных снимков аналитическим методом состоит из двух этапов: измерения фотокоординат и параллаксов точек снимков, а затем решения соответствующих зависимостей между координатами соответственных точек сфотографированного участка.

По стереопаре снимков, полученных с базиса, положение которого известно, решается прямая фотограмметрическая засечка и определяются пространственные координаты точек объекта.

В ряде случаев решают обратную фотограмметрическую засечку, когда по нескольким изобразившимся на снимке опорным точкам с известными пространственными координатами определяют неизвестные элементы ориентирования снимка, в том числе и пространственные координаты центра фотографирования.

Для решения таких задач в фотограмметрии используют стереокомпаратор – высокоточный стереофотограмметрический прибор, предназначенный для измерения фотокоординат и параллаксов точек на фотоснимках способом мнимой марки.

Аналитический метод относится к самым точным методам обработки наземных снимков, поскольку в измеряемые фотокоординаты можно ввести поправки за погрешности элементов ориентирования. Благодаря этому можно максимально полностью использовать ту точность, которую дают фотоизображения. Погрешности аналитического метода обусловлены главным образом:

- погрешностями полевых работ;
- геометрическими искажениями самих снимков;
- погрешностями измерений этих снимков.

Основным недостатком этого метода является то обстоятельство, что он представляет собой точечный метод обработки, то есть искомые координаты определяют по отдельным точкам.

Графический метод получения по снимкам координат точек местности основан на решении уравнений связи координат точек снимков и объекта путём графических построений.

В настоящее время графический метод на производстве не применяется, поскольку имеет существенные недостатки: невысокая точность и большая трудоёмкость.

Графомеханический метод позволяет составить план или карту сфотографированного участка местности по стереопаре наземных фотоснимков без непосредственного измерения фотокоординат и параллаксов точек снимков. От аналитического и графического методов он отличается тем, что объекты и контуры на плане наносятся непосредственным вычерчиванием, то есть не является точечным методом.

Графометрический метод позволяет составить план или карту сфотографированного участка местности по стереопаре без непосредственного измерения фотокоординат и параллаксов точек снимка.

Данный метод основан на использовании универсальных приборов: стереокомпаратора в комплексе с координатографом и современного аналитического фотограмметрического «стереоанаграфа» (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Стереонаграф-6

По техническим характеристикам (табл. 5.2) и трудозатратам «Стереонаграф» превосходит стереокомпаратор.

Таблица 5.2

**Техническая характеристика фотограмметрического прибора
“Стереонаграф-6”**

| | |
|---|----------------|
| Максимальный формат обработки снимков, мм | 300 x 300 |
| Фокусное расстояние снимков, мм | 0 - 100 |
| Перекрытие обрабатываемых снимков, % | 0 – 100 |
| Разрешение, мкм | 1 |
| Инструментальная ср. квадратическая погрешность определения координат, мкм не более | ± 3 |
| Плавное изменение увеличения наблюдательной системы, крат | 7 - 21 |
| Возможность переключения оптических осей | имеется |
| Размер измерительной марки, мкм | 25 - 100 |
| Разворот изображения, градусов | 360 |
| Управляющий компьютер | Intel Windows |
| Питающее напряжение | 220В/50/60 Гц |
| Потребляемая мощность, без компьютера | 150 Вт (Макс) |
| Масса, кг | 250 |
| Габаритные размеры, мм | 1600x1400x1000 |

Прибор аналитический фотограмметрический “Стереонаграф-6” предназначен для создания планов и карт всего масштабного ряда. Расширенный пакет программ обеспечивает дополнительные возможности прибора по обработке космических, архитектурных и маркшейдерских фототеодолитных снимков.

Прибор работает под управлением оператора персональной электронной вычислительной машины, укомплектованной пакетом прикладных программ, который позволяет автоматизировать процессы:

- тестирование прибора;
- подготовку исходных данных;
- внутреннее, внешнее и взаимное ориентирование снимков;

оценку точности ориентирования снимков обрабатываемой стереопары;

выдачу информации на плоттер, принтер.

Стереонаграф состоит из ПЭВМ, стереокомпаратора, координатографа.

ПЭВМ включает в себя программное обеспечение, модуль связи стереокомпаратора (МСС), модуль связи координатографа (МСК), предназначена для:

- выполнения совместно со стереокомпаратором и координатографом задач технологических операций, заложенных в программном обеспечении прибора;

- вычисления координат элементов снимков обрабатываемой стереопары и создаваемых планов;

- хранения результатов обработки снимков, выдачи их на печатающее устройство, дискету и координатограф;

- обмена информацией между стереокомпаратором, координатографом и программным обеспечением;

- управления работой стереокомпаратора и координатографа в процессе выполнения технологических операций, заложенных в программном обеспечении;

Сtereoкомпаратор может работать в трёх режимах: режиме комбинированного управления, при котором управление осуществляется оператором с применением ручных штурвалов, ножного штурвала и программным обеспечением; режиме программного управления (без применения ножного и ручных штурвалов); режиме ручного управления (без участия программного обеспечения).

Координатограф включает вместо снимкодержателя пишущее устройство, сервопривод и датчик. Как и стереокомпаратор работает в трёх режимах.

В основе графоаналитического метода лежит решение фотограмметрической засечки с использованием ПЭВМ. Метод является перспективным при построении планов и карт, а также при решении различных маркшейдерских задач при разработке открытым способом.

5.4. Лазерное сканирование в карьерах и разрезах

5.4.1. Основные положения и технология лазерного сканирования

Для построения точной масштабной модели какого-либо объекта, будь это карта местности, план карьера или отвала, план-схема расположения технологического оборудования, необходимо сначала провести геодезические измерения и получить пространственные координаты всех характерных точек, а затем представить их в графическом виде. Определение пространственных координат точек объекта, или съемка, составляет наиболее трудоемкую и затратную часть всей работы. Как правило, при производстве достаточно больших объемов полевых измерений геодезистами используется современное оборудование, в первую очередь электронные тахеометры, позволяющие получать координаты съемочных точек с миллиметровым уровнем точности.

Принцип работы электронного тахеометра основан на отражении узконаправленного лазерного пучка от отражающей цели и измерении расстояния до нее. Отражателем в общем случае служит специальная призма, установленная на вешке или закрепленная на поверхности объекта. Измерение двух углов – горизонтального и вертикального дает возможность вычислить трехмерные пространственные координаты точки отражения, а возможности полевого кодирования позволяют назначить съемочному пикету уникальный идентификационный код. Поскольку скорость измерения тахеометра относительно невысока – не более 2 измерений в секунду, то такой метод эффективен при съемке разреженной, не загруженной объектами площади. Кроме этого, при производстве съемки зачастую приходится сталкиваться со сложностями, связанными с координированием неприступных объектов либо участков, где нахождение человека либо невозможно, либо небезопасно, либо создает препятствия для нормальной работы технологического оборудования.

Появление в последние годы безотражательных электронных тахеометров, имеющих возможность работать без специальных призм, и их широкое использование в практике маркшейдерско-геодезических измерений, позволило не только эффективно производить тахеометрическую съемку неприступных объектов, объектов сложной конфигурации, для съемки которых приходи-

лось использовать шесты и лестницы, но и в ряде случаев полностью отказаться от рабочего с рейкой. Для координирования пикетной точки достаточно просто навестись на нее, и нажать одну клавишу на панели управления, лазерный луч отражается от любой достаточно ровной поверхности, находящейся на расстоянии до 500 метров от точки установки прибора.

Внедрение новых технологий в области традиционных геодезических и смежных с ними координатных измерений все же не в полной мере удовлетворяет качество и полноту получаемых данных для построения цифровых моделей измеряемых объектов. До недавнего времени еще оставался открытым вопрос о том, сколько времени потребуется на съемку достаточно крупных и динамично изменяющихся объектов, таких, как рабочий борт карьера, отвал пустых пород или склад руды; с какой плотностью будут получены измерения, с какой точностью и достоверностью; какие затраты времени потребуются для детальной съемки объекта площадью десятки и сотни гектаров. Использование безотражательного электронного тахеометра может значительно сократить сроки выполнения полевого этапа работ, однако, все равно придется провести за прибором долгие часы и дни. Специфика горных работ: постоянное изменение объекта съемки во времени и в пространстве предопределяет необходимость проведения все новых и новых измерений. К тому же дискретные и разреженные координатные данные не позволяют с максимальной точностью описать объект съемки: слишком мало информации.

Удовлетворить все потребности маркшейдера и геодезиста смог бы, пожалуй, безотражательный тахеометр, который ведет съемку автоматически, без участия оператора, со скоростью 5 тысяч измерений в секунду. Еще несколько лет назад такая технология проведения геодезических съемок представлялась абсолютно нереальной, однако сегодня она уже широко используется для выполнения различного рода съемочных работ. Название этой технологии – метод лазерного сканирования.

Лазерное сканирование – это метод, позволяющий создать цифровую модель окружающего пространства, представив его набором точек с пространственными координатами. Несмотря на принципиальную новизну данного метода, его можно рассматри-

вать как логическое продолжение развития безотражательных технологий и их использования в геодезических инструментах. Основное отличие метода лазерного сканирования от традиционных тахеометров – гораздо большая скорость измерений, сервопривод, автоматически поворачивающий измерительную головку инструмента в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а самое главное – скорость (5000 измерений в секунду) и плотность (десятки точек на 1 кв. сантиметр поверхности). Полученная в результате измерений цифровая модель объекта представляет собой набор от сотен тысяч до нескольких миллионов точек, имеющих пространственные координаты с высокой точностью. Кроме этого в большинстве современных сканеров имеется встроенная цифровая камера, позволяющая для каждой точки трехмерного растрового изображения определить показатели интенсивности отражения и истинного цвета, которые на этапе камеральной обработки используются не только для трансформации растрового изображения в векторный формат, но и для изучения геологического строения объекта.

С другой стороны, лазерное сканирование не позволяет решить все проблемы маркшейдера простым нажатием кнопки. Законы физики и теории электромагнитного излучения не позволяют производить измерения сквозь непрозрачные объекты, вынуждая производить несколько сканов с различных точек и их дальнейшую сшивку для получения полной и цельной картины, но, несмотря на это, на сегодняшний день это самый быстрый и информативный метод получения данных об объекте.

Принцип работы лазерного сканера тот же, что и у обычного электронного тахеометра, – измерение расстояния до объекта и двух углов – горизонтального и вертикального, что в конечном итоге дает возможность вычислить пространственные координаты точки. Лазерный излучатель с заранее определенным временным интервалом генерирует пучок электромагнитных волн, который отражается от поверхности снимаемого объекта и возвращается в приемник, как показано на рис. 5.10.

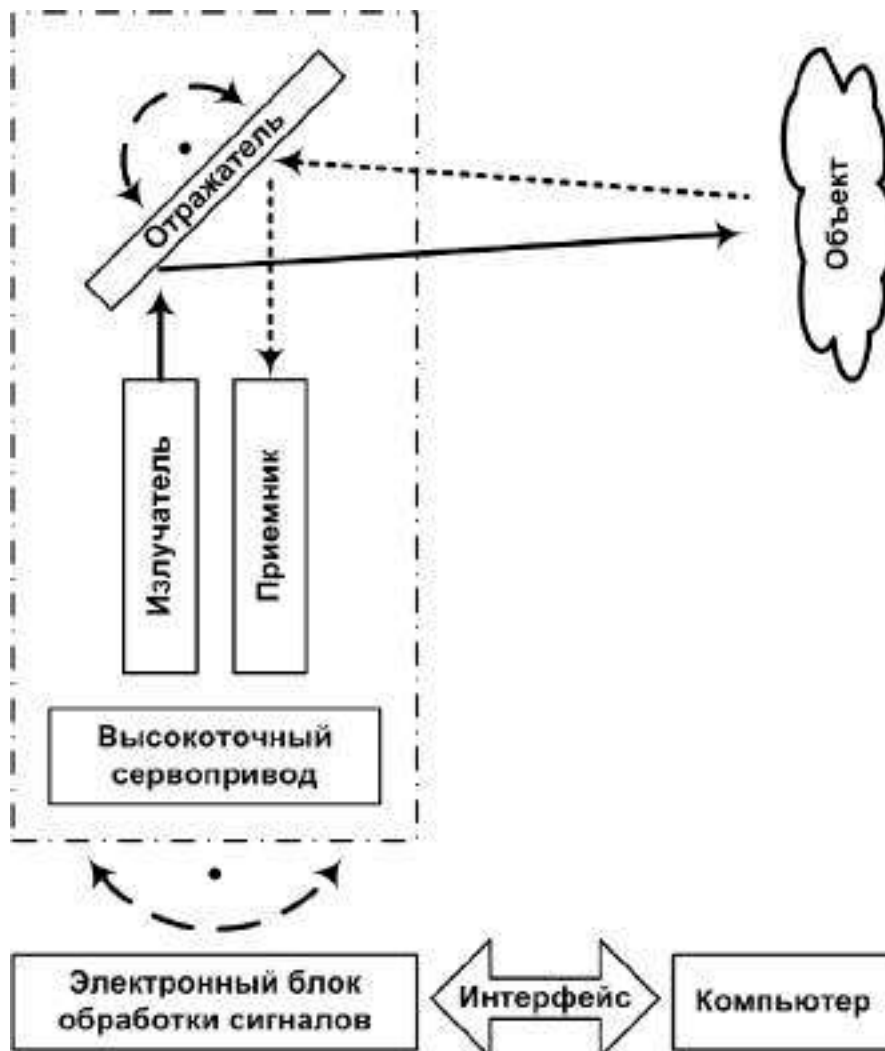


Рис. 5.10. Принцип работы лазерного сканера

Одновременно с генерацией сигнала излучатель посылает сигнал «старт», который поступает в электронный блок обработки сигналов; в этот же блок поступает сигнал «стоп» от приемника, когда он получает отраженный от объекта сигнал. Излученный и принятый сигналы сравниваются, и по времени прохождения вычисляется расстояние до объекта.

Вращающаяся призма, или зеркало, распределяет лазерный пучок по вертикали с заранее заданным шагом, например $0,1^\circ$. Таким образом, в отдельно взятом вертикальном скане будут измерены все точки с дискретностью $0,1^\circ$, что при вертикальном угле сканирования, равном 140° , даст 1400 съемочных точек. Затем высокоточный сервопривод поворачивает блок измерительной головки на угол, равный шагу измерения, и цикл измерений повторяется снова. При такой же дискретности $0,1^\circ$ полный обо-

рот сканера состоит из 3600 отдельных вертикальных плоскостей.

Таким образом, полная цифровая картина пространства будет представлена в виде набора из более чем 5 миллионов (5040000) точек с известными пространственными координатами, для получения которой необходимо затратить около 30 минут времени. Как правило, весь процесс съемки полностью автоматизирован, оператору необходимо только ввести параметры съемки – граничные углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях и дискретность съемки. Данные измерений в реальном времени записываются на внешний или внутренний накопитель, а встроенная система визуализации выдает изображение на дисплей специального компьютера.

Схематично любой лазерный сканер можно разделить на несколько основных блоков:

1. Измерительная головка, в которой расположены лазерный излучатель и приемник, обеспечивающие измерение расстояния до объекта.

2. Вращающееся зеркало, или призма, которое обеспечивает распределение лазерного пучка в вертикальной плоскости.

3. Высокоточный сервопривод горизонтального круга, который обеспечивает вращение измерительной головки в горизонтальной плоскости.

4. Электронно-вычислительный блок обработки сигналов со встроенным прецизионным таймером обеспечивает высокоточное измерение расстояний до объекта.

5. Внешний или внутренний компьютер, который предназначен для управления процессом съемки и записи данных на носитель.

Типовая система лазерного сканирования способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметра до 5 см на расстоянии от нескольких десятков до 2500 метров за время от нескольких секунд до десятков минут. Лазерный сканер имеет поле зрения от $40^\circ \times 40^\circ$ до $360^\circ \times 180^\circ$ и подходит для съемки и моделирования местности и инженерных объектов.

После того, как произведены измерения в полевых условиях, начинается процесс обработки. Изначально «сырые измере-

ния» представляют собой набор – «облако» точек, имеющих трехмерные координаты и дополнительные характеристики, такие как цвет и интенсивность отраженного сигнала. Облако точек, полученное при лазерном сканировании участка трансформаторной подстанции, приведено на рис. 5.11.

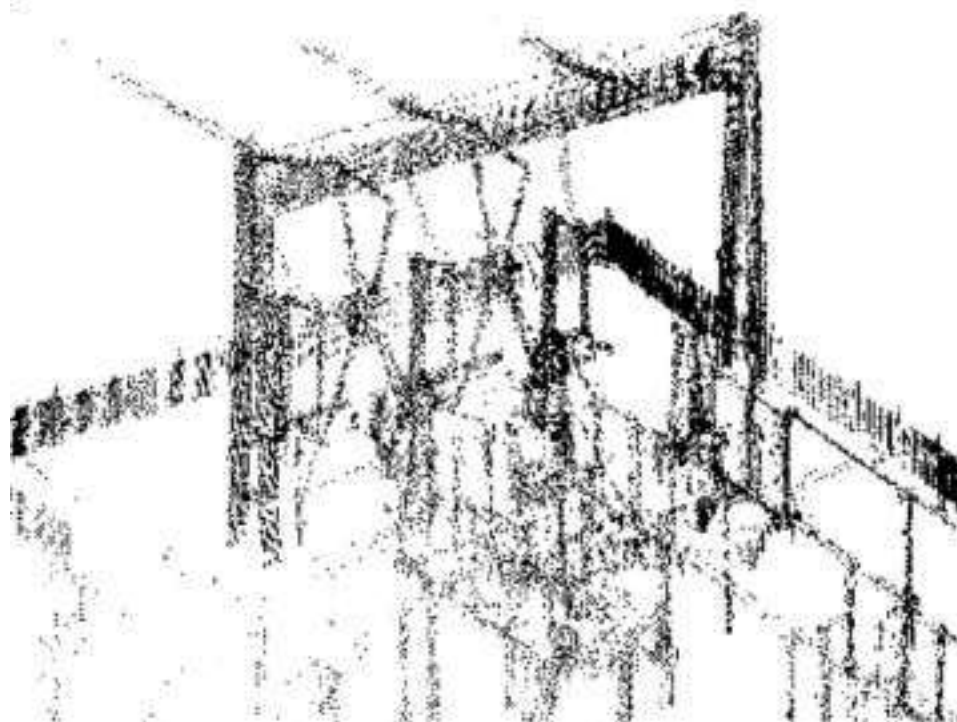


Рис. 5.11. Облако точек, полученное при лазерном сканировании объекта

Однако для практического применения результатов съемки облако точек необходимо представить в виде чертежей и схем в САД-форматах и на твердых носителях. В настоящий момент времени никакое программное обеспечение не может успешно решить проблему распознавания образов в автоматическом режиме с той степенью достоверности, которая нужна пользователю, поэтому процесс обработки требует участия человека, и без кропотливого ручного труда в ближайшем будущем не обойтись.

Процесс обработки во многом зависит от желаемого результата, от того, что конкретно нужно получить. Это может быть само облако точек, пространственная сеть триангулированных ячеек (TIN), набор сечений, план, сложная 3D-модель либо просто набор измерений, таких, как длины, периметры, диаметры, площади, объемы. В целом камеральная обработка результа-

тов лазерного сканирования состоит из нескольких основных этапов:

1. *Предварительная обработка сырых сканов.* На этом этапе обработки определяется качество полученных пространственных сканов, удаляются некачественные измерения, шумы и «фантомные» объекты. Причиной шумов в большинстве случаев являются атмосферные условия измерений – осадки в виде дождя и снега, влияние которых можно исключить с использованием системы фильтрации помех. Фантомные объекты возникают при кратковременном нахождении в зоне сканирования людей, животных, работающих механизмов. Поскольку лазерный сканер на определенных установках съемки способен «пробивать» частично прозрачные объекты, например травянистую растительность до почвенного слоя, фантомные поверхности могут возникать при таких видах съемки.

2. *Объединение или «сшивка» сканов.* Как правило, во время съемки объекта проводится несколько сканов для полного покрытия поверхности. Для создания единого скана необходимо произвести объединение – «сшивку» единичных сканов. Существует множество методов сшивки сканов с различной степенью автоматизации. Наиболее часто используется метод совмещения сканов по опорным точкам, которые отображаются на смежных сканах. В качестве таких точек могут быть использованы четко идентифицируемые объекты местности, специальные марки, призмы, светоотражающие пластины или наклейки, имеющие более высокий коэффициент отражения и поэтому вполне однозначно определяемые.

3. *Трансформирование координат.* Для точного представление чертежа, плана или схемы необходимо задание определенной единой системы координат. Начало системы координат каждого отдельного скана, производимого с определенной точки, находится в центре измерительной головки сканера, и при каждой новой съемке (точки сканирования) происходит перемещение центра сканирования в пространственной системе координат. Для связи координат объекта, полученных из разных сканов, необходимо выбрать единую систему координат, определить в ней центр сканирования для каждого отдельного скана и трансформировать все полученные координаты в единую систему. Ес-

ли лазерное сканирование объекта выполняется с точек съемочного обоснования горного предприятия, особых проблем операция трансформирования координат не вызывает. В этом случае необходимо только указать в программе обработки координаты точек стояния прибора и высоту установки. В остальных случаях потребуется дополнительно закоординировать точки стояния прибора, например, при помощи электронного тахеометра.

4. *Создание поверхностей.* Основной и наиболее сложный процесс камеральной обработки заключается в представлении облаков точек математически описываемыми поверхностями. Как правило, математический аппарат прикладного программного обеспечения позволяет создавать простейшие правильные математические поверхности, такие, как плоскость, сфера, цилиндр и пр., либо аппроксимировать поверхность триангуляционным методом в виде TIN-поверхности. Созданные подобным образом поверхности вполне представимы в стандартных форматах типа DXF и могут быть экспортированы в любые САД-приложения, в которых полученные поверхности можно трансформировать в планы и схемы, выделить характерные геометрические элементы, такие, как откосы, бровки уступов, назначить отдельным объектам условные знаки, построить изолинии, распечатать полученный чертеж на бумажном носителе. В случае, если сканирование сопровождается цифровой видео- или фотосъемкой, то на этапе обработки можно совместить сканированное изображение объекта с его видеоизображением, придав скану реальные цвета и структуру. Эта возможность позволяет попутно выполнять геологическое картирование при топографических съемках карьеров.

5.4.2. Приборное обеспечение технологии лазерного сканирования

Основой любой технологии производства геодезических съемок является ее приборное обеспечение. В настоящее время на рынке представлено несколько моделей лазерных сканеров, различающихся как по области их применения, так и по основным техническим характеристикам. Лазерные сканеры наземного сканирования по сфере их применения условно можно разделить на две большие группы:

1. Для работы в помещениях, внутри зданий, подземных выработок, для съемок резервуаров и насыпных объектов и еще целого ряда работ, где требуется высокая точность измерений, широкий диапазон сканирования и небольшая дальность измерений.

2. Для работы вне помещений, топографической съемки площадок, зданий, фасадов, дорог, мониторинга состояния сложных строительных объектов, создания 3D-моделей сложных технологических производств, где требуется большая дальность измерений.

Ниже будут рассмотрены две наиболее популярные системы лазерного сканирования, хорошо зарекомендовавшие себя при решении различных задач, с том числе в горной промышленности, в строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Лазерная сканирующая система "Callidus" (Германия)

Лазерная сканирующая система "Callidus" (рис. 5.12.) обладает рядом уникальных особенностей, позволивших ей занять лидирующее положение в нише сканеров для архитектуры, съемки зданий, промышленных цехов и небольших объектов.

Главная техническая особенность лазерного сканера "Callidus" - большой угол обзора: 360° в горизонтальной плоскости и 180° - в вертикальной. Такое широкое поле зрения позволяет сканеру при съемке замкнутого пространства сделать всего один скан, где другим моделям сканера необходимо сделать не менее 40-50 сканов. Высокая точность измерений до 5 мм – еще одна особенность сканера "Callidus", и лишь немногие сканирующие системы способны достичь такой точности в линейных измерениях. Специальная технология определения объемов, реализованная в данном сканере, позволяет определять объемы резервуаров и насыпных объектов с погрешностью 0,07 %. Эти особенности и определяют место сканера "Callidus" как идеального прибора для съемки небольших объектов, внутренних поверхностей, подземного строительства, съемки резервуаров и насыпных объектов.



Рис. 5.12. Лазерная сканирующая система "Callidus"

"Callidus" широко используется в горной промышленности, в частности в тоннелестроении, где требуется высокая точность и максимально полная информация об объекте. При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых сканер успешно используется для детального структурно-геологического картирования бортов карьеров, мониторинга состояния бортов карьеров, определения объемов рудных складов, съемок технологического оборудования обогатительных фабрик, подкрановых путей и проч. Благодаря расширенному температурному диапазону работы (от -10 до $+40$ °С), сканер можно использовать зимой, а учитывая, что конструкция корпуса имеет повышенную пыле- и влагозащищенность, - и в сложных погодных условиях или в местах с высокой запыленностью (производственные цеха, подземные выработки, обогатительные фабрики). Просто реализован механизм сшивки сканов в единое облако, поддерживаемый на аппаратном уровне.

Прибор во время сканирования распознаёт стандартные геодезические отражатели и сохраняет в файле данных не только «облако» точек и цифровое растровое изображение, но и направление на область с высокой отражающей способностью. По известным координатам призмы и сканера, используя специализированное программное обеспечение, за считанные минуты можно не только сшить несколько сканов в единое облако, но и трансформировать координаты в любую систему. Сшивку сканов можно осуществить и вручную, по характерным точкам, находящимся в областях перекрытия, в том случае, если во время выполнения полевых работ не было возможности вычислить координаты.

Важной особенностью Callidus является встроенная в корпус цифровая видеокамера, получающая одновременно с процессом сканирования панорамные изображения объекта в формате RGB. Параметры камеры (18-кратное увеличение, изменяемое фокусное расстояние, возможность работы при освещённости в 1 люкс) позволяют в дальнейшем наложить на пространственную модель объекта высококачественную текстуру либо просто раскрасить все точки в реальные цвета, что позволяет использовать данную модель при геологическом картировании.

Основные технические характеристики лазерного сканера Callidus приведены ниже.

Общие характеристики

Метод измерения расстояний: измерение времени распространения лазерного луча.

Диапазон сканирования: горизонтальный 360°; вертикальный 180°.

Дискретность измерений (угловое разрешение): по горизонтали от 0,01° до 1°; по вертикали от 0,25° до 1°

Дальность измерения: до 150 м.

Скорость измерения: до 1750 точек/с.

Погрешность измерения расстояний: от 5 до 50 мм (зависит от дальности).

Особенности: вертикальное сканирование при помощи вращающейся призмы. Возможность многократного измерения координат одной точки. Лазер, безопасный для глаз. Встроенная цифровая камера с увеличением 18^x. Встроенный компас. Работа от сети и аккумуляторов

Физические характеристики

Размеры: сканер 460 (высота) x 300 мм. Компьютер 450x310x200 мм.

Вес системы: полный комплект – 42 кг, в т. ч. сканер – 13 кг, компьютер 13 кг.

Температура: рабочая от -10° до +40°. Хранения от -20° до +70°.

Лазерная сканирующая система "Mensi GS200" (Франция - США)

Лазерный сканер GS200 (рис. 5.13) французской фирмы "Mensi", вошедшей в состав компании "Trimble", предназначен в первую очередь для проведения работ на крупных объектах. Сканер может измерять расстояния до 350 м со скоростью до 5000 точек в секунду. При этом в зависимости от дальности, сохраняется уникальная точность измерений от 1,4 до 6,5 мм. Разрешающая способность сканера (0,0018°) наряду с малым угловым размером лазерного пятна (0,0036°) позволяет построить подробную 3D-модель объекта, находясь на значительном удалении от него.

Одним из главных достоинств GS200 является возможность фокусировки лазерного луча на объекте двумя способами - автоматическим и ручным. Первый способ позволяет сэкономить время, второй способ позволяет добиться минимального размера лазерного пятна. Для сканеров такого класса это крайне высокий показатель. Действительно, "Mensi GS200" способна различать довольно мелкие предметы на значительных расстояниях.



Рис 5.13. Лазерная сканирующая система "Mensi GS200"

Для повышения точности измерений дальности предусмотрен режим многократных измерений, когда значение дальности до объекта рассчитывается как среднее из набора. Повышение точности позволяет уменьшить рыхлость облака точек, что упрощает и ускоряет обработку точечного массива, открывая дополнительные возможности при обработке.

Сканер имеет встроенную видеокамеру, получающую RGB-информацию об объекте, что позволяет впоследствии раскрасить полученные точки в реальные цвета либо наложить текстуру на сетевую модель. Выбор сектора сканирования осуществляется при помощи камеры: необходимо выделить курсором на изображении объекта ту часть, которую нужно отсканировать, задать параметры, и сканер уже приступает к работе. "Mensi GS200" управляется программным обеспечением, устанавливаемым на обычный портативный компьютер, связь управляющей программы со сканером осуществляется либо по кабелю, либо по радиолинии. В последнем случае оператор во время работы может находиться за десятки и сотни метров от сканера. Поле зрения сканера ограничено только по вертикали - 60° . По горизонтали же сканер во время работы вращается вокруг собственной оси, делая полный оборот на 360° .

Лазерная сканирующая система "Mensi GS200" поддерживает несколько методов сшивки сканов в единое облако точек и привязки к системе координат. В первом способе используются стандартные отражатели в виде сфер диаметром 76 мм. Вокруг объекта расставляются, либо крепятся на объект несколько сфер. Установка выполняется таким образом, чтобы сферы попали в сектора видимости с других точек установки прибора. В дальнейшем программное обеспечение позволяет автоматически распознать сферы, а затем вычислить координаты их центров и сшить сканы. Во втором способе используются пленочные отражатели. На объект наклеивается несколько марок-отражателей, координаты которых вычисляются с помощью тахеометра. При обработке задаются координаты каждой марки и с помощью программного обеспечения облака сшиваются в единый скан. Третий способ не требует ни сфер, ни отражателей, а при обработке дан-

ных сканы сшиваются вручную, по характерным точкам, попавшим в область перекрытия.

Основная область практического применения сканера "Mensi" - топографическая съемка достаточно крупных объектов, как площадных, так и со сложной застройкой, профилирование дорог и съемка мостов. Широко система используется при реконструкции, строительстве и обмере зданий, мониторинге технического состояния таких объектов как плотины и дамбы. В горной промышленности сканер используется для создания и мониторинга цифровых моделей карьеров и подземных выработок, причем для небольших карьеров возможна съемка рабочего борта с одной или двух точек, расположенных на нерабочем борту карьера. Использование системы лазерного сканирования для определения объемов горных выработок, рудных складов и отвалов позволяет не только в разы увеличить оперативность получения информации, но и производить работы с высокой степенью точности, а использование при замерах цифровых технологий, позволяет контролировать развитие горных работ в 3D-динамике.

Основные технические характеристики лазерного сканера "Mensi GS200" приведены ниже.

Общие характеристики

Метод измерения расстояний: измерение времени распространения лазерного луча.

Диапазон сканирования: горизонтальный 360°; вертикальный 60°.

Максимальное угловое разрешение: 0,0018° .

Дальность измерения: до 350 м.

Скорость измерения: до 5000 точек/с.

Погрешность измерения расстояний: от 1,4 до 3,5 мм (дальность до 150 м); от 6,5 мм (дальность свыше 200 м).

Особенности: вертикальное сканирование при помощи поворотного зеркала.

Возможность многократного измерения координат одной точки.

Имеется автофокус. Встроенная цифровая камера с увеличением 5х, разрешение 768x576. Координатная привязка к системе координат по отражателям. Работа от сети и аккумуляторов.

Физические характеристики

Размеры: сканер 420 (высота) x 300 мм. Блок питания 100 x 200 x 65 мм

Вес системы: полный комплект – 18 кг, в т.ч. сканер – 13,5 кг, блок питания 1,5 кг, дополнительное питание – 12-18 кг.

Температура: рабочая от -10° до +40°; хранения от -20° до +50°.

Лазерная сканирующая система Riegl

Основное предназначение и области применения лазерных сканеров RIEGL:

трехмерная съемка зданий, инженерных сооружений и сложных поверхностей;

геологическая и индустриальная съемка;

топографическая съемка открытых горных выработок, шахт, рудников, туннелей и т.п.;

определение размеров и объемов отвалов, котлованов, резервуаров, трубопроводов;

создание сцен виртуальной реальности для приложений трехмерного моделирования.

Сравнительные характеристики лазерных наземных сканеров RIEGL приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Сравнительные характеристики лазерных наземных сканеров RIEGL

| Параметры | <u>LMS-Z620</u> | LMS-Z420i | LMS-Z390i | LMS-Z210ii | <u>LPM-321</u> |
|--|------------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Максимальное измеряемое расстояние
<i>для естественных целей,</i>
$\rho > 80\%$ | 2000 м | 1000 м | 400 м | 650 м | 6000 м |
| <i>для естественных целей,</i>
$\rho > 10\%$ | 650 м | 350 м | 140 м | 200 м | 1500 м |
| Минимальное измеряемое расстояние | 2 м | 2 м | 1 м | 4 м | 10 м |
| Точность измерения расстояний
- одиночного импульса
- средняя повторяемость | 10 мм
5 мм | 10 мм
4 мм | 6 мм
2 мм | 15 мм
10 мм | 25 мм |
| Скорость сканирования | от 8000 до 11000 | от 8000 до 11000 | от 8000 до 11000 | от 8000 до 10000 | от 10 до 1000 (то- |

| | | | | | |
|--|--|-------------------------|------------------------|----------------------------|--|
| | (точек/сек) | (точек/сек) | (точек/сек) | (точек/сек) | чек/сек) |
| Поле зрения сканирования | 80 x 360 градусов | 80 x 360 градусов | 80x360 градусов | 80 x 360 градусов | 150 x 360 градусов |
| Расходимость лазерного луча | 0,15 микро-радиан | 0,25 микро-радиан | 0,3 микро-радиан | 0,27 микро-радиан | 0,8 микро-радиан |
| Класс безопасности | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Класс защиты | IP64 | IP 64 | IP 64 | IP 64 | IEC60825-1:1993+A1:1997+A2:2001 |
| Рабочее напряжение (постоянного тока) | 12-28 В | 12-28 В | 12-28 В | 12-28 В | 12-28 В |
| Потребляемая мощность | 75 Вт | 78 Вт | до 55 Вт | 78 Вт | ~ 60 Вт |
| Диапазон температур - рабочий - при термостабилизации | от 0° С до +40° С (работы)
от -10° С до +50° С (хранение) | 0°+40° С
-25° +50° С | 0 +40° С
-20+ 50° С | -10° +50° С
-25° +50° С | от 0° С до +45° С (работы)
от -20° С до +70° С (хранение) |
| Основные размеры (диаметр x высота) (длина x ширина x высота) | 463 x 210 мм (Длина x Диаметр) | 210 x 463 мм | 210x463 мм | 210 x 437 мм | ~315 x ~370 x ~450 мм |
| Вес | 16 кг | 16 кг | 15 кг | 13,5 кг | ~ 16 кг |

На рис. 5.14, 5.15 показан наземный лазерный сканер LMS-Z420i, в табл. 5.4 его технические характеристики.



Рис. 5.14. Наземный лазерный сканер LMS-Z420i

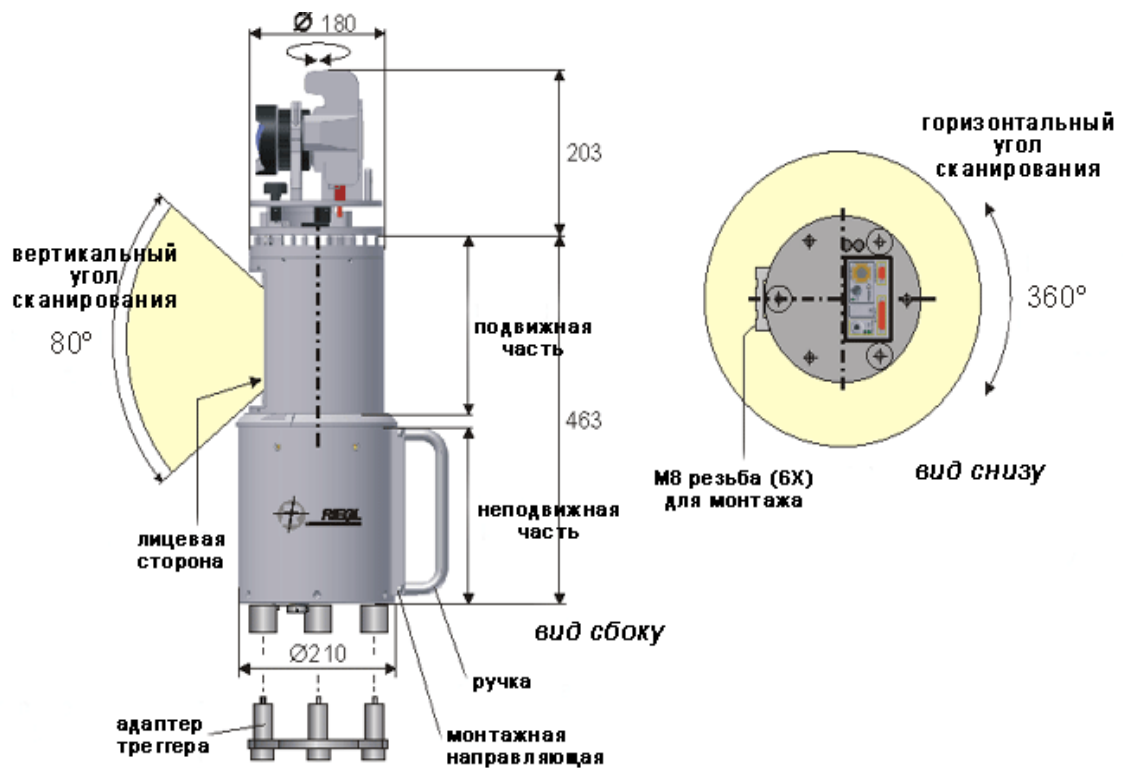


Рис. 5.15. Основные геометрические параметры лазерного сканера LMS-Z420i

Таблица 5.4
Технические характеристики лазерного сканера Riegl LMS-Z420i

| | |
|--|---|
| Тип инструмента | Импульсный лазерный сканер |
| Интерфейс | Защищенный планшетный компьютер |
| Двигатель | Сервопривод |
| Накопитель данных | Защищенный планшетный компьютер |
| Камера | Цифровая фотокамера (дополнительная опция) |
| Тип | Импульсный |
| Класс лазера | класс лазера 1 (БЕЗОПАСЕН ДЛЯ ГЛАЗ) |
| Диапазон измерения расстояний | от 2 до 1000 метров |
| Скорость | от 8000 точек/сек
до 11000 точек/сек |
| Расхождение лазерного луча | 0.25 микрорадиан |
| Точность измерения расстояния | 10 мм одиночного выстрела
4 мм средняя повторяемость |
| Поле зрения | |
| Диапазон сканирования | по горизонтали 360 ° |
| | по вертикали 80 ° |
| Передача данных | Интегрированный TCP/IP Ethernet-интерфейс |
| Хранение данных | Защищенный PC |
| Компенсатор | Встроенный компенсатор наклона |
| Установка | Геодезический штатив с треггером |
| Питание | 12-28 В постоянного тока, 94 Вт; |
| Диапазон температур
- рабочий
- при термостабилизации | 0°C +50°C
-25°C +50°C |
| Защищенность | Прочный корпус со степенью защиты IP64 |
| Размер | 210x463 мм (диаметр x высота) |
| Вес | 16 кг |

Лазерная сканирующая система Leica HDS4400

Импульсный сканер Leica HDS4400 – это полноценное решение для маркшейдерии и горного дела от Leica Geosystems (рис. 5.16). Система предназначена для проведения съемок горных выработок на карьерах и там, где предъявляются высокие требования к оборудованию, работающему в условиях повышенной запыленности и низких температур окружающей среды.

Дальность работы сканера Leica HDS4400 (максимальная дальность - 700 м, 150 м до угля) позволяет использовать его для работы на крупных площадках. При этом сканер производит измерения со скоростью 4 400 точек в секунду, позволяя быстро выполнять работы в поле.

Программное обеспечение для управления сканером позволяет легко и быстро производить съемку. Защищенный планшетный компьютер с установленной программой входит в комплект сканера.

Рабочий температурный диапазон сканера HDS4400 от -40°C до +50°C. Благодаря использованию специальных встроенных греющих батарей сканер Leica HDS4400 может работать при экстремально низких температурах. Это позволяет производить съемку в любое время года.

Встроенная цифровая фотокамера позволяет получать фотоизображения местности высокого качества. По полученной фотографической информации можно точно задать границы съемки и впоследствии анализировать отсканированное пространство выработки и накладывать фотоизображения на модели поверхностей. Нет необходимости использовать внешнюю фотокамеру, выполнять её калибровку и дальнейшую привязку фотоснимка к облаку точек в программном обеспечении.

Поле зрения сканера Leica HDS4400 составляет 80° по вертикали и 360° по горизонтали, что вполне достаточно для выполнения площадных съемок, которые являются основным видом работ в маркшейдерии.

Интегрированный двухосевой компенсатор наклона применяется для установки сканера в вертикальное положение и отслеживания этого положения в процессе съемки. Компенсатор имеет разрешение 20'' и позволяет:

- устанавливая сканер над точкой съемочного обоснования методом известной станции;

- прокладывать тахеометрический ход, выполнять прямую, обратную засечки;
- визироваться с использованием встроенной оптики на отражатель.

Точность сканирования (20 мм на расстоянии до 50 м; 50 мм при максимальной дальности 700 м) позволяет получать модели поверхности земли с высокой достоверностью, осуществлять контроль объемов выемки и перевозки сырья, производить геологическое картирование, съемка горных выработок карьеров, складов руды и отвалов вскрыши.

Специализированное программное обеспечение для обработки данных сканирования I-Site Studio специально разработано для горных работ и маркшейдерии. Ключевые особенности программы I-Site Studio:

- интерфейс программы в стиле Windows™;
- трехмерное отображение данных съемки;
- представление данных в реальных цветах и градациях интенсивности;
- регистрация (объединение) сканов;
- анализ точности регистрации облаков точек;
- отрисовка контуров;
- построение профилей, сечений и горизонталей;
- построение триангуляционных поверхностей;
- 3D моделирование;
- расчет объемов и площадей поверхностей;
- возможность экспорта данных в различные форматы.



Рис. 5.16. Лазерная сканирующая система Leica HDS4400

Технические характеристики сканера Leica HDS4400 приведены в табл. 5.5

Таблица 5.5

Технические характеристики сканера Leica HDS4400

| | |
|--------------------------------------|---|
| Тип инструмента | Импульсный лазерный сканер |
| Интерфейс | Защищенный планшетный компьютер |
| Двигатель | Сервопривод |
| Накопитель данных | Защищенный планшетный компьютер |
| Камера | Встроенная цифровая камера 37 Мп |
| Тип | Импульсный 905 нм |
| Класс лазера | 3R (IEC 60825-1) |
| Диапазон измерения расстояний | от 5 м до 700 м
600 м при 40 % альбедо
150 м при 5 % альбедо (угол) |
| Скорость | 4 400 точек в секунду |
| Расхождение лазерного луча | 1.4 микрорадиан |
| Угловое разрешение | 0.108 ° |
| Точность измерения расстояния | 20 мм на расстоянии до 50 м
50 мм при максимальной дальности |
| Точность измерения углов | +/- 0.04 ° |

Поле зрения

| | |
|------------------------------|---|
| Диапазон сканирования | по горизонтали 360 ° |
| | по вертикали 80 ° |
| Визирование | Встроенная, оптическая труба (16х), лазерный указатель 670 нм (класс лазера 2R) |
| Передача данных | Ethernet кабель |
| Хранение данных | Защищенный PC |
| Компенсатор | Встроенный компенсатор наклона (20") |
| Индикатор уровня | Внешний уровень
30" шкала, 20' пузырек |
| Установка | Геодезический штатив с триггером |
| Питание | 24 В пост. ток;
90 – 260 В перем. ток |
| Батарея | Встроенная, сменная 3800 NiMH (3 часа) |
| Рабочая температура | -40°C - +50°C (с использованием специальных батарей 7600 NiMH Heated) |
| Защищенность | IP 65 (IEC 60529) |
| Размер | 431 x 271 x 356 мм |
| Вес | 14 кг (с батареями) |

5.4.3. Практическое применение систем лазерного сканирования

Как многие технические новшества и технологии, недавно вышедшие из лабораторий ученых, лазерное сканирование находится только в начале пути освоения разнообразных приложений. Совершенно очевидно, что лазерное сканирование быстрее, точнее, информативнее, чем большинство существующих методов измерений. Однако следует учитывать, что материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки. Это обусловлено как достаточно высокой стоимостью сканера – от \$150 тыс., так и наличием условно постоянных затрат, таких, как затраты на со-

здание опорной съёмочной сети, организационных затрат, транспорт, накладные расходы и прочее. Преимущества систем лазерного сканирования в полной мере проявляются при съёмочных работах на участках большой площади или протяженности, при съёмке сложных объектов либо при выполнении мониторинговых измерений на объектах, динамически изменяющихся во времени.

Достаточно широкое применение систем лазерного сканирования в горной промышленности в основном обусловлено тем, что геометрические параметры объектов горного производства – карьеров, отвалов и рудных складов постоянно изменяются во времени, при этом существует необходимость в постоянном пополнении горно-графической документации, вычислении объёмов горной массы и учёте ее движения. В связи с этим основными сферами использования систем лазерного сканирования при открытом способе разработки являются топографо-геодезические съёмки горных выработок, мониторинг геомеханического состояния бортов карьеров и отвалов и определение объёмов.

Топографо-геодезическая съёмка карьеров, отвалов и подъездных путей

Как известно, крупномасштабные съёмки являются самыми трудоемкими, требующими немалого количества времени и ресурсов. При ведении горных работ съёмке, как правило, подлежат не только геометрические элементы уступов, но и рельсовые пути, семафоры, здания, трубопроводы, линии электропередачи и другие объекты. Топографическую съёмку зачастую приходится производить в то время, когда ведутся работы на объекте, активно перемещается технологический транспорт. К тому же специфика горного производства требует постоянного обновления горно-графической документации.

Использование для решения подобных задач систем лазерного сканирования позволяет во много раз снизить затраты труда на проведение съёмки, получать полностью обновленную 3D-модель карьера или отвала за короткие промежутки времени (рис. 5.14).

Так, полная съёмка карьера и вычисление объёмов на площади около 20 га требует затрат времени 3 дня. Выполнение

полевых работ занимает 1 день, в течение которого производится рекогносцировка местности, геодезическая привязка четырех точек съемочного обоснования и выполнение с этих точек четырех лазерных сканов. На выполнение цикла камеральных работ, включающих в себя построение 3D-модели карьера, оформление графической документации и вычисление объемов, требуется 2 дня.

а



б

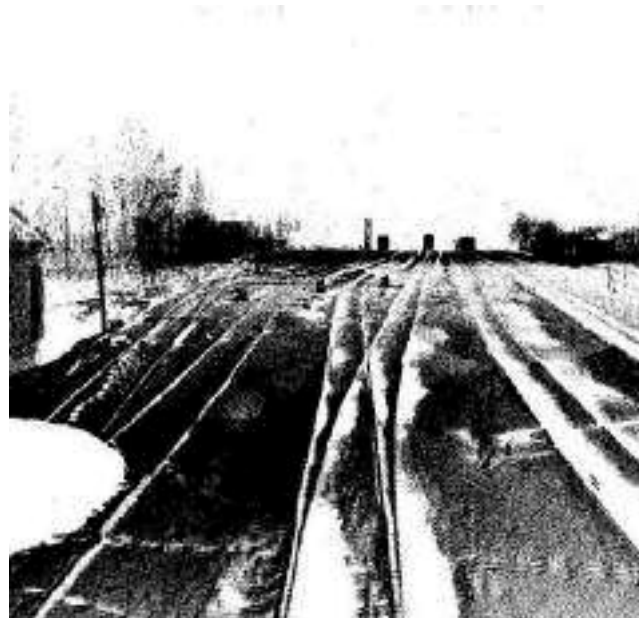


Рис. 5.14. Цифровая 3D-модель карьера (*а*) и облако точек съемки подземных путей (*б*), полученные методом лазерного сканирования

Результаты съемок получаются сразу в цифровом виде, что позволяет, сравнив данные предшествующих съемок, проследить динамику развития горных работ на карьере. В зарубежной практике ведения открытых горных работ имеются случаи, когда один или несколько лазерных сканеров, установленных на постоянные наблюдательные пункты, в непрерывном режиме ведут сканирование участка карьера, результаты которого по кабельным системам передаются в диспетчерский пункт. Такая технология позволяет в режиме реального времени контролировать не только развитие горных работ, но и отслеживать передвижение технологического оборудования.

Мониторинг состояния и геологическое картирование откосов

В зарубежной практике системы лазерного сканирования широко используются для детального геологического картирования горных выработок. В этом случае для получения детальной 3D-модели борта сканер устанавливается на уступе, в непосредственной близости от объекта съемки, для уменьшения ошибок измерения длин линий и получения более качественного цифрового снимка поверхности (рис. 5.15).

В дальнейшем, при специальной обработке скана, выявляются структурно-тектонические особенности массива, контакты руды и породы, заполнитель контактов, типы руд и пород, слагающих массив.

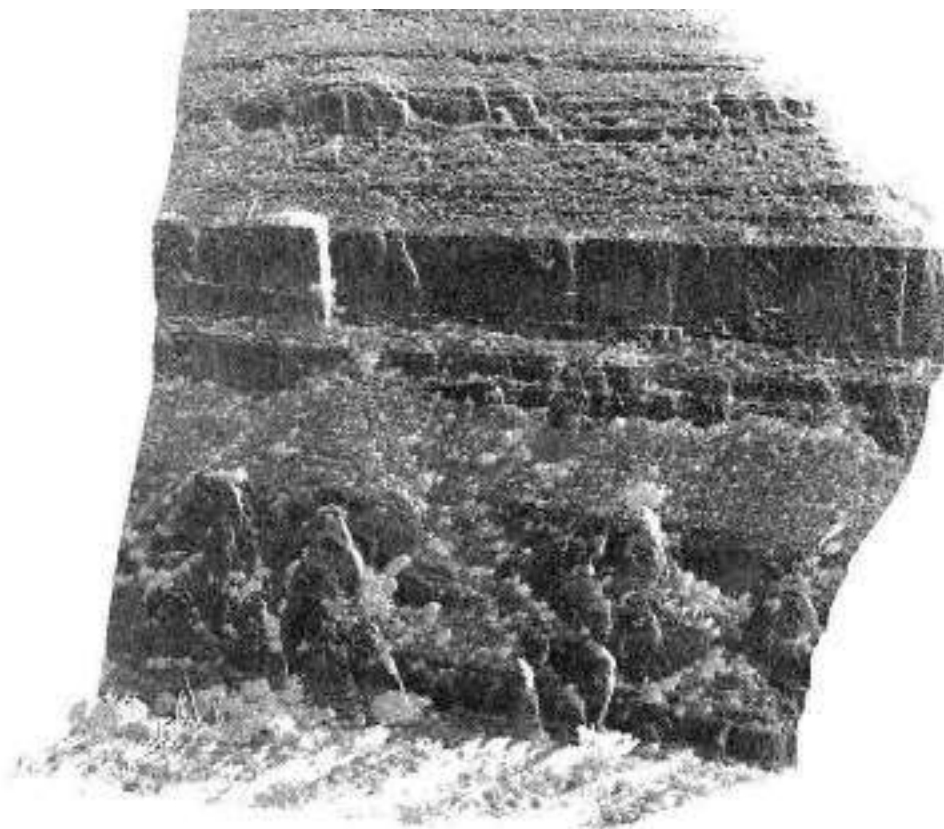


Рис. 5.15. Скан участка борта карьера с элементами геологической структуры

По результатам картирования отстраивается объемная геологическая модель участка месторождения, которая используется для подсчета запасов и выбора оптимальной технологии ведения горных работ. В случае, когда прибортовой массив находится в неустойчивом состоянии, совмещение сканов, выполненных в различные периоды времени, позволяет определить скорость и характер деформирования массива, раскрытие трещин и другие геомеханические особенности, что позволяет более обоснованно подходить к решению задач по обеспечению устойчивости бортов карьера.

Вычисление объемов рудных складов

Замеры и вычисление объемов горных масс, контроль за перемещением в пространстве и во времени – чрезвычайно трудоемкая задача, выполнять которую приходится в некоторых случаях несколько раз в месяц. При помощи технологии лазерного сканирования эта задача может быть решена с высокой степенью точности в течение нескольких десятков минут, а в некоторых случаях в режиме реального времени. Так как системы лазерного сканирования сами по себе являются объемно-ориентированными, поскольку промежуточным результатом измерений является трехмерное облако точек, вычисление объемов не вызывает особых проблем. Наиболее распространенный способ вычисления объема рудного склада - выполнение нескольких пространственных сканов объекта с различных точек, закрепленных на местности и заранее закоординированных, автоматическая сшивка единичных сканов в один пространственный объект по характерным точкам и вычисление объема этого объекта в программе обработки. Сканирование рудного склада с трех точек и вычисление его объема занимают 2-4 часа в зависимости от плотности сканирования. Для определения объема рудного склада в автоматическом режиме сканирующая головка устанавливается над рудным складом с таким расчетом, чтобы полное сканирование объекта осуществлялось за один проход сканера. В этом случае данные об изменении объема склада вычисляются автоматически, с дискретностью между замерами 20-30 минут (рис. 5.16).

Сфера применения технологий лазерного сканирования на открытых горных разработках не ограничивается вышеописанными примерами.

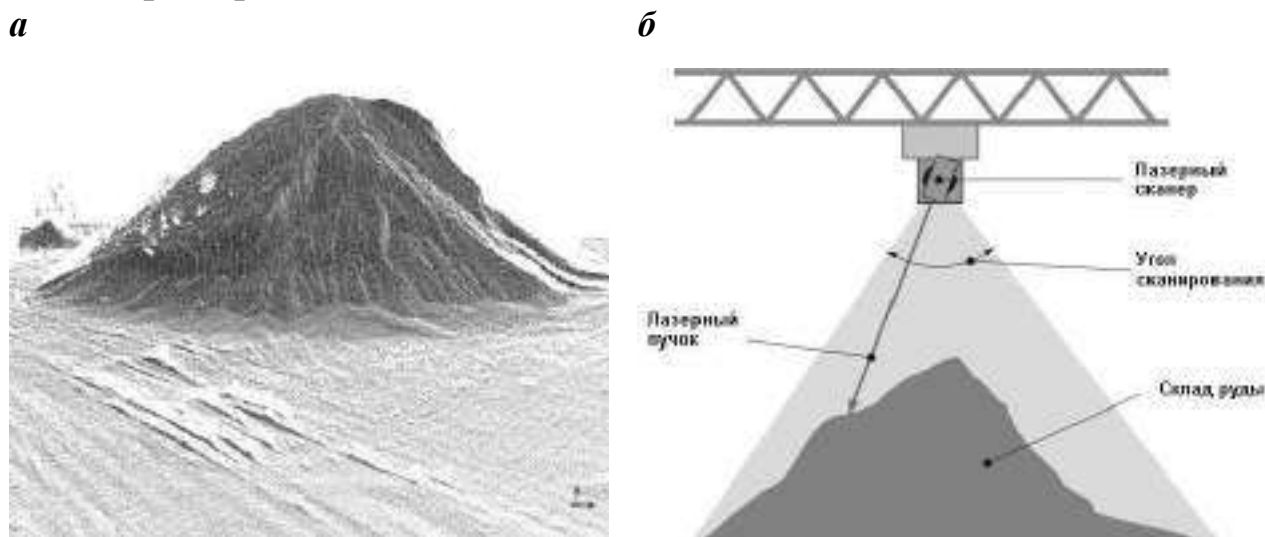


Рис. 5.16. Скан рудного склада с опорного пункта (а) и с галереи (б)

Лазерное сканирование применяется для контроля положения подкрановых путей, составления схем размещения и контроля исправности технологического оборудования на обогатительных фабриках, съемки мостов, галерей и других сложных объектов. А поскольку технология еще молодая, в ближайшее время сфера ее практического применения может значительно расширяться.

6. МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

6.1. Основные положения

К числу наиболее ответственных горно-строительных работ в карьере относятся: проходка траншей; укладка транспортных путей; буровзрывные работы; горно-техническая рекультивация нарушенных земель и др.

В общем случае задачами маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ в карьере являются:

перенесение геометрических элементов проекта в натуру;

контроль соблюдения геометрических элементов горно-строительных работ, предусмотренных проектом;

производство маркшейдерской съемки, составление и пополнение горно-графической документации инженерных сооружений и горных выработок;

учет объемов и движения горной массы и добычи полезного ископаемого, если таковая производится в процессе горно-строительных работ.

При выполнении разбивочных работ, учитывая их особую ответственность, маркшейдеры выполняют вычисления и проверяют соответствие указанных в проектных чертежах координат и размеров основных элементов горно-строительных работ.

Проектные чертежи принимают к производству разбивочных работ после проверки правильности всех размеров и числовых значений, а также согласованности всего комплекса горно-строительных работ, указанных в проекте.

При маркшейдерской подготовке проекта выполняют его привязку, т. е. расчет разбивочных элементов по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерских и съемочных сетей. Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения (высотные отметки), выбор и расчет которых зависит от принятого способа разбивки. Результатом маркшейдерской подготовки проекта являются разбивочные чертежи, по которым выполняются разбивочные работы в натуре. Разбивочные чертежи выполняются в масштабе 1:500 – 1:2000 и крупнее в зависимости от сложности объекта.

На разбивочных чертежах показывают:

значения координат исходных пунктов маркшейдерских сетей;

дирекционные углы исходных сторон;

высотные отметки исходных маркшейдерских пунктов;

контур и размеры горно-строительных работ;

пункты маркшейдерских сетей, от которых производится разбивка;

разбивочные элементы, значение которых может быть указано прямо на чертеже.

Точность разбивочных работ зависит от многих факторов: вида, назначения, местоположения объекта, его размеров, поряд-

ка и способа производства работ, особенностей эксплуатации и т. п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах (СНиПы, ГОСТы, ведомственные инструкции). Точность геометрических параметров объекта в нормативных документах и чертежах определяется предельно допустимыми отклонениями. По принципу равных влияний всех источников погрешностей (M) на каждом из них, в том числе и на маркшейдерские измерения (m_M), приходится доля от общей погрешности ($M_{общ}$):

$$m_M = \frac{M_{общ}}{\sqrt{n}}.$$

Переход от допуска к среднеквадратическому отклонению получают из выражения

$$\delta = \frac{m_M}{3}.$$

Разбивочные работы сводятся к фиксированию на местности отдельных точек, определяющих геометрические параметры объекта. Плановое положение этих точек определяют путем построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта (рис. 6.1).

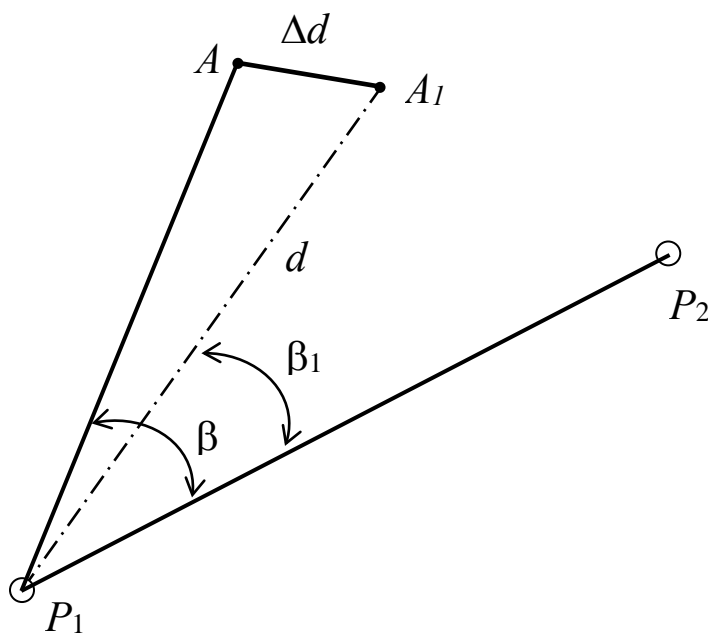


Рис. 6.1. Схема построения проектного угла на местности: P_1P_2 – исходное направление, A – точка определяемого направления

Работы выполняются в следующей последовательности: в точке съемочного обоснования P_1 устанавливают теодолит, наводят зрительную трубу на точку съемочного обоснования P_2 и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. К данному отсчету прибавляют проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Труба теодолита указывает проектное направление. Далее откладываем проектное расстояние (d) и фиксируем на местности точку A .

Маркшейдерские приборы по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. Поэтому точность вынесения разбивочных элементов оказывается ниже, чем точность измерений. Если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, нужно построенный проектный угол измерить несколькими приемами (n)

$$n = \frac{m_{\beta 1}^2}{m_{\beta 2}^2},$$

где $m_{\beta 1}$, $m_{\beta 2}$ - средняя квадратическая погрешность соответственно: теодолита и требуемая для вынесения угла

Измерив построенный угол, вычисляют угловую $\Delta\beta = \beta - \beta_1$ и линейную $\Delta d = d\left(\frac{\Delta\beta}{\rho}\right)$ поправки.

Далее откладывают в точке A перпендикулярно к линии P_1A линейную поправку Δd и фиксируют точку A_1 . Полученный угол $A_1 P_1 A_2$ будет равен проектному с заданной точностью.

Вынос проектного расстояния от исходного пункта производится отложением в заданном направлении длины равной проектному значению. Для этого используются мерные приборы: рулетки, светодальномеры, оптические дальномеры, гарантирующие необходимую точность. В случае, когда требуется вынесение линии с высокой точностью, на местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния, а затем это расстояние измеряют с необходимой точностью с учетом всех поправок. Измеренную длину ($l_{\text{изм}}$) сравнивают с ее проектным значением ($l_{\text{пр}}$) и находят линейную поправку $\Delta l = l_{\text{пр}} - l_{\text{изм}}$.

Поправку Δl откладывают с соответствующим знаком от ранее закрепленной точки. Для контроля вынесенную линию повторно измеряют.

Вынос в натуру точки с проектной высотной отметкой ($Z_{пр}$) производится геометрическим, при угле наклона земной поверхности менее $5 - 8^\circ$ или тригонометрическим нивелированием, при угле наклона более $5 - 8^\circ$.

Геометрическое нивелирование. Нивелир устанавливается примерно посередине между точкой съемочного обоснования с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$) и выносимой точкой с проектной высотной отметкой ($Z_{пр}$). На точке с известной высотной отметкой устанавливают рейку и берут отчет (a). Вычисляют вначале горизонт инструмента

$$ГИ = Z_{изв} + a,$$

а затем значение отсчета по рейке которая будет установлена на выносимой точке (b)

$$b = ГИ - Z_{пр} = Z_{изв} + a - Z_{пр}.$$

Вычислив отчет (b), в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают рейку до тех пор, пока отчет по ней не будет равен вычисленному значению (b). Данная позиция рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке выносимой точки. После этого точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят геометрическое нивелирование необходимой точности, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Тригонометрическое нивелирование. Теодолит устанавливается в точке съемного обоснования (P_1) с известной высотной отметкой ($Z_{изв}$), (рис. 6.2).

Измеряется высота инструмента (i) с точностью до 1 мм и вычисляется угол наклона визирного теодолита (δ)

$$\delta = a \quad (Z_{пр} - Z_{изв} + i) \cdot \frac{1}{d_{П.}}$$

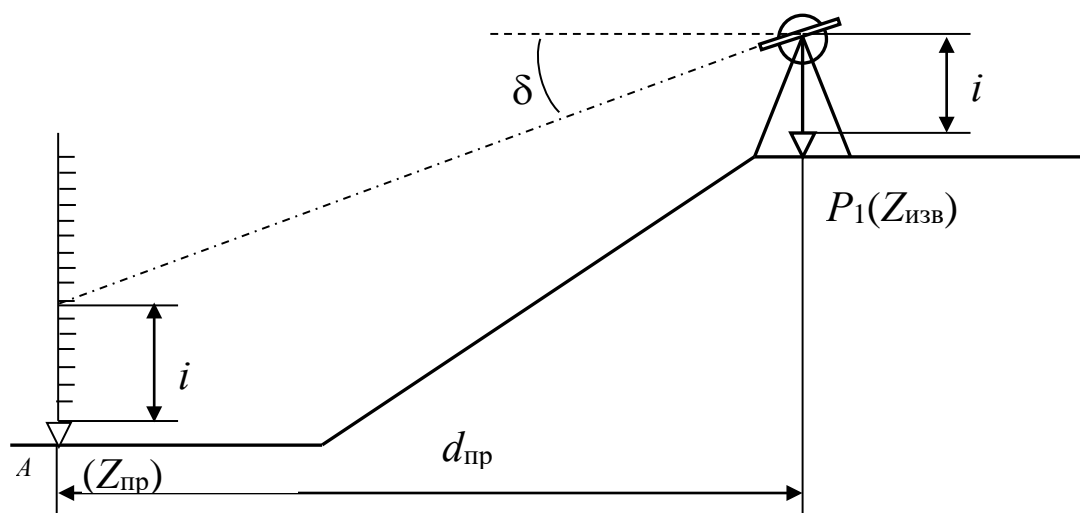


Рис. 6.2. Вынос проектной высотной отметки тригонометрическим нивелированием

Далее на вертикальном круге теодолита с учетом места нуля устанавливают вычисленный отсчет угла наклона (δ). В точке выноса проектной отметки (А) устанавливают нивелирную рейку и, поднимая или опуская фиксируют ее положение по горизонтальной нити зрительной трубы на высоте инструмента (i), отмеченной на рейке. Данное положение рейки (ее пятка) соответствует проектной отметки точки. Точка фиксируется в натуре

Для контроля проводят тригонометрическое нивелирование и определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу повторяют.

6.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов

Перенос элементов проекта в натуру выполняется следующими способами: полярный; засечек (угловой, линейной); перпендикуляров. Выбор того или иного способа зависит от геометрических размеров объекта, технологии его выполнения, имеющихся в наличии маркшейдерских приборов и инструментов и этапа производства разбивочных работ. Критерием выбора способа, при прочих равных условиях, является необходимая точность и минимальная трудоемкость.

Полярный способ. Положение выносимой точка (A) на местности находят путем отложения от направления (P_1P_2) пунктов съемочного обоснования проектного угла (β) и расстояния (d) (рис. 6.3.).

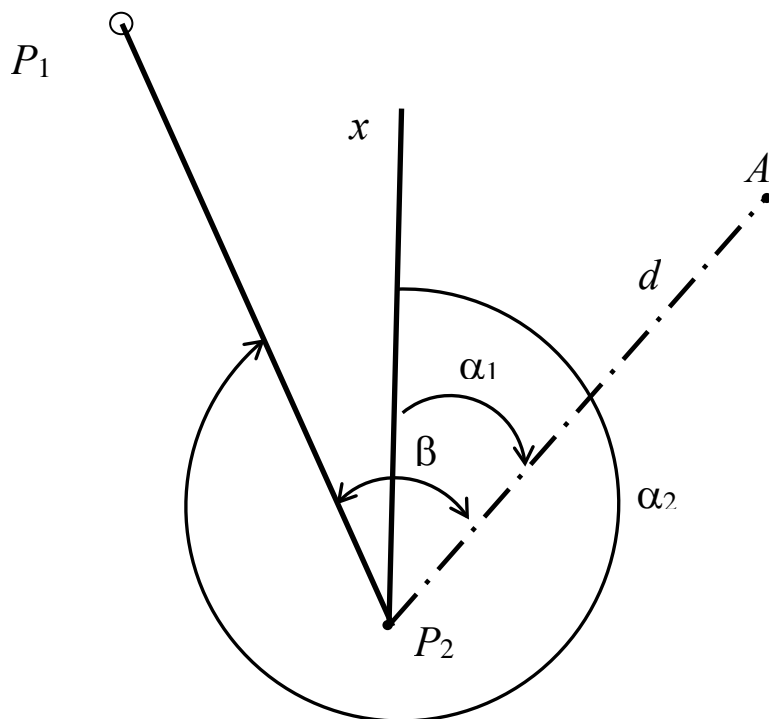


Рис. 6.3. Полярный способ разбивочных работ

Разбивочный угол (β) вычисляют по разности дирекционных углов $\alpha_1 = \alpha_{P_2A}$; $\alpha_2 = \alpha_{P_2P_1}$; $\beta = \alpha_2 - \alpha_1$.

Дирекционные углы и расстояние (d) выполняются из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1 , P_2 и A . Данный способ целесообразно применять когда проектное расстояния (d) меньше базисного (P_1P_2).

Способ прямой угловой засечки. Положение выносимой точки (A) на местности находят путем отложения на пунктах съемного обоснования (P_1 и P_2) и углов (β_1 и β_2) (рис. 6.4).

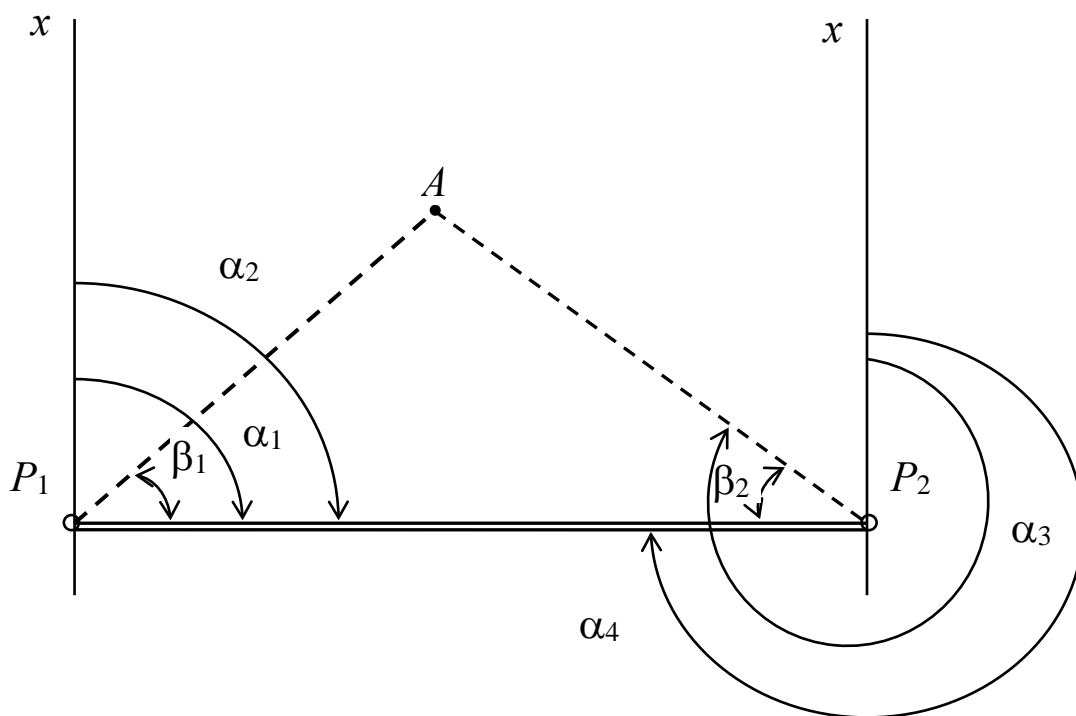


Рис. 6.4. Способ прямой угловой засечки при выполнении разбивочных работ

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют по разности дирекционных углов исходной стороны ($P_1 P_2$) и сторон ($P_1 A$) и ($A P_2$)

$$\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_2; \quad \beta_2 = \alpha_3 - \alpha_4.$$

Дирекционные углы сторон вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1 , P_2 и A .

Данный способ целесообразно применять для выноса точек, находящиеся на значительном расстоянии от исходных пунктов съемочного обоснования. В этом случае погрешность центрирования теодолита и фиксация вынесений точки выполняется сравнительно точно с основными погрешностями являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования).

Способ применяется в случаях, когда доступ к пунктам съемочного обоснования затруднительный, а визирование на них беспрепятственное.

В этом случае находят приближенное проектное положение выносимой точки (A) и фиксируют ее на местности (рис. 6.5).

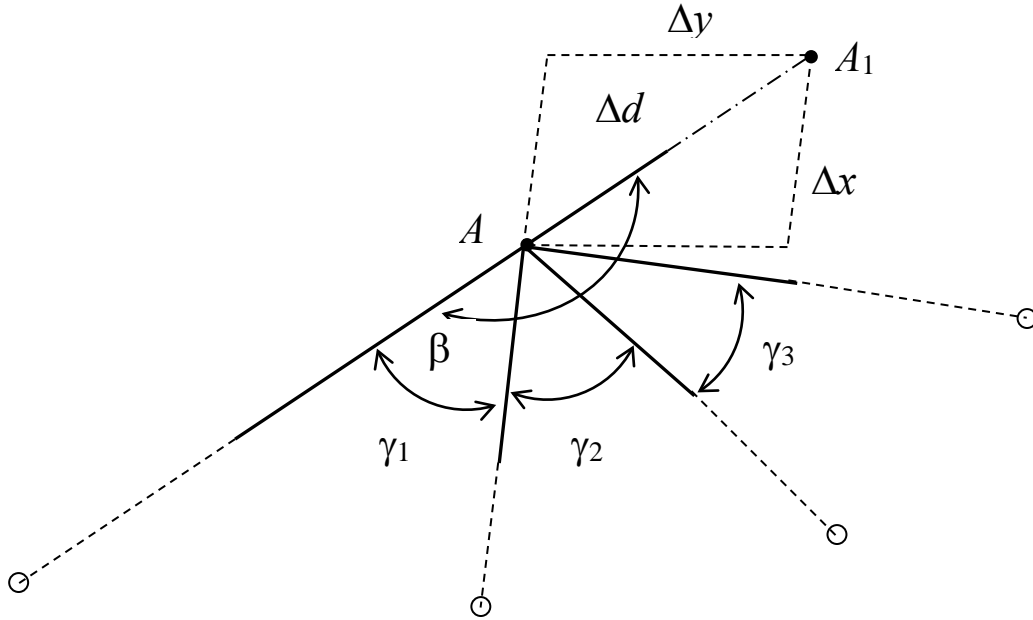


Рис. 6.5. Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования)

Устанавливают теодолит и требуемой точностью измеряют горизонтальные углы не мене на три исходных пункта съемочного обоснования. По измеренным углам (γ) решают обратную геодезическую засечку и вычисляют координаты приближенно установленной точки. Полученные координаты сравнивают с проектными и по разности координат вычисляют величину смещения (редукции) точки в проектное положение. Отложив угол (β) и длину (Δd) фиксируют проектное положение выносимой точки (A_1).

Способ линейной засечки. Положение выносимой точки (A) на местности находят путем пересечения двух проектных длин линий ($d_1 d_2$), отложенных от исходных пунктов съемочного обоснования ($P_1 P_2$) (рис. 6.6).

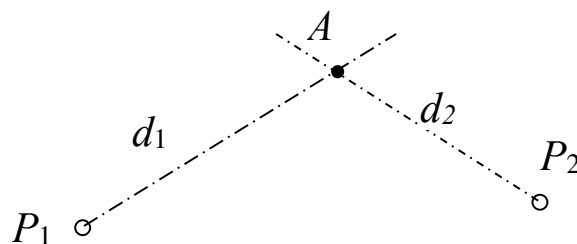


Рис. 6.6. Способ линейной засечки

Разбивку производят при помощи двух мерных приборов (рулетка, мерная лента). Расстояние от исходных точек до выносимой точки не должно превышать длины мерного прибора.

Способ перпендикуляров. Положение выносимой точки (A) на местности определяют путем отложения проектной длины (d_1) от створа исходных точек (P_1P_2) (рис. 6.7).

От одной из известных точек в створе линии откладывают проектную длину (d_2), устанавливают в точке (M) теодолит, откладывают прямой угол от створа (P_1P_2) и выносят на расстояние (d_1) точку (A).

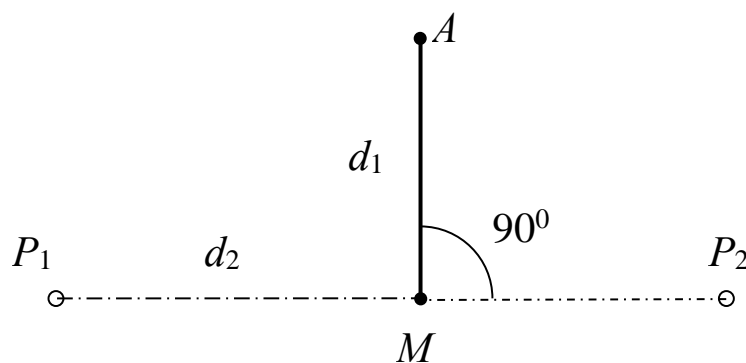


Рис. 6.7. Способ перпендикуляров

Целесообразно: большее расстояние - по створу исходной стороны, а меньшее – по перпендикуляру. Для контроля положения выносимой точки можно повторить от другого пункта.

6.3. Маркшейдерские работы при проходке траншей

Проходка траншей в карьерах предназначена для вскрытия карьерных полей с целью обеспечения доступа от поверхности земли (капитальные траншеи) или от какой-либо разрабатываемой части карьера к вновь создаваемым рабочим горизонтам (разрезные траншеи). Непосредственной задачей при проходке траншей является установление грузотранспортной связи между горизонтами разработки (добычи) и пунктами приема горной массы (отвалы, склады) на поверхности или в карьере. Параметры траншеи (ширина дна, уклон, углы поворота, углы откоса)

рассчитываются в зависимости от вида карьерного добычного оборудования, транспорта и инженерно-геологических условий.

На проходку траншеи составляется технический проект. К проекту прилагается:

генеральный план карьера;

план траншеи с указанием числовых значений координат X , Y , Z начала (устья) траншеи;

положение оси траншеи, углы поворота, радиусы кривых; высотные отметки дна траншеи.

Маркшейдерские работы при проходке траншеи состоят в следующем:

обеспечение района проходки траншеи пунктами съемочного обоснования;

перенесение с проекта в натуру устья траншеи, оси траншеи и ее параметров;

систематическое наблюдение за проходкой траншеи, включая маркшейдерскую съемку фактических параметров траншеи, контроль ее направления и уклона;

подсчет объема вынутой горной массы;

разбивка транспортных путей.

В зависимости от рельефа земной поверхности, инженерно-геологических условий участка карьера в районе прокладки траншеи, имеющегося добычного оборудования и средств транспорта применяют различные способы проходки траншей. Во всех случаях маркшейдер на местности, в соответствии с проектом, разбивает и закрепляет специальными пунктами ось траншеи, ширину дна, верхние бровки и задает уклон дна траншеи.

При разбивке трассы траншеи маркшейдер показывает на проектных планах, составленных в масштабе 1:500 – 1:1000, координаты точек примыкания, дирекционные углы первоначальных направлений, расстояния между вершинами углов поворота оси траншеи с углами поворота и радиусами кривых.

На поперечных разрезах указывается очередность проходки заходов, углы откосов, положение транспортных средств. На продольных разрезах (профилях), построенных по оси траншеи, указываются фактические и проектные высотные отметки, проектные уклоны.

Наиболее распространенные способы проведения траншей следующие:

сплошным забоем при проходке по склону (рис. 6.8, *a*), поперек склона или на равнинных участках с погрузкой горной массы в думпкары (рис. 6.8, *б*), с отвалом непосредственно на борта траншеи драглайном (рис. 6.8, *в*) или с погрузкой на авто- и железнодорожный транспорт внутри траншеи;

ступенчатым забоем – заходками (рис. 6.9).

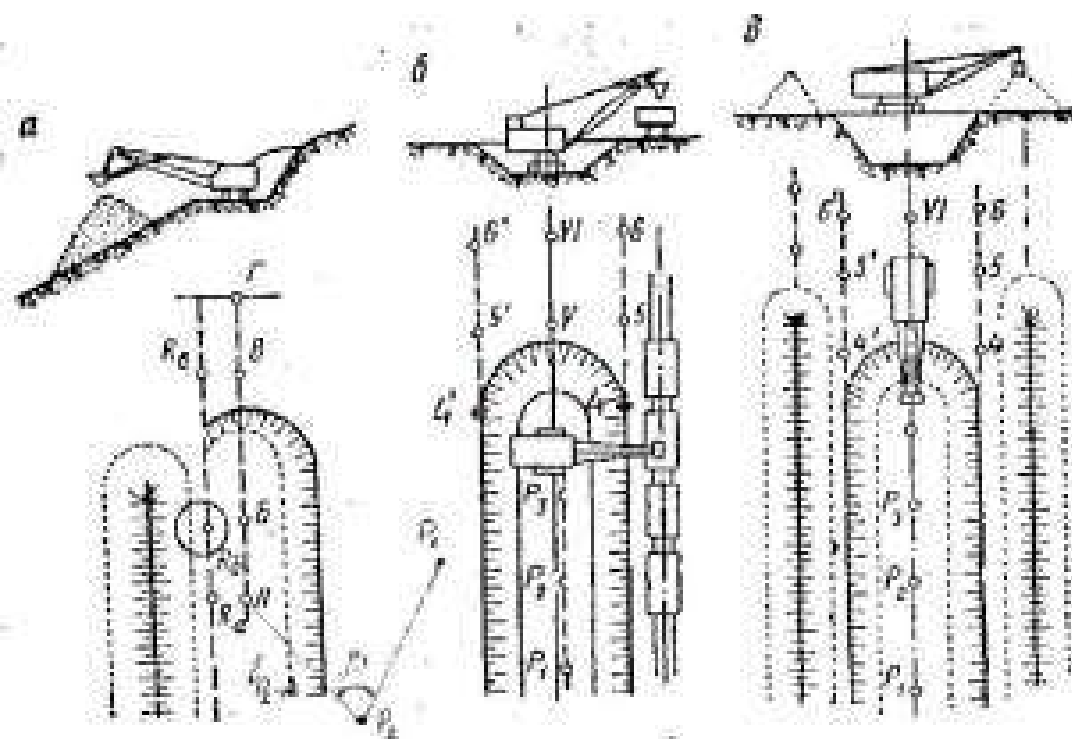


Рис. 6.8. Схемы проведения траншей сплошным забоем:
a – по склону; *б, в* – поперек склона или на равнинных участках с погрузкой в думпкары или с отвалом на борта траншей

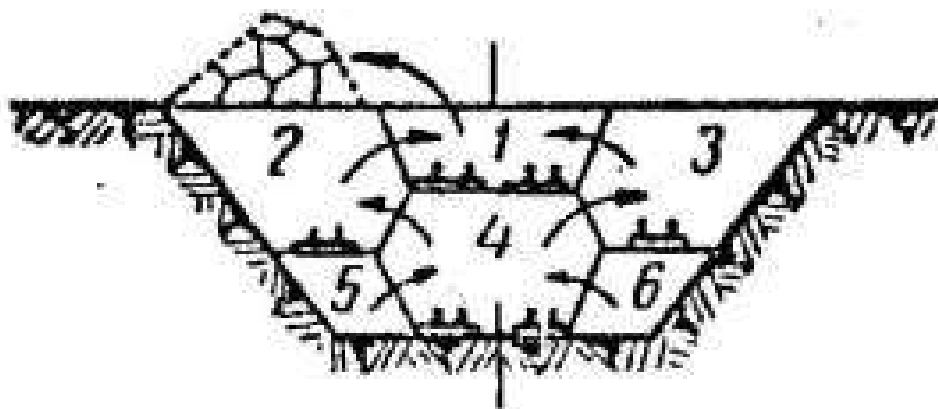


Рис. 6.9. Схема проведения траншей ступенчатыми забоями – заходками

Разбивочные работы при проведении траншеи выполняются следующим образом. При проходке по склону (см. рис. 6.8, *а*), производится разбивка оси траншеи временными пикетами *A*, *B*, *B* и т. д. через 20 – 50 м. Для этого по известным координатам точки P_2 съемочного обоснования, измеренному углу β и расстоянию l_{P_2-A} определяют в натуре начальную точку *A* (устье) траншеи. По дну траншеи напротив каждого пикета закрепляются граничные точки R_a , R_b , R_b и т. д. Высотные отметки граничных точек и пикетов определяются нивелированием. В этом случае отсчет по передней рейке v_i определяется по заданному в проекте уклону i и расстоянию между пикетами l_i :

$$v_i = a_i - l_i \cdot i,$$

где a_i – отсчет по задней рейке.

Нивелирование пикетов начинается от пункта примыкания P_2 .

После определения положения пикетов производится спрямление трассы траншеи. В точках поворота трассы разбиваются кривые. Спрямленная ось трассы, дно и верхняя бровка траншеи закрепляются кольями и вехами.

При проведении траншеи поперек склона или на равнинных участках местности разбивка трассы проводится аналогичным способом (см. рис. 6.8, *б*, *в*). Ось траншеи закрепляется пикетами V, VI и т. д. на расстоянии 20 – 50 м по прямым участкам трассы и 5 – 10 м по криволинейным. Верхние бровки траншеи закрепляются граничными точками (вехами) 4-4', 5-5', 6-6' и т. д. На дне траншеи закрепляются грунтовые реперы P_1 , P_2 , P_3 и т. д. на расстоянии 20 – 30 м. Торцы реперов должны соответствовать проектным отметкам (уклону) дна траншеи. Уклон дна траншеи задается Т-образными визирами, высота которых делается равной высоте гусениц экскаватора.

Одновременно с разбивкой трассы траншеи ведется разбивка осей транспортных путей породного отвала. На всех заданных точках вблизи забоя траншеи выставляются направляющие вехи.

При проведении траншей большого сечения (ступенчатыми забоями – заходками) (см. рис. 6.9) разбивается и закрепляется основная ось траншеи и ее верхние и нижние бровки по методике, описанной выше. Оси заходок разбиваются и закрепляются по мере необходимости.

При проведении траншей взрывным способом с последующей экскавацией (рис. 6.10) относительно пикетов 3, 4, 5 и т. д., обозначающих ось траншеи, по мере проходки закрепляется серия скважин. Количество скважин и их параметры рассчитываются специальным проектом.

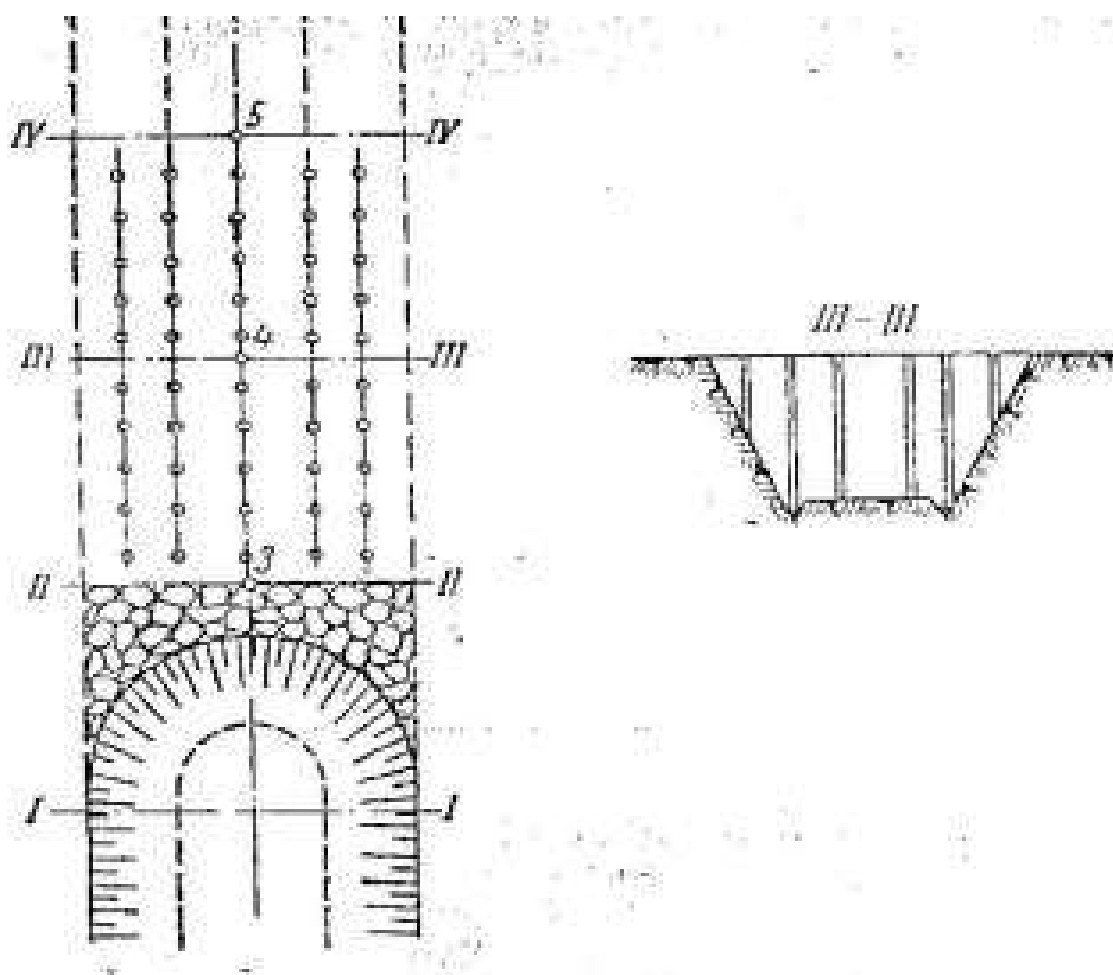


Рис. 6.10. Схема проведения траншеи взрывным способом

После взрыва производится маркшейдерская съемка. По плану и разрезам, составленным по результатам съемки, определяется объем взорванной горной массы. После этого приступают к экскавации и оформлению траншеи. Маркшейдерские работы

в этом случае выполняются в том же объеме и порядке, как было описано выше.

6.4. Маркшейдерские работы при разбивке и съемке транспортных путей

При строительстве и эксплуатации карьеров применяются следующие виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, конвейерный, скиповый. Наибольшее распространение получили железнодорожный и автомобильный транспорт, протяженность дорог на крупных карьерах достигает 100 км и более.

Для стабильной и безопасной работы железнодорожного транспорта строятся внутрикарьерные станции, контрольные пункты и централизованные автоблокировки. Поэтому к производству маркшейдерских работ при строительстве и эксплуатации транспортных путей, особенно железнодорожных, предъявляются высокие требования.

Исходными проектными материалами, на основе которых производится разбивка транспортных путей, являются:

план трассы с координатами точек ее примыкания к пунктам опорного или съемочного обоснования, с указанием вершин углов поворота, радиусов сопрягающихся кривых (рис. 6.11);

поперечные разрезы и продольный профиль трассы с указанием фактических и проектных высотных отметок, а также проектных уклонов и подъемов;

план расположения переводных стрелок для железнодорожных путей с координатами центров переводов.

Карьерные железнодорожные пути бывают стационарные и передвижные. При строительстве карьерных железнодорожных путей маркшейдер выполняет следующие работы:

вынос в натуру оси траншеи в плане и по высоте в соответствии с проектом;

разбивку закруглений (участков поворота путей), стрелочных переводов, отводных путей, углов наклонов;

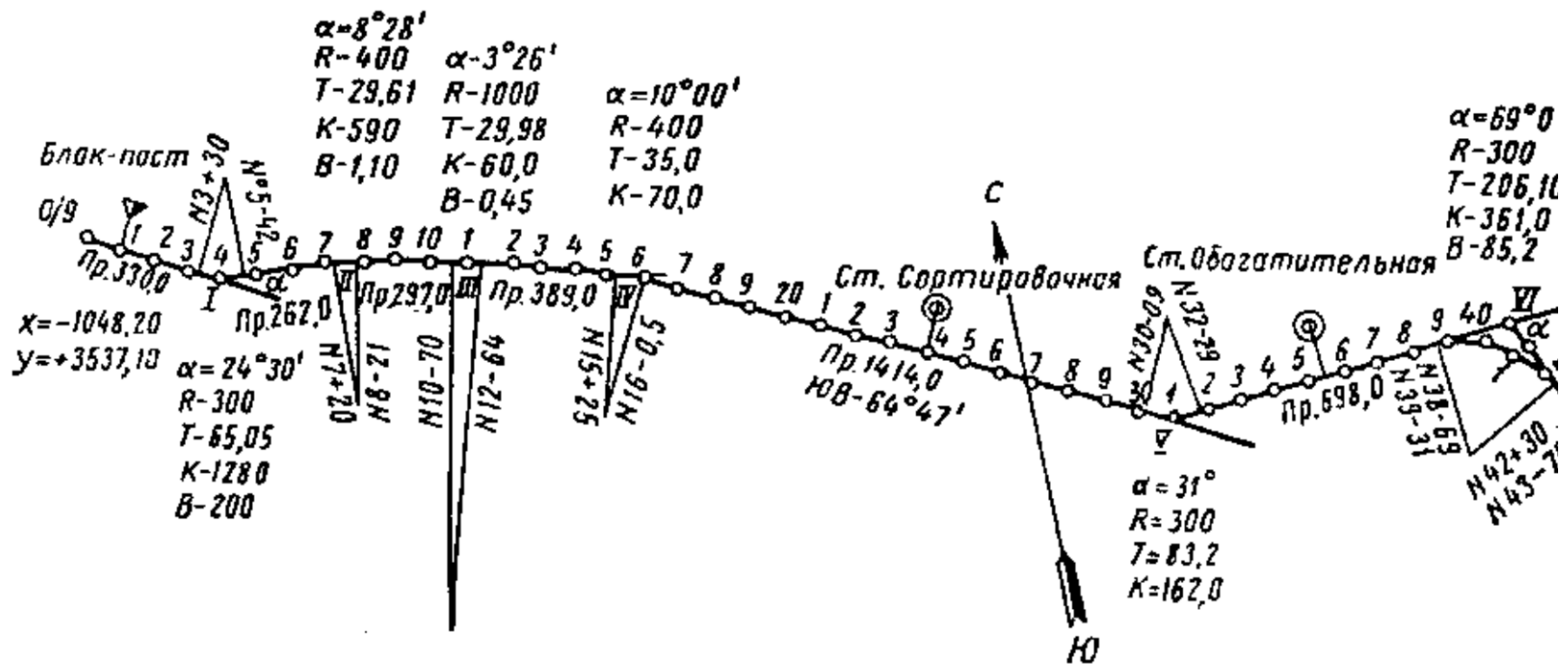


Рис. 6.11. План железнодорожной трассы

определение местоположения стационарных сооружений (станций, опор контактного провода, путепроводов и др.);

съемку и документирование рельсовых путей с указанием габаритов подвижного состава;

разбивку и съемку передвижных (забойных) железнодорожных путей, с отображением каждого их нового положения.

Разбивку осей транспортных путей производят от пунктов съемочного обоснования, определяя начальные пункты и направление оси. Затем при помощи теодолита и рулетки выносят вершины углов поворота, т. е. прокладывается теодолитный ход с проектными углами поворота и сторонами между точками поворота (способ проектного полигона).

Углом поворота трассы пути α (см. рис. 6.11) считается внешний угол между направлением предыдущей линии и направлением последующей линии трассы.

Для обеспечения плавного перехода железнодорожного состава с прямолинейного участка на сопряжения поворота разбивают переходные кривые, радиус которых постепенно изменяется от бесконечности до принятого радиуса круговой кривой.

В вертикальной плоскости трасса пути разбивается в соответствии с проектным профилем, на котором указаны уклоны (подъемы) и горизонтальные участки. Величина уклона i обозначается в тысячных долях и определяется отношением превышения h к горизонтальному проложению l :

$$i = \text{tg } \delta = \frac{h}{l},$$

где δ - угол наклона участка пути.

Различают руководящие, вспомогательные и второстепенные уклоны. Максимальный руководящий уклон устанавливается в зависимости от типа локомотива и количества точек (одинарная, двойная). Вспомогательный уклон круче руководящего и строится на участках небольшой протяженности. Второстепенный уклон положе руководящего.

В местах перелома (изменения) уклонов смежных участков пути вертикальный профиль сглаживают, разбивая вертикальные кривые.

Точки поворота закрепляют деревянными кольями или металлическими стержнями, которые забиваются на уровне с землей и обозначаются "сторожками". В характерных точках рельефа (резкие перегибы земной поверхности) устанавливают плюсовые (дополнительные) точки. После разбивки точек поворота трассы и "плюсовых" точек разбивается и закрепляется пикетаж по всей оси трассы через 20 – 40 м. Впоследствии, по окончании строительства пути, пикеты переносят на обочину и закрепляют постоянными знаками - металлическими стержнями или бетонными столиками.

По закрепленным пикетам трассы проводят продольное и поперечное нивелирование. Продольное нивелирование выполняется по оси трассы, поперечное - по поперечникам, которые разбиваются перпендикулярно трассе на ширину 10, 20, 40 м, в зависимости от ширины дороги, в обе стороны. Поперечники разбивают на каждом пикете и на "плюсовых" точках и закрепляют реперами.

Результаты разбивки пикетов заносятся в пикетажную книжку, в которой записывают: все пикеты и "плюсовые" точки, вершины углов поворота, радиусы, начало и конец кривых; реперы поперечников с указанием номера пикета, расстояние до репера от оси трассы.

На пикетах подписывают номера и величину "подсыпки" или "срезки" грунта.

Разбивку криволинейных уступов транспортных железнодорожных и автомобильных путей выполняют по известному углу поворота трассы α и заданному радиусу кривой R (рис. 6.12).

Из решения треугольников OAB и OCB :

$$T = R \cdot \tan \frac{\alpha}{2}; \quad \hat{g} = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{1}; \quad A' = R \cdot \left(e^{\frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \quad \gamma = 90^\circ + \frac{\alpha}{2}.$$

При входе на кривую и выходе с нее делают вставки (переходные кривые), радиус которых изменяется от бесконечности до заданного R . Длина переходных кривых l - от 20 до 200 м.

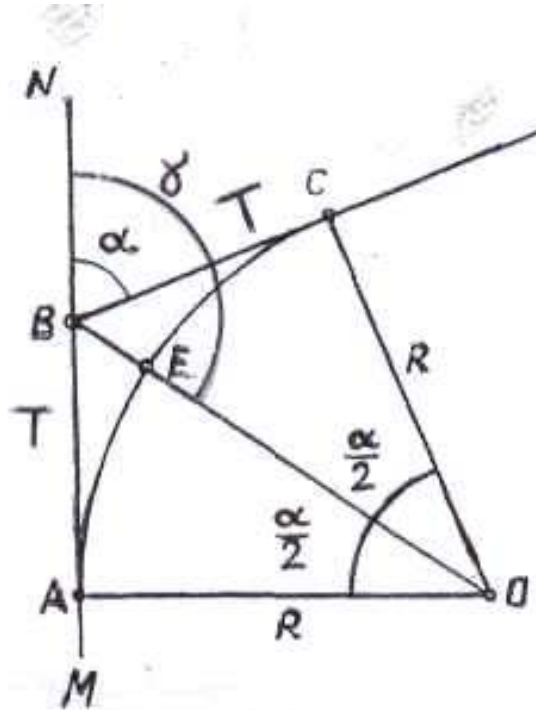


Рис. 6.12. Элементы кривой:

- $\alpha = \text{AOC} = \text{NBC}$ – центральный угол поворота трассы;
- $\text{B} = \text{OB} - \text{BE}$ – биссектриса; $R = \text{OA} = \text{OC}$ – радиус кривой;
- $\text{T} = \text{AB} = \text{BC}$ – тангенсы (касательные) кривой;
- НК – точка А – начало кривой; КК – точка С – конец кривой;
- точка Е – середина кривой; К – кривая АЕС; $\text{Д} = 2\text{T} - \text{К}$ – домер

Заданный радиус кривой при этом сохранятся, но ее центр смещается на величину $\text{ОО}_1 = p$ (рис. 6.13).

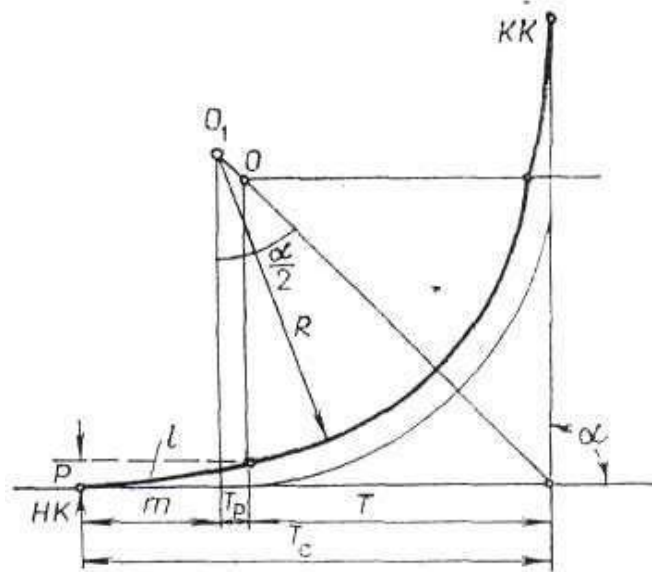


Рис. 6.13. Элементы кривой с переходными кривыми:

l – длина переходной кривой; T_c – суммарная длина тангенса

В этом случае суммарная длина тангенса

$$T_c = T + m + T_p; \quad T_p = \delta \cdot t \frac{\alpha}{2},$$

и точки начала кривой (НК) и конца кривой (КК) переместятся. Разбивку кривых в карьере производят по главным точкам через 10 или 20 м одним из известных из курса геодезии способов - ординат, продолженных хорд, способом углов от ближайших пунктов опорного или съемочного обоснования полярным способом.

6.5. Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом отделение от массива и дробление скальных и полускальных пород, рудных тел осуществляют массовыми взрывами с помещением зарядов взрывчатых веществ в предварительно пробуренные скважины. Скважины располагаются сериями на верхней площадке уступа в 1-2 и более рядов.

Буровзрывные работы должны обеспечить:

- заданную (расчетную) степень дробления горных пород для последующей погрузки ее в транспортные средства и транспортировки;

- требуемое качество и сортность взорванного рудного тела, достижение в необходимых случаях избирательного дробления пород различной крепости;

- проектный контур и угол откоса уступа;

- заданные размеры и форму развала взорванных пород, удобные для их экскавации;

- минимальные (допустимые) отклонения от проектных высотных отметок площадок уступов, их размеров и формы поверхности;

- минимальное сейсмическое воздействие взрыва на породный массив вблизи проектных (граничных) контуров карьера и окружающих инженерных сооружений;

- высокие показатели экономичности, производительности и безопасности горных работ.

Маркшейдерские работы до и после взрыва включают (рис. 6.14):

-составление крупномасштабного плана участка взрыва по результатам детальной маркшейдерско-геологической съемки;

- составление проекта буровзрывных работ с указанием расположения взрывных скважин, их глубин, перебура и линии наименьшего сопротивления (ЛНС);

-создание на участке работ съёмочного обоснования для перенесения проектного положения скважин в натуру и последующей съемки фактического положения пробуренных скважин с точным определением их глубин и перебуров;

-определение положения скважин относительно верхней и нижней бровок откоса уступов;

-проведение детальной маркшейдерской съемки уступа после взрыва с составлением графической и отчетной документации и заключение об эффективности взрыва.

Размеры и форма взрываемого участка, высота и угол откоса уступа, общий объем и степень дробления взрывом горных пород, сейсмическое воздействие взрыва каждый раз задаются проектом. На каждый очередной массовый взрыв выдается задание с указанием длины, ширины и объема участка взрыва с приложением выкопировки из маркшейдерского плана.

На участке уступа, намеченного к взрыву, производится детальная планово-высотная съемка, по результатам которой составляют план-проект (план-задание) на буровзрывные работы и план карьера участка в масштабе 1:200 – 1:500. При сложном геологическом строении участка, одновременно с маркшейдерской съемкой, производится и геологическая съемка. Составляются поперечные разрезы, по которым определяют ЛНС, рассчитывают оптимальный заряд взрывчатки, конструкцию заряда. Геологические особенности, частоту и элементы залегания трещин наносят на план.

На рис. 6.14 показаны два блока, подготавливаемые к взрыву.

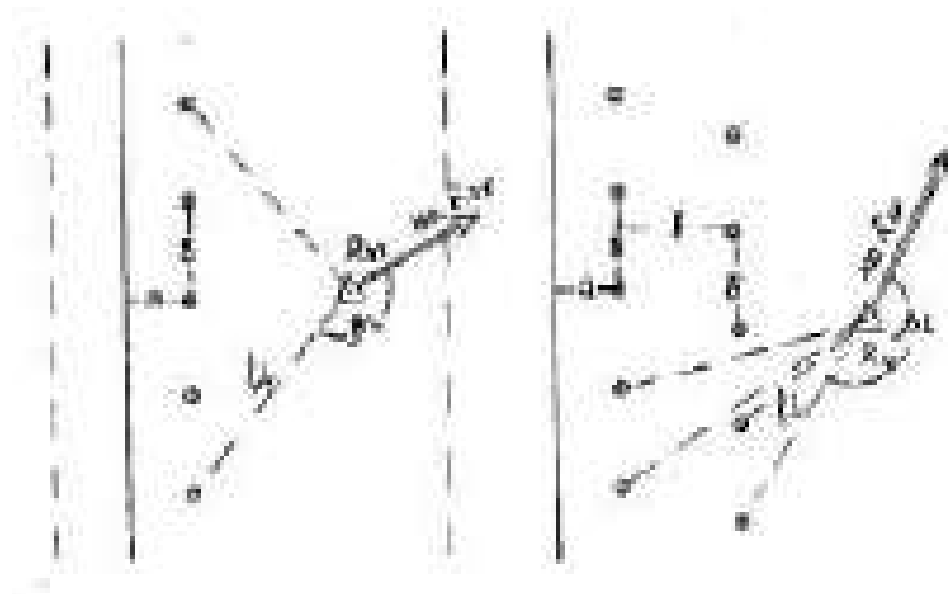
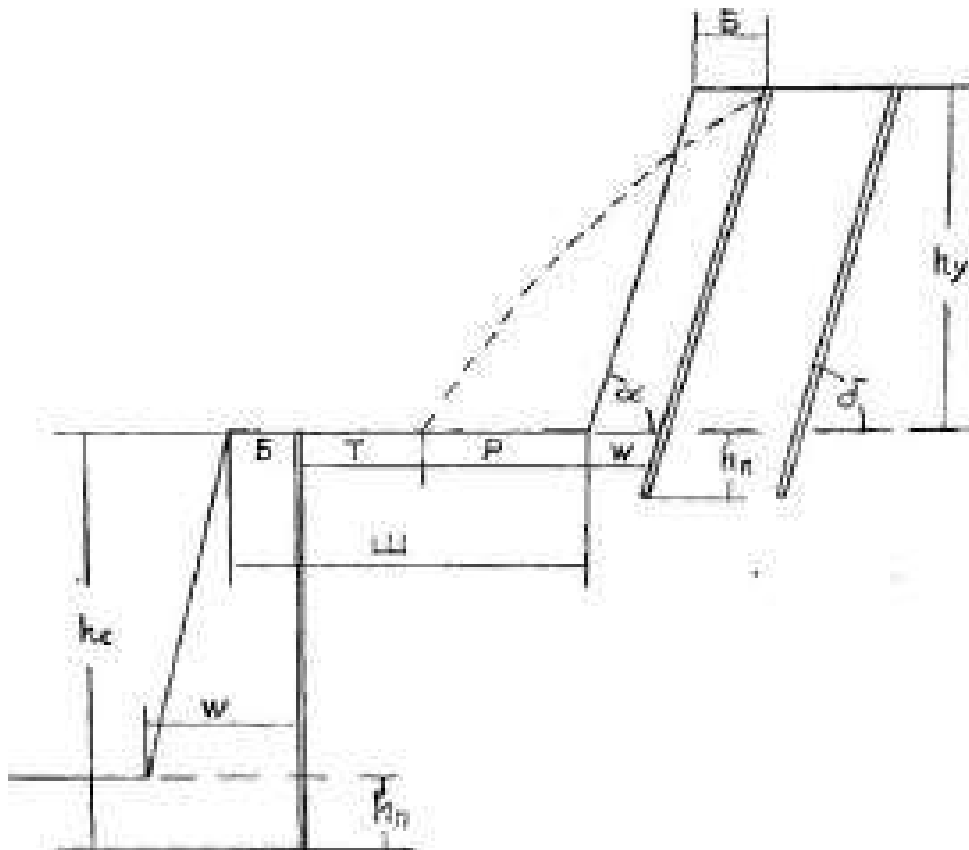


Рис. 6.14. Элементы борта карьера и буровзрывных работ:

B – берма безопасности $A = h_y (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \gamma)$, где φ, γ – углы обрушения и естественного откоса; T – ширина бермы для транспорта; P – ширина развала пород при взрыве; h_y – высота уступа; h_n – глубина перебура скважины; α – угол откоса уступа; δ – угол наклона скважины

Исходные данные:

- 1) план участка карьера;
- 2) пункты маркшейдерского съемочного обоснования (R_V , R_{VI});
- 3) направление на пункт опорной сети R_{VI} .

На план участка карьера наносится проектная сеть буровзрывных скважин по сетке с параметрами a , b и c , значения которых определяются расчетом.

Первыми на расстоянии " a " от верхней бровки проектного контура уступа наносятся скважины 1-го ряда, на расстоянии " b " – между скважинами.

После этого со сдвигом $0,5 b$ на расстоянии " c " от первого ряда наносятся скважины 2-го ряда и т. д. до заполнения всей площади подготавливаемого блока.

На плане участка карьера определяются разбивочные элементы каждой скважины: горизонтальные углы β_i на пунктах съемочного обоснования R_V и R_{VI} , измеренные между направлениями на пункт R_{IV} и на данную скважину; расстоянием l_i от пункта R_V и R_{VI} до данной скважины (полярный метод).

Исходное направление ($R_V - R_{IV}$) и ($R_{VI} - R_{IV}$) указывается на плане участка карьера. Направление определяется решением обратной геодезической задачи:

$$\alpha_{R_{IV} - R_V} = \arctan \frac{Y_{IV} - Y_V}{X_{IV} - X_V}.$$

Углы β_i и расстояния l_i определяются с плана и заносятся в таблицу.

Находится проектная глубина скважины h_c по формуле

$$h_c = \frac{1}{\sin \delta} (h_y + h_{\Pi})$$

где δ - угол наклона скважины к горизонту, град.; h_y - высота уступа, м; h_{Π} - величина перебура скважины, м.

Высота уступа определяется как разность средней высотной отметки верхней бровки ($Z_{\text{ср.в.}}$) и средней высотной отметки нижней бровки уступа ($Z_{\text{ср.н.}}$):

$$h_{\delta} = Z_{\tilde{n} \delta} - Z_{\tilde{a} \tilde{n} \delta}.$$

Величина перебура скважины зависит от ее диаметра d_c и физико-механических свойств пород взрываемого участка.

Определяется минимально допустимое значение линии сопротивления по подошве W из выражения

$$W = \sqrt{\frac{c \cdot p}{q}},$$

где c – коэффициент, зависящий от степени дробления породы взрывом; p – вместимость 1 м скважины, кг; q – удельный расход ВВ, кг/дм³.

По окончании бурения всех скважин производят съемку и определяют фактическое положение каждой скважины и каждого ряда относительно верхней бровки и откоса уступа. Измеряют глубину скважины и величину перебура. Несоответствующие проекту скважины бракуются.

После взрыва участка выполняют детальную съемку развала и линии вновь образовавшейся верхней бровки уступа. По результатам съемки определяют объем взорванной горной массы, ширину и угол откоса развала, линию бровки и угол откоса уступа, коэффициент разрыхления, выход негабаритов. Куски взорванной массы не должны превышать линейный размер (K):

$$K \leq 0,5\sqrt[3]{V},$$

где V – вместимость ковша экскаватора, м³.

После отгрузки взорванной горной массы выполняется детальная съемка уступа, по результатам которой определяются показатели взрыва: удельный расход взрывчатки, поверхность отрыва пород по почве уступа, производительность (эффективность) скважины.

6.6. Маркшейдерские работы при рекультивации нарушенных земель

Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного и растительного покрова, гидрологического режима и образованием техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека [34].

По характеру нарушения все территории в пределах горного и земельного отвода карьера (разреза) подразделяются на два вида: при выемки полезного ископаемого; при складировании пород вскрыши и отходов обогатительных фабрик.

Степень нарушения земель количественно оценивается объемом выемки или насыпки грунта на единицу площади, величиной площади нарушения, глубиной выемки или просадки, высотой насыпки, длиной и шириной линейных участков (дороги и другие коммуникации).

Объектами рекультивации на карьерах (разрезах) являются: картеры (выработанное пространство), внутренние и внешние породные отвалы, отвалы некондиционных руд, хвостохранилища, железные и автомобильные дороги, промышленные площадки предприятия и другие объекты, которые после окончания горных работ не могут быть использованы по назначению.

Рекультивация нарушенных земель с целью их дальнейшего освоения ведется в основном в направлениях пяти выводов [34]:

сельскохозяйственное - под пашню, пастбище, сенокосные угодья, садоводство, овощеводство;

лесохозяйственное – земельные насаждения, парковые, лесные рощи;

водохозяйственное – водохранилища различного назначения; гражданского и промышленного строительства;

рекреационное – создание объектов отдыха.

Работы по рекультивации земель ведутся с соблюдением соответствующих требований, которые изложены в ведомственных указаниях по восстановлению земель в два этапа последовательно друг за другом: горно-технологические и биологические мероприятия.

Горно-техническая рекультивация – как завершающий этап технологии горного производства проводится с целью выполнения мероприятий, обеспечивающий наиболее эффективное использование восстановленных территорий для дальнейшего их использования, в том числе, и для биологической рекультивации. Эти работы выполняют горнодобывающие предприятия или специализированные организации.

Биологическая рекультивация выполняется после горно-технической и включает в себя работы по восстановлению биологической среды на восстановленных территориях, экологически чистых и безопасных для окружающей среды зон. Эти работы (в отличие от горно-технической рекультивации) выполняются организациями, в ведении которых передаются земли.

Объем и состав работ каждого этапа рекультивации определяется проектом, в соответствии с выбранным видом освоения земель. Проектирование работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами, ведут по горно-графической маркшейдерской документации, полученной на основании маркшейдерской съемки выполненной на период завершения горных работ.

Приемка – передача рекультивированных земель производится специальной комиссией по результатам работы, которой составляется и подписывается акт приемки-сдачи рекультивированных земель. После этого рекультивированные земли закрепляются за новым пользователем.

При выполнении горно-технической рекультивации круг вопросов, решаемых маркшейдерской службой, несколько специфичен по сравнению с общепринятыми маркшейдерскими работами на горных предприятиях.

При выполнении рекультивации маркшейдерской службе приходится выполнять следующие основные работы:

создавать на рекультивируемой территории сети опорных пунктов и пунктов съемочного обоснования; вести топографические съемки на начало рекультивации и после завершения ее; составлять маркшейдерские чертежи, связанные с проектированием и выполнением отдельных этапов рекультивационных работ, выделяя на них все виды повреждения земной поверхности; вести систематический контроль за восстановлением нарушенных земель во времени и пространстве, сопоставляя результаты с данными

проекта; учитывать объемы выполненных работ по производимым планировкам, снятию грунтов, их укладке на новое место; выносить в натуру геометрические элементы проекта и вести контроль за их исполнением в процессе выполнения горно-технических работ; подготавливать исходные данные и материалы для текущего и перспективного планирования рекультивации; выполнять предрасчеты с анализом точности ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в результате горных разработок, составлять планы-карты прогноза; участвовать в разработке мероприятий по рекультивации нарушенных земель и обеспечению сохранности плодородных почв; производить наблюдения за осадкой насыпных грунтов и контроль за соблюдением геометрических параметров породных отвалов в соответствии с проектом рекультивации; делать съемку недоступных участков на земной поверхности и дна затопленных водоемов; выполнять работы, связанные с селективной выемкой вскрышных пород и селективной укладкой их в отвал; производить маркшейдерские работы, связанные со снятием плодородных почв и почвообразующих пород; составлять почвенные планы и вести учет запасов, потерь и разубоживания наиболее ценных плодородных почв; контролировать формирование корнеобитаемого горизонта на рекультивируемых территориях; обеспечивать работы по выколаживанию и террасированию откосов карьеров и породных отвалов и созданию искусственных водохранилищ; выполнять работы, связанные с защитой от эрозии и благоустройством рекультивируемых территорий; участвовать в работе комиссии по сдаче землепользователям рекультивированных земель и подготавливать графический материал к акту передачи восстановленных земель; вести маркшейдерскую отчетность по рекульвационным работам.

Ответственность за выполнение работ по рекультивации и своевременную передачу в надлежащем состоянии земельных площадей, освобождающихся после добычи полезного ископаемого, несут руководители горных предприятий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Раздел 1. Общие сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых:

1. Что в горном производстве называется карьером и разрезом?
2. Назовите геометрические элементы карьера.
3. Что служит показателем оценки пригодности месторождения к разработке открытым способом?
4. Назовите элементы системы горных выработок для вскрытия карьерных полей.
5. Какие параметры карьера являются главными?

Раздел 2. Нормативно-правовые основы маркшейдерского обеспечения недропользования:

1. Каким основным Законом РФ утверждено, что земля и другие природные ресурсы принадлежат государству?
2. Каким законом регламентируется недропользование?
3. Что такое недропользование?
4. На чем основывается законодательство о недрах?
5. Что необходимо выполнить для обеспечения эффективного и безопасного недропользования?
6. Какие государственные задачи возлагаются на маркшейдерскую службу горного предприятия при пользовании недрами?
7. Какими законами определено правовое положение маркшейдерской службы в РФ?
8. чем регламентируется производство маркшейдерских работ?
9. Чем регламентируется составление и ведение маркшейдерской документации?
10. Чем регламентируется оформление горного отвода?
11. что понимается под понятием горный отвод, земельный отвод?
12. На основании чего осуществляется получение земельного отвода?

Раздел 3. Опорные маркшейдерские сети на территории горного предприятия:

1. Что является геометрической основой для всех видов съемки на земной поверхности и в карьере?
2. Государственные сети какого класса являются исходными

для опорных сетей на карьере?

3. Назовите методы построения и основные характеристики опорных сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов.

4. Как определяется количество пунктов опорных сетей на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия?

5. Какие требования предъявляются к измерению горизонтальных углов в триангуляции 1-го и 2-го разрядов?

6. Какие требования предъявляются к опорным сетям, создаваемым методом полигонометрии.

7. Какими знаками закрепляются пункты опорных сетей 4-го класса и 1-го и 2-го разрядов?

8. Какими требованиями руководствуются при построении опорных сетей, при планировании работ по ее пополнению и реконструкции?

9. Что является основой для высотных опорных сетей на карьере?

10. Назовите методы построения и основные характеристики высотных опорных сетей на карьерах.

Раздел 4.1. Классические способы создания съемочных сетей:

1. Что является основой построения и развития съемочных сетей на карьерах?

2. От чего зависит выбор способа и схемы расположения пунктов и точек съемочного обоснования?

3. Как определяется количество основных пунктов и съемочных точек?

4. Какая допустимая средняя квадратическая погрешность положения пункта съемочного обоснования относительно ближайшего пункта опорной сети?

5. Как закрепляются пункты и точки съемочного обоснования?

6. Какие требования предъявляются к аналитическим сетям как к методу съемочного обоснования?

7. Какие предъявляются требования и существуют варианты решения теодолитных ходов при создании съемочных сетей?

8. Назовите условия применения и способы решения прямой

геодезической засечки.

9. Назовите условия применения и способы решения обратной геодезической засечки.

10. Назовите условия применения и способы решения линейной геодезической засечки.

11. Назовите условия применения и способы решения азимутальной засечки.

12. Назовите условия применения и способы решения полярной засечки (полярный способ определения координат).

13. Что представляет собой способ создания съёмочного обоснования - прямоугольные (эксплуатационные) сетки?

14. При каких условиях применяется аналитическая фото-триангуляция как способ создания съёмочного обоснования?

15. Какие существуют способы определения высот пунктов съёмочного обоснования"?

Раздел 4.2. Применение спутниковой геодезии на карьерах и разрезах:

1. Из каких сегментов состоит спутниковая система?

2. Объясните схему определения пространственных координат точки комплексом спутниковой геодезии.

3. Назовите основной принцип технологии дифференциальной съёмки для определения точных координат точки.

4. Что такое вектор и геодезическая линия в эллипсоиде WGS-84?

5. Назовите основные технологии спутниковых съёмок.

6. Назовите основные типы спутниковых приемников.

7. Как производится учет геометрии взаимного расположения спутников?

Раздел 4.3. Анализ точности и проектирование маркшейдерских сетей на карьерах;

1. Чему на местности равняется ошибка положения пункта съёмочной сети при масштабе съёмки 1:500?

2. Что такое «анализ точности сети» и какие задачи он решает?

3. От чего зависит ошибка положения последней точки линейно-углового хода?
4. Назовите критерии прямолинейности и равносторонности хода.
5. Укажите законы накопления ошибок в нивелирном ходе для условий равнинной и гористой местности.
6. Как выбрать нивелир для сети IV класса?
7. Назовите источники возникновения ошибок при тригонометрическом нивелировании.
8. От чего зависит точность геодезической засечки?
9. Назовите источники ошибок при спутниковом позиционировании.
10. Что такое «геометрический фактор» и как он используется при проектировании измерений?
11. Каким образом избавляются от влияния внешних условий на точность спутникового позиционирования?
12. Назовите основные составляющие технического проекта создания маркшейдерской сети.
13. Для чего нужны избыточные измерения и как они предусматриваются в проекте сети?
14. Как решаются прямая и обратная задачи при анализе проекта сети?
15. В чем отличие между априорной и апостериорной ошибками единицы веса?

Раздел 5. Съёмочные работы на карьерах и разрезах:

1. Какие цели и задачи маркшейдерской съёмки карьеров?
2. Какими способами выполняется маркшейдерская съёмка на карьерах?
3. Перечислите основные требования, предъявляемые к съёмке контуров горных выработок.
4. Характеризуйте схему и методику способа перпендикуляров (ординатного способа съёмки).
5. Объясните схему и методику тахеометрической съёмки.
6. Объясните основной принцип и методику выполнения стереофотограмметрической съёмки.
7. Перечислите виды стереофотограмметрической съёмки в

горном деле при открытом способе разработки.

8. Назовите предпосылки создания систем лазерного сканирования.

9. Каков принцип работы лазерного сканера?

10. Каков принцип обработки результатов лазерного сканирования?

11. Перечислите приборное обеспечение технологии лазерного сканирования.

12. Укажите возможности практического применения систем лазерного сканирования.

13. Объясните мониторинг состояния, геологического картирования откосов карьера при использовании лазерного сканирования.

14. Каков принцип замеров и вычисления объемов горных масс при помощи технологии лазерного сканирования?

Раздел 6. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ в карьере:

1. Перечислите документы технического проекта на проходку траншей.

2. Какие маркшейдерские работы выполняются при проходке траншей?

3. Назовите способы задания направления трассы траншей в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

4. Перечислите исходные проектные материалы, на основе которых производится разбивка транспортных путей.

5. Какие маркшейдерские работы при строительстве карьерных железнодорожных путей?

6. Каковы порядок и методика разбивки осей, вынос вершин углов поворота транспортных путей в горизонтальной плоскости?

7. Каковы порядок и методика разбивки трассы пути в вертикальной плоскости?

8. Назовите способы разбивки криволинейных участков транспортных путей.

9. Перечислите основные требования, предъявляемые к буровзрывным работам в карьере.

10. Какие маркшейдерские работы проводятся при состав-

лении плана-проекта (плана-задания) на буровзрывные работы?

11. Перечислите маркшейдерские работы до и после взрыва горного массива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Певзнер, М. Е.* Маркшейдерия: учебник для ВУЗов / М. Е. Певзнер [и др] – М.: МГГУ, 2003. – 419 с.
2. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр. Утверждено Постановлением Госгортехнадзора от 22.05.01, № 18.
3. *Инструкция по производству маркшейдерских работ.* Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. М. 2003. 118 с.
4. *Оглоблин, Д. Н.* Маркшейдерское дело: Учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1981. 704 с.
5. *Справочник по маркшейдерскому делу* /Под ред. А. Н. Омельченко. М.: Недра, 1979. 576 с.
6. *Терминологический словарь по маркшейдерскому делу* / Под ред. А. Н. Омельченко. М.: Недра, 1987. 191 с.
7. *Дементьев, В. Е.* Современная геодезическая техника и её применение: Учебное пособие для вузов./ В. Е. Дементьев. – Изд. 2-е. – М.: Академический Проект, 2008. – 591 с.
8. *ГКИНП (ОНТА)-01-271-03.* Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. - М.: ЦНИИГАиК, 2003, 65 с.
9. *Официальный сайт Федерального космического агентства «Информационно-аналитический центр»:*
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru>
10. *Серапинас, Б. Б.* Глобальные системы позиционирования: Учеб. Изд. / Серапинас Б. Б. – М.: ИКФ «Каталог», 2002. – 106 с.
11. *РТМ 68-14-01.* Руководящий технический материал. Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. М.: ЦНИИГАиК, 2001. - 14 с.
12. *Поклад, Г. Г.* Геодезия: Учебное пособие для вузов/ Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.
13. *Ворошилов, А. П.* Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. / Ворошилов А. П. – Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. – 163 с.

14. *Michael Shaw (Министерство транспорта США), Kanwaljit Sandhoo (Корпорация MITRE, CAASD), David Turner (Аэрокосмическая корпорация.)* Модернизация системы глобального позиционирования (GPS). Перевод статьи опубликованной в GPS World, Октябрь 2000 г. Перевод выполнен "Навгеоком" © 2001.

15. *Инженерная геодезия* /под ред. Д. Ш. Михелёва Е. Б.– 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

16. *Голубко, Б. П., Панжин А. А.* Маркшейдерские работы при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие / Голубко Б. П. - Екатеринбург: УГГУ, 2004. - 154 с.

17. *Соловьёв, Ю. А.* Системы спутниковой навигации / Соловьёв Ю. А. – М.: Эко-Трэндз, 2000. – 270 с.

18. *Клепко, В. Л.* Глобальные навигационные спутниковые системы, их применение в геодезии: Учебное пособие / Клепко В. Л. - Екатеринбург: УГГУ, 2008. – 146 с.

19. *Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геолого-разведочных работ.* Министерство природных ресурсов РФ, 1996, 45 с.

20. *ГКИНП (ОНТА)-02-262-02.* Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Утверждена Федеральной службой геодезии и картографии России 18.01.02 г. – М.: ЦНИИГАиК, 2002.

21. *Руководство пользователя программного обеспечения «Trimble Geomatics Office».* Том «Wave Baseline Processing». Версия 1.50. Вариант А. – США. Trimble Navigation, 2001. – 84 с.

22. *Официальный сайт ФГУП "Госземкадастръёмка" – ВИСХАГИ:* <http://www.vishagi.com>.

23. <http://www.gps.ru>

24. *Маркшейдерское дело: Учеб. для вузов.* – В двух частях / под ред. И. Н. Ушакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – Часть 2 / А. Н. Белоликов, В. Н. Земисев, Г. А. Кротов и др. – 437 с.

25. *Маркшейдерская энциклопедия* / Гл. ред. Л. А. Пучков. – М.: Мир горной книги, 2006. – 605 с.

26. *Гордеев, В. А.* Теория ошибок измерений и уравнительные вычисления. Учебное пособие / Гордеев В.А., 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. - 429 с.

27. *Гордеев, В. А., Раева О. С.* Анализ точности вытянутых теодолитных ходов / Гордеев В. А. // Известия УГГГА. – Сер. Горное дело. Вып.11. 2001. – С.231-239.

28. *ГКИНП (ГНТА)-03-010-02.* Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов – М.: Роскартография, 2003. – 134 с.

29. *Гордеев, В. А., Раева О. С.* Об уравнивании обратной угловой засечки / Гордеев В. А. // Маркшейдерский вестник. – № 1. – 2005. – С. 55-57.

30. *Селиханович, В. Г.* Геодезия: Учеб. для вузов / Селиханович В.Г., Ч. 2 – М.: Недра, 1981. 544 с.

31. *Гордеев, В. А.* Обобщенная формула оценки точности геодезических засечек / Гордеев В. А. // Состояние и перспективы развития маркшейдерского дела на Урале: Материалы Международной научно-практической конференции, 9-12 ноября 2005 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – С. 124-130.

32. *Яценков, В. С.* Основы спутниковой навигации. / Яценков В. С. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. – 272 с.

33. *Клепко, В. Л., Александров А. А.* Высшая геодезия: Учебное пособие./ Клепко В. Л. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 215 с.

34. *Попов, И. И., Немкин А. Ф.* Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях./ Попов И. И., Немкин А. Ф. – М.: Недра, 1984. – 184 с.

**Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»**

**Е.В. АНДРЕЕВА,
С.М. АБРАМОВ**

ИСТОРИЯ

Учебно - методическое пособие
для организации самостоятельной работы
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Учебно-методический комплекс дисциплины «История»** составлен в соответствии с требованиями **Федерального государственного образовательного стандарта** (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) высшего профессионального образования к освоению основных образовательных программ

2. Требования к уровню подготовки студентов

Для успешного освоения дисциплины студенты должны обладать следующими *общекультурными* компетенциями:

✓ способностью владеть культурой мышления, целостной системой научных знаний об окружающем мире, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);

✓ готовностью использовать базовые положения гуманитарных наук при решении социальных и профессиональных задач (ОК-2);

✓ способностью к анализу социально значимых процессов и явлений, к ответственному участию в общественно-политической жизни (ОК-5);

✓ готовностью к восприятию культуры и обычаев других стран и народов, с терпимостью относиться к национальным, расовым, конфессиональным различиям, способностью к межкультурным коммуникациям (ОК-7).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В ходе изучения дисциплины студенты осваивают следующие *общекультурные* компетенции:

- обладают знанием базовых ценностей мировой культуры и готовы опираться на них в своем личном и общекультурном развитии (ОК-2);
- обладают способностью понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы (ОК-3);
- умеют анализировать и оценивать исторические события и процессы в их динамике и взаимосвязи (ОК-4);
- обладают способностью к социальному взаимодействию на основе принятых моральных и правовых норм, социальных стандартов; демонстрировать уважение к людям, толерантность к другой культуре, готовность к поддержанию партнерских отношений (ОК-8).

В результате освоения компетенций студенты:

знают

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса;
- периодизацию отечественной истории (основные закономерности и этапы исторического развития общества);
- особенности процессов социально-экономического, административно-политического и духовного развития Российского государства;
- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории;

- историческую обусловленность формирования и эволюции общественных институтов, систем социального взаимодействия, норм и мотивов человеческого поведения;
- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории;
- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории);
- роль России в мировом сообществе;

умеют

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания);
- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд);
- различать в исторической информации факты и мнения, описания и объяснения, гипотезы и теории;
- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений;
- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса;
- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;
- участвовать в групповой исследовательской работе, определять ключевые моменты дискуссии, формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, использовать для ее аргументации исторические сведения, учитывать различные мнения и интегрировать идеи, организовывать работу группы;
- представлять результаты индивидуальной и групповой историко-познавательной деятельности в формах конспекта, реферата, исторического сочинения, резюме, рецензии, исследовательского проекта, публичной презентации;

владеют

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую);

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации;
- собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности;
- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения;
- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознают себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества, граждан России.

3. Технологии обучения

В преподавании используются методы активного обучения (работа в малых группах, тестирование), IT-технологии (лекции-визуализации), а также проблемное обучение (лекции-дискуссии).

5. Учебные материалы и методические разработки

Для реализации методов активного обучения используются: аналитические задания, сценарии дискуссий, тестовые задания, презентации.

6. Контрольно-измерительные материалы

В качестве оценочных средств используются: рефераты, доклады, презентации; тесты (открытые, закрытые, на сопоставление), контрольные работы.

Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

- максимальной учебной нагрузки обучающегося 164 часа, в том числе:
- обязательной аудиторной нагрузки обучающегося 114 часов;
- самостоятельной работы обучающегося 50 часов.

II. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПО МОДУЛЯМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Учебно-тематический план занятий студентов очной формы обучения

Таблица 1:

| № п/п | Учебный модуль дисциплины | Всего часов (акад.) | Аудиторная работа (в акад. час.) | | Самостоятельная работа (в акад. часах) |
|---------------|--|---------------------|----------------------------------|----------|--|
| | | | Лекции | Семинары | |
| 1. | Введение в курс «История России» | 6 | 1 | 1 | 4 |
| 2. | История России с древнейших времен по XIX в. | 24 | 7 | 3 | 14 |
| 3. | История России в начале XX в. | 21 | 8 | 3 | 10 |
| 4. | История России во второй половине XX в. | 21 | 8 | 3 | 10 |
| ИТОГО: | | 72 | 24 | 10 | 38 |

Учебно-тематический план занятий студентов заочной формы обучения

Таблица 2:

| № п/п | Учебный модуль дисциплины | Всего часов (акад.) | Аудиторная работа (в акад. час.) | | Самостоятельная работа (в акад. часах) |
|-------|--|---------------------|----------------------------------|----------|--|
| | | | Лекции | Семинары | |
| | Введение | | | - | |
| | История России с древнейших времен по XIX в. | | | | |
| | История России в начале XX в. | | | | |
| | История России во второй половине XX в. | | | | |
| | ИТОГО: | 72 | 6 | 4 | 62 |

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| № п/п | Модуль, тема дисциплины | Содержание тем в дидактических единицах |
|---|--|--|
| Модуль 1. Введение в курс «История» | | |
| 1. | Тема 1.1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории | История как комплекс наук, ее основные разделы. Сущность, формы, функции исторического знания. Концепции исторического процесса: цивилизационный, модернизационный, формационный, либеральный пути развития. Понятие и классификация исторического источника. Методы и источники изучения истории. Вспомогательные исторические дисциплины. Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное. Методология и теория исторической науки. История России – неотъемлемая часть всемирной истории. Факторы своеобразия российской истории: природно-климатический, геополитический, этно-конфессиональный, социокультурный. |
| Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в. | | |
| 2. | Тема 2.1. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян | Праславянские племена и индоевропейцы. Аркаим. Древние народы на территории нашей страны. Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян. Миграционные и автохтонная теории происхождения славян. Влияние античности на славянскую общность. Венеды, анты, склавины. Складывание славяно-русского этноса. Предпосылки создания Древнерусского государства. Основные этапы становления государственности. Варяги и Рюрик. Норманнская и антинорманнская теории. Проблема происхождения названия «Русь». Признаки государственности в среднем Поднепровье и в северном регионе в середине IX в. Объединение Киева и Новгорода под властью Олега. Особенности социального строя Древней Руси. Византийско-древнерусские связи. Древняя Русь и кочевники. |
| 3. | Тема 2.2. Киевская Русь | Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности. |

| | | |
|----|--|---|
| | | <p>Первое древнерусское государство – Киевская Русь. Внутренняя политика первых киевских князей. Русь и Хазарский каганат. Формирование системы государственного управления. Полоудье. Княгиня Ольга. Святослав и его походы. Владимир I. Причины и последствия христианизации Руси. Распространение ислама. Борьба за власть сыновей Владимира Святославича. Ярослав Мудрый. Любечский съезд князей. Владимир Мономах. Социальная структура Древнерусского государства. «Русская Правда». Проблема феодализма и феодальных отношений применительно к Киевской Руси. Эволюция восточнославянской государственности в XI-XII вв. Культура Киевской Руси.</p> |
| 4. | Тема 2.3. Русь в эпоху феодальной раздробленности | <p>Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв. Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности. Основные феодальные центры. Новгородская боярская республика: географическое положение, хозяйство, государственное устройство. Владимиро-Суздальская Русь: географическое положение, хозяйство, причины формирования неограниченной власти владимирских князей. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо. Галицко-Волынская земля: географическое положение, экономическое развитие, особенности политической жизни. Роман Мстиславич, Даниил Романович. Киевская земля в период феодальной раздробленности. Культура русских земель в период XII – начала XIII вв. Последствия раздробленности.</p> |
| 5. | Тема 2.4. Борьба русских земель с внешними вторжениями в XIII в. | <p>Монголо-татарское нашествие. Держава Чингисхана. Завоевательные походы монголов. Битва на р. Калке. Нашествие Батые на Русь. Проблемы сущности и характера «монголо-татарского ига». Золотая Орда и русские княжества: проблемы взаимовлияния. Последствия монголо-татарского нашествия. Россия и средневековые государства Европы и Азии. Борьба с агрессией немецких и шведских феодалов. Причины вторжения на Русь немецких рыцарей. Оборона северо-западных рубежей русских земель. Невская битва. Александр Невский как военачальник и государственный деятель. Ледовое побоище. Последствия борьбы с немецкой и шведской агрессией.</p> |
| 6. | Тема 2.5. Складывание Московского государства в XIV - XVI в. | <p>Экономическое, социальное и политическое развитие русских земель на рубеже XIII – XIV вв. Специфика формирования единого российского государства. Обособление Северо-Восточной Руси. Предпосылки объединения русских земель. Выделение трех центров формирования возможной государственности: Московского, Тверского и Великого княжества Литовского. Причины и условия возвышения Москвы. Иван Калита и его сыновья. Дмитрий</p> |

| | | |
|----|---|--|
| | | <p>Иванович Донской. Куликовская битва и ее историческое значение (1380 г.). Роль церкви в борьбе с монголо-татарским игом. Сергей Радонежский. Рост национального самосознания. Феодалная война в Московском княжестве. Завершение объединения русских земель (XV – нач. XVI в.). Правление Ивана III. Свержение монголо-татарского ига. Стояние на р. Угре (1480 г.). Присоединение Ярославля, Твери, Новгорода и других территорий к Московскому государству. Социальные процессы в Московском государстве. Начало оформления крепостного права. Формирование идеологии самодержавия «Москва – третий Рим». Государство и церковь в конце XV – нач. XVI в. Дискуссии между иосифлянами и нестяжателями. Иван IV, его оценки в исторической литературе. Социальная и политическая борьба в XVI в. Начало деятельности Земских соборов. Период внутренних преобразований в эпоху Избранной рады. Внешнеполитическая деятельность Ивана IV. Присоединение Казани и Астрахани. Ливонская война. Начало присоединения Сибири. Утверждение идеи неограниченной власти в общественном сознании. Опричнина. Дискуссии в исторической науке о причинах и сущности опричнины. Итоги деятельности Ивана Грозного. Царь Федор Иоаннович и его правление. Борис Годунов и его деятельность. Итоги развития Русского государства в XVI в.</p> |
| 7. | Тема 2.6. Русское государство в XVII в. | <p>Смута. Власть и общество в смутное время. Крестьянское выступление И. Болотникова. Самозванчество: Лжедмитрий I и Лжедмитрий II. Царь Василий Шуйский. Польская и шведская интервенция. Формирование народных ополчений. Д. Пожарский и К. Минин. Земский собор 1613 г. и начало династии Романовых. Последствия Смутного времени: экономические и социальные процессы в русском государстве. Вотчинное хозяйство, развитие мелкотоварного производства и появление мануфактур. Политика государства в сфере экономики. Эволюция форм собственности на землю. Структура феодального землевладения. Формирование сословной системы организации общества. Крепостное право в России. Земский собор 1649 г., его значение. Складывание русского абсолютизма, его особенности. Реформы Алексея Михайловича и Федора Алексеевича. Государство и церковь. Патриарх Никон. Церковный раскол. Соляной и медный бунты. Крестьянская война под руководством С. Разина. Внешняя политика Московского государства в XVII в. Тенденции культурного развития в XVII в.</p> |
| 8. | Тема 2.7. Россия в XVIII в. | <p>Предпосылки преобразований первой четверти XVIII в. Северная война 1700-1721 гг. Реформы Петра I. Эпоха «дворцовых переворотов»: политические и социально-</p> |

| | | |
|----------|---------------------------------------|---|
| | | экономические процессы. Екатерина I и Меншиков. Петр II. Анна Иоанновна. «Бироновщина». Елизавета Петровна. Петр III. Манифест о вольности дворянства. Век Екатерины II. Крестьянская война под руководством Е. Пугачева. 1773-1775 гг. Жалованная грамота дворянству и Жалованная грамота городам. Результаты деятельности Екатерины II. Русско – турецкие войны. Павел I: особенности внутривластного курса. Причины его свержения. Дискуссии о генезисе самодержавия. |
| 9. | Тема 2.8. Россия в перв. пол. XIX в. | Россия в первой четверти XIX в. Особенности и основные этапы экономического развития России. Александр I. Особенности либеральных реформ. Проекты М.М. Сперанского. Отечественная война 1812 г.: причины, ход событий, последствия. Заграничные походы русских войск. Декабристы: «Южное» и «Северное» общества. Проекты конституционных преобразований Н.М.Муравьева и П.И.Пестеля. Исторические последствия движения декабристов. Эпоха Николая I. Противоречивость внутренней политики. Консервативная модернизация. Укрепление полицейско-бюрократического аппарата. Начало промышленного переворота. Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в. Крымская война. |
| 10. | Тема 2.9. Россия во втор. пол. XIX в. | Александр II. Подготовка крестьянской реформы. Сущность и последствия отмены крепостного права. Земская, судебная, городская, военная реформы и реформы в сфере просвещения и печати. Последствия преобразований. Идеино-политическая борьба в пореформенной России. «Земля и воля». Народолюбцы. Убийство Александра II. Александр III и «эпоха контрреформ». Экономическое и социальное развитие в пореформенной России. Становление индустриального общества в России: общее и особенное. Появление марксизма в России: Г.В.Плеханов, В.И.Ленин. Реформы и реформаторы в России. Русская культура XIX в. и ее вклад в мировую культуру. |
| М | | |
| 11. | Тема 3.1. Россия в начале XX в. | Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма. Россия в начале XX в. Объективная потребность в индустриальной модернизации России. Экономическое и социальное развитие страны. Николай II. Деятельность С.Ю.Витте. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Внешняя политика страны в начале XX в. |

| | | |
|-----|---|--|
| | | <p>Русско-японская война. Первая русская революция: причины, ход событий, последствия. Манифест 17 октября. Создание либеральных партий. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Деятельность П.А.Столыпина. Аграрная реформа. Деятельность Государственной Думы. Российские реформы в контексте общемирового</p> <p>р</p> <p>Международные противоречия в начале XX в. Причины Первой мировой войны. Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса. Февральская революция 1917 г. Борьба за выбор путей развития страны в марте – октябре 1917 г. Апрельский, июньский, июльский кризисы Временного правительства. Корниловский мятеж. Большевизация Советов. Октябрьская революция: дискуссии о причинах, характере и последствиях. Судьба Учредительного собрания. Гражданская война и интервенция, их результаты и последствия. Российская эмиграция. Начало складывания советской государственности.</p> |
| 12. | Тема 3.2. Советское государство в 1920 – 1930-е гг. | <p>Советское государство после окончания Гражданской войны: социально-экономическое развитие страны в 1920-е гг. Новая экономическая политика. Образование СССР. «Политическое завещание» В.И.Ленина и его судьба. Л.Д.Троцкий. И.В.Сталин. Хозяйственные, социальные и идеологические сдвиги в стране в 1920-е гг. Внутрипартийная борьба в 1920-е гг. Альтернативы развития страны. Формирование однопартийного политического режима. Сталинская модель модернизации страны - «Большой скачок» (1928-1939 гг.). Социально-экономические преобразования в 1930-е гг. Индустриализация страны. Первые пятилетки. Коллективизация сельского хозяйства. Административно-командные методы ее осуществления. Культурная жизнь страны в 1920-е гг. Усиление режима личной власти И.В.Сталина. Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия. Складывание советского тоталитаризма. Репрессии. Сопrotивление сталинизму. Внешняя политика Советской России и СССР в 1920-1930-е гг.</p> |
| 13. | Тема 3.3. СССР в годы Второй мировой войны | <p>СССР накануне и в начальный период Второй мировой войны. Советско-германский пакт о ненападении. Внешняя политика СССР в условиях начавшейся войны. Великая Отечественная война (1941-1945 гг.). Дискуссии о причинах и характере войны. Боевые действия в июне 1941 – осенью 1942 гг. Битва за Москву. Оборона Ленинграда. Коренной перелом в ходе войны. Сталинград. Курская битва. Советский тыл в годы войны. Государство и общество. Завершение Великой Отечественной войны. Боевые действия в 1944-1945 гг. Разгром Германии. Разгром Японии. Окончание Второй мировой войны. Итоги и</p> |

| | | |
|----------|--|--|
| | | уроки войны. |
| М | | |
| 14. | Тема 4.1. СССР в 1945-1964 гг. | Социально-экономические последствия Великой Отечественной войны. Страна в послевоенный восстановительный период. Начало «холодной войны». Смерть И.В.Сталина и борьба за власть в высшем партийно-государственном руководстве страны. Н.С.Хрущев. XX съезд КПСС, осуждение культа личности Сталина. Курс на построение коммунистического общества. Социально-экономическое развитие страны в конце 1950 - начале 1960-х гг. Противоречивость и непоследовательность политики Н.С.Хрущева. Духовное развитие советского общества. «Оттепель». Внешняя политика в 1950-1960-х гг. Холодная война. |
| 15. | Тема 4.2. Советское общество в эпоху «застоя» | Попытки осуществления политических и экономических реформ. Поиски новых форм и методов управления. НТР и ее влияние на ход общественного развития. СССР в 1960-80-е гг.: нарастание кризисных явлений. Бюрократизация партийного и государственного аппарата. Л.И.Брежнев. Концепция «развитого социализма». Противоречивость духовной жизни общества. Диссидентское движение: А.Д.Сахаров, А.И.Солженицын. Приход к власти Ю.В.Андропова. «Мини-застой» К.У.Черненко. Внешняя политика в эпоху «разрядки» и начало новой конфронтации с Западом. |
| 16. | Тема 4.3. СССР в сер. 1980-х – начале 1990-х гг. | Советский Союз в 1985-1991 гг. М.С.Горбачев: динамика политических взглядов и позиций. «Перестройка»: сущность и этапы. КПСС и реформы. Утверждение многопартийности. Политические партии и их лидеры. Размежевание общества на основе политических воззрений и идеалов. Обострение национальных противоречий. Духовная культура в новых условиях. «Новое политическое мышление». Кризис политики «перестройки». Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал. Распад СССР. Беловежские соглашения. |
| 17. | Тема 4.4. Современная Россия | Начало радикальных социально-экономических преобразований. Б.Н.Ельцин. Либерализация цен и ее последствия. Приватизация государственной собственности. Рост социального расслоения в обществе. Поляризация политических сил. Противостояние законодательной и исполнительной власти в октябре 1993 г. Конституция РФ 1993 г. Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.). Россия и субъекты Федерации. Война в Чечне. Россия и мировое сообщество. Экономический кризис 1998 г. Уход Б.Н.Ельцина. Президентские выборы 2000 г. В.В.Путин. Россия на пути радикальной социально-экономической модернизации. |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p align="center">Культура в современной России.
Внешнеполитическая деятельность в условиях новой
геополитической ситуации.</p> |
|--|--|--|

СОДЕРЖАНИЕ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задачи семинарских занятий:

В ходе работы на занятиях студенты научатся практически применять приобретенные теоретические знания:

- 1) вести дискуссии по проблемным вопросам курса;
- 2) осознавать взаимосвязь прошлых и настоящих событий;
- 3) критически относиться к различным аспектам развития общества;
- 4) вырабатывать и формулировать собственную точку зрения по той или иной проблеме;
- 5) видеть и оценивать значимость экономического, политического, социального и культурного окружения, в котором осуществляется образование или работа;
- 6) аргументировать свои ответы на поставленные вопросы;
- 7) оценивать и формировать социальные привычки, связанные со здоровьем, потреблением, сохранностью окружающей среды.

Модуль 1. Введение в курс «История»

Тема 1.1. История как наука и учебная дисциплина

1. Место истории в системе наук. Специфика исторического знания.
2. Исторический источник.
3. Концепции (интерпретации) исторического процесса.
4. Всеобщая история и Отечественная история.
5. Историография отечественной истории.

Основные понятия:

История, этнос, менталитет, государство, цивилизация, формация, классы.

Вопросы:

1. *Что означает понятие «история»? Для чего необходимо знать историю?*
2. *Какими основными источниками пользуются в познании истории? Каких русских историков вы знаете? Как они трактуют значение истории, выделяют ее периодизацию?*
3. *Какова периодизация истории России? Какие этапы всемирной истории совпадают с хронологическими рамками истории России?*
4. *Назовите факторы и особенности российского исторического процесса. В чем причины чрезмерной роли государства в истории России?*

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место и роль России в мировом сообществе;
- ✓ узнают периодизацию истории России;
- ✓ получают представление об особенностях российского исторического процесса.

Литература

Основная:

1. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – С. 5-18.
. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.І.- Глава 2-3. – С. 6-24.
Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – С. 15-49.

Дополнительная:

- . Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – С. 3-9.
5. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. - Глава 1. – С. 12-37.
6. Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- С.4-20.
7. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – С. 4-52.

Текущий контроль знаний:

Познавательная функция истории заключается в ...

- А) изучении и теоретическом обобщении исторических фактов и событий
- Б) формирование нравственных и гражданских ценностей
- В) формирование историзма мышления
- Г) укрепление обороноспособности государства

Субъективистский подход к историческому процессу, отождествление истории России с историей самодержавия был характерен для ...

- А) Н.М. Карамзина
- Б) В.О. Ключевского
- В) А.А. Корнилова
- Г) М.Н. Покровского

Историческая наука в СССР основывалась на _____ подходе к истории

- А) марксистском

- Б) эволюционном
- В) геологическом
- Г) субъективном

Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.

Тема 2.1. Восточные славяне и Киевская Русь

1. Этногенез восточных славян.
2. Быт, общественный строй и верования восточных славян в древности.
3. Норманнская и антинорманнская теории происхождения Древнерусского государства.
4. Киевская Русь: особенности социального и политического развития.
5. Древнерусская культура.

Основные понятия:

Этногенез, военная демократия, язычество, полюдь, варяги, вече, Боярская дума, «Русская Правда», вотчина, децентрализация, уделы, иго.

Вопросы:

1. Каково происхождение восточных славян? На какой территории они проживали и каким был общественный строй восточных славян?
2. Каковы точки зрения современных ученых на проблему образования Древнерусского государства?
3. Каким был экономический и политический строй Древнерусского государства?
4. Какое значение имело принятие христианства для Киевской Руси и последующей истории России?
5. Как развивалась внутренняя и внешняя политика киевских князей в IX-XII вв.? Почему на Руси установилось монголо-татарское иго?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ узнают теории этногенеза и теории образования древнерусского государства;
- ✓ получают представление о культурном влиянии Византии на Русь;
- ✓ осознают последствия монголо-татарского нашествия на Русь.

Литература

Основная:

- . История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.
- . История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 1. – С. 12-45.
- . История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел I. – Глава 1-3, 5-7. - С. 3-61, 78-106.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.П.- Глава 1-2. – С. 26-66.

. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 1. – С. 50-76.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 2. – С. 38-68.

. Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства. - М., 2006.

. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 5-64.

. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава I-IV. – С. 13-169.

Текущий контроль знаний:

1. Заключение династических браков стало основным средством внешней политики Киевской Руси в годы правления ...

- А) Ярослава Мудрого
- Б) Владимира Крестителя
- В) Владимира Мономаха
- Г) Мстислава Великого

Памятником древнерусской литературы XII в., посвященным походу на половцев новгород-северского князя Игоря Святославича в 1185 году, является ...

- А) “Слово о полку Игореве”
- Б) “Поучение Владимира Мономаха”
- В) “Слово о погибели русской земли”
- Г) “Сказание о Мамаевом побоище”

В 1223 г. первое сражение русских дружин с монголо-татарами произошло на реке ...

- А) Калке
- Б) Дон
- В) Угре
- Г) Воже

Тема 2.2. Образование русского централизованного государства

1. Предпосылки образования Московского государства:

- а) экономические;

- б) социальные;
 - в) политические;
 - г) причины возвышения Москвы.
2. Основные этапы централизации русских земель.
 3. Государство и церковь в XV – нач. XVI вв.

Основные понятия:

Централизация, поместье, сословно-представительная монархия, Земский собор, «Москва – третий Рим», митрополит, крепостное право.

Вопросы:

1. Каковы были предпосылки и причины объединения русских земель? Почему борьба за объединение сопровождалась соперничеством между русскими княжествами?

Почему Москва стала центром объединения русских земель? Каков вклад Ивана Калиты в возвышение Москвы?

3. Какую роль сыграла Русская православная церковь в период ордынского ига и борьбы за единство русских земель? Почему сложился союз между церковью и московскими князьями?

4. В чем значение Куликовской битвы? Охарактеризуйте деятельность Дмитрия Донского. Почему объединение русских земель привело к разрушению традиций самоуправления?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место Московского княжества и роль московских князей в процессе объединения земель;
- ✓ получают представление о взаимоотношениях Москвы, Твери, Новгорода, Литвы;
- ✓ узнают этапы объединения русских земель вокруг Москвы.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-61.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 3-5. - С. 132-177.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 1. – С. 81-98.

Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 2. – С. 99-160.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 8-10. – С. 232-334.

Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.

7. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VI. – С. 241-302.

Текущий контроль знаний:

Основателем династии московских князей был ...

- А) Даниил Александрович
- Б) Юрий Данилович
- В) Алексей Михайлович
- Г) Иван Данилович

2. Земельное владение, предоставляемое на условиях несения службы, называется ...

- А) поместьем
- Б) вотчиной
- В) уделом
- Г) отрезком

3. Победа русского войска на Куликовом поле в 1380 г.:

- А) полностью освободила Русь от ордынского ига
- Б) была первой крупной победой русских в борьбе с Ордой
- В) завершилась гибелью Дмитрия Донского
- Г) усилила роль Москвы как центра объединения русских земель

Тема 2.3. Русское государство в XVI в.

1. Реформы Избранной рады.
2. Опричнина.
3. Русское государство в конце XVI в.
4. Внешняя политика в XVI в.

Основные понятия:

Венчание на царство, Избранная рада, реформа, Приказы, стрельцы, Стоглав, опричнина, губные избы, династический кризис.

Вопросы:

1. Какие реформы были проведены в середине XVI в.? Каковы их результаты?
2. Какова роль Ивана Грозного в укреплении самодержавия?
3. Что такое опричнина? В чем ее смысл? Почему она была отменена?
4. На каких направлениях внешней политики Россия достигла наилучших результатов? Почему?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль Ивана Грозного в установлении монархического правления;
- ✓ узнают последствия опричнины;
- ✓ смогут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 7. - С.83-104.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-47, 61-77.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 6. - С. 178-212.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 2. – С. 99-121.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 185-238.

Дополнительная:

. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 12. – С. 352-396.

. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 68-86.

. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VII. – С. 303-339.

Текущий контроль знаний:

1. В 1552 г. к России было присоединено _____ ханство.

- А) Казанское
- Б) Астраханское
- В) Сибирское
- Г) Крымское

2. В 1551 г. был созван Собор русской церкви, получивший название ...

- А) Стоглавого
- Б) Земского
- В) Негласного
- Г) Избранного

Результатами опричнины были:

- А) принятие Соборного уложения
- Б) экономический кризис в стране
- В) завоевание Россией Сибирского ханства
- Г) сокращение посевных площадей и голод
- Д) установление режима неограниченной власти Ивана IV
- Е) создание регулярной армии

3.

Тема 2.4. Россия в XVII в.

1. Причины, периодизация и последствия Смуты.
2. Социально-экономическое развитие России в XVII в.
3. Русское государство и его институты в XVII в. Возникновение русского абсолютизма.
4. Внешняя политика России в XVII в.

Основные понятия:

Смута, польско-шведская интервенция, крестьянская война, Семибоярщина, народное ополчение, Земский собор, сословно-представительная монархия, патриарх, бунты, тягло, урочные и заповедные лета, мануфактуры.

Вопросы:

1. Что такое Смутное время?
Какие страны и с какой целью предприняли в начале XVII в. интервенцию в Россию? Каковы последствия Смутного времени?
3. Что позволило отстоять независимость России?
4. С чем связано усиление роли Земских соборов в начале XVII в.?
5. Какова роль Русской православной церкви и ее деятелей в годы Смуты и после нее?
6. Почему вторую половину XVII в. называют «бунташным веком»?
7. С кем воевала Россия в XVII в.? Каковы результаты этих войн?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место социальных институтов (Земского собора, Боярской думы, патриарха и Русской православной церкви) в период Смуты и правления первых Романовых;
- ✓ узнают об основных изменениях в государственном управлении, об установлении крепостного права в России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование,

– 668с. – Глава 8-9. - С. 105-128.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 3. – С. 78-118.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 3. – С. 122-144.

Елатонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 239-461.

е

к *Дополнительная:*

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2

Козляков В.Н. Марина Мнишек. - М., 2005.

Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. - М., 2006.

8 Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 87-

–

Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.

7 Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VIII-X. – С. 340-474.

8

е *Текущий контроль знаний:*

.

Кодекс законов Российского государства, принятый Земским собором в 1648-1649 гг., называется ...

А) Соборным уложением

Б) Судебником

В) Русской Правдой

Г) Конституцией

д

К причинам поражения восстания С. Разина относится ...

А) стихийность и низкая организованность

Б) появление самозванцев

В) вмешательство интервентов

Г) смерть С. Разина

І

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с ...

.

–

- А) Речью Посполитой
- Б) Швецией
- В) Данией
- Г) Австрией

Тема 2.5. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и их историческое значение.
2. Эпоха дворцовых переворотов.
3. «Просвещенный абсолютизм». Екатерина II.
4. Внешняя политика России в XVIII в.

Основные понятия:

Абсолютизм, империя, регулярное государство, Синод, Сенат, министерства, «Великое посольство», подушная подать, Табель о рангах, рекруты, ассамблеи, Кунсткамера, протекционизм, дворцовые перевороты, гвардия, Верховный Тайный совет, кондиции, «бироновщина», просвещенный абсолютизм, Уложенная комиссия, Жалованные грамоты дворянству и городам.

Вопросы:

1. Почему XVIII в. называют веком Просвещения и модернизации?
2. Каковы особенности складывания абсолютизма в России?
3. Каковы предпосылки реформ Петра I? Как Петр проводил реформы одновременно или в какой-то хронологической последовательности?
4. Что стало причиной Северной войны? Каковы ее последствия?
5. Почему после смерти Петра Великого происходили дворцовые перевороты?
6. Какие социально-экономические процессы происходили во время правления Екатерины II и Павла I? Каково значение крестьянской войны под предводительством Е. Пугачева?
7. Какие успехи были достигнуты во внешней политике во второй пол. XVIII в.?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль личности правителя для развития государства;
- ✓ имеют представление о дворцовых переворотах;
- ✓ знают основные реформы XVIII в. и их значение для становления абсолютизма в нашей стране;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2

0 История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 4,5. – С. 119-150, 151-168.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Быханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел III. – Глава 3-5. - С. 305-438.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава IV-V. –С. 92-124, 125-153.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.3. – С. 462-686.

Л

И *Дополнительная:*

История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Минбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 1, 3-4, 6-7, 10, 12-13. – С. 9-45, 74-97, 127-195, 216-267, 280-308.

Я. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 146-1

00. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава X-XII. – С.475-579.

Р

о *Текущий контроль знаний:*

Крестьянская война под руководством Е.И. Пугачева началась в _____ году.

А) 1773

Б) 1767

В) 1775

Г) 1785

/

В 1727-1730 гг. российским императором был внук Петра I ...

А) Петр II

Б) Петр III

В) Иван V

Г) Иван VI

н

Назовите имя непримиримого противника церковной реформы XVII в.:

А) патриарх Никон

Б) митрополит Макарий

В) протопоп Аввакум

2

0

0

Г) Алексей Михайлович

Тема 2.6. Россия в первой половине XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М.Сперанский.
2. Царствование Николая I.
3. Общественно-политические движения в первой пол. XIX в.
4. Внешняя политика России в первой половине XIX в.

Основные понятия:

Либеральные реформы, конституционализм, Гос. Совет, реакция, консерватизм, общественное движение, декабристы, западники, славянофилы, бюрократизация, кодификация, финансовая реформа Е. Ф. Канкрин.

Вопросы:

1. В чем суть государственных преобразований при Александре I в начальный период царствования? Какова роль в них М.М. Сперанского?
2. Почему «дней Александровых прекрасное начало...»? Что такое «Аракчеевщина», какие последствия она имела для развития государства?
3. Какие последствия для России имели Отечественная война 1812 г. и восстание декабристов?
4. Почему первую половину XIX в. называют «золотым веком» русской культуры?
5. В чем состоял кризис николаевской системы правления? Почему Россия потерпела поражение в Крымской войне?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение общественного движения XIX в.;
- ✓ знают основные либеральные реформы Александра I, реакционные
- м
- ✓ умеют отличать программные документы декабристов;
- ✓ знают главные достижения культуры «золотого века».

о

п

Литература

Основная:

История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус»,

т

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 13-14. – С. 206-267.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 6. – С. 169-197.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 1-3. - С. 439-504.

я

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VI. – С. 154-192.

Дополнительная:

Л В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 107-ч

История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Ы

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 1-3. – С. 5-124.

а0. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 189-в

Р1. Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы. - СПб., 2004.

п

Текущий контроль знаний:

В 1809 г. по заданию Александра I проект преобразований в сфере государственного управления подготовил ...

А) М.М. Сперанский

Б) Е.Ф. Канкрин

В) П.И. Пестель

Д) Н.М. Муравьев

:

В 1803 г. император Александр I издал указ о (об) ...

А) вольных хлебопашцах

Б) обязанных крестьянах

В) отмене крепостного права

Г) секуляризации церковных земель

М

Форма организации войск, появившаяся в период правления Александра I, при которой строевая служба совмещалась с ведением хозяйства, - это:

А) опричное войско

Б) Запорожская Сечь

В) стрелецкое войско

Г) военные поселения

—

Тема 2.7. Эпоха «Великих реформ»

Ю Кризис феодально-крепостнической системы к середине XIX в.

2. Крестьянская реформа.

Ц

Г

У

К

3. Буржуазные реформы 1860-1870-х гг. и их значение.
4. Общественно-политические движения в пореформенной России.

Основные понятия:

Буржуазия, капитализм, рабочий класс, промышленный переворот, крестьянская реформа, выкупные платежи, временнообязанные, уставные грамоты, крестьянская община, народничество, социал-демократия, контрреформы.

Вопросы:

1. Каковы предпосылки и идеология реформ Александра II?
2. В чем суть и каковы результаты крестьянской реформы 1861 г.?
3. Почему реформы 60-70-х гг. XIX в. называют либеральными? Какие изменения произошли в стране в итоге проведения земской, судебной, финансовой, образовательной и военной реформ?
4. Каковы были сильные и слабые стороны пореформенной модели развития России? В чем своеобразие российского капитализма?
Как развивалось общественное движение в России во второй половине XIX в.? Почему «царя-освободителя» убили в 1881 г.?
6. Почему Александр III проводил «контрреформы»? Каковы их цели и результаты? В чем суть курса, предложенного министром финансов С.Ю. Витте? Каковы итоги его «золотой» реформы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение «Великих реформ»;
- ✓ умеют отличать реформы и контрреформы;
- ✓ знают основные общественно-политические движения в пореформенной России.

Литература

Основная:

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 15-16. – С. 268-320.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 7. – С. 198-234.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 4. – С. 234-248.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VII. – С. 193-230.

6. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 4. – С. 293-340.

Дополнительная:

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. – Глава 6. – С. 179-200.

История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 24-26. – С.

9. Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век. - М., 2006.

10. Юрьевская Е.М. Александр II.- М., 2004.

Текущий контроль знаний:

С отменой крепостного права связан термин ...

- А) заповедные годы
- Б) урочные лета
- В) присяжные заседатели
- Г) временнообязанные крестьяне

Один из важнейших итогов Крестьянской реформы 1861 г.:

- А) началась крестьянская война против царя и помещиков
- Б) резко выросла производительность сельского хозяйства
- В) были сняты препятствия для капиталистического развития России
- Г) возрос экспорт хлеба

Укрепление российских финансов на рубеже XIX-XX вв. связано с именем ...

- А) С.Ю. Витте
- Б) Е.Ф. Канкрин
- В) Н.А. Милютин
- Г) К.П. Победоносцев

Модуль 3. История России в начале XX в.

Тема 3.1. Создание Советского государства.

Советская Россия и СССР в 1920-30-е годы

1. Великая русская революция начала XX в.
2. Гражданская война в России.
3. Этапы формирования советского авторитаризма и тоталитаризма. Особенности советского тоталитаризма.
4. Внешняя политика страны в 1920-1930-е гг.

Основные понятия:

Модернизация, революция, «Манифест 17 октября», конституционная монархия, политическая партия, Государственная дума, Прогрессивный блок, Антанта, аграрная реформа П.А. Столыпина, Советы, Учредительное собрание, «военный коммунизм», продразверстка, гражданская война, авторитаризм, тоталитаризм, Коминтерн, республика, индустриализация, коллективизация.

Вопросы:

1. Каковы причины революции 1905-1907 гг.? Какие позиции занимали в годы революции политические партии? В чем причины неудачи революции? В чем ее значение?

2. Как зародился парламентаризм в России? В чем суть аграрной реформы П.А. Столыпина? Каков ее ход и каковы результаты?

3. Почему Россия оказалась втянутой в Первую мировую войну? Каково значение участия России в мировой войне?

4. В чем причина свержения самодержавия? Что такое двоевластие? Как произошла Октябрьская революция? Почему большевикам удалось взять власть?

5. В чем причины гражданской войны? Почему большевики одержали победу?

6. Каковы причины перехода большевиков к новой экономической политике, а дальнейшем отказ Сталина от нее?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима и конституционной монархии;
- ✓ осознают роль политических партий в обществе;
- ✓ знают особенности становления многопартийной системы в России, основные события революции и гражданской войны;
- ✓ умеют отличать советский авторитаризм от тоталитаризма;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1894-1939 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2010. - 1023 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Быханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 8-9. – С. 559-591. - Раздел V. – Глава 1-4. – С. 591-658.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.V.- Глава 1-3. – С. 249-304. - Ч.VI. – Глава 1-2. – С. 305-336.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VIII-IX. – С. 231-352.

Оськин М.В. История Первой мировой войны. – М.: ООО «Издательский Дом «Вече», 2014. – 496 с. Глава 1-2. – С. 7-195.

Дополнительная:

7. Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце. - М., 2006.

–

. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 23-50.

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 13-14, 16-19. – С. 343-408,

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 1-3. – С. 10-112.

Семи́н В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 234-

Текущий контроль знаний:

**Созданная в октябре 1905 г. партия кадетов относилась к _____
направлению общественного движения.**

- А) радикальному
- Б) либеральному
- В) революционному
- Г) охранительному

Союзником России в Первой мировой войне была ...

- А) Германия
- Б) Австро-Венгрия
- В) Болгария
- Г) Великобритания

1 сентября 1917 г. Россия была провозглашена ...

- А) дуалистической монархией
- Б) конституционной монархией
- В) республикой
- Г) федерацией советских республик

Тема 3.2. СССР в годы Второй мировой войны

1. Причины Второй мировой войны. СССР в начальный период мировой войны.
2. Начало Великой Отечественной войны, ее происхождение и характер. Этапы Великой Отечественной войны.
3. Власть и общество в годы войны. Исторические последствия Великой Отечественной войны.

Основные понятия:

Мюнхенский сговор», Лига наций, коллективная безопасность, пакт о ненападении, ГКО, антигитлеровская коалиция, план «Барбаросса»,

коренной перелом, партизанское движение, добровольцы, фашизм, ленд-лиз, безоговорочная капитуляция..

Вопросы:

- 1. Какая была международная обстановка в 1930-е гг. и какую внешнюю политику проводил Советский Союз? Почему СССР оказался участником Второй мировой войны? Какую цель преследовала Германия, нападая на СССР?*
- 2. Каковы причины военных неудач СССР в 1941-1942 гг.? Почему советским войскам удалось победить под Москвой, Сталинградом, на Курской дуге?*
- 3. Почему советско-германский фронт был решающим фронтом в годы Второй мировой войны?*
- 4. Как сложилась антигитлеровская коалиция? Почему СССР победил в войне? Каковы были последствия этой победы?*

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность фашизма;
- ✓ знают основных участников и периодизацию Второй мировой и Великой Отечественной войн;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России;
- ✓ осознают цену победы в войне.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава VIII. – С. 298-328.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 12. – С. 362-400.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 5. – С. 658-675.

. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч. VI.- Глава 3-4. – С. 337-

Дополнительная:

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Т.2. – Глава 20. – С. 619-656.

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 4. – С. 113-136.

Семи́н В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное

пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 554-

Текущий контроль знаний:

Заключительной операцией Великой Отечественной войны стало в мае 1945 г. освобождение ...

- А) Минска
- Б) Парижа
- В) Праги
- Г) Лондона

СССР был исключен из Лиги Наций в декабре 1939 г. в связи с нападением на ...

- А) Прибалтику
- Б) Польшу
- В) Финляндию
- Г) Бессарабию

План германского командования под кодовым названием «Барбаросса» предусматривал ...

- А) захват Мурманска
- Б) уничтожение Красной Армии под Курском
- В) разгром Красной Армии под Сталинградом
- Г) молниеносный разгром сил Красной Армии

Модуль 4. История России во второй половине XX в.

Тема 4.1-3. СССР в 1945 – 1991 гг.

1. Борьба за власть в советском руководстве на рубеже 1940-1950-х гг.
2. Реформы Н.С.Хрущева.
3. СССР в эпоху «застоя». Л.И.Брежнев. Поиск путей развития в первой половине 1980-х гг.
4. «Перестройка» в СССР. Причины неудавшегося реформирования советского общества.

Основные понятия:

Либерализация политического режима, , десталинизация, «оттепель», ГУЛАГ, реабилитация, НТР, «холодная война», косыгинская реформа, паритет, правозащитное движение, диссиденты, «развитой социализм», герантократия, разрядка, «новое политическое мышление», плюрализм.

Вопросы:

1. *Какие задачи стояли перед экономикой страны после окончания войны? Насколько обоснованным было возвращение И.В. Сталина к довоенным методам руководства?*
2. *Какие изменения произошли после смерти И.В. Сталина во внутренней и внешней политике? С чем связана либерализация политического режима? Как развивалась экономика в 1950-60-е годы?*

3. Что такое «эпоха застоя»? Какие изменения произошли в эти годы в экономическом, социальном, политическом развитии, во внешней политике?

4. Почему советское государство, добившись в 1960-70-е гг. в соревновании с капиталистическим миром паритета в военной области, не смогло добиться в это же время паритета в области экономики?

5. В чем причины перестройки? Каковы ее цели и результаты? Каковы объективные и субъективные причины распада СССР?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ умеют отличать реформаторские проекты Маленкова, Берии, Хрущева;
- ✓ понимают сущность политики «оттепели» и «развитого социализма»;
- ✓ знают события и результаты эпохи перестройки;
- ✓ осознают последствия августовского политического кризиса 1991 г.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава IX-XII. – С. 329-528.

. История России с древнейших времен до наших дней / Под ред. А.Н. Сахарова, Морозова Л.Е. М., 2008.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 13,14,15,16. – С. 401-427, 428-449, 450-474, 475-

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 6-9. – С. 675-731.

. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч. VI.- Глава 4-6. – С. 351-

Дополнительная:

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное п

История России с начала XIX до начала XXI вв. / Под ред. А.Н. Сахарова. – М

Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 571-и

Текущий контроль знаний:

Управляющий слой, господствующий в бюрократической системе управления СССР в 1960-1980-е гг., назывался ...

А) коллаборационистами

Б) общественниками

М

Р

С

Т

- В) шестидесятниками
- Г) номенклатурой

Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе, подписанный в Хельсинки в августе 1975 г., констатировал ...

- А) создание Совета Безопасности ООН
- Б) окончание «холодной войны» между Востоком и Западом
- В) нерушимость послевоенных границ в Европе
- Г) создание в Европе системы коллективной безопасности

Одной из причин кризисных явлений в экономике СССР в 1970-е – первой половине 1980-х гг. было ...

- А) развитие предпринимательства
- Б) создание частных банков
- В) господство административно-командной системы
- Г) создание валютных и других бирж

Тема 4.4. Современная Россия

1. Август 1991 г. и его последствия. Начало становления современной России.
2. Социально-экономические и политические преобразования 1990-х гг., их последствия.
3. Россия в начале XXI в. В.В.Путин.
4. Россия и современный мир: опыт конца XX – начала XXI в.

Основные понятия:

СНГ, приватизация, «шоковая терапия», ваучер, правовое государство, рыночная экономика, дефолт, «вертикаль власти», олигархи, глобализация, Совет Федерации, ВТО.

Вопросы:

1. *Имелась ли возможность сохранить СССР, советский строй, социалистические производственные отношения в начале 1990-х гг.? Каковы проблемы и перспективы развития СНГ?*
2. *Какие реформы проводились в России после 1991 г.? В чем причины их неудач? Какие силы и партии участвуют в политической борьбе в современной России?*
3. *Какие события и действия властей способствовали укреплению российской государственности, развитию экономики страны на рубеже XXI в.? Какие задачи стоят перед современной Россией?*
4. *Какие трудности и противоречия выявились в процессе формирования в России рыночной экономики и правового государства в начале XXI в.?*
5. *Каковы место и роль современной России в международной политике?*

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима;

- ✓ знают основные вехи становления многопартийности и демократии в России;
- ✓ умеют различать ветви государственной власти в Российской Федерации;
- ✓ осознают необходимость модернизации современной России.

Литература

Основная:

1. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 17. – С. 500-534.
2. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 10. – С. 737-760.
3. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / Н.Л. Клименко, В.Г. Кошкидько, С.В. Пронкин (и др.); под ред. А.В. Сидорова. – М.: Проспект, 2009.- 464с. – Глава 5. – С. 410-462.
4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VII.- Глава 2. – С.426-

Мотревич В.П. Экономическая история России. Екатеринбург, 2004. – Глава XVIII. – С. 559-592.

Семенникова Л.И. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 11. – С. 747-761.

Дополнительная:

- История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторац, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – Ч. V. – Глава 20. – С. 385-417.
- Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 7. – С. 188-213.
- Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 614-

Текущий контроль знаний:

Договор о создании СНГ был подписан 8 декабря 1991 г. между:

- А) РСФСР, Украиной и Белоруссией
- Б) РСФСР, Грузией и Азербайджаном
- В) РСФСР, Казахстаном и Белоруссией
- Г) РСФСР, Татарстаном и Украиной

2. Политический кризис 1992-1993гг. проявился в:

- А) противостоянии законодательной и исполнительной ветвей власти
- Б) роспуске СССР и создании СНГ
- В) принятии Федеративного договора

Г) переходе к рыночным отношениям

3.Референдум о принятии Конституции РФ проходил одновременно с выборами в новый парламент:

А) 19 августа 1991 г.

Б) 11 марта 1985 г.

В) 8 декабря 1991 г.

Г) 12 декабря 1993 г.

V. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ТЕКУЩЕЙ, ТВОРЧЕСКОЙ, ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ)

| №
п/п | Формы организации | Формы контроля |
|------------------|--|--|
| 1 | Подготовка к семинарским работам, запоминание терминов, дат, известных личностей | Заполнение таблиц, диктанты |
| 2 | Выполнение проблемных, творческих заданий | Подготовка сообщений, докладов, презентаций |
| 3 | Работа с карто-схемой | Заполнение контурных карт , работа с атласами |
| 4 | Освоение тем, вынесенных на самостоятельное изучение | Собеседование, дискуссии, задания в тестовой форме |
| 5 | Структурирование информации | Схемы классификаций |

VI. СОДЕРЖАНИЕ ТЕКУЩЕЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ПОДГОТОВКА К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ)

При изучении дисциплины студенты должны овладеть научными и прикладными знаниями в области истории Отечества. Для более успешного усвоения материала рекомендуется:

- систематически работать с учебной, прикладной, дополнительной литературой;
- применять полученные знания в процессе деловых игр и упражнений;
- использовать выдаваемый раздаточный материал;
- выполнять задания к семинарским занятиям;
- активно участвовать в лекционных и семинарских занятиях;
- выполнять промежуточные тестовые и контрольные задания по пройденным темам;
- использовать знания других дисциплин, близких по направленности с «Историей Отечества»;
- подбирать дополнительный материал на изученные темы.

Семинарские занятия являются формой организации самостоятельной работы студентов и активизации их познавательной самостоятельности.

Целью семинарских занятий является развитие интеллектуальных возможностей и способностей студентов, которые должны стать средством индивидуального освоения науки и культуры, основой профессиональной

компетентности и внутренним источником ее развития. Содержание семинарских занятий - совместное проективно-деятельностное решение студентами и преподавателем познавательных задач, возникающих в результате **проблематизации** учебного процесса.

В процессе семинарских занятий по дисциплине студент должен приобрести умения получать новые эмпирические, теоретические и аксиологические знания, их систематизировать и концептуализировать; оперировать базовыми понятиями, теоретическими и ценностными конструктами учебного курса; решать познавательные задачи; логично выстраивать устные и письменные тексты.

С целью приобретения навыков усвоения знаний эмпирического характера студенту предлагаются задания для самостоятельной работы, например, заполнить **таблицы тематического содержания** (см. табл. 1,2,3).

С целью приобретения умений систематизации и концептуализации исторических знаний студент должен научиться выстраивать **устные и письменные тексты** в соответствии с определенным алгоритмом, который предварительно разрабатывается самим преподавателем. Подобный алгоритм студент может использовать во время своего ответа как на экзамене, так и на семинарском занятии.

Таблица 1.

Политика правителей Киевской Руси

| Правители | Внутренняя политика | Внешняя политика |
|------------------|---------------------|------------------|
| Олег | | |
| Игорь | | |
| Ольга | | |
| Святослав | | |
| Владимир | | |
| Ярослав Мудрый | | |
| Владимир Мономах | | |

Таблица 2.

Основные события внешней политики России XVI-XVIII вв.

| Западное направление | Южное направление | Восточное направление |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

Одним из возможных алгоритмов такой систематизации и концептуализации может быть следующее:

1. Хронология, периодизация, время исторических событий (процессов).
2. Историография (знание различных научных точек зрения по тому или иному вопросу, исторической проблеме).
3. Теория вопроса (определение базового понятия вопроса).
4. Предпосылки и причины исторических процессов или событий.

5. Ход исторических событий (процессов).
6. Значение (необходимо показать историческую роль, дать оценку, выявить последствия для развития России).

Таблица 3.

| Реформы в России | |
|-------------------------------|--------------------|
| Годы проведения | Содержание реформы |
| Первая четверть XVIII в. | |
| 1860-70-е гг. | |
| Начало XX в. | |
| 1920-30-е гг. | |
| Середина 50-х-начало 60-х гг. | |
| Середина 60-х-конец 70-х гг. | |
| 1980-е гг. | |
| 1990-е гг. | |
| Начало XXI в. | |

С целью активизации познавательной самостоятельности и развития логики исторического мышления студентам предлагаются задания по решению разного рода познавательных задач, например, на доказательство и сравнение. При этом студент должен вначале усвоить определенный алгоритм их решения. Так, при решении **задачи на доказательство** можно использовать следующий алгоритм: 1) дать определение того, что надо доказать; 2) выявить, исходя из определения, основные направления поиска доказательства; 3) найти согласно этим направлениям конкретно-исторические факты доказательства. При решении **задачи на сравнение** можно использовать такой алгоритм: дать определение того, что сравнивается; 2) выделить, исходя из определения, параметры сравнения; 3) установить общее и различное между сравниваемыми историческими явлениями.

С целью развития творческой самостоятельности и креативного мышления, связанного с формализацией исторических знаний, студентам могут быть предложены **задания на составление** (заполнение) структурно-логических **схем** по вопросам семинарских занятий.

Особое место в структуре семинарского занятия принадлежит учебным докладам студентов. **Доклад** – важный вид самостоятельной деятельности студента по изучению истории, способствующий углубленному усвоению проблем курса, формированию навыков научно-исследовательской работы и ораторского мастерства. Доклад может быть выполнен как в письменной, так и в устной форме, но обязательно в ходе доклада должна быть освещена проблема по тому или иному историческому событию или процессу.

Доклад требует от студента: теоретического осмысления первоисточников, умения применять усвоенные знания в анализе исторических событий прошлого и современной общественно-политической

жизни, приобретения навыков работы с литературой, грамотного изложения изученной темы, правильного оформления (если в виде письменного сообщения – по плану раскрытия содержания с постраничными сносками) или составления презентации (если в виде слайд-шоу).

Для проверки качества полученных знаний и умений на семинарских занятиях практикуются 10-15-минутные контрольные **проверочные работы**. Например, дать определение 2-3 понятий; решить логическую задачу на доказательство или сравнение; ответить на вопрос, каковы были причины того или иного события; заполнить хронологическую таблицу или структурно-логическую схему и т.д.

Семинарские занятия по дисциплине завершаются **тестированием** студентов по соответствующему изученному разделу (см. примеры тестовых заданий в пункте «VIII. Содержание различных видов контроля по дисциплине»).

VII. УЧЕБНЫЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ

АГК – антигитлеровская коалиция в составе СССР, Англии и США.

Антанта – неофициальное название военно-политического союза России, Франции и Великобритании в ходе Первой мировой войны.

Антоновщина – антибольшевистское выступление крестьян в Тамбовской губернии под руководством А.С. Антонова в 1920-1921 гг.

Баскачество – сборщики дани, представители ордынского хана на Руси.

Булыгинская Дума – законосовещательный орган по проекту председателя Особого совещания А.Г. Булыгина, о создании которого было объявлено 6 августа 1905 г.

Бояре – высший слой общества в России в X-XVII вв., владеющие вотчинами, осуществляющие подле великого князя государственное управление.

Брестский мир – сепаратный мир между Советской Россией и Германией, подписанный в Брест-Литовске 3 марта 1918 г.

Варяги – в русских источниках скандинавы или викинги, в Западной Европе их называли норманнами, были отважными мореходами и храбрыми воинами.

Вече – орган государственного самоуправления на Руси. На вече обсуждались вопросы войны и мира, кандидатуры князя, посадника, тысяцкого и др.

Вотчина – наследственное земельное владение князей, бояр, Церкви.

ВЧК – ОГПУ – НКВД – Всероссийская Чрезвычайная Комиссия по борьбе с контрреволюцией и саботажем, созданная по постановлению Совнаркома в 1917 г., переорганизованная в Объединенное государственное политическое управление на правах самостоятельных наркоматов в 1923 г. В последующие годы слияние и разделение наркоматов внутренних дел и государственной безопасности (как и их переименование) происходило неоднократно.

«Выход» - дань Золотой Орде, которую платили русские княжества в период ига.

Государственный Совет – высшее законосовещательное учреждение Российской империи в период с 1810 по 1906 г.

ГУЛАГ – главное управление трудовых лагерей и трудовых поселений.

Двоевластие – деятельность двух органов власти - Временного правительства и Петроградского Совета рабочих и солдатских депутатов после Февральской революции 1917 г.

Дворцовые перевороты – смена власти после правления Петра I, происходившая при поддержке дворянских группировок и гвардии.

Дворянство – слой служилых людей при князе, а позднее при царе, исполняющие административно-судебные и хозяйственные поручения, владеющие поместьем.

Депортация – принудительное переселение некоторых народов СССР.

Закупы – полузависимые крестьяне, взявшие в долг «купу» - ссуду на заранее оговоренных условиях. При ее погашении должник становился свободным, в ином случае – он оставался в зависимом положении.

Земские соборы – периодически созываемые царем съезды представителей всех слоев русского общества, за исключением помещичьих крестьян.

Интервенция – насильственное вторжение в политику другого государства.

КВЖД – Китайская Восточная железная дорога, построенная Россией в 1896-1904 гг.

Кодификация – систематизация и расположение в хронологическом порядке всех существующих законов и государственных актов.

Комбеды – комитеты бедноты, которые осуществляли продразверстку в деревне в годы гражданской войны.

Коминтерн - Коммунистический Интернационал.

Кондиции – условия ограничения царской власти.

«Кормление» - форма «платы» наместникам – князьям и боярам, передача им земель с правом сбора дани как средство их содержания.

Кровавое воскресенье – расстрел рабочих, обратившихся с петицией к царю в ходе манифестации у Зимнего дворца 9 января 1905 г.

Кронштадтский мятеж – антибольшевистское выступление моряков Кронштадта в 1921 г.

Ленд-лиз – передача в аренду или займы другому государству ресурсов, необходимых для обороны.

«Люди» - свободные крестьяне-общинники.

Мануфактура – производственное предприятие с разделением ручного труда.

Местничество – порядок назначения на должности по знатности рода и давности службы великому князю.

Наместник – с XII в. глава местной администрации.

Национализация – огосударствление собственности в годы советской власти.

НЭП – новая экономическая политика 1921-1928 гг.

Община (мир, вервь) – коллектив земледельцев в рамках одной деревни или села. Она решала все важные вопросы внутренней сельской жизни: вопросы оборота земель (передела земель внутри общины), организации общих и общественных работ (в пользу князя, государства), распределения и сбора с ее членов податей и сборов, розыска преступников.

Печенеги – тюркоязычный кочевой народ, с IX в. обитавший в южнорусских степях, совершавшие набеги на Русь, победу над ними в 1036 г. одержал князь Ярослав Мудрый.

Полюдье – форма сбора дани от Рюрика до княгини Ольги. Полюдье начиналось в ноябре, продолжалось всю зиму и заканчивалось в апреле; полгода князь ездил «по людям», собирал дань, общался с местным населением, «напоминал» о своем руководстве, судил местное население.

Православие – восточное направление в христианстве.

Приказы – органы государственного управления по отраслям.

Продналог – продовольственный налог взамен продразверстки с 1921 г.

Продразверстка – продовольственная разверстка по деревням в качестве натуральной повинности принудительное изъятия у крестьян требуемого государством количества продовольствия.

«Просвещенный абсолютизм» - политика ряда монархов Европы второй половины XVIII в., пытавшихся воплотить идеи Просвещения в практику правления.

Полки «иноземного строя» - наемные войска, сформированные по новому принципу, находились на полном довольствии государства.

Поместье – условное землевладение дворян.

Посадские люди – торговцы и ремесленники.

Промышленный переворот – переход от ручного труда к машинному от мануфактур к фабрично-заводскому производству.

Протекционизм – политика покровительства отечественной торговле и промышленности путем предоставления налоговых льгот, кредитов, заказов.

Раскол – религиозно-общественное движение, отделение от РПЦ части верующих, не принявших реформу патриарха Никона (1653-1656 гг.).

Реестр – список казаков Украины, состоящих на военной службе и получающих жалованье.

Родовая община – коллектив кровных родственников, который имеет общую собственность и хозяйство. Несколько родов объединялись в племена.

РПЦ – Русская Православная Церковь.

Рядовичи - полузависимые крестьяне, служившие феодалам по договору («ряду»), по положению близкие закупам.

Самодержавие – самодержавное правление царя в России.

Семибоярщина – правительство, состоящее из семи бояр, организовавшие заговор против Василия Шуйского во время Смуты.

Совнарком – Временное рабоче-крестьянское правительство, появившееся в результате декрета о власти с 26 октября 1917 г..

Тягло – денежные и натуральные повинности крестьян и посадских людей в пользу государства.

Усобицы – войны между князьями за великокняжеский престол.

Уроки – четкая форма сбора дани, введенная княгиней Ольгой.

«Урочные лета» - срок розыска беглых крестьян в XVI-XVII вв. С 1649 г. установлен бессрочный сыск беглых.

Феодализм – система имущественных и общественных отношений (преобладавшая в средние века), связанная с феодалом – землей, как с основным средством жизнеобеспечения.

Феодальные повинности - барщина и оброк.

Хазарский каганат – государство, созданное хазарами – тюркоязычным кочевым племенем в Прикаспийских и Причерноморских степях в VII в.

«Холодная война» - политика противостояния, проводимая двумя сверхдержавами СССР и США.

Холопы – безземельные и полностью бесправные крестьяне, фактически находящиеся на положении рабов.

Челядь – домашние слуги.

Ярлык – ханская грамота на великое княжение.

Ясак – натуральный налог с народов Севера и Сибири, чаще пушниной.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ»

Примеры текущих тестовых заданий

по модулю II «История России с древнейших времен по начало XVIII в.»

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

- 1) восстание древлян
- 2) крещение Руси
- 3) призвание варягов
- 4) объединение Киева и Новгорода

2. Среди перечисленных дат найди год образования древнерусского государства: 1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Заполнить таблицу. Основные точки зрения на генезис Древнерусского государства

| Название теории | Содержание | Представители теории |
|-----------------|------------|----------------------|
| Норманская | | |
| Антинорманская | | |

4. Расположи имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:

- 1) Владимир Мономах; 2) Святослав; 3) Ярослав Мудрый; 4) Игорь; 5) Рюрик

5. **Сравните:** А) полюдье и повоз; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?
6. **Чем прославились в русской истории Д. Пожарский и К. Минин?**
7. **Первый письменный свод законов Древней Руси:**
- 1) «Русская Правда»
 - 2) Судебник
 - 3) «Домострой»
 - 4) Стоглав
8. **Перечисли княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.**
9. **Расположите в хронологической последовательности следующие события:**
- 1) княжение Даниила Александровича;
 - 2) «стояние на реке Угре»;
 - 3) присоединение Новгорода к Москве;
 - 4) «Мамаево побоище».
10. **Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:**
- 1) к падению монголо-татарского ига;
 - 2) к усилению позиций московского князя;
 - 3) к гибели Золотой Орды;
 - 4) к ликвидации системы баскачества
11. **Объясни отрицательные и положительные последствия монголо-татарского ига на Руси.**
12. **Распишите все события в истории России в начале XVII в. Почему этот период в истории прозвали Смутным временем?**
13. **Опишите все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно? Почему Петр назван Великий?**

Вариант №2

1. **Какое из событий произошло позже всех других?**
- 1) крещение Руси
 - 2) Невская битва
 - 3) Куликовская битва
 - 4) призвание варягов
2. **Среди перечисленных дат найдите год крещения Руси:**
- 1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.
3. **Расположите имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:**
- 1) Святослав; 2) Игорь; 3) Ярослав Мудрый; 4) Олег Вещий; 5) Рюрик
4. **Сравните:** А) барщину и оброк; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?
5. **Чем прославился в русской истории Александр Невский?**
6. **Сохранившийся до наших дней первый письменный исторический источник:**

- 1) Повесть временных лет;
- 2) «Русская Правда»
- 3) «Домострой»
- 4) Стоглав

7. Перечислите княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.

8. Расположите в хронологической последовательности следующие события:

- 1) княжение Ивана Калиты;
- 2) битва на реке Калке;
- 3) присоединение Твери к Москве;
- 4) «стояние на реке Угре»

9. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:

- 1) к падению монголо-татарского ига;
- 2) к усилению позиций московского князя;
- 3) к гибели Золотой Орды;
- 4) к ликвидации системы баскачества

10. Объясни отрицательные и положительные последствия правления Ивана Грозного в XVI в.

11. Заполните таблицу. Этапы закрепощения крестьян

| Этап | Краткое содержание этапа |
|-----------------|--------------------------|
| 1497 г. | |
| 1550 – 1581 гг. | |
| 1597 г. | |
| 1649 г. | |

12. Распишите все события в истории России второй половины XVII в. Почему этот период назван «бунташным веком»?

13. Опиши все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно?

. Примеры текущих тестовых заданий по модулю II «История России XVIII-XIX вв.»

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

- 1) правление Елизаветы Петровны
- 2) восстание Е.Пугачева
- 3) правление Петра III
- 4) губернская реформа Екатерины II

2. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

А) судебник; Б) коллегии; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах; Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.

Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

3. Главные итоги петровских реформ:

- А) ослабление центральной власти
- Б) полное подчинение церкви государству
- В) укрепление крепостного гнета
- Г) сокращение бюрократического аппарата
- Д) создание боеспособной профессиональной армии и военного флота.

4. Восстановите последовательность царствований русских монархов 1725 – 1762 гг.:

- А) Елизавета Петровна
- Б) Екатерина Алексеевна
- В) Петр Алексеевич
- Г) Иван Антонович
- Д) Петр Федорович
- Е) Анна Ивановна

5. Каким было условие для получения Анной Иоанновной престола?

- 1) ликвидация Верховного совета, восстановление Сената;
- 2) командование гвардейскими полками;
- 3) освобождение дворян от обязательной военной службы;
- 4) совместное правление с Верховным советом.

6. Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

- | | |
|-------------------|------------------------------------|
| 1) Анна Иоанновна | А) временнообязанные крестьяне |
| 2) Екатерина II | Б) бироновщина |
| 3) Александр I | В) «теория официальной народности» |
| 4) Николай I | Г) «Аракчеевщина» |
| 5) Александр II | Д) Уложенная комиссия |

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Почему «дней Александровых прекрасное начало»?

9. Что обозначают понятия: уставные грамоты, Секретный комитет, мировые посредники, крестьянская община, отрезки.

10. Заполнить таблицу. Реформы 60-70- х гг. в России.

| Название реформы | Время проведения | Основные положения |
|------------------|------------------|--------------------|
| Крестьянская | | |
| Земская | | |
| Городская | | |
| Судебная | | |
| Военная | | |
| Финансовая | | |

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?

А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) суд над народолюбцами.

Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

12. Почему русская культура XIX в. получила название «золотого века»? Докажите примерами.

Вариант №2

1. Причинами дворцовых переворотов в период 1725-1762 гг. были:

- А) отсутствие четкого порядка престолонаследия
- Б) народные волнения
- В) высокая роль гвардии при дворе
- Г) недовольство дворян петровскими реформами
- Д) борьба за власть среди высшей знати.

2. Какое из событий произошло позже всех других?

- 1) правление Петра II
- 2) кондиции Анны Иоанновны
- 3) Семилетняя война
- 4) правление Елизаветы Петровны

3. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

- А) судебник; Б) ассамблеи; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах;
- Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.

Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АД; 3) БГЕ; 4) ВГД

4. Что из названного относится к эпохе дворцовых переворотов?

- 1) прекращение деятельности Земских соборов;
- 2) упразднение Боярской Думы;
- 3) усиление роли гвардии;
- 4) учреждение патриаршества.

5. Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1) Анна Иоанновна | А) народолюбцы |
| 2) Екатерина II | Б) кондиции |
| 3) Александр I | В) «чугунный устав» |
| 4) Николай I | Г) указ о вольных хлебопашцах |
| 5) Александр II | Д) Жалованная грамота дворянству |

6. Расположите события периода правления Александра I в правильной хронологической последовательности:

- 1) созыв Государственного Совета
- 2) насаждение военных поселений
- 3) восстание декабристов на Сенатской площади
- 4) деятельность негласного комитета
- 5) «Указ о вольных хлебопашцах»
- 6) Бородинское сражение
- 7) учреждение министерств

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Важнейшие государственные посты в первые годы правления Александра I занимали:

- А) либералы
- Б) революционеры
- В) консерваторы

9. Что обозначают понятия: редакционные комиссии, Главный комитет, мировые посредники, крестьянская община, выкупные платежи.

10. Опишите военную реформу 1874 г. Ее сильные и слабые стороны.

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?

- А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) конституция Лорис-Меликова.

Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

12. Храм Христа Спасителя был построен в Москве в честь:

- А) победы русского народа в войне 1812 г.
- Б) 900-летия введения христианства на Руси
- В) тысячелетия российского государства
- Г) победы советского народа в войне 1941-1945 гг.

. Примеры текущих тестовых заданий по модулю III «История России начала XX в.»

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

- 1) первая русская революция;
- 2) русско-японская война;
- 3) аграрная реформа П.А. Столыпина;
- 4) деятельность I Гос. Думы.

2. Какая партия представляла либеральное движение России начала XX в.

- 1) меньшевики; 2) кадеты; 3) анархисты; 4) эсеры

3. Заполните таблицу: Основные политические партии (1900 – 1917):

| Название партии (дата образования) | Лидеры политической партии | Политическая программа | Аграрная программа |
|------------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
| | | | |

4. Первая российская революция привела к

- 1) провозглашению России республикой;
- 2) опубликованию Манифеста 17 октября;
- 3) формированию многопартийности;
- 4) провозглашению демократических прав.

5. Что является результатами

- А) русско-японской войны;
- Б) Первой мировой войны;
- В) внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

- 1) А.Ф. Керенский и Гапон;
- 2) Л.П. Корнилов и Троцкий;
- 3) П.А. Столыпин и С.Ю. Витте;
- 4) Николай II и Г.К. Жуков.

7. Почему гражданская война является трагедией победителей и побежденных?

8. Опишите причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1924 г. в СССР объединились:

- 1) РСФСР, УССР, ЗСФСР, Туркменская ССР, БССР, Узбекская ССР;
- 2) РСФСР, БССР, Киргизская ССР, УССР, Казахская ССР;
- 3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР, БССР, Узбекская ССР;
- 4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «новая экономическая политика», и какие она имела положительные и отрицательные результаты?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

12. О событиях 25 октября 1917 г. в Петрограде

Спокойствие на октябрьских улицах, отсутствие толп и боев давали противникам повод говорить о заговоре ничтожного меньшинства, об аванюре кучки большевиков ... В действительности же большевики могли свести в последний момент борьбу за власть к «заговору» не потому, что были маленьким меньшинством, а, наоборот, потому, что имели за собою в рабочих кварталах и казармах подавляющее большинство, сплоченное, дисциплинированное.

(Троцкий Л.Д. История русской революции. М., 1990)

Вопросы: Какие причины победы большевиков называет автор? Вы согласны с ним? Свой ответ аргументируйте.

Вариант №2

1. Какое из событий произошло позже всех других?

- 1) декабрьское вооруженное восстание в Москве;
- 2) русско-японская война;
- 3) издание Манифеста о политических свободах и созыве Гос. Думы;
- 4) реформы С.Ю. Витте.

2. Какая партия представляла консервативное движение России начала XX в.

- 1) союз русского народа; 2) кадеты; 3) большевики; 4) эсеры.

3. Первая российская революция привела к

- 1) созданию Гос. Совета;

- 2) появлению Гос. Думы»
- 3) провозглашению России республикой;
- 4) крушению самодержавия.

4. Расположите в хронологическом порядке события первой буржуазно-демократической революции:

- 1) восстание на броненосце «Потемкин»
- 2) Декабрьское вооруженное восстание в Москве
- 3) Кровавое воскресенье
- 4) Третьеиюньский переворот
- 5) провозглашение Манифеста 17 октября
- 6) начало деятельности Первой Государственной думы

5. Что является причинами

- А) русско-японской войны;
- Б) Первой мировой войны;
- В) противоречивой советской внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

- 1) А.Ф. Керенский и Троцкий;
 - 2) Л.П. Корнилов и Гапон;
 - 3) Николай II и С.Ю. Витте;
 - 4) П.А. Столыпин и Г.К. Жуков.
7. Причины и источники победы большевиков в октябрьские дни 1917 года
8. Опиши причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1922 г. в составе СССР объединились:

- 1) РСФСР, УССР, Молдавия;
- 2) РСФСР, БССР, Польша;
- 3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР;
- 4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «политика военного коммунизма», и какие она имела положительные и отрицательные последствия?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

. Примеры текущих заданий по модулю IV «История России 1985 –1991 гг.»

1. Укажите первого президента СССР:

- 1) Ю. Андропов; 2) Б. Ельцин; 3) М. Горбачев; 4) Л. Брежнев

2. XIX Всесоюзная партконференция, принявшая решение о реформировании политической системы СССР, проходила в:

- 1) 1980 г., 2) 1988 г., 3) 1989 г., 4) 1990 г.

3. Провозглашенный М. Горбачевым курс на ускорение социально-экономического развития страны включал в себя:

- 1) введение госприемки на предприятиях;
- 2) проведение антиалкогольной кампании;
- 3) решительный переход к рыночной экономике;
- 4) укрепление трудовой дисциплины;
- 5) массовые забастовки рабочих.

4. Составьте структурно-логическую таблицу «Преобразования страны в годы перестройки»

| Экономические реформы | Политические преобразования | Реформы в социальной сфере | Изменения в области культуры |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | |

5. В Содружество Независимых Государств вошли:

1) Россия, 2) Литва, 3) Белоруссия, 4) Грузия, 5) Украина.

6. По какому принципу образован ряд?

Г. Янаев, В. Павлов, Д. Язов, В. Крючков, Б. Пуго.

7. Расположите в хронологической последовательности:

А) Л. Брежнев, б) М. Горбачев, в) Б. Ельцин, г) К. Черненко, д) Ю. Андропов

8. О чем идет речь?

Принципами этой политики были: отказ от представлений о расколе мира на две противоположные системы: капиталистическую и социалистическую; признание мира единым; в качестве основного способа решения международных проблем объявлялся баланс интересов, а не баланс сил; признание приоритета общечеловеческих ценностей в качестве главных.

9. Высшим органом законодательной власти в СССР по новому избирательному закону 1988 г. стал: 1) Государственный Совет; 2) Государственная Дума; 3) Съезд народных депутатов; 4) Съезд Коммунистической партии.

10. Один из основных итогов экономической реформы 1987 г.:

- 1) либерализация цен;
- 2) переход государственных предприятий в частные руки;
- 3) начало формирования частного сектора в экономике;
- 4) роспуск колхозов.

11. Расположите в хронологической последовательности:

- а) избрание президента РСФСР,
- б) создание ГКЧП и проведение путча,
- в) принятие Декларации о государственном суверенитете РСФСР,
- г) отставка М. Горбачева,
- д) Беловежское соглашение.

12. В конце 1980-х – 1990-х гг. представители коммунистического политического направления выступали за:

- 1) преимущественное развитие общественной собственности,
- 2) свободу личности,
- 3) развитие парламентской демократии,
- 4) социалистический выбор развития,
- 5) учреждение частной собственности.

13. Как вы оцениваете в целом личность М. Горбачева и его деятельность («+» или «-»)? Почему? Можно ли, только его одного обвинять в развале СССР?

1.5. Пример итогового (рубежного) теста

К социальным функциям исторического знания не относится функция

...

- А) социального проектирования
- Б) воспитательная
- В) познавательная
- Г) прогностическая

Определение степени вероятности осуществления того или иного события, процесса на основе анализа объективных реальностей и возможностей называется принципом ...

- А) альтернативности
- Б) социального подхода
- В) историзма
- Г) объективности

Важной составляющей воспитательной функции исторического знания является ...

- А) выработка научно обоснованного курса
- Б) формирование гражданских, нравственных ценностей
- В) описание исторических событий и явлений
- Г) сопоставление исторических объектов в пространстве и времени

Конкретные способы изучения исторических процессов называются ...

- А) методами
- Б) категориями
- В) принципами
- Г) историко-философскими подходами

Характерной чертой современной исторической науки в России является ...

- А) методологический плюрализм
- Б) географический детерминизм
- В) субъективизм
- Г) эволюционизм

Автором первого обобщающего труда по истории России был ...

- А) В.Н. Татищев
- Б) М.Н. Тихомиров
- В) В.О. Ключевский
- Г) М.Н. Покровский

Налоговая реформа княгини Ольги с целью упорядочивания сбора дани установила ...

- А) барщину и оброк
- Б) ясак и подать
- В) уроки и погосты
- Г) полюдье и повоз

Иван Калита получил от монголо-татар право ...

- А) заключения союза с Тверью
- Б) торговли с Литвой
- В) сбора дани с русских княжеств
- Г) окончательного объединения русских княжеств

В XIII в. новгородское войско во главе с князем Александром Невским противостояло агрессии ...

- А) Ливонского ордена
- Б) Речи Посполитой
- В) Франции
- Г) Венгрии

Закономерный процесс экономического усиления и политической обособленности феодальных владений называется ...

- А) централизацией
- Б) местничеством
- В) кормлением
- Г) политической раздробленностью

Возвышение Московского княжества в XIV в. связано с именем ...

- А) Дмитрия Донского
- Б) Ивана Красного
- В) Ивана Калиты
- Г) Симеона Гордого

В 1382 г. состоялся поход на Русь во главе с ханом ...

- А) Тохтамышем
- Б) Батыем
- В) Узбеком
- Г) Ахматом

«Стояние на реке Угре» привело к ...

- А) новому походу монголо-татар на Русь
- Б) полному разгрому русского войска
- В) окончанию монголо-татарского ига на Руси
- Г) возобновлению уплаты дани монголо-татарам

Годы, в течение которых устанавливался розыск беглых крестьян, называются _____ лета.

- А) заповедные
- Б) крестьянские
- В) крепостные
- Г) урочные

Столица Византийской империи, Константинополь, был захвачен в 1453 году ...

- А) готами
- Б) булгарами
- В) вандалами
- Г) турками-османами

Регентом в период малолетства Ивана IV (1533-1538) был (-а) ...

- А) Алексей Адашев
- Б) Андрей Курбский
- В) Елена Глинская
- Г) митрополит Макарий

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой ...

- А) сборник решений церковного собора 1551 г.
- Б) летописный свод
- В) политический трактат
- Г) свод законов Российского государства

В XVII в. самосожжение и уход в леса и пустоши были основными формами протеста ...

- А) казачества
- Б) старообрядцев
- В) крестьянства
- Г) горожан

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с ...

- А) Австрией
- Б) Данией
- В) Речью Посполитой
- Г) Швецией

В 1648 г. произошел _____ бунт.

- А) Соляной
- Б) Медный
- В) Хлебный
- Г) Соловецкий

Петр I правил Россией в _____ годах.

- А) 1700-1721
- Б) 1682-1725
- В) 1700-1725
- Г) 1698-1725

Северная война завершилась подписанием _____ мира.

- А) Шведского
- Б) Северного
- В) Ништадского
- Г) Парижского

«Золотым веком» российского дворянства историки называют правление ...

- А) Петра I
- Б) Елизаветы Петровны
- В) Екатерины I
- Г) Екатерины II

В сентябре 1814 - июне 1815 г. состоялся _____ конгресс.

- А) Лондонский
- Б) Венский
- В) Парижский
- Г) Берлинский

Реорганизация управления государственной деревней в правление Николая I была поручена ...

- А) И.И. Шувалову
- Б) П.Д. Киселеву
- В) М.М. Сперанскому
- Г) А.Х. Бенкендорфу

В 1870-х гг. генерал М.Д. Скобелев принимал активное участие в _____ войне.

- А) русско-турецкой
- Б) русско-японской
- В) Первой мировой
- Г) Гражданской

Активное проникновение России в Среднюю Азию во второй половине XIX в. привело к обострению отношений с ...

- А) Францией
- Б) Италией
- В) Англией
- Г) Германией

После вступления в Первую мировую войну Турции начались военные действия на _____ фронте.

- А) Бессарабском
- Б) Крымском
- В) Галицийском
- Г) Кавказском

Центром подготовки вооруженного восстания в Петрограде в октябре 1917 г. стал ...

- А) Коммунистический Интернационал
- Б) Совет Народных Комиссаров
- В) Военно-революционный комитет
- Г) Временный комитет Государственной думы

В 1918-1930 гг. наркомом иностранных дел в советском правительстве был ...

- А) В.И. Ленин
- Б) Н.И. Бухарин
- В) П.Н. Милюков
- Г) Г.В. Чичерин

Под влиянием Всероссийской политической стачки Николай II был вынужден подписать _____ Манифест «Об усовершенствовании государственного порядка».

- А) 9 января 1905 г.
- Б) 17 октября 1905 г.
- В) 27 апреля 1906 г.
- Г) 3 июня 1907 г.

27 апреля 1906 г. в Петербурге открылись заседания ...

- А) Учредительного собрания
- Б) I Государственной думы
- В) Всероссийского съезда Советов
- Г) IV Государственной думы

После отречения Николая II в марте 1917 г. в России ...

- А) власть попытался захватить генерал Л.Г. Корнилов
- Б) было создано Временное правительство
- В) открылся II Всероссийский съезд Советов
- Г) к власти пришли большевики

Декларация прав народов России, изданная 2 ноября 1917 г., провозгласила ...

- А) создание унитарного государства
- Б) равенство и суверенность наций
- В) привилегии для русских
- Г) запрет на создание самостоятельных государств

В ходе Гражданской войны на стороне красных воевал ...

- А) Н.Н. Юденич
- Б) М.В. Фрунзе
- В) Е.К. Миллер
- Г) А.И. Деникин

Решающую роль в ходе Гражданской войны сыграли настроения ...

- А) рабочих
- Б) крестьян
- В) дворян
- Г) интеллигенции

Социально-экономическая политика советской власти в годы Гражданской войны и военной интервенции, сущностью которой были: ускоренная и полная национализация промышленности, продразверстка, отмена торговли и денежного обращения, централизованное нормированное распределение продуктов населению, жесткая централизация, введение всеобщей трудовой повинности, контроль государства за средствами массовой информации, преследование инакомыслия, красный террор, а цель – быстрый рывок в коммунизм – это _____ . (выбрать: Новая экономическая политика, «военный коммунизм», государственный капитализм, диверсификация производства)

Первая Конституция СССР была принята ...

- А) 25 апреля 1923 г.
- Б) 31 января 1924 г.
- В) 30 декабря 1922 г.
- Г) 6 апреля 1924 г.

Понятие «великий перелом» относится к ...

- А) освоению целины
- Б) введению продналога
- В) сплошной коллективизации
- Г) введению продразверстки

В 1934 г. СССР вступил в международную организацию ...

- А) ОБСЕ
- Б) Лига Наций
- В) Совет Безопасности

Г) Коминтерн

Первая встреча руководителей ведущих держав антигитлеровской коалиции состоялась в Тегеране в _____ году.

- А) 1933
- Б) 1943
- В) 1939
- Г) 1945

Второй фронт был открыт в _____ года.

- А) ноябре 1943
- Б) июле 1943
- В) июне 1944
- Г) феврале 1945

В ходе Второй мировой войны в июне 1944 года ...

- А) открылась Тегеранская конференция
- Б) началась блокада Ленинграда
- В) союзники высадились в Нормандии
- Г) завершилась Сталинградская битва

Неприятие советского внешнеполитического принципа мирного сосуществования стран с различным общественно-политическим строем и критики Сталина стали причиной ухудшения отношений СССР с ...

- А) Чехословакией
- Б) Югославией
- В) Германской Демократической Республикой
- Г) Китаем

Понятие «Новоогаревский процесс» возникло в связи с разработкой ...

- А) нового союзного государства
- Б) внешнеполитической стратегии СССР
- В) новой Программы КПСС
- Г) программы перехода к рыночной экономике

Экономическая политика Е.Т. Гайдара, проводимая в 1992 г., предусматривала ...

- А) централизацию управления народным хозяйством
- Б) государственное регулирование ценообразования
- В) либерализацию цен
- Г) увеличение финансирования социальной сферы

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось ...

- А) проведением президентских выборов

- Б) формированием нового состава Верховного Совета РФ
- В) роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
- Г) внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Кейс задание: Кейс 1.

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге:

« Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполнину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек ...»

Упомянутые в тексте события произошли в ____ году.

Кейс-задание: Кейс 2.

Из Манифеста о незыблемости самодержавия:

«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение ... благостию и кротостию совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян ... Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

В тексте идет речь о смерти российского императора ...

- Александра II
- Николая I
- Александра III
- Николая II

Кейс-задание: Кейс 3.

Из Манифеста о незыблемости самодержавия:

«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение ... благостию и

кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян ... Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

Упоминаемая в тексте отмена крепостного права произошла в _____ году.

Кейс-задание: Кейс 4.

Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:

«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными ...

Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами ...

Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпленных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием ...».

Фамилия русского дипломата и писателя, принимавшего участие в выработке условий выгодного для России Туркманчайского мирного договора, -
..._____.

Кейс-задание: Кейс 5.

Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:

«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными ...

Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в

совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами ...

Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпленных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием ...».

По условиям подписанного в 1828 году Туркманчайского мирного договора ...

- к России отходила Восточная Армения
- на Персию налагалась контрибуция
- к Персии отходила Южная Бессарабия
- на Россию налагалась контрибуция

Кейс-задание: Кейс 6.

Из Берлинского трактата 1878 г.:

«Статья 1. Болгария образует из себя княжество самоуправляющееся и платящее дань, под главенством е. и. в. султана: она будет иметь христианское правительство и народную милицию ...

Статья XLV. Княжество Румынии уступает обратно е. в. императору всероссийскому часть Бессарабской территории, отошедшей от России по Парижскому трактату 1856 г., ограниченную с запада руслом Прута, с юга руслом Килийского рукава и устьем Старого Стамбула ...

Статья LVIII. Блистательная Порта уступает Российской империи в Азии территории Ардагана, Карса и Батума, с портом последнего ...

Статья LIX. Е. в. император всероссийский объявляет, что его намерение сделать Батум порто-франко по преимуществу коммерческим.

Статья LX. Долина Алашкерта и город Баязет, уступленные России статьей XIX Сан-Стефанского договора, возвращаются Турции ...».

Фамилия российского министра иностранных дел, подписавшего в 1878 г. Берлинский трактат, - ... _____.

Кейс-задание: Кейс 7.

Культура СССР в 1930-х гг. развивалась под жестким контролем коммунистической партии, которая насаждала марксистскую идеологию, в том числе и через культуру и искусство. Все, что не вписывалось в официальное русло идеологии, преследовалось.

Основным художественным методом, использовавшимся в советском искусстве, был социалистический реализм. Термин «соцреализм» появился в 1932 г. и охватывал все сферы художественной деятельности. Выступая на I съезде советских писателей в 1934 г. партийный идеолог Жданов А.А. так охарактеризовал этот художественный метод: «В нашей стране главные герои литературного произведения – это активные строители новой жизни: рабочие и работницы, колхозники и колхозницы, партийцы, хозяйственники, инженеры, комсомольцы, пионеры ... Наша литература насыщена энтузиазмом и героикой ... Наша литература сильна тем, что служит новому делу – делу социалистического строительства».

В соответствии с методом социалистического реализма были написаны литературные произведения, как ...

- «Мать» Максима Горького
- «Как закалялась сталь» Николая Островского
- «Мастер и Маргарита» Михаила Островского
- «Доктор Живаго» Бориса Пастернака

Кейс-задание: Кейс 8.

Из доклада Первого секретаря ЦК КПСС на XX съезде партии «О культуре личности и его последствиях»: «Выясняется, что многие партийные, советские, хозяйственные работники, которых объявили в 1937-1938 годах «врагами», в действительности никогда врагами, шпионами, вредителями и т.п. не являлись, что они, по существу, всегда оставались честными коммунистами, но были оклеветаны, а иногда, не выдержав зверских истязаний, сами на себя наговаривали (под диктовку следователей-фальсификаторов) всевозможные тяжкие и невероятные обвинения».

С докладом «О культуре личности и его последствиях» на XX съезде КПСС выступил ...

- Н.С. Хрущев
- Н.А. Булганин
- И.В. Сталин
- Л.И. Брежнев

1.6. Образец выполнения итогового (рубежного) теста

Функция истории, позволяющая влиять на поведение и действия людей, называется ...

- воспитательной

- познавательной
- аксеологической
- коммуникативной

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой ...

- сборник решений церковного собора 1551 г.
- летописный свод
- политический трактат
- свод законов Российского государства

Принцип объективности – это изучение исторических явлений ...

- во всей их многогранности и противоречивости
- с учетом социальных интересов различных слоев общества
- в развитии, в соответствии с конкретно-исторической обстановкой
- в соответствии с господствующей идеологией в обществе

Существенный вклад в развитие отечественной исторической науки в XX веке внес ...

- Б.А. Рыбаков
- В.Н. Татищев
- М.В. Ломоносов
- М.Н. Погодин

Верования древних славян до принятия у них христианства назывались ...

- язычеством
- синтоизмом
- православием
- католичеством

В XII в. Русь вступила в период ...

- политической раздробленности
- централизации
- цивилизации
- республики

В 1240 г. после длительной осады монголо-татары взяли город ...

- А) Рязань
- Б) Новгород
- В) Козельск
- Г) Киев

Невская битва состоялась в _____ году.

- 1240
- 1242
- 1223
- 1238

Московский князь Дмитрий Иванович за личную храбрость и полководческие заслуги в 1380 г. на Куликовом поле получил прозвище

- Донской
- Невский
- Темный
- Красный

К западным славянам относятся такие современные народы, как ...

- поляки, чехи и словаки
- русские, украинцы и белорусы
- болгары, сербы и черногорцы
- финны, эстонцы, литовцы

Автором произведения древнерусской литературы XV в. «Хождение за три моря» является ...

- Афанасий Никитин
- Семен Дежнев
- Епифаний Премудрый
- Авраамий Палицын

Казачьим атаманом и предводителем похода в Сибирь в 80-гг. был ...

- Ермак
- Кучум
- Адашев
- Висковатый

Непрофессиональные воины, объединенные в военное формирование на добровольной основе, называются ...

- ополченцами
- стрельцами
- рекрутами
- рейтарами

В 1654 г. началась церковная реформа патриарха _____ .

- Никона
- Макария
- Иова
- Алексея

Столица Византийской империи, Константинополь был захвачен в 1453 году ...

- турками-османами
- булгарами
- готами
- вандалами

В ходе Северной войны русские войска разгромили шведский флот у мыса ...

- Гангут
- Синоп
- Чесма
- Дежнева

Во второй половине XVIII в. в русской архитектуре преобладал стиль ...

- классицизм
- модерн
- рококо
- барокко

В январе 1820 г. русская экспедиция открыла новый континент, получивший название ...

- Антарктида
- Северная Америка
- Австралия
- Южная Америка

В годы правления Николая I в России было (-а) ...

- построена первая железная дорога
- отменено крепостное право
- введена конституция
- отменена цензура

Земская реформа была проведена в _____ году.

- 1864
- 1861
- 1868
- 1874

В 1884 г. новый университетский Устав ...

- ликвидировал автономию вузов
- разрешил учиться в вузах женщинам
- запретил учиться в вузах детям крестьян
- ввел автономию вузов

Самой многочисленной социальной группой в России в конце XIX в. были ...

- крестьяне
- разночинцы
- дворяне
- рабочие

Раньше других в России возникли _____ партии.

- революционные
- либеральные
- правые
- монархические

Идеолог заговорщического направления в русском народничестве Петр Ткачев разделял взгляды французского революционера ...

- Огюста Бланки
- Жана Кольбера
- Жора Клемансо
- Жана Жореса

Среди союзников России в Первой мировой войне была _____ .

- Франция
- Германия
- Австро-Венгрия
- Османская империя

В ходе Февральской революции в России ...

- установилось двоевластие
- к власти пришли большевики
- установилась военная диктатура
- возникла партия эсеров

Учредительное собрание открылось в Петрограде в _____ 1918 г.

- январе
- феврале
- ноябре
- декабре

К причинам гражданской войны относится _____ .

- деятельность большевистских продотрядов и комбедов
- убийство царской семьи

- разрешение выхода крестьян из общины
- возникновение монополий

В 1922 г. на пост генерального секретаря партии был избран ...

- И. В. Сталин
- Л. Д. Троцкий
- Л. Б. Каменев
- В. И. Ленин

Генуэзская конференция состоялась в _____ году.

- 1922
- 1924
- 1928
- 1934

На завершающем этапе войны Красная Армия осуществила операцию ...

- «Багратион»
- «Уран»
- «Кольцо»
- «Тайфун»

Характерной чертой экономического развития СССР в 1945-1953 гг. было ...

- использование в народном хозяйстве труда заключенных
- использование хозяйственного расчета на предприятиях
- разрешение аренды земли
- разрешение частной собственности

Двоюродным братом российского императора Николая II был ...

- английский король Георг V
- император Австро-Венгрии Карл I
- император Германии Вильгельм II
- шведский король Густав V

Советская литература периода «хрущевской оттепели» характеризовалась ...

- умеренной критикой «культы личности» Сталина
- созданием разнообразных литературных групп и течений
- возвращением имен писателей-эмигрантов первой волны
- отказом от принципа социалистического реализма

Диссидентами в СССР называли ...

- лиц, не разделявших господствующей идеологии

- выступавших за развитие страны по самобытному пути
- политическую парламентскую оппозицию
- уехавших за границу граждан СССР

Территориальные проблемы, связанные с послевоенными европейскими границами (германская проблема) были урегулированы в ...

- начале 1970-х гг.
- конце 1940-х гг.
- начале 1960-х гг.
- конце 1970-х гг.

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось ...

- ропуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
- проведением президентских выборов
- формированием нового состава Верховного Совета РФ
- внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Поводом к свертыванию процесса разрядки международной напряженности послужило введение советских войск в ...

- Афганистан
- Венгрию
- Чехословакию
- Корею

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге: « Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполнину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек ...»

На российский престол при обстоятельствах, описанных в тексте, вступил император ...

- Николай I
- Павел I
- Александр I
- Александр II

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До наших дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего

Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Софийский собор в Киеве был построен в правление князя ...

- Ярослава Мудрого
- Владимира Крестителя
- Владимира Мономаха
- Мстислава Великого

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До наших дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Характерными элементами убранства древнерусских храмов были ...

- фрески
- мозаики
- витражи
- пинакли

Примерная тематика контрольных работ

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

2.1. Примерные темы для контрольных работ:

Вариант 1.

1. Современные дискуссии о месте России в мировом историческом процессе.
2. Судьбы славянских народов – история и современность.

3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII – нач. IX вв.).
4. Проблемы развития Киевской Руси (IX-XII вв.).
5. Проблемы развития Удельной Руси (XII – XIII вв.).
6. Золотая Орда – мифы и реальность.
7. Александр Невский – герой или предатель Руси?
8. Проблемы образования русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
9. Иван IV Грозный.
10. Проблемы расширения территории Российского государства в XVI в.
11. Самозванцы Российского государства.
12. Проблемы формирования российского абсолютизма в середине XVII в.
13. Петр I – тиран или «революционер на троне» в делах семейных и государственных?
14. Императрицы XVIII в.
15. «Непросвещенный абсолютизм» Павла I.
16. Активная внешняя политика XVIII в.: «+» и «-» последствий.
17. «Дней Александровых прекрасное начало...» (Реформы Александра I).
18. Герои Отечественной войны 1812 г.
19. Реформаторы России первой четверти XIX в.
20. Кризис феодально-крепостнического строя в 1830-50 –е гг.
21. Особенности промышленного переворота в России в XIX в.
22. Развитие российской экономики конца XIX - начала XX вв.
«Контрреформы» Александра III.
23. Особенности формирования многопартийной системы в России на рубеже XIX - XX вв.
24. Героизм русских солдат в ходе русско-японской войны (1904-1905 гг.).
25. Столыпинская аграрная реформа и ее результаты.
26. Роль восточного фронта в ходе I мировой войны.
27. Разложение монархии в России. Николай II – последний российский император.
28. Новые подходы в изучении исторических событий гражданской войны в России (1917-1921 гг.).
29. Итоги НЭПа для развития России.
30. Проблемы и противоречия в процессе образования СССР.
31. Исторические портреты лидеров большевизма: В.И. Ленин, Л.Д. Троцкий, И.В. Сталин. Переход к тоталитаризму в СССР.
32. Деятельность Коминтерна и репутация СССР в 1920-30 –е гг.
33. Трагедия и героизм народа в годы ВОВ (1941-1945 гг.).
34. Правда о «золотом веке» цен. Экономическая политика государства в 1945-1953 гг.
35. «Оттепель» Н.С. Хрущева: штрихи к политическому портрету.
36. Период застоя. Время правления Л.И. Брежнева.
37. Проблемы «перестройки». Причины несостоявшегося реформирования советского общества при М.С. Горбачеве.

38. Последствия распада СССР. Национальные отношения на современном этапе развития России.
39. Оценка деятельности Б.Н. Ельцина.
40. Холодная война (1946 - 1991 гг.) и ее последствия для развития России.

Вариант 2.

1. Деятельность и исторические концепции:
 - а) Н.М.Карамзина
 - б) С.М.Соловьева
 - в) В.О.Ключевского
 - г) М.Н.Покровского
2. Варяги и Русь.
3. Принятие христианства на Руси.
4. Русские земли и Золотая Орда: трансформация взаимоотношений в XIV-XV вв.
5. Иван III – государь всея Руси.
6. Роль Русской православной церкви в процессе политической централизации русских земель.
7. Личность Ивана IV в историографии.
8. Государственные деятели, политические и духовные лидеры России начала XVII в.: исторические портреты и оценки историков (по выбору).
9. Социальные протесты в России в XVII в.: истоки, сущность и последствия.
10. Оценки личности и деятельности Петра I в исторической литературе.
11. Европейский и российский абсолютизм: общее и особенное.
12. Внешняя политика России в XVIII в. Ее оценки в исторической литературе.
13. Исторические портреты государственных деятелей эпохи «дворцовых переворотов».
14. Оценки личности и деятельности Екатерины II в исторической литературе.
15. Движение декабристов: исторические дискуссии.
16. П.Я.Чаадаев о прошлом, настоящем и будущем России.
17. Исторический портрет Александра II.
18. Деятели эпохи реформ: К.Д. Кавелин, Б.Н.Чичерин, Д.А. Милютин и др.
19. Николай II: проблема личности в истории.
20. Первый опыт российского парламентаризма начала XX в.
21. Первая мировая война 1914-1918 гг. в исторических концепциях.
22. Исторические альтернативы 1917 года.
23. Брестский мир: историко-теоретическая интерпретация в отечественной историографии.
24. Судьбы российской эмиграции в исторической литературе.
25. Советский опыт социально-экономической модернизации: цели, содержание, результаты, оценки.
26. Исторические портреты В.И.Ленина, Л.Д.Троцкого, И.В.Сталина (по выбору).

27. Национально-государственное устройство и особенности политической системы Советской России в 1920-1930-е гг.
28. Проблемы социокультурного развития в 1930-е гг.: достижения и потери. Сталинизм.
29. Внешняя политика СССР накануне и в начале Второй мировой войны: современные подходы и оценки.
30. Великая Отечественная война: исторические и политические споры.
31. «Холодная война» и ее причины. Мероприятия по ограничению гонки вооружений в 1960-1980-е гг.
32. Н.С.Хрущев: политический портрет. Проблемы «оттепели».
33. Л.И.Брежнев: политический портрет на фоне «застоя».
34. М.С.Горбачев и «перестройка».
35. Национальные конфликты на территории СССР в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Распад СССР.
36. Эпоха Б.Н.Ельцина: политический портрет.
37. Период стабильности конца XX - начала XXI вв. В.В.Путин: социально-экономические и административно- политические проекты и реформы.

2.2. Требования к оформлению контрольных работ:

Контрольная работа печатается на компьютере на одной стороне белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала, 14 шрифтом.

Объем контрольной работы не должен превышать 25 страниц текста, включая титульный лист, план работы и список использованной литературы, исключая приложение. Каждый лист должен быть пронумерован арабскими цифрами. Номер страницы на титульном листе не ставится.

Текст должен быть разделен на разделы соответственно плану работы. Обязательно наличие оглавления, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы и источников.

Список использованной литературы должен включать не менее 5 источников, при этом обязательно использование текущей, периодической печати. Данные, полученные из Интернета, также обязательно должны быть включены в список, по названиям сайтов. При ссылках на Интернет-источники обязательно указание даты создания и последнего обновления используемых материалов.

Список литературы оформляется по алфавиту, начиная с фамилии, затем инициалы имени и отчества, далее название, место и год издания. После списка на русском языке, идет список на иностранном языке, затем названия сайтов.

На всю использованную литературу в тексте должны быть ссылки.

Иллюстрации (чертежи, таблицы, графики, схемы и карты) следует расположить на отдельных листах Приложения. Каждый лист Приложения нумеруется следующим образом: в верхнем правом углу - Приложение 1, ниже по середине – название иллюстрации, внизу, под иллюстрацией - наименование вида (типа) иллюстрации, например, картосхема 1. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.

3. Примерные темы докладов и рефератов

1. Природа и общество: природно-климатический фактор в русской истории.
2. «Великое переселение народов» и проблема миграции славянских племен.
3. Проблема происхождения Древнерусского государства в отечественной историографии.
4. Языческие верования древних славян.
5. Христианизация Руси и ее значение.
6. Монгольское нашествие на Русь и его значение в концепции «евразийцев».
7. Северо-Восточная и Юго-Западная Русь в эпоху раздробленности: два пути развития русских земель.
8. Причины возвышения Москвы в отечественной историографии.
9. Идеологическая концепция «Москва – Третий Рим».
10. Эволюция социальной структуры русского общества в XIII-XV вв.
11. Сословно-представительные учреждения в России и Западной Европе: общее и особенное.
12. Московская Русь глазами иностранцев.
13. Реформы Избранной Рады.
14. Присоединение Зауралья к России: поход Ермака.
15. Смута на Руси: причины, характер, исторические альтернативы.
16. Проблема самозванчества в исторической литературе.
17. Соборное Уложение 1649 г.
18. Положение женщины в русском обществе по данным «Домостроя».
19. Церковный раскол и его влияние на русскую культуру.
20. Предшественники Петровских реформ (А. Ордин-Нащокин, В. Голицын).
21. Личность Петра I в исторической литературе.
22. Внешняя политика Петра I: от решения национальных задач к имперской политике.
23. Быт русского дворянства в XVIII в.
24. Фаворитизм в истории России XVIII в.
25. Правительственный конституционализм в XIX в.
26. Дворянская оппозиция: причины возникновения, взгляды, действия.
27. Внешняя политика России в XVIII в.
28. Кавказская война: история и современность.
29. Российские полководцы России XVIII-XIX вв.
30. Реформа 1861 г. в современной исторической литературе.
31. Российский либерализм второй половины XIX в.
32. Деятельность земских учреждений во второй половине XIX – начале XX в.
33. «Восточный вопрос» во внешней политике России.
34. Русский консерватизм XIX столетия: идеология и практика.
35. Эволюция российского революционного движения.

36. Реформаторы России XIX в.: проекты, планы, их реализация.
37. Российское крестьянство и аграрный вопрос в России (XIX – начало XX в.).
38. Реформы С. Ю. Витте, П. Д. Святополка - Мирского, П. А. Столыпина: сравнительный анализ.
39. Эволюция политической системы России в 1905 – 1907 гг.
40. Альтернативы политического развития России в 1917 г.
41. Политические партии в 1917 г.
42. Кризисы власти в 1917.
43. Октябрь 1917 г.: переворот, восстание, революция?
44. Политика “военного коммунизма”: сознательный выбор или необходимость?
45. Образование СССР. Особенности советской национальной политики.
46. Международное положение СССР в 1920-е гг.
47. Внутрипартийная борьба в РКП (б) – ВКП (б) в 1920-е гг.
48. Советская модель тоталитаризма.
49. Эволюция внешней политики СССР в 1930-е гг.
50. Советско – японское соперничество на Дальнем Востоке.
51. Советско – финская война.
52. Присоединение Прибалтики к СССР.
53. «Культурная революция» в СССР: итоги, цена, последствия.
54. Советско–германское сближение в 1939 – 1940 гг.: причины, проявления, последствия.
55. Русская православная церковь в годы войны.
56. Партизанское движение в годы войны: причины, характер, последствия.
57. Роль ленд-лиза в совместной борьбе против фашизма.
58. Формирование антигитлеровской коалиции: предпосылки и основные этапы.
59. Советский коллаборационизм: предательство или борьба со сталинизмом?
60. Человек на фронте и в тылу: человеческое измерение войны.
61. Разгром японской Квантунской армии (1945).
62. Встречи «Большой тройки»: итоги и последствия.
63. Ялтинско – Потсдамская система международных отношений.
64. Цена победы СССР в Великой Отечественной войне.
65. Финансовая реформа 1947 г.
66. Создание ядерного оружия в СССР.
67. Участие СССР в Корейской войне.
68. Советско – югославский конфликт.
69. Венгерские события 1956 г.
70. Социальная политика Советского государства в период «оттепели».
71. Курс на «развернутое строительство коммунизма» и «поздние реформы» Хрущева.
72. Реформы Н.С. Хрущева и А.Н. Косыгина.

73. Усиление консервативных тенденций в политической жизни страны в середине 1960-х – середине 1980-х гг. Диссидентское движение.
74. Особенности внешнеполитического курса в 1953 -1985 гг.
75. СССР в 1985 – 1991 г.: «перестройка» и ее итоги.
76. «Новое мышление» и международная практика советского правительства.
77. Современная Россия: характеристика социально-экономического, политического и духовного развития.

. Примерные вопросы для подготовки к экзамену

1. История как наука и учебная дисциплина. Всеобщая история и Отечественная история. Исторические источники. Историография курса.
2. Восточные славяне в древности. Этногенез.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII-IX вв.).
4. Первые древнерусские князья. Христианизация Руси.
5. Проблемы политического и социального развития Киевской Руси (X-XII вв.).
6. Феодальная раздробленность на Руси (XII-XIII вв.).
7. Монголо-татарское вторжение на Русь. Проблема последствий монгольского нашествия.
8. Борьба русских земель со шведской и немецкой агрессией в XIII в. Александр Невский.
9. Образование русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
10. Русское государство в XVI веке. Иван IV Грозный.
11. Внешняя политика и расширение территорий Российского государства в XVI веке.
12. Смутное время (начало XVII века).
13. Россия в середине XVII века. Формирование абсолютизма.
14. Народные движения второй половины XVII века. Церковный раскол.
15. Реформы Петра I: их содержание и последствия.
16. Дворцовые перевороты в России в середине XVIII века.
17. Россия в эпоху Екатерины II: просвещенный абсолютизм. Павел I.
18. Внешняя политика России в XVIII веке: события, итоги.
19. Россия в первой четверти XIX века. Реформы Александра I.
20. Отечественная война 1812 года: причины, ход событий, последствия.
21. Движение декабристов.
22. Россия в эпоху Николая I.
23. Отмена крепостного права в России. Эпоха «великих реформ» во второй половине XIX века.
24. Пореформенная Россия (в 1860-90-ые гг.).
25. Россия в годы царствования Александра III.
26. Вклад российской культуры XIX века в мировую культуру.
27. Россия на рубеже XIX-XX веков. Первая русская революция.

28. Внешняя политика в конце XIX-начале XX века. Русско-японская война: причины, события, итоги.
29. Россия в 1907-1914 годах. Реформы П.А.Столыпина.
30. Участие России в I мировой войне: причины, роль восточного фронта, последствия.
31. 1917 год в России (основные события, их характер, значение).
32. Гражданская война в России: причины, этапы, последствия).
33. НЭП: мероприятия, итоги, значение.
34. Образование СССР: причины и принципы создания Союза.
35. СССР в 30-е годы. Сталинизм.
36. Внешняя политика СССР в 1920-30-е годы.
37. СССР во второй мировой войне (1939-1945 гг.). Власть и общество в годы ВОВ.
38. СССР в 1945-1953 гг. Кризис сталинизма.
39. СССР в период реформ второй половины 50-х-первой половины 60-х гг.
40. СССР в середине 1960-80 гг. Период застоя.
41. «Перестройка» в СССР (1985-1991 гг.). Причины несостоявшегося реформирования советского общества.
42. Распад СССР: причины и последствия. Становление новой российской государственности.
43. Современная Россия. 1991-2001 гг.
44. Эволюция внешней политики СССР в 1945-1991 гг. Россия в системе современных международных отношений (1991-2001 гг.).

IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К СЕССИОННОМУ КОНТРОЛЮ (для студентов заочной формы обучения)

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины:

Хотелось бы обратить ваше внимание на поэтапность изучения материала по истории Отечества для более эффективного его усвоения.

Прежде всего, студенты знакомятся с историей образования и развития древнерусского государства Киевская Русь. Далее в курсе рассматривается процесс объединения русских княжеств вокруг Москвы, освобождения страны от ига, развитие России в XVIII – начале XX вв., как империи. Завершает лекционный курс материал, посвященный истории советского государства, и изучается современное развитие Российской Федерации.

Для успешного освоения курса рекомендуется использовать научно-методический комплекс по данной дисциплине. Следует ознакомиться с такими его составляющими как словарь по дисциплине, содержание основных рассматриваемых тем, список рекомендуемой литературы, планы семинарских занятий и вопросы для итогового контроля по предмету.

Эффективное освоение курса невозможно без активного использования рекомендуемой литературы. Обращаться к ней нужно как при разработке творческих и аналитических контрольных работ, так и для подготовки к итоговому контролю по дисциплине. При этом, желательно использование,

как учебной литературы, так и трудов монографического характера и статей в профессиональной и иной прессе.

В качестве итогового контроля предусмотрен письменный экзамен по билетам. Для подготовки к нему необходимо использовать как лекционные, так и дополнительные материалы.

Курс имеет, прежде всего, теоретическую направленность.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

Требования к выполнению тестовых заданий для студентов очной формы обучения:

Текущий контроль знаний по дисциплине «История России» студентов **очной формы** обучения осуществляется в тестовой форме.

Тестовое задание включает в себя вопросы по нескольким ключевым темам учебной программы по модулям: «История России с древнейших времен по XVII в.», «История России XVIII – XIX вв.», «История России XX в.».

Тестовые задания если студент дал не менее 80% правильных ответов считаются выполненными. Время выполнения тестовых заданий – 2 академических часа.

Требования к выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения:

Рубежный контроль знаний по дисциплине студентов **заочной формы** обучения проводится в форме письменной контрольной работы.

1. Контрольная работа выполняется по одной из предложенных тем. Темы работ приведены в разделе IX. «Методических рекомендациях по подготовке к сессионному контролю (для студентов заочной формы обучения)».
2. Объем работы не должен превышать 25 страниц печатного текста. На титульном листе необходимо обозначить тему работы, фамилию студента и номер его группы. Подробные рекомендации к оформлению контрольных работ – см. раздел IX.
3. Работа должна быть написана самостоятельно по материалам прочитанных источников. Цитирование допускается только в том случае, если указывается цитируемый источник.
4. Допускается использование литературы, не указанной в списке литературы к контрольным работам. Особое внимание надо обратить на новую литературу, вышедшую из печати за последние 5-7 лет.

Контрольные работы **оцениваются по пятибалльной шкале.**

Студенты, получившие оценку «неудовлетворительно», *обязаны повторно пройти процедуру рубежного контроля*, написав аналогичную работу по другой теме.

XI. ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дифференцированный зачет или экзамен по дисциплине как продолжение учебно-познавательного процесса является одной из форм его контроля и методом определения качества знаний, умений и навыков студентов, причем по всему учебному курсу.

Письменный экзамен, с одной стороны, способствует развитию «западающих» элементов культуры мышления, с другой, расширяет возможности информационно-коммуникационного взаимодействия. Студент получает больше возможностей для целостного изложения и аргументации своего понимания изученного материала. Кроме того, письменный текст наиболее адекватно отражает умение логично мыслить и в соответствии с проблемой выстраивать его содержание.

Условия допуска к экзамену:

Студенты **очной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований:**

- посещение семинарских занятий;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка докладов и сообщений;
- выполнение проверочных работ.

Студенты **заочной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований:**

- выполнение плановой контрольной работы.

Форма и содержание экзамена:

Э

К
з
а

м Подробнее, что включает в себя экзамен – см. «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов».

н На подготовку по билету студенту, как правило, выделяется не более 30 минут.

п Критерии оценивания:

р Оценка за экзамен выставляется с учетом выполнения студентом теоретической (по билету) и практической (по карте) части по пятибалльной системе. По теоретической части экзамена студенту могут быть заданы уточняющие вопросы (на правильность понимания терминов, логики причинно-следственных связей). По практической части экзамена студент, если потребуется, должен показать и рассказать по карте события и военные действия по теме билета.

с На экзамене выставляются:

- оценка «отлично» - если студент ответил на два вопроса билета и дополнительный вопрос;
- оценка «хорошо» - если студент ответил на два вопроса, но не ответил на дополнительный вопрос;

п
и
с
ь
м

- оценка «удовлетворительно» - если студент ответил на один вопрос билета и дополнительный вопрос.

X

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Апальков В.С. История Отечества / В.С. Апальков, И.М. Миняева: учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 544с.

2. История России для технических вузов: учебник для бакалавров / под ред. М.Н. Зуева, А.А. Чернобаева. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 639 с. Серия Бакалавр. Базовый курс.

3. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

4. История России (IX – начало XXI вв.): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измолика. – М.: Гардарики, 2010. – 479с.

История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2010. – 544с.

. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

. История России в схемах: учебное пособие / А.С. Орлов, В.А. Георгиев, Н.Г. Георгиева, Т.А. Сивохина. – М., 2014. – 304 с.

. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

. Мунчаев Ш.М. Политическая история России. От Смутного времени до Беловежской Пуши / Ш.М. Мунчаев, В. М. Устинов. – 2-е изд., пересмотр. – М.: Норма, 2009. - 736 с.

. Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Орлов А.С., Георгиева Н.Г., Георгиев В.А. Исторический словарь. – 2-е изд.. Москва:Проспект, 2015. – 592 с.

. Оськин М.В. История Первой мировой войны. - М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с.

. Семин В.П. История России: учебник / В.П. Семин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 440 с. – (Бакалавриат).

14. Семин В.П. История России: проблемы и вопросы: учебное пособие / В.П. Семин, М.В. Шадская. – М.: КНОРУС, 2015. – 654 с.(Бакалавриат).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Е.В. История России от Рюрика до Путина. Люди. События. Даты. – СПб.: Питер, 2008.- 588с.

2. Анисимов Е.В. Императорская Россия. – СПб.: Питер, 2012. – 640 с.

- . Артемов В.В. История Отечества: С древнейших времен до наших дней: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.В. Артемов, Ю.Н. Лубченков. – 14-е изд, стер. - М.: Издат. центр «Академия», 2010. – 360с.
- . Басовская Н.И. Антигерои истории. Злодеи. Тираны. Предатели / Н. Басовская. – М.: АСТ, 2013.
- Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце / М.П. Бок. – М., 2006.
- Будницкий О.В. Терроризм в российском освободительном движении: идеология, этика, психология (вторая половина XIX - начало XX вв.) / О.В. Будницкий. – М., 2000.
- В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с.
- Вернадский Г.В. Русская история: учебник. - М., 2001.
- . Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с.
- Гумилев Л.Н. От Руси до России. - М., 2006.
- . Гуц А.К. Многовариантная история России. - М., СПб; 2001.
- Данилов А.А. История России с древнейших времен до наших дней в вопросах и ответах: Учебное пособие. - М.: ТК Велби, Из-во Проспект, 2004.- 320с.
- . Дервянко А.П. История России: с древнейших времен до конца XX в. - М.,
- . Дворниченко А.Ю. Отечественная история (до 1917 г.): учебное пособие для студ. вузов. - М., 2005.
- Дойчер И. Троицкий. Вооруженный пророк. 1879 – 1921 / И. Дойчер (пер. с англ. Т.М. Шумиловой). – М., 2006.
- . Загладин Н.В., Козленко С.И. История Отечества XX- начала XXI вв. - М.,
- . Золотарев В.А. Военная история. - М., 2001.
- . Игнатов В.Д. Палачи и казни в истории России и СССР / В.Д. Игнатов. – М.: Вече, 2013.
- История России / Под ред. А.С. Орлова, В.А. Георгиева. - М., 2003.
- . История России: учебник / Под ред. В.Г. Деева, Ю.И. Казанцева. - М.- Новосибирск, 2000.
- Каменский А.Б. От Петра I до Павла I: Реформы в России XVIII в.: опыт целостного анализа / А.Б. Каменский. – М., 2001.
- . Каррер А.Э. Екатерина II. Золотой век в истории России. - М., 2006.
- . Кизеветтер А.А. Исторические очерки: из истории политических идей. Школа и просвещение. Русский город в XVIII в. Из истории России в XIX в. - М., 2006.
- . Кириллов В.В. Отечественная история XX- начала XXI вв. - М., 2004.
- Козляков В.Н. Марина Мнишек / В.Н. Козляков. – М., 2005.
- Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства / Э.С. Кульгин. – М., 2006.
- Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- 64с.

Лукьянов Л.П. Восточные славяне: разве это мы? Эволюция VI – X вв. / Л.П. Лукьянов. – М., 2004.

. Маринович Л.П. Античная и современная демократия: новые подходы к сопоставлению. - М., 2007.

. Медведев Ф. Н. О Сталине без истерик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.

. Миллер А.И. Империя Романовых и национализм: эссе по методологии исторического исследования. - М., 2006.

. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. - Екатеринбург, 2004.

М

у НЭП: экономические, политические и социокультурные аспекты / А. Сенявский, В.Б. Жиромская, С.В. Журавлев и др. – М.: РОССПЭН, 2006. – 544с.

м Озерский В.В. Правители России от Рюрика до Путина. История в портретах. Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 352с.

д Ольштынский Л.И. Угроза фашистского мирового господства: история и современность (взгляд из XXI в.). - М., 2003.

н Павленко Н.И., Андреев И.Л. История России с древнейших времен до конца XVII в. - М., 2001.

. Павленко Н.И., Ляшенко Л.М., Твардовская В.А. История России XVII – XIX вв. - М., 2001.

Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. – М., 2006.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - СПб., 2001.

т Пути России. Историзация социального опыта / Том XVIII. – Новое литературное обозрение, 2013.

чРоссия, Польша, Германия: история и современность европейского единства в идеологии, политике и культуре / Сост. Б.В. Носов. - М.: Индрик, 2009. – 368с.

Савицкий В.Д. Три века российского самовластия: сомнения, недоумения, коррективы – СПб., 2004.

еСвердлов М.Б. Домонгольская Русь: князь и княжеская власть на Руси VI – первой трети XIII вв. – СПб., 2003.

нСемин С.В. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 653с.

Синелина Ю.Ю. Секуляризация в социальной истории России. - М., 2004.

Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.

иСкрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.

сСоколов А.В. Интеллигенты и интеллектуалы в российской истории. – СПб.: Из-во СПб ГУП, 2007. – 344с.

оСоколофф Ж. Бедная держава: История России с 1815 года до наших дней / Пер. с фр. Н.Ю. Панина. – М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. – 882с.

иСтепанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – 584с.

н

о

в

е

. Троцкий Л. Сталин. Красный «царь» / Л. Троцкий, И. Дойчер, Т. Клифф. – М.: Алгоритм, 2013.

Федоров В.А. История России с древнейших времен до наших дней. - М.,

Человек-Общество-Армия-Война: сборник докладов на XXIII Военно-научной конференции 23 окт. 2008 г. – Екатеринбург: ГУ, 2008. – 232с.

Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век / Н.Я. Эйдельман. – М., 2006.

Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы / С.А. Экштут. – СПб., 2004.

Юрьевская Е.М. Александр II / Е.М. Юрьевская. – М., 2004.

. Яковер Л.Б. История России. - М., 2002.

ИСТОЧНИКИ

1. Восстание декабристов. Документы. Т.1-18. - М.; Л., 1925-1986.

2. Законодательные акты Русского государства втор. пол. XVI – перв. пол. XVII в. - Л., 1986.

3. Кушнир А.Г. Хроноскоп: летопись фактов и событий отечественной истории за два тысячелетия от Рождества Христова. - М., 2003.

4. Шмидт С.О. Памятники письменности в культуре познания истории России. Т.1. Допетровская Русь. - М., 2007.

5. Памятники русского права. Вып. 1-8. - М., 1953-1961.

6. Печенев В.А. «Смутное время» в новейшей истории России (1985 – 2003 гг.): исторические свидетельства и размышления участника событий. - М., 2004.

7. Полное собрание русских летописей. Т.1-39. - СПб.; М.; Л., 1841-1990.

8. Программы политических партий России конец XIX – первая половина XX вв. - М., 1995.

9. Российское законодательство с древнейших времен до начала XX в. Т.1-6. - М., 1984-1988.

10. Русская православная церковь в советское время (1917-1991 гг.) / Сост. Г.Штриккер. Кн. 1-2. - М., 1995.

11. Соловьев С.М. Публичные чтения по истории России. - М., 2005.

12. Сталинское Политбюро в 1930-е годы. Сборник документов. - М.,

13. Хрестоматия по отечественной истории. 1914-1945 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

14. Хрестоматия по отечественной истории. 1946 - 1994 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

4. СЛОВАРИ, СПРАВОЧНИКИ

1. Государственность России: словарь-справочник. - М., 1996.

Данилов А.А. История России IX-XIX вв.: справочные материалы. - М., 1997.

3. История России: тысячелетие дипломатии и войн. Вып.1-2. - Екатеринбург, 1995.

Похлебкин В.В. Внешняя политика Руси, России и СССР за 1000 лет в именах, датах и фактах. Справочник. Вып. 1-3. - М., 1992.

Похлебкин В.В. Татары и Русь. 360 лет отношений Руси с татарскими государствами в XIII – XIV вв. 1238-1598 гг. (от битвы на р. Сить до покорения Сибири): Справочник / В.В. Похлебкин. – М., 2005.

Политические партии России конец XIX – первая половина XX вв. Энциклопедия. - М., 1995.

Политические деятели России 1917 г. Биографический словарь. - М., 1993.

5. ВЕБ-РЕСУРСЫ

1. Хрестоматия электронных текстов на сайте «Заметки на полях»

2. Библиотека электронных ресурсов на сервере исторического факультета М

3. История. Приложение к газете «Первое сентября» (<http://www.1September.ru/ru/his.htm>).

4. Российский электронный журнал «Мир истории» (<http://www.tellur.ru/~t>

5. Журнал «Новая и новейшая история» (<http://www.bitpro.ru/CATALOG/>).

6. Материалы Независимого теоретического семинара "Социокультурная методология анализа российского общества". Ряд материалов посвящен различным аспектам истории России и ее культуры (<http://scd.plus,centre.ru/>).

7. Алтайский региональный исторический сервер: виртуальный читальный зал, ресурсы, ссылки (<http://hist.den-asu.ru/sourses.shtml>).

8. "Сибирская Заимка". Сервер посвящен истории Сибири: опубликованные научно-популярные, научные работы, касающиеся с

9. Сервер об истории и устройстве Русской православной церкви h

t 10. Коллекции ссылок на исторические ресурсы в сети Интернет: на сервере исторического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (<http://www.hist.msu.ru/Links/worldu.htm>).

на Алтайском историческом научно-образовательном сервере Ассоциации «

И на сервере издательства «Клио» (<http://www.history.ru/hist.htm>).

с

т

о

ХIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Демонстрационные / иллюстративные материалы

- и - карты и атласы по Отечественной истории;
- я - учебники и учебные пособия;
- и - раздаточные материалы для дискуссий, организации дебатов, тестирования;
- мел, доска.

к

2. Технические средства

- о - компьютерная техника, мультимедийное оборудование:

м

п

ь

ю

- 1) экран;
- мультимедийный проектор проектор;
- 3) ноутбук (или персональный компьютер);
- 4) колонки, микрофон.

Приложение1.

Тема 2. СЛАВЯНСКИЙ ЭТНОГЕНЕЗ

- Теории этногенеза восточных славян
- Природные условия и территория расселения восточных славян
- Экономическое развитие и общественный строй восточных славян
- Обычаи, нравы и верования восточнославянского этноса

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Этногенез — весь процесс существования и развития этнической системы от момента ее возникновения до исчезновения. Существует множество концепций происхождения и прародины славян, среди них ведущие позиции занимают: миграционная (пришли на Восточно-Европейскую равнину): а) «дунайская» (С.М. Соловьев, В.О. Ключевский), б) «прибалтийская» (М.В. Ломоносов, А.Г. Кузьмин); автохтонная - славяне как этнос сформировались на территории Восточно-Европейской равнины и являлись исконным населением (Б.А. Рыбаков); 3) одерско-висловская — прародиной славян считается территория между Одером и Вислой; одерско-днепровская - район между Одером и Средним Днепром (М.С. Шумилов,

С.П. Рябикин).

2. Праославяне принадлежали к Древнему индоевропейскому единству, сложившемуся в V—IV вв. до н.э. в северо-восточной части Балкан и на территории Малой Азии. На рубеже III—II вв. до н.э. на основе развития в Евразии пастбищного скотоводства индоевропейские племена в поисках пастбищ ушли в Среднюю Азию и Северную Индию. Формируются этнографические группы: кельтская, германская, романская (славянская), греческая, иранская, балтийская. Появление славян как самостоятельного этноса датируется I в. до н.э. В античных источниках в первом веке нашей эры славян знали под именами «антов» и «венедов». С VI в. н.э. закрепился термин — «славяне». В ходе Великого переселения народов, проходившего в III—VII вв., славяне, осваивая различные территории, разделились на три ветви: западную (поляки, чехи, словаки и др.), южную (болгары, сербы, хорваты и др.) и восточную (белорусские, русские и украинские народы). Восточные славяне в VI—VII вв. заняли территорию: с севера на юг — от Невы и Ладожского озера до Среднего Приднепровья и с запада на восток — от Карпатских гор до Средней Оки и верховьев Дона.

3. Климат в средней полосе Восточно-Европейской равнины был континентальный. Вся жизнедеятельность людей была связана с лесом. Его использовали как строительный материал, топливо, для изготовления домашней утвари. Не менее благоприятное влияние на жизнь людей оказывали реки. Они служили средством общения между племенами, снабжали людей рыбой для еды и обмена. По берегам рек шло расселение славянских племен, строились поселения, в дальнейшем города. Речные пути приобретали и международное значение: с VI в. появился водный торговый путь «из варяг в греки», позволявший торговать восточным славянам с Византией, другой путь, «из варяг в персы», служил сообщением с волжскими болгарами, Хазарским каганатом и далее — со Средней Азией и арабским миром.

4. Восточные славяне делились на племенные союзы, и местами их расселения были: по западному берегу Днепра и реке Рось жили поляне; на запад от них по Припяти селились древляне, а севернее — дреговичи; по Оке — вятичи; вокруг озера Ильмень — ильменские словене; по реке Сож — радимичи; в верховьях Волги, Днепра, Западной Двины — кривичи; по среднему течению реки Днепр и по реке Десна — северяне.

5. Основными занятиями славян были охота, рыболовство, скотоводство, бортничество. Позже славяне начали заниматься земледелием. Существовало две системы земледелия: на юге, где была лесостепь, — перелог; на севере, где росли непроходимые леса, в основном была подсечно-огневая.

6. Во главе каждого племени или рода у восточных славян стоял старейшина. Существовал совет старейшин, где обсуждались различные вопросы, а также общее собрание рода или племени — вече. Верховным судьей и предводителем войска был князь. Ему подчинялись военные люди, составлявшие княжескую дружину. Такое управление позже получит

название военной демократии.

7. По своим верованиям древние славяне были язычниками. Они поклонялись явлениям природы, обожествляя их. У восточных славян были свои языческие праздники, связанные с временами года и земледельческими работами (Масленица, I праздник Ивана Купалы, праздник урожая и т.д.). Известно, что у славян довольно долго сохранялся закон кровной мести.

Тема 3. КИЕВСКАЯ РУСЬ В IX-XII ВВ. РУСЬ В ЭПОХУ ФЕОДАЛЬНОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ. БОРЬБА РУССКИХ ЗЕМЕЛЬ С ВНЕШНИМИ ВТОРЖЕНИЯМИ

- Киевская Русь: социально-экономическое, политическое и культурное развитие (IX- начал. XII вв.)
- Эпоха феодальной раздробленности на Руси. Основные политические центры (XII-XIII вв.)
- Борьба с иноземными нашествиями в XIII в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Возникновение русского государства имело ряд особенностей, связанных с географическим положением его меж Европой и Азией и неимением естественных географически раниц, а также необходимостью совместной защиты живущих здесь племен от внешних врагов, которая сплачивала их и заставляла создавать сильную государственную власть.

2. Вопрос о происхождении государственности на Руси до сегодняшнего дня остается спорным в среде историков. В XVIII в. немецкие ученые на русской службе Г.З. Байер, Г.Ф. Миллер разработали норманнскую теорию, согласно которой государство на Руси было создано норманнами (варягами). Против этой концепции выступил М.В. Ломоносов, положив начало полемике между норманистами и антинорманистами, которая продолжается уже более двух столетий.

3. Историки делят историю Киевской Руси на три периода:

- первый - период становления Древней Руси при первых князьях Рюриковичах (вторая половина IX - последняя треть X вв.);
- второй - период расцвета Киевской Руси при Владимире I и Ярославе Мудром (конец X - первая половина XI вв.);
- третий — период начала территориальной и политической раздробленности Древнерусского государства и его распада (вторая половина XI — Первая треть XII вв.).

4. Перед киевскими князьями стояло несколько задач:

- 1) объединение восточных славян под властью Киева;
- 2) укрепление государства и распространение своей власти внутри страны;
- 3) торговля с

Византией; 4) борьба со степными кочевниками: хазарами, печенегами, половцами.

5. Первые князья Киевской Руси: Рюрик, Олег, Игорь, Ольга — настойчиво расширяли свои владения, подчиняли себе восточнославянские племена, сменяя местных племенных князей на присланных наместников из Киева. Новгородские бояре в 862 г. пригласили княжить в Новгород Рюрика — начальника отряда варягов, который положил начало династии Рюриковичей. В 882 г князь Олег захватил Киев, тем самым объединив северные и южные племенные союзы. Киев назвал «матерью городов русских». Олег стал великим киевским князем. В 907 г. в результате успешного похода князя Олега на Царь град были урегулированы отношения между Русью и Византией. Князь Игорь предпринимает два похода на Византию и заключает договор о мире, торговле и взаимной помощи, обеспечивает беспрепятственную торговлю в Царь граде. В 945 г. при попытке повторного сбора дани с древлян был убит. Его вдова княгиня Ольга отомстила за смерть мужа, навела порядок в русских землях, ввела законы налогового права «уроки и погосты», в конце жизни посетила Царь град и крестилась там в православие. Ее сын князь Святослав, выдающийся древнерусский полководец, предпринял ряд удачных походов: разбил хазар, затем волжских булгар, подчинил вятичей; но вел неудачную войну с Византией, был убит печенегами.

6. Сын Святослава — Владимир Красное Солнышко — стал объединителем всех земель восточных славян в состав Киевской Руси. Он организовал надежную систему обороны ее степных границ от кочевников. В годы его правления Русь принимает христианство (988 г.). После смерти Владимира начались междоусобные войны его сыновей. Пасынок Владимира Святополк Окаянный убил своих братьев Бориса, Глеба и Святослава, захватил Киев, но старший из братьев, Ярослав, наместник Новгорода, победил Святополка и стал великим киевским князем.

При Ярославе Мудром Киевская Русь достигла вершины своего могущества. Ему подчинялись земли от Черного моря до Баренцева. Он разбил печенегов, укрепил международные связи при помощи политических браков с такими странами, как Швеция, Норвегия, Польша, Франция, Византия. В годы его правления появился первый свод русского законодательства Русская Правда. Происходит культурный расцвет русского государства.

7. После смерти Ярослава Мудрого наследники не смогли сохранить единство русской земли. Раздоры князей, половецкие набеги, волнения горожан заставили киевскую знать в начале XII в. призвать на княжение внука Ярослава Мудрого - Владимира Всеволодовича Мономаха. Он совершил успешный поход на половцев, восстановил на короткий срок единство русских земель, создав союз князей под руководством великого киевского князя. Его сын Мстислав на короткий период удерживает относительную целостность Руси. Но после его смерти Русь начинает распадаться на самостоятельные княжества и земли.

8. В IX—XIII вв. основной сферой хозяйственной деятельности в Древней Руси было земледелие. Большое развитие получили города как центры ремесла и торговли. В X—XI вв. доминировала государственная собственность на землю, которая позволяла киевским князьям взимать дань с подвластного населения. Во второй половине XI в. в различных русских землях возникло частное землевладение — княжеские, боярские и монастырские вотчины.

9. Русь в X—XII вв. представляла собой раннефеодальную монархию с великим князем во главе. При князе состояли дружинники, ведавшие сбором дани, судом. В городах назначались князем посадские и воеводы. Вассалами князя являлись его родственники, правители удельных земель. Феодалы платили князю дань, но своими вотчинами распоряжались самостоятельно. Основными социальными категориями этого периода являлись: высшие классы - князья, бояре и другие собственники больших земельных имений, богатые купцы в городах; средний класс — купцы и мастера - ремесленники (в городах), владельцы средних и небольших имений (в сельской местности); низшие классы - беднейшие ремесленники и крестьяне, заселявшие государственные земли. Кроме свободных людей, в Киевской Руси существовали также полусвободные (закупы, рядовичи) и невольники (холопы, челядь).

10. Во второй трети XII в. (1132 г.) на Руси начался длившийся до конца XV в. период феодальной раздробленности. Причинами ее были: 1) ослабление власти киевских князей и укрепление власти феодалов на местах, в результате роста крупных землевладений; 2) отсутствие прочных экономических связей между областями: не было общего рынка, господствовало натуральное, феодально-вотчинное хозяйство; 3) отсутствие серьезной внешней угрозы для всей восточнославянской общности.

11. Политическими наследниками Киевской Руси стали 15 крупных княжеств и феодальных республик. Наиболее значительными были Владимиро-Суздальское княжество, Новгородская боярская республика и Галицко-Волынская земля - три политических центра, имевших огромное влияние на развитие соседних с ними земель. Своеобразный уклад общественной и политической жизни образовался в Новгородской земле. Власть в Новгороде фактически принадлежала богатому боярству. Оно держало в руках городское собрание свободных граждан — вече. Вече избирало из числа бояр посадника, тысяцкого, командовавшего народным ополчением, архиепископа, ведавшего казной и внешними отношениями. Новгородская боярская республика была огромным государством, занимавшим территорию от Верхней Волги до Балтийского и Белого морей, просуществовала около трех с половиной столетий.

12. Последствия феодальной раздробленности имеют как знак плюс, так и знак минус. За годы феодальной раздробленности происходило развитие политической, экономической, культурной жизни русских земель. Но княжеские усобицы, постоянное дробление княжеств между наследниками, разрушительные войны ослабили обороноспособность и

политическое единство страны.

13. Раздробленная на обособленные княжества Русь не смогла собрать достаточно сил для отпора татаро-монголов. В конце XII — начале XIII вв. в Центральной Азии возникло монгольское государство, возглавил его Темучин, который в 1206 г. был провозглашен великим ханом под именем Чингисхан. Армия монголов под его руководством начала завоевательные походы. В 1223 г. на реке Калке произошло первое столкновение русских войск совместно с половцами с монгольским войском, где объединенные войска потерпели поражение. Внук Чингисхана Батый в 1237 г. начал покорение Северо-Восточной Руси. В 1238 г. были завоеваны: Рязань, Коломна, Москва, Ростов, Ярославль, Тверь, Юрьев; в 1239 г. — города Переславль и Чернигов, в 1240 г. пал Киев, захвачена Галицко-Волынская земля. В 1242 г. на Нижней Волге возникла Золотая Орда - мощное татаро-монгольское государство, в состав которого вошли завоеванные русские земли, где Батый и его преемники частично сохранили систему управления, сложившуюся до нашествия.

14. Практически одновременно с нашествием татаро-монголов на южные русские княжества шведские корабли вошли в устье реки Невы с целью захвата Новгорода и Пскова и насаждения католической веры. 15 июля 1240 г. князь Александр Ярославич выигрывает сражение над шведами на Неве, за что получает прозвище Невский. Вслед за шведами на русские земли нападают объединенные силы Ливонского ордена при поддержке датских и немецких рыцарей и захватывают город Изборск, а затем и Псков. В 1242 г. Александр Невский освобождает эти города. Решающая битва между новгородским войском и силами Ливонского ордена состоялась 5 апреля 1242 г. на Чудском озере. Рыцарское войско потерпело сокрушительное поражение. В результате было остановлено наступление рыцарей на Северо-Западную Русь.

15. Татаро-монгольское иго (1240—1480) — это сложная система, главной целью которой было использование военного и экономического потенциала Руси в интересах Золотой Орды. Оно характеризовалось: в экономической сфере — ежегодной выплатой огромной дани татаро-монголам: в политической — жестким контролем Орды за деятельностью русских князей при помощи выдачи ярлыков на княжение; в культурной — принудительным использованием русских мастеров для строительства и укрепления городов Золотой Орды, расхищения татарами материальных и художественных ценностей, веками накопленных в русских городах.

16. Татаро-монгольское иго привело к длительному упадку в культурной, хозяйственной жизни русского общества, политической зависимости Северо-Восточной Руси от Золотой Орды, искусственно изолировав эти земли от западного мира и Византии. Возможности влияния греческой православной цивилизации на Русь резко уменьшились, но воспринятые ранее традиции уже укоренились в восточнославянском церковном быту и развивались на новой почве. Власть Орды создавала серьезные проблемы для русского общества, уродливо деформируя многие

государственные структуры. Однако постепенно стали складываться объединительные тенденции в русских княжествах.

Тема 4. СКЛАДЫВАНИЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВА В XIV-XVI ВВ.

- Предпосылки образования единого русского государства
- Объединение русских земель вокруг Москвы. Начало государственной и политической централизации (XIV - начало XV вв.)
- Образование российского государства (конец XV - начало XVI вв.)
- Российское государство в XVI веке. Иван Грозный

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Предпосылками объединения русских земель в единое государство были: развитие феодального землевладения; стремление бояр приобретать вотчины за пределами своих княжеств; укрепление на Руси власти и лидерства московских князей; наличие общей официальной религии — православия во всех русских землях; необходимость освобождения от ордынского ига.

2. Причинами возвышения Московского княжества как центра объединения русских земель являлись: личностные качества первых московских князей, их политическая ловкость и хозяйственность; выгодное географическое положение, давшее приток населения, торговые и политические преимущества; поддержка со стороны Церкви и перенос центра русского православия из Владимира в Москву; содействие Орды; получение ярлыков на княжение (с Ивана Калиты — на великое княжение).

3. Возвышение Московского княжества происходило в самом начале XIV в. Оно связано с именем младшего сына Александра Невского князя Даниила Александровича, который получил в удел небольшой городок Москву, явился основателем династии московских князей. При князе Данииле началось постепенное расширение Московского княжества. В его состав вошли; отвоёванная у рязанского князя Коломна, присоединенный Можайск, земли Переяславского княжества. В результате территория Московского княжества увеличилась почти в 2 раза.

4. Основы политического и экономического могущества Москвы были заложены при сыне князя Даниила - Иване Данииловиче (1325—1340) по прозвищу Калита. При нем борьба Москвы и Твери за великокняжеский престол завершается победой Московского княжества. Иван Даниилович, разгромив восстание в Твери, получил ярлык на великое княжение. В годы его правления митрополичья кафедра была перенесена из Владимира в Москву, тем самым Москва стала религиозным и идеологическим центром Руси. Иван Калита добился необходимой передышки от ордынских вторжений, давшей возможность поднять экономику и накопить силы для

борьбы с татаро-монголами, получил право сбора дани с русских княжеств и доставки ее в Орду, значительно расширил свои владения (подчинил княжества: Галичское, Угличское, Белоозерское).

5. Дальнейшее усиление Московского княжества происходит при внуке Ивана Калиты — князе Дмитрие Ивановиче по прозвищу Донской (1359—1389). В годы его правления соотношение сил на Руси изменилось в пользу Москвы. Этому процессу способствовало следующее: построен всего за два года неприступный белокаменный Кремль Москвы — единственная каменная крепость на территории Северо-Восточной Руси; отбиты притязания на общерусское лидерство Нижнего Новгорода, Твери, отражены походы литовского князя Ольгерда; в 1378 г. на реке Воже объединенными русскими силами были разбиты монголы. С этого времени борьба против Орды приняла характер организованных военных сражений. Решающее сражение произошло летом 1380 г., когда хан Мамай, заключив союз с литовским князем, выступил против русских. Дмитрий Иванович, получив благословение игумена Троицкой обители Сергия Радонежского и поддержку православной церкви, на Куликовом поле разбил войска Орды. Это было первым шагом обретения Русью национальной независимости. Однако Москва была снова разорена в 1382 г. Тохтамышем и вынуждена платить дань. Перед смертью Дмитрий Донской передал великое княжество Владимирское своему сыну Василию (1389—1425) по завещанию как отчину московских князей, не спрашивая права на ярлык в Орде. Это стало началом нового этапа отношений между Ордой и зависимой пока Русью.

6. Василий I сумел упрочить положение Москвы как центра русских земель. Он присоединил Нижегородское, Муромское, Тарусское княжества, некоторые владения Великого Новгорода. Подавляющая часть князей, еще сохранившая свой суверенитет, вынуждена была в той или иной мере подчиняться ему. В военных и дипломатических отношениях с Ордой и Литвой Василий I выступал уже от имени всей Северо-Восточной Руси.

7. После смерти Василия I процесс объединения русских земель был приостановлен ожесточенной феодальной войной, которая продолжалась с переменным успехом в течение 20 лет (1433—1453), принося разорение земель, упадок многих городов, ордынские набеги. Феодальная война закончилась победой сил централизации. Василий II Темный сумел победить и укрепить великокняжескую власть.

8. После смерти Василия II Темного московский престол занял его старший сын Иван Васильевич, ставший соправителем отца еще при его жизни. Именно ему выпало завершение процесса объединения русских земель и свержения золотоордынского ига. В правление Ивана III закончилось собирание земель под власть Москвы, были заложены основы российского самодержавия; укреплен государственный аппарат; повысился престиж Москвы. В годы его правления были присоединены Великое Ярославское княжество (1463), Пермский край (1472 г.), Великое Ростовское княжество (1474), Новгород и его владения (1478), Великое княжество Тверское (1485), Вятская земля (1489). Великие и удельные князья отказались

от верховных прав в своих владениях и перешли под политическое покровительство московского князя. Иван III стал именоваться государем всея Руси. В целом единое государство было создано и окончательно утвердило свою независимость, так как Иван III отказался ездить в Орду и посылать дань. Попытка хана Ахмата восстановить права Орды закончилась в 1480 г. стоянием на реке Угре и бегством татар.

9. Иван III расширил международные связи, установил дипломатические отношения с Германией, Венецией, Данией, Венгрией и Турцией, женился на Софье Палеолог, племяннице последнего византийского императора. Московский князь распоряжался землей, набирал себе войско. Высшим совещательным органом при государе становится Боярская дума. Представители князя распоряжались казной, командовали войсками, управляли областями. В 1497 г. для закрепления централизованной системы управления и суда на всей территории государства был издан свод законов - Судебник, который юридически подтвердил политический и социальный строй русского феодального государства. После падения Византии под ударом турок (1453) Москва стала ее преемницей. Россия была последним оплотом православия и способствовала определенной идеологизации верховной государственной власти. С XVI в. распространяется идея о Москве как о Третьем Риме, в котором тесно переплетаются религиозные и политические мотивы. Новое значение великого князя Московского отразилось на государственном праве. Иван III передал по наследству своему старшему сыну Василию целый ряд политических преимуществ. Василий III фактически завершил объединение Великороссии и превратил Московское княжество в национальное государство. Образовалась крупнейшая в Европе держава, которая с конца XV в. стала называться Россией.

10. Все XVI столетие шло стремительное расширение границ Российского государства. Вслед за Василием III, после регенства Елены Глинской (1533—1538) и боярского правления (1538-1547), политику собирания русских земель успешно проводил Иван IV Грозный (1547—1584). Несмотря на неудачную Ливонскую войну, в результате присоединения к Российскому государству Казанского ханства, Астраханского ханства, присоединения Башкирии, вхождения в состав России народов Западной Сибири, Россия стала одним из крупнейших государств в Европе и Азии.

11. После смерти Василия III идут годы боярского правления. Лишь в 1547 г. 18-летний Иван Васильевич официально венчался на царствование. Начальный период его правления ознаменовался крупными внутри- и внешнеполитическими успехами.

12. Реформы Ивана IV 40—50-х гг. XVI в.: 1) при царе сложилась Избранная рада (князь Курбский, Алексей Адашев, митрополит Макарий и др.), которая разработала и провела множественные реформы центрального и местного управления; 2) было создано всеобщее высшее государственное учреждение — Земский собор — в противовес Боярской думе, где решались вопросы общегосударственного значения; 3) в 1550 г. был принят новый Судебник, ограничивший права наместников и впервые вводивший наказание

за взяточничество; 4) изменилось центральное государственное управление - создана система специализированных приказов; 5) была реорганизована система местного управления; 6) проведена реформа налогообложения; 7) было организовано первое постоянное войско из стрельцов; 8) унифицирована денежная система. Таким образом, проведенная серия реформ повысила централизацию и эффективность управления, оформила государственный аппарат, который до этого времени носил черты великокняжеского правления.

13. В период 1565—1572 гг. политика Ивана IV получила название «опричнина». Государство было разделено на две части опричнину — особый государственный удел, где право подменялось произволом монарха, и земщину под управлением Боярской думы. Целями опричнины были: 1) установление неограниченной власти царя; 2) борьба с феодальной аристократией (самостоятельностью боярства); 3) ликвидация остатков феодальной раздробленности (удельных княжений, Новгородской вольницы). Опричнина привела к перераспределению земельных владений среди господствующих сословий и вылилась в массовый террор. Вначале он был направлен против аристократии, а затем против всех остальных слоев общества, и особенно городских. В целом задача, поставленная Иваном Грозным, — сломить сопротивление оппозиции, усилить власть царя - была решена. Опричнина объективно способствовала дальнейшей централизации государства. Но, с другой стороны, она имела губительные последствия для экономического и нравственного состояния общества: 1) экономический кризис в стране; 2) следствием сокращения посевных площадей стал голод (500 тыс. умерших); 3) опричнина, разорив крестьян и стимулировав их бегство, послужила одной из причин принятия первых закрепостительных актов. В 1581 г. был издан указ о заповедных годах, в котором запрещались переходы крестьян. Помещики, потеряв крестьян, пытались получить большой оброк с оставшихся; 4) подорваны резервы России в целом.

14. В конце жизни Ивана Грозного ожидала трагедия: вместе со смертью убитого им сына Ивана погибла надежда на достойного преемника на российском троне. Второй сын, Федор, был слабоумным, а третий — Дмитрий — родился лишь в 1582 г. Когда в 1584 г. Иван IV умер, царем был провозглашен Федор, при котором фактически правил Борис Годунов. А после трагической гибели царевича Дмитрия и смерти в 1598 г. бездетного Федора прекратилась династия Рюриковичей на Российском троне. Царем Земский собор избрал Бориса Годунова.

Тема 5. РУССКОЕ ГОСУДАРСТВО В XVII В.

- Смутное время (1598-1613)
- Социально-экономическое развитие России в XVII в.
- Формирование абсолютной монархии в России

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Смутное время (1598—1613) — это период глубокого социально-экономического, политического и духовного кризиса русского общества. Сначала династический кризис — пресечение династии Рюриковичей и борьба боярства за власть. Затем, как результат этой неразборчивой в средствах борьбы с привлечением русских авантюристов и иностранных наемников, — полная потеря государственной власти — государственный кризис. С ослаблением власти нарастал социальный кризис. Он выражался в многочисленных мятежах. В обществе действовал нравственный кризис.

2. Причинами Смуты, по мнению историков, являлись: 1) последствия опричнины Ивана Грозного; 2) стремление различных слоев общества улучшить свое сословное положение; 3) династический кризис; 4) падение нравственности; 5) неурожай и голод 1601-1603 гг.; 6) активность казачества в связи с попытками правительства подчинить казацкие земли; 7) иностранная интервенция.

3. Основные события Смутного времени можно разбить на три этапа: 1) 1598-1605 гг. — пресечение династии Рюриков, правление Бориса Годунова, неурожай и массовый голод в стране (1601—1603), нарастание социальной напряженности в России, воцарение Лжедмитрия I; 2) 1606—1610 гг. — царствование Василия Шуйского; крестьянское восстание под руководством И. Болотникова, начало польско-шведской интервенции, появление Лжедмитрия II (по прозвищу Тушинский вор); 3) 1610- 1613 гг. — правление Семибоярщины; действия первого и второго ополчений, освобождавших Москву от польских интервентов; установление новой династии Романовых

4. Последствием событий Смуты во внешней политике было восстановление территориального единства России, хотя часть русских земель оставалась за Речью Посполитой и Швецией. Во внутривнутриполитической жизни государства: дальнейшее ослабление позиций боярства, могущество которого было подорвано в годы опричнины; возвышение дворянства, получившего новые поместья и возможности для окончательного закрепощения крестьян; тяжелые экономические потрясения, финансовые проблемы, что повлекло за собой закрепощение посадского и сельского населения; войны XVII в.

5. Основное значение Смуты состоит в том, что, в отличие от многих других гражданских войн во всемирной истории, она завершилась не установлением нового общественного строя, а восстановлением, реставрацией монархической государственности. В конкретных геополитических условиях того времени был избран путь дальнейшего развития России: самодержавие как форма политического правления, крепостное право как основа экономики, православие как идеология.

6. Несколько десятилетий понадобилось, чтобы преодолеть трагические последствия Смутного времени и вывести страну из кризиса. Восстановление экономики и изменения в ней происходили на фоне сильнейших социальных потрясений, не прекратившихся и после окончания Смуты. Медный, Чумной,

Соляной бунты, другие городские восстания, выступления стрельцов, мощное движение под предводительством Степана Разина, выступления, связанные с церковной реформой и расколом, сопровождавшим «бунташный» XVII в. буквально на всем его протяжении: последняя дата в истории Московского государства — Стрелецкий бунт 1698 г.

7. В XVII в. происходил дальнейший рост феодальной земельной собственности, передел земель внутри господствующего класса. Новая династия Романовых, укрепляя свое положение, широко использовала раздачу земель дворянам. В центральных районах страны практически исчезло землевладение черносошных крестьян. Запустение центральных уездов в результате длительного кризиса и оттока населения на окраины явилось одной из причин усиления крепостного права.

8. В сентябре 1648 г. в Москве созван Земский собор, который выработал и принял новый Судебник — Соборное уложение (1649). Уложение закрепило статус, обязанности и привилегии основных сословий, отразило такую социальную тенденцию, как возрастание общественного веса и роль средних служилых слоев. Были расширены права поместных землевладельцев, дворяне получили право наследования поместья, могли обменивать поместья на вотчины. В Уложении по требованию дворян были включены статьи о запрещении расширения церковного землевладения. Одновременно, согласно Соборному уложению, крестьяне окончательно прикреплялись к земле, а посадское население — к посадкам. Уложение явилось юридическим оформлением системы крепостничества.

9. В XVII в. наблюдалось перерастание ремесла в мелкотоварное производство. Дальнейшее развитие получили центры металлургии и металлообработки, текстильных изделий, солеварения, ювелирное дело. Все это подготовило базу для появления мануфактур. К концу века в России насчитывалось 30 мануфактур. Но до 90-х гг. XVII в. металлургия оставалась единственной отраслью, где действовали мануфактуры. Кроме частновладельческих мануфактур, основывались казенные, при поддержке государства. Поскольку в стране не было свободных рабочих рук, государство стало приписывать, а позднее разрешило заводам покупать крестьян. Возрастает роль купечества в жизни страны. Большое значение приобрели постоянно собиравшиеся ярмарки: Макарьевская (около Нижнего Новгорода), Свенская (в районе Брянска), Ирбитская (в Сибири), в Архангельске и др., — где купцы вели крупную по тем временам оптовую и розничную торговлю. Наряду с внутренней, росла и внешняя торговля. В XVII в. значительно расширился обмен товарами между отдельными регионами страны, что говорило о складывании всероссийского рынка. Началось слияние отдельных земель в единую экономическую систему.

10. В 1653 г. патриарх Никон, желая укрепить упавший авторитет церкви, стал проводить реформу. Она началась с исправления богослужебных книг и унификации церковных обрядов. Предметом ожесточенных дискуссий, борьбы стала проблема выбора образцов для таких исправлений. Так Никон отстаивал греческие образцы, другая часть духовенства, во главе с

протопопом Аввакумом, — древнерусские. Разлад среди духовенства стал предпосылкой церковного раскола в масштабах страны. Раскол русской церкви отразил в себе изменения, произошедшие в духовной сфере. Общество разделилось на приверженцев новизны и почитателей старины. Реформа русской православной церкви создала духовную основу для прозападных преобразований, которые не замедлили последовать в конце XVII — начале XVIII вв.

11. В последней четверти XVII в. в политическом строе страны отчетливо выступают тенденции оформления абсолютизма: 1) в Соборном уложении была узаконена неограниченная власть самодержца, а также укреплен его побед над церковью, которая до этого времени претендовала на самостоятельную политическую роль; 2) роль Боярской думы и Земских соборов падает: последний Земский собор собирался в 1653 г.; из состава Боярской думы выделились Ближняя дума и Расправная палата, решавшие текущие судебные и административные дела; Алексей Михайлович, не желая зависеть от Боярской думы и руководства приказов, создал личную канцелярию — приказ Тайных дел (он стоял выше всех остальных, так как мог вмешиваться в дела всех государственных учреждений); 3) местничество постепенно отошло в прошлое. Все чаще на важные государственные посты назначали «худородных людей».

12. Внешнеполитический курс России на протяжении XVII в. был нацелен на решение следующих задач: 1) достижение выхода к Балтийскому морю; 2) обеспечение безопасности южных границ от набегов Крымского ханства; 3) возвращение отторгнутых в период Смутного времени территорий; 4) освоение Сибири и Дальнего Востока. Первая задача не была достигнута. Попытка России овладеть побережьем Финского залива в ходе Русско-Шведской войны (1656 - 1658) закончилась неудачно. Вторая задача стала главной во внешней политике России с начала 1670-х гг. Закончившаяся в 1681 г. Русско-Турецко-Крымская война (1676—1681) завершилась признанием права России на Киевские земли. Третья задача решалась Россией на протяжении 1630—1660 гг. Сопровождалась как неудачами в ходе Смоленской войны (1632—1634), так и победами русского оружия на фоне народных восстаний в Белоруссии и на Украине против польских феодалов. Земский собор 1653 г. принимает решение о воссоединении Украины с Россией. В свою очередь Переяславская рада в 1654 г. единодушно высказалась за вхождение Украины в состав России. Начавшаяся война с Речью Посполитой продолжалась 13 лет (1654—1667) и закончилась подписанием «Вечного мира» в 1686 г., по которому к России отошли Смоленщина, Левобережная Украина и Киев. Белоруссия оставалась в составе Польши. Четвертая задача решалась за счет освоения русскими окраин государства и новых земель: была освоена Восточная Сибирь, Чукотка, Камчатка; Приамурье вошло в состав России.

Тема 6. РОССИЯ В XVIII В.

- Модернизация России в правление Петра I
- Эпоха дворцовых переворотов
- Дворянская империя в 60-90-е гг. XVIII в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Несмотря на обозначившуюся тенденцию европеизации России в XVII в., в целом она значительно отставала от уровня развития европейских государств. Архаичная политическая, финансовая и военная система Российского государства не позволяла добиваться ощутимых результатов. Для того чтобы на равных бороться с европейскими державами и Османской империей за выход к морям, нужно было заимствовать отдельные достижения Европы. В этих условиях только модернизация жизни России помогла бы войти в круг европейских государств. Первой попыткой модернизации России, связанной с разложением феодализма, явились реформы Петра I.

2. В истории петровских реформ исследователи выделяют два этапа: до и после 1715 г. (В.И. Роденко, А.Б. Каменский): на первом этапе реформы носили хаотичный характер и были вызваны в первую очередь военными нуждами государства, связанными с ведением Северной войны. Проводились в основном насильственными методами и сопровождалась активным вмешательством государства в дела экономики (регулирование торговли, промышленности, налогово-финансовой и трудовой деятельности). Многие реформы носили непродуманный, поспешный характер, что было вызвано как неудачами в войне, так и отсутствием кадров, опыта, давлением старого консервативного аппарата; на втором этапе, когда военные действия уже были перенесены на территорию противника, преобразования стали более планомерными. Шло дальнейшее усиление аппарата власти, мануфактуры уже не только обслуживали военные нужды, но и производили потребительские товары для населения; государственное регулирование экономики несколько ослабло, торговцам и предпринимателям предоставлялась определенная свобода действий.

3. Важнейшим направлением преобразований Петра I было реформирование государственно-административной системы страны: а) вместо Боярской думы был учрежден Сенат - высший распорядительный орган по судебным, финансовым и военным делам. Он состоял из дворян, приближенных к царю; б) система приказов была заменена 11 коллегиями с четким разделением функций и коллективным принципом принятия решений; в) для контроля над деятельностью государственных органов была создана прокуратура во главе с обер-прокурором; г) была реорганизована система местного управления. Страна разделена на 8 губерний во главе с губернаторами. Губернии делились на провинции, провинции на уезды.

Городское управление было передано городским магистратам, члены которых избирались из купцов пожизненно; д) упразднено патриаршество и введено государственное управление православной церковью посредством нового органа — Святейшего синода, состоявшего из назначенных царем представителей духовенства; е) изменилась система престолонаследия (Указ 1722 г.), теперь монарх сам назначал себе преемника; ж) в 1721 г. Россия провозглашена империей.

4. В период осуществления петровских реформ произошли изменения в положении социальных групп в социально-сословной структуре общества: а) завершился процесс формирования дворянского сословия; б) издан указ о единонаследии, который юридически уравнил вотчинную и помещную собственность, наследником недвижимости мог стать только один из наследников, а остальным доставалось движимое имущество (фактический запрет на дробление поместий при наследовании); в) введение обязательной службы для дворян, при которой принцип прохождения («породы») заменен принципом выслуги; г) издание в 1722 г. Табеля о рангах, который разделил все военные и гражданские должности на 14 чинов, теперь прохождение от чина к чину зависело не от знатности рода, а от личных достоинств дворян.

5. Сущность военной реформы Петра I состояла в ликвидации дворянского ополчения и организации постоянной регулярной армии с единообразной структурой, вооружением, обмундированием и уставом. Введена рекрутская система на основе сословно-крепостнического принципа. Создан военно-морской флот.

6. В области экономики главным направлением стало создание мануфактур, сначала казной, а затем и частными лицами. Владельцы мануфактур получили право покупать крестьян, но не в личную собственность, а только для работы на данном предприятии (посессионные крестьяне). Возникали новые отрасли: судостроение, стекольное и фаянсовое дело, шелкопрядение, производство бумаги. В области внутренней и внешней торговли господствовала политика меркантилизма и протекционизма.

7. Реформы Петра I в области образования и культуры были направлены на просвещение общества, реорганизацию системы образования: а) была создана сеть школ начального обучения (цифирные школы); б) созданы специальные школы с профессиональной подготовкой: горная, канцелярская, школа переводчиков; в) организованы специальные технические учебные заведения: навигационная, артиллерийская, инженерная, медицинская школы; г) в 1725 г. — в Петербурге открыта Академия наук. Большое значение сыграла реформа гражданского шрифта, что способствовало более массовому потреблению книжной продукции; началось издание газеты «Ведомости». Был реформирован быт господствующего класса по западному образцу: бритье бород, ношение платьев по иноземным образцам. Упрощен дворцовый быт. Он стал более динамичен: на знаменитых ассамблеях не только пили и плясали, но и решали деловые вопросы. Все культурные преобразования касались только верхов общества.

8. Вся реформаторская деятельность Петра I была тесно связана с активной внешней политикой, борьбой за выход к Балтийскому, Черному и Каспийскому морям.

Первые Азовские походы совершены были еще в конце XVII в.: в 1695 г. — осада турецкой крепости Азов была неудачной, так как не было флота. После строительства 30 кораблей в 1696 г. Азов был взят и основана крепость Таганрог, но в 1710 г. пришлось отдать эти завоевания. Выйти к Черному морю не удалось.

Основные военные действия Петр I вел со Швецией в ходе Северной войны (1700—1721), шла война за Балтику. 30 августа 1721 г. был заключен Ништадтский мир: к России были присоединены: Эстландия, Лифляндия, Ингрия с Петербургом и I часть Карелии. Это был выход к Балтийскому морю. Россия стала великой морской державой. Был еще Персидский поход (1722—1723), в результате которого удалось получить западный берег Каспия, но вскоре пришлось его вновь отдать.

9. Оценка реформаторской деятельности Петра I далеко неоднозначна. Это был яркий пример реформ «сверху»: а) сделан огромный вклад в превращение России в империю с мощной армией и флотом. В конце своей жизни Петр I назвал Россию империей, хотя это не соответствовало реальности; б) создание промышленного производства способствовало гигантскому скачку производительных сил. Однако форсированное строительство делалось по западному образцу и проводилось жесткими методами, что привело к более грубой эксплуатации, чем даже суровые формы феодальной зависимости. Произошло огосударствление экономики и дальнейшее усиление крепостничества; в) проводимые реформы в области культуры привели к механическому перенесению культурных стереотипов Запада на русскую почву, что способствовало появлению тенденции подавления национальной культуры.

10. Смерть Петра I в 1725 г. привела к длительному кризису власти, Этот период в нашей истории получил название «дворцовые перевороты». За 37 лет от смерти Петра I до воцарения Екатерины II трон занимали шесть царственных особ, получивших престол в результате сложных дворцовых интриг или переворотов.

11. Дворцовые перевороты были связаны с тремя моментами: 1) указ о наследии престола 1722 г., предоставлявший монарху право назначать наследника, и при каждом новом царствовании возникал вопрос о преемнике престола; 2) переворотам способствовала незрелость русского общества, явившаяся следствием петровских реформ; 3) после смерти Петра I ни один дворцовый переворот не обошелся без вмешательства гвардии. Она была военной и политической силой, наиболее близко стоявшей к власти, четко осознававшей свои интересы при том или ином перевороте. В нее входили в основном дворяне, поэтому гвардия отражала интересы значительной Части своего сословия.

12. После смерти Петра I гвардейцами на престол была возведена его жена Екатерина I (1725—1727). При ней был создан Верховный тайный совет

(А.Д. Меньшиков, Д.М. Голицын и др.). ГоВет удерживал власть и при внуке Петра I - Петре II (1727—1730) до ссылки Меньшикова в 1727 г.

13. Совет превратился в орган старой родовой знати и после смерти Петра II возвел на престол племянницу Петра I, вдовствующую герцогиню Курляндии Анну Иоанновну (1730- 1740), с условиями ее марионеточной власти. Но прибыв в Москву, получив челобитные дворянства, она демонстративно порвала договор с Верховным тайным советом, упразднила его, передала управление Кабинету министров. Но власть во многом принадлежала фавориту императрицы Бирону и приближенным из прибалтийских немцев. Анна Иоанновна усиливает дворянские привилегии: сокращает срок службы дворян в армии до 25 лет, отменяет обязательное единонаследие, создает привилегированные учебные заведения для дворян, издает указы об исключительном праве дворян на владение землей и крепостными и праве дворян ссылать крестьян в Сибирь. После смерти императрицы престол занял сын ее племянницы Иван Антонович (при регентстве его матери Анны Леонидовны).

14. В 1741 г. гвардейцы, возмущенные засильем немцев, возвели на престол дочь Петра I Елизавету Петровну (1741-1761). При ней была сделана попытка восстановления роли органов правления, созданных Петром I, продолжена его политика на развитие российской промышленности; произошло ужесточение религиозной политики были приняты указы о выселении из России лиц иудейского вероисповедания, о перестройке лютеранских храмов в православные; произошло значительное расширение дворянских льгот (учреждение дворянских заемных банков, предоставление дешевого кредита, монопольное право на винокурение и др.).

15. После смерти Елизаветы Петровны на престол взошел ее племянник Петр III. За шестимесячное царствование Петр III принял 192 указа. Наиболее важным был «Манифест о вольности дворянству» (1762), которым дворяне освобождались от обязательной службы государству, получали возможность жить в своих поместьях, свободно выезжать за границу и даже поступать на службу к иностранным государям. Наступил золотой век дворянства. Была объявлена секуляризация церковных земель в пользу государства, что укрепляло государственную казну (окончательно указ был проведен в жизнь Екатериной II в 1764 г.); произошла ликвидация тайной канцелярии, упразднены торговые монополии, стеснявшие развитие предпринимательства, провозглашалась свобода внешней торговли. Однако эти меры были задуманы еще в предыдущее царствование и осуществлены по инициативе приближенных к императору сановников. Петр III отрицательно относился ко всему русскому, перекраивание многих порядков по западному образцу оскорбляло национальные чувства русских людей. В результате 28 июня 1762 г. произошел дворцовый переворот и на престол была возведена жена Петра III Екатерина II, а спустя несколько дней он был убит.

16. Внешняя политика русских императоров в период дворцовых переворотов определялась выходами к морям. Война с Турцией (1735—1739)

дала России устье Дона с Азовом. Война со Швецией (1741 — 1743) подтвердила приобретения России в Прибалтике. В 1756—1763 гг. шла Семилетняя война России в союзе с Австрией, Францией. Швецией против Пруссии, входе которой русская армия в 1760 г. заняла Берлин и Фридрих II готов был на любых условиях подписать мирный договор, но ставший после смерти Елизаветы Петровны императором Петр III заключил в 1762 г. с Пруссией мир, отказавшись от всех завоеваний.

17. Екатерина II, воспитанная на идеях французского просвещения, в первый период своего царствования пыталась смягчить нравы российского общества, упорядочить общественное законодательство, ограничить крепостное право. Ею был написан «Наказ», который должен был служить руководством для будущего законодательного собрания. С одной стороны, в этом документе проводилась мысль о разделении властей и создании элементов правового государства, с другой — в нем не было и речи о ликвидации самодержавия, робко говорилось о смягчении крепостного права. Поскольку идейно эта программа, а следовательно, и внутренняя политика Екатерины основывались на принципах просвещения, то и сам этот период в русской истории получил название «просвещенного абсолютизма».

18. Российский просвещенный абсолютизм характерен такими мероприятиями, в которых были заинтересованы дворяне и государство, но которые в то же время способствовали развитию нового капиталистического уклада. Важной чертой политики просвещенного абсолютизма было стремление монархов ослабить остроту социальных противоречий путем совершенствования политической надстройки.

19. Самым крупным мероприятием просвещенного абсолютизма был созыв Уложенной комиссии в 1767 г. с целью переработки российского законодательства. Но комиссия не смогла разработать новое законодательство Российской империи, так как невозможно было сочетать либеральные идеи «Наказа» с реальностью российской жизни, противоречивыми нуждами и пожеланиями различных групп населения. На свертывание политики просвещенного абсолютизма повлияли два события XVIII в.: Крестьянская война под руководством Е. Пугачева в России и Великая французская революция в Европе.

20. Несмотря на неудачу в составлении Российского законодательства, Екатерина II все же провела ряд реформ в духе просвещенного абсолютизма, особенно в период до 1775 г.: 1) сенат был разделен на 6 департаментов со строго определенными функциями каждого. Во главе их стояли обер-прокуроры, подчинявшиеся генерал-прокурору; 2) был создан императорский совет при императрице из ближайших и влиятельных сановников; 3) в 80-х гг. XVIII в. были ликвидированы коллегии (кроме четырех), замененные губернским правлением; 4) все монастырские земли были переданы государству; 5) в 1775 г. проведена губернская реформа. Она стала важным этапом в превращении России в унитарное государство путем создания единообразной системы управления всей территории империи; 6) в 1785 г. издана «Жалованная грамота дворянству», определившая статус дворянства и

закрепившая все его права и привилегии, полученные к этому времени; 7) в 1785 г. была издана «Грамота на права и выгоды городам Российской империи», по которой все городское население было разделено на шесть категорий, купцы делились на три гильдии; 8) в России было впервые введено бумажное денежное обращение, приведшее в первое время к инфляции и вызвавшее недовольство большинства населения.

21. К концу XVIII в. в социально-экономическом развитии России наблюдается, что, с одной стороны, процесс складывания капиталистических отношений стал необратимым; происходит рост товарно-денежных отношений и разрушается натуральная замкнутость помещичьего и крестьянских хозяйств; увеличивается количество мануфактур, основанных на применении наемного труда; развивается промысловая деятельность; с другой - идет усиление крепостнического гнета, которое характеризуется увеличением барской и уменьшением крестьянской запашки, ростом барщины и оброка, правом помещика ссылать провинившихся крестьян в Сибирь на поселение и на каторгу, распространением крепостничества на Левобережную Украину; как результат кризиса феодально-крепостнической системы, произошла Крестьянская война под руководством Е. Пугачева (1773—1775).

22. В исторических исследованиях нет единства в оценке деятельности Паата 1. Одни историки называют время его правления непросвещенным абсолютизмом», другие - «военно-политической диктатурой». Реформы его носили противоречивый характер. Произошло усиление централизации государственного управления и упразднение элементов самоуправления в губерниях и городах (восстановлены ряд коллегий, ликвидированы управы и городские думы); изменилась система престолонаследия (возврат к допетровским принципам); были ограничены привилегии дворянства (призывы к обязательной службе, установление налога с дворян, введение телесных наказаний); ослаблен крепостной гнет (ограничение барщины тремя днями, запрет на продажу крестьян без земли, массовая раздача казенных земель с крестьянами в качестве пожалований); осуществление финансовой стабилизации (изъятие бумажных ассигнаций из оборота); регламентация и унификация сторон жизнедеятельности общества (запрет на ношение шляп и пр., запрет на ввоз иностранных книг). Следствием непредсказуемости политики императора и ее опасности для дворянской элиты станет последний дворцовый переворот и убийство Павла I 12 марта 1801 г.

23. Задачами во внешней политике второй половины XVIII в. были: во-первых, борьба за выход к Черному морю; во-вторых, освобождение от иностранного господства земель Украины и Белоруссии и объединение в одном государстве всех восточных славян; в-третьих, борьба с революционной Францией в связи с начавшейся в 1789 г. Великой французской революцией; в-четвертых, утверждая свои интересы в европейской политике, Россия стремилась сыграть роль гаранта независимости английских колоний в Северной Америке; соблюдение

интересов России в этом регионе — участие в колонизации Северной Америки. В результате: 1) в ходе двух Русско-Турецких войн (1768- 1774 и 1787—1791) Россия получила территории в Северном Приморье, Орбле, Кабарду, территории между Бугом и Днестром, Очаков и Крым — это был выход к Черному морю; 2) в результате трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793, 1795) к России отошли Белоруссия, Правобережная Украина, Литва и герцогство Курляндское. Была стабилизирована обстановка на западных границах, получен непосредственный доступ к странам Центральной Европы; 3) вступив в антинаполеоновский союз европейских монархов, где главным партнером России была Англо-российская армия под руководством А.В. Суворова, вместе австрийцами, в трех сражениях в Северной Италии в 1799 г. разбила французские войска, совершила переход через Альпы Швейцарию, но в 1800 г. Павел I заключил союз с Наполеоном и разорвал отношения с Англией, отозвав русскую армию из России; 4) в 1780 г., в период войны североамериканских колоний за независимость, Россия выступила с Декларацией в вооруженном нейтралитете, ограничившей действия британского флота. К Декларации присоединились и другие европейские страны фактически поддержав североамериканские колонии и подняли международный престиж России. Таким образом, благодаря активной внешней политике Россия во второй половине XVIII в. стала великой европейской державой. Но в социально-экономическом плане Россия оставалась отсталой страной, что делало ее положение в системе европейской цивилизации нестабильным, противоречивым.

Тема 7 - 8. РОССИЯ В XIX В.

- Внутривполитическое развитие России | в первой половине XIX в.
- Социально-экономическое развитие России в первой половине XIX в.
- Великие реформы Александра II
- Контрреформы Александра III
- Общественная мысль и общественные движения в России XIX в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К началу XIX в. Россия оставалась аграрной страной. Более 90% ее населения составляло крестьянство. Сельское хозяйство было основной отраслью экономики страны, носило экстенсивный характер. Сохранялись многочисленные феодальные пережитки. В политической сфере — абсолютная самодержавная власть; в экономической — помещичье землевладение; в социальной — сословная структура общества, господствующее положение дворянства.

2. Во внутренней политике Александра I характерной чертой

царствования становится борьба двух течений — либерального и консервативно-охранительного — и лавирование императора между ними. Исследователи выделяют в царствовании Александра I два периода: 1) 1801—1812 гг. — подготовка реформ и стремление провести широкомасштабные преобразования либеральной направленности; 2) 1814—1825 гг. — во внутренней политике стали преобладать консервативные тенденции.

3. Реформаторская деятельность Александра I (1801-1812): были проведены реформы в области образования, изменение ил органов центрального управления (реформирован сенат, заменены коллегии министерствами), предприняты попытки решения аграрного вопроса «Указ о вольных хлебопашцах» (1803 — начало крестьянской реформы в Прибалтике). В 1809 г. М.М. Сперанским был разработан проект государственных преобразований, по которому Россия должна была превратиться из самодержавной в конституционную монархию. Александр I одобрил этот проект, но принять его не решился.

4. Внутренняя политика (1814-1825): примерно до 1819 г. наряду с проведением реакционных мер российского самодержавия, усилением цензуры, ограничением самостоятельности университетов, борьбой с общественной мыслью, имели место и некоторые либеральные преобразования: дарована конституция царству Польскому, отменено крепостное право в Прибалтике, велась разработка проекта конституции Н.Н. Новосильцевым. С 1820 г. наблюдается усиление консервативных тенденций. Итогом царствования Александра I стала дальнейшая бюрократизация системы и консервация политического и социально-экономического развития страны.

5. Во внешней политике Александр I стремился укрепить свое влияние в Европе, продвинуться в Закавказье и на Балканы. Союз с Англией был восстановлен. Россия приняла участие в III и IV антифранцузских коалициях. III коалиция распалась после крупного поражения русско-австрийских войск при Аустерлице в 1805 г. IV коалиция была разбита в 1806—1807 гг. Русские войска потерпели поражение под Фридландом в 1807 г. Это вынудило Александра I подписать Тильзитский мирный договор с Наполеоном, по которому к России отходили Белостокская область, из Прусской части Польши образовывалось герцогство Варшавское, Россия присоединялась к континентальной блокаде Англии. В результате Русско-Шведской войны 1808—1809 гг. Россия получила: Финляндию (которая была автономной в составе империи) и Аландские острова. В ходе Русско-Турецкой войны 1806—1812 гг. к России была присоединена восточная часть Молдавии; в Русско-Иранской войне 1804—1813 гг. к России отошел Азербайджан и она получила право держать флот на Каспии, кроме того, в состав Российской империи добровольно вошла Грузия. В ночь с 11 на 12 июня 1812 г. французская армия форсировала Неман и вторглась в пределы России — началась Отечественная война 1812 г. — величайшее событие в русской истории. В ходе войны проявились мужество и героизм русских людей,

особенно в Смоленском и Бородинском сражениях, боях под Малоярославцем и у реки Березины. Погибло около 2 млн чел. Изгнание французов из России не означало окончания борьбы с Наполеоном. 1813—1814 гг. ознаменовались заграничными походами русской армии. Как итог, в результате решений Венского конгресса 1814 г. Россия получила почти всю Польшу, ее влияние в Европе значительно возросло. В 1815 г. Александром I был создан Священный союз в составе России, Пруссии, Австрии и Англии, целью которого была борьба с любыми революционными проявлениями на континенте и сдерживанием многих народов в искусственных границах, созданных решениями венского конгресса.

6. Время царствования Николая I характеризуется максимальной военизацией, бюрократизацией и централизацией управления. На многие должности были поставлены военные. В армии укреплялась палочная дисциплина, что снижало ее боеспособность. Бюрократический аппарат рос стремительно от 15 тыс. в начале XIX в. до 86 тыс. в 1857 г. Известна фраза Николая I, что «Россией правят столоначальники». Возвращенный на государственную службу М.М. Сперанский кодифицировал законодательство. Реорганизуется «Собственная Его Императорского Величества Канцелярия». Увеличивается количество отделений до шести. Одним из них становится третье — «Высшая полиция», под контроль которого была поставлена вся политическая и духовная жизнь страны. Николай I пытался решить крестьянский вопрос (реформа П.Д. Киселева в государственной деревне; указ об обязательных крестьянах), но помещики проигнорировали эти мероприятия государственной власти.

7. Основные направления внешней политики Николая I - борьба с революцией в Европе и решение восточного вопроса. Для воссоздания Священного союза Николай I готов был идти на ряд уступок в восточном вопросе. Россия одержала победу в войне с Ираном в 1826—1828 гг. и присоединила восточную Армению; Русско-Турецкая война 1828—1829 гг. завершилась присоединением основной территории Закавказья; Молдавия, Валахия, Сербия, а через год Греция получили автономию. В 1833 г. Николай I возобновляет договор о взаимопомощи с монархами Австрии и Пруссии. В 1841 г. Россия подписывает Лондонскую конвенцию, которая устанавливала над Турцией и проливами контроль четырех держав (Англии, России, Австрии, Пруссии). В конце 40-х гг. XIX в. разразился очередной революционный кризис в Европе. Россия приняла участие в подавлении революционных выступлений в Европе. Она превратилась в «жандарма Европы». После разгрома революций опять встал «восточный вопрос», состоящий из трех основных проблем: судьба балканских народов, режим черноморских проливов и судьба самой Османской империи. Николай I рассчитывал на поддержку Англии, но его расчеты не оправдались, и русским войскам пришлось столкнуться не с ослабшей Османской империей, а с коалицией стран Европы, которые были не заинтересованы в усилении России на Ближнем Востоке. Как следствие, проиграна Крымская война 1853—1856 гг., подписан Парижский мирный договор (1856), по которому

Россия теряла устье Дуная, возвращала Карс в обмен на Севастополь и другие города Крыма и лишалась права иметь на Черном море военный флот и укрепления.

В 1817—1864 гг. Россия завоевала территории горских народов, Кавказа. Наиболее тяжелой была борьба за Чечню и Дагестан, где сложилось теократическое государство — имапат.

8. Александр II после внезапной смерти отца Николая I, проигранной, но, еще не законченной Крымской войной, оказался перед проблемой, продолжать прежний курс или находить пути выхода из острейших ситуаций. Он смог понять насущность коренных преобразований и настоять на проведении их в жизнь. По положению 19 февраля 1861 г. крестьяне становились лично свободными и освобождались с заранее определенным для различных регионов страны минимальным наделом земли. Так Начинаясь великая крестьянская реформа.

9. Продолжением отмены крепостного права в России были развитие системы государственных учреждений, земская, городская, судебная, военные реформы. Их основная цель — привести государственный строй и административное управление в соответствие с новой социальной структурой, в которой крестьянство получило свободу.

10. Земская и городская реформы (1864, 1870) создавали органы самоуправления в уездах, губерниях и городах. Прерогативы их ограничивались хозяйственными функциями.

11. Наиболее радикальной была судебная реформа (1864). Она впервые в России вводила гласный, бессловный и независимый от администрации суд, основанный на принципах состязательности сторон. Появились судебные следователи, адвокаты, присяжные заседатели, определявшие виновность или невиновность подсудимого. Для крестьянства сохранялся волостной суд, для духовенства оставался особый (консистория).

12. Реформа в области просвещения (60—70-е гг. XIX в.) провозглашала равенство сословий и вероисповеданий в мужских гимназиях и созданных реальных училищах. Университетам была возвращена автономия. Были учреждены женские гимназии и высшие женские курсы. Восстановлена преемственность высшей и средней ступеней образования.

13. Военная реформа (1874) предусматривала введение всеобщей воинской повинности, отмены телесных наказаний, сокращения сроков службы, были введены новые уставы, открыты юнкерские училища и военные гимназии, где могли учиться выходцы из всех сословий.

14. Реформы 60-70-х гг. XIX в. значительно продвинули Россию по пути экономической и политической модернизации. Однако эра реформ оказалась кратковременной. Реформы не коснулись политического переустройства страны. Сохранились самодержавие и полицейский строй, унаследованный от прошлых эпох.

15. Гибель Александра II стала окончанием эпохи Великих реформ, наступило время контрреформ «патриархального правления» Александра III. Целью данной политики было восстановление принципа сословности,

усиление позиций дворянства во всех сферах жизни общества и усиление правительственной власти на местах. Политика контрреформ не была полностью реализована, вступив в явное объективное противоречие с ходом исторического развития России.

16. Развитие русского капитализма второй половины XIX в. имело ряд особенностей: сохранялась многоукладность промышленности; происходило неравномерное размещение промышленности по территории России и по отраслям; огромную роль в развитии экономики играло государство; фактором, ускоряющим развитие, было внедрение в русскую экономику иностранного капитала; сельское хозяйство развивалось по экстенсивному пути; произошло завершение промышленного переворота за короткие сроки, и были созданы предпосылки к индустриализации.

17. Во внешней политике России во второй половине XIX в. можно выделить три основных направления: 1) европейское - борьба за пересмотр тяжелых условий Парижского мирного договора, укрепление позиций России на Ближнем Востоке и Балканах; 2) завершение процесса территориального формирования Российской империи: присоединение Средней Азии и дальнего востока, война на Кавказе; 3) участие России в формировании военно-политических блоков. Новым союзником России в Европе стала Пруссия. Россия поддерживала стремление прусского канцлера О. Бисмарка к объединению германских земель в 1870—1871 гг. В результате А.М. Горчаков добился отмены ограничительных статей Парижского мирного договора о нейтрализации Черного моря. В 1872—1873 гг. был образован «Союз трех императоров» (Россия, Германия, Австрия), опираясь на: который, Россия успешно соперничала с Англией в Средней Азии. В результате в сферу влияния Российской империи попали: Казахстан, Кокандское и Хивинское ханства, Бухарский эмират. В 1885 г. был присоединен Туркменистан, и буфером между английской и русской сферой влияния стал Афганистан. Однако «Союз трех императоров» оказался не прочным это показала - Русско-Турецкая война 1877—1878 гг., в результате которой был подписан Сан-Стефанский мирный договор, а Сербия, Румыния и Черногория получили независимость; Турция уплачивала России контрибуцию; Карс, Ардаган, Баязет, Бостуж и Южная Бессарабия переходили к России. Однако, под натиском европейских держав Россия согласилась на пересмотр условий договора. Изоляция России во многом была обеспечена Германией. В 1882 г. был создан Германско-Австрийско-Итальянский союз против Англии и Франции. Это заставило Россию искать союзника в лице Франции. Между странами была заключена военная конвенция. В Европе возникли два военно-политических блока.

Россия активизировалась на Дальнем Востоке: в 1855 г. между Россией и Японией был заключен договор о мире и дружбе: он закреплял право России на северную часть Курильских островов, а остров Сахалин объявлялся совместным владением. С 1875 г. — остров Сахалин считается исключительно российским. В 1860 г. было подписано русско-китайское соглашение, где за Россией закреплялся Уссурийский край. В 1867 г. Аляска

была продана США.

18. Первой серьезной попыткой со стороны общества противостоять власти было движение декабристов. Оно возникло среди радикально настроенного дворянства, потерявшего надежду на мирное преобразование России под влиянием идей просвещения, революционных процессов 20-х гг. в Европе. Участники выдвигали идеи буржуазных преобразований в России: введение конституции, отмену крепостного права, ликвидацию сословий и т.д.

19. После подавления движения декабристов появляются новые общественные движения. В 30-40-х гг. XIX в. начинается размежевание трех идейных направлений: радикального, либерального и консервативного. Консерватизм выразился в разработанной министром просвещения С.С. Уваровым теории официальной народности, где отражались идеи о единении, добровольном союзе государя и народа, об отсутствии противоположных классов в русском обществе. Среди оппозиционных правительству либералов сложилось два идейных течения - славянофильство и западничество, где в основном разворачивались дискуссии об историческом пути развития России. Радикально настроенные В.Г. Белинский, А.И. Герцен, Н.П. Огарев, критикуя современное положение России, считали, что необходимо не только догнать Европу, как считали западники, но вместе с ней перейти к принципиально новому строю - социализму. Основой русского социализма, по их мнению, должна была стать крестьянская община. Радикалы считали, что реформы можно провести только революционным путем.

20. Радикальное направление во второй половине XIX в. было представлено выходцами из разных слоев общества, которые стремились представлять интересы рабочих и крестьян. Исследователи выделяют три этапа в их развитии: 60-е гг. - складывание революционно-демократической идеологии (основанной на взглядах славянофилов и идеях А.И. Герцена о русском общинном социализме, к которому можно перейти, по их мнению, минуя капитализм) и создание разночинских кружков; 70-е гг. - оформление народнического направления и деятельность организаций народников; 80-90-е гг. активизация либеральных народников и начало распространения марксизма, на основе которого созданы первые социал-демократические группы, а в марте 1898 г. появляется первая социал-демократическая партия в России - РСДРП.

Тема 9 - 10. РОССИЯ В XX В.

- Россия в начале XX в.: реформы, войны, революции (1900-1917)
- Россия в 1918-1920 гг.: гражданская война, интервенция, политика «военного коммунизма»

- Социально-экономическое и политическое развитие СССР в 1920-1930 гг.
- СССР в годы Великой Отечественной войны (1941-1945)
- СССР во второй половине XX в. (1945-1985): социально-экономическое и политическое развитие
- Советский Союз в 1985-1991 гг. Распад СССР
- Россия в 1990-е гг.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В начале XX в. Россия оставалась самодержавной монархией. Правительственные органы власти не формировались. Вся законодательная, распорядительная и исполнительная власть концентрировалась в руках императора. Для Николая II было весьма характерно назначать на ответственные посты своих родственников — великих князей Романовых, независимо от их личных качеств и способностей. Постепенно политическая формула «добрый царь - плохое окружение» получала все большее распространение в различных слоях общества.

2. Экономике России в начале XX в. была характерна цикличность - свойство, присущее мировому капитализму (периоды спада и подъема промышленного развития). Развитие российской экономической системы имело ряд особенностей: а) сочетание современной капиталистической промышленности и финансово-банковской системы с отсталым аграрным сектором, сохранившим полукрепостнические формы собственности и методы хозяйствования; б) сохранение самодержавия с его мощным бюрократическим аппаратом; в) относительная слабость российской буржуазии; г) активное вмешательство государства в экономику и складывание системы государственно- монополистического капитализма; д) сравнительно невысокая активность в вывозе капиталов за границу из-за нехватки отечественных капиталов и возможности их вывоза на окраины империи; е) большая доля иностранного капитала, который доминировал в тяжелой промышленности; ж) ускорение процесса монополизации и сращивания промышленного и финансового капитала — образование промышленно-финансовых групп, занявших господствующее положение в экономике.

3. Невзирая на высокие темпы экономического развития, Россия в начале XX в. оставалась среднеразвитой аграрно-индустриальной страной с отчетливо выраженной многоукладностью экономики.

4. Социально-политическая система России в начале XX в. представляла собой сочетание старых элементов, обусловленных сохранением пережитков крепостничества, и новых, вызванных развитием капитализма. С одной стороны, сохранялось привилегированное положение дворян, владевших лучшей и большей частью земель, занимавших важнейшие посты в государственном аппарате; господство командно-административной системы; отсутствие демократических свобод; малоземелье крестьян, их привязанность к общине и неполноправие; высокая

степень эксплуатации рабочих; угнетение народов национальных окраин: отсутствие права получать образование на родном языке, издание национальных газет и журналов; с другой — укрепление экономических позиций буржуазии и рост ее политических амбиций; увеличение численности пролетариата за счет обедневших горожан и обнищавших крестьян, ушедших в город на заработки; усиление роли рабочего движения, его характера и форм; ухудшение материального положения трудящихся из-за мирового экономического кризиса 1900-1903 гг., особенно проявившегося в России.

. К началу XX в. в России сложились следующие группы противоречий: дворянство-буржуазия, дворянство-крестьянство, буржуазия-пролетариат, власть—народ, интеллигенция- народ, интеллигенция—власть, национальные проблемы. Незрелость средних слоев, разрыв «верхов» и «низов» обуславливали нестабильное, неустойчивое состояние российского общества. Важнейшим направлением внешней политики в начале XX в. стало дальневосточное. С 90-х гг. XIX в. начинается активное проникновение российских капиталов в Китай. Это привело к столкновению с Японией, которую поддерживали европейские страны и США, стремившиеся разделить Дальний Восток сферам влияния. Накопившиеся противоречия между Россией и Японией из-за владения в Китае стали главной причиной Русско-Японской войны 1904-1905 гг. Война имела несправедливый характер с обеих сторон. Япония стремилась к Тихоокеанскому региону под лозунгом «Великой Азии»; Россия вступая в войну, надеялась на патриотический подъем и пыталась отвлечь народ от революции. Война закончилась поражением России. По мирному договору (1905) Россия признавала Корею сферой влияния Японии, Япония получила во владение Южный Сахалин, право рыбного промысла часть русских берегов, а также право на аренду Ляодунского полуострова и Порт-Артур. Влияние России на Дальнем Востоке было подорвано. Поражение в войне стало мощным фактором, ускорившим революцию 1905—1907 гг.

7. Причинами первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. стали: нерешенность аграрного, рабочего и национального вопроса, а также противостояние самодержавия и общества, вызванного отсутствием политических свобод и парламента как формы представительной власти.

8. Первую буржуазно-демократическую революцию можно разбить на 3 этапа: 1) 9 января — сентябрь 1905 г. — начало и развитие революции: массовые антиправительственные выступления всех слоев общества по всей территории страны; октябрь—декабрь 1905 г. — высший подъем революции: Октябрьская всеобщая всероссийская стачка, выступления крестьян, восстание в армии и на флоте, образование политических партий, декабрьское вооруженное восстание в Москве; январь 1906 — 3 июня 1907 гг. — спад и отступление революции: постепенное уменьшение силы стачек рабочих, новый размах выступлений крестьян, продолжение освободительного движения в национальных районах; возникновение

парламентаризма в России, деятельность I и II Государственных дум — достижение некоторого ограничения самодержавия.

9. Главным итогом первой русской буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. было изменение социально-политической системы в России; самодержавие было ограничено двухпалатным парламентом; Государственный совет и Государственная дума; введены свободы: слова, партий и союзов, отменена цензура; сократилась продолжительность рабочего дня до 9—10 ч; отменены выкупные платежи с крестьян, начата столыпинская аграрная реформа. Вместе с тем оставался нерешенным аграрный вопрос, сохранялось множество феодальных пережитков и привилегий.

10. После отступления первой российской революции начался непродолжительный период реформирования страны, связанный с именем председателя Совета министров Петра Аркадьевича Столыпина. В основе его реформ лежали изменения в отношениях собственности в деревне. Основной целью столыпинской аграрной реформы являлось создание класса собственников как социальной опоры самодержавия и противника революционных движений. Основными положениями реформы стали: а) разрешение выхода крестьян из общины с правом закрепления в частную собственность принадлежащих им земельных наделов в форме хуторов или отрубов; б) передача крестьянскому банку казенных земель для продажи их нуждающимся крестьянам; в) организация переселенческого движения в Западную Сибирь с целью наделения безземельных и малоземельных крестьян землей; г) широкое строительство сельских школ и вовлечение в систему народного образования огромных масс населения. Однако результаты реформы крайне противоречивы: с одной стороны, ускорился процесс расслоения крестьянства, укрепилась устойчивость сельского хозяйства, его товарность и связь с рынком, стала формироваться сельская буржуазия; с другой, значительная часть крестьянства не приняла реформ, ускорилось разорение крестьянства, уходившего на заработки в город, правительство не обрело в деревне социальной опоры. Реформа не удовлетворила потребности крестьянства в земле и, следовательно, не смогла решить аграрно-крестьянский вопрос. Реформирование страны «сверху» потерпело неудачу, что в конечном итоге предопределило потрясения 1917 г.

11. Причины Первой мировой войны (1914—1918) заключались в противоречиях между ведущими европейскими державами, в обострении их борьбы за сферы влияния. Накануне войны сложилось окончательное противостояние двух блоков держав; Антанты (Россия, Англия, Франция) и Четвертного союза (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Италия). Поводом к началу войны послужило убийство австро-венгерского наследника престола Фердинанда в столице Боснии Сараево. Поскольку его убийцей был серб, Австро-Венгрия обвинила в организации покушения Сербию. 28 июля 1914 г., через месяц после сараевского убийства, Австро-Венгрия объявила войну Сербии. 30 июля 1914 г. в России началась мобилизация. 19 июля (1 августа) 1914 г. Германия объявила России войну, объясняя свой шаг начавшейся в

России мобилизацией. В июле-августе в войну вступили Франция и Англия. Таким образом, война приобрела характер мировой. В военные действия постепенно вступили 38 государств с населением около 1 млрд человек. Россия оказалась вынужденной вступить в войну, не завершив перевооружения армии и флота. 1914 г. — военная кампания не принесла успеха ни одной из сторон; 1915 г. — поражение русской армии в военной кампании. Россия потеряла Польшу, часть Прибалтики, Белоруссии и Украины; 1916 г. — основные военные действия разворачиваются на Западном фронте. Май-июнь 1916 г. — Брусиловский прорыв на Юго-Западном фронте против Австро-Венгрии; 1917 г. — поражение русских войск в условиях революции. Переговоры большевиков о мире; 1918 г., март — подписание сепаратного мира в Брест-Литовске с Германией; ноябрь — поражение Германии и ее союзников от Антанты. Однако Первая мировая война так и не смогла разрешить всех противоречий между ведущими капиталистическими странами, что подготовило почву для возникновения нового мирового конфликта.

12. В начале 1917 г. в России назрел новый революционный кризис, который привел к разрушению многовековой российской монархии. Основной причиной событий февраля 1917 г. была незавершенность задач первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. (нерешенность аграрного, рабочего, национального вопросов, а также существование самодержавия). Условиями, ускорившими наступление революции, стали: 1) поражения России на фронте, значительные людские потери, усталость населения от войны; 2) кризис власти — «министерская чехарда», падение авторитета царя («распутивщина»), противостояние Государственной думы и правительства; 3) хозяйственный кризис; 4) ухудшение материального положения трудящихся; 5) усиление стачечного и антивоенного движения, оппозиции либералов, агитации левых партий. Насущной задачей революции было создание демократической республики и выход из войны. Февральская революция была достаточно скоротечна 18 февраля — 3 марта 1917 г. В ней переплетались и взаимодействовали антифеодальные, антикапиталистические, общедемократические и узкоклассовые интересы. События февральских дней привели к полному крушению самодержавного строя, был открыт путь для демократизации страны. В итоге февральской революции в стране сложилось двоевластие. Оно представляло собою своеобразное состояние государственно политической системы, характеризующееся параллельным существованием и взаимодействием двух властей, опирающихся на разные общественные классы. Реальная сила находилась в руках Петроградского совета рабочих и солдатских депутатов, поддерживаемого армией и вооруженными рабочими. Фактически у власти стояло буржуазное, кадетско-октябристское Временное правительство.

13. В России к осени 1917 г. сложилось положение, когда встал главный вопрос — о власти: либо власть переходила в руки рабочих и крестьян и создавалось новое правительство, либо в России происходила

реставрация монархии. Быструю и решительную победу большевиков в Петрограде 24—26 октября 1917 г. обусловили следующие факторы: экономический и политический кризис в стране; ошибки Временного правительства и умеренных социалистов, просчеты правых сил; популистские лозунги большевиков в ходе борьбы за власть; поддержка большевиков левыми эсерами и анархистами в ходе восстания; поддержка значительной частью Петроградского гарнизона и Балтийского флота; активность большевистских лидеров.

14. Провозгласив на заседании ЦК ВКП(б) 10 октября 1917 г. курс на вооруженное восстание в целях свержения Временного правительства, которое потеряло всякий авторитет в массах, большевики успешно смогли его реализовать. Временное правительство было низложено. Открывшийся 25 октября 1917 г. II Всероссийский съезд Советов был поставлен перед фактом победы восставших. После того как съезд покинули меньшевики, эсеры и представители ряда других партий, его работу возглавили большевики. На следующий день, на втором заседании съезда были приняты: Декрет о мире, провозгласивший выход России из империалистической войны; Декрет о земле, подготовленный на основе крестьянских наказов и передававший землю крестьянам; Декрет о власти, провозгласивший установление власти Советов. Исполнительная власть передавалась большевистскому правительству — Совету народных комиссаров во главе с В.И. Лениным. Был сформирован новый всероссийский исполнительный комитет - ВЦИК, в который вошли 62 большевика и 29 левых эсеров. Принятые Декреты сначала отвечали надеждам народных масс, и это способствовало победе советской власти на местах.

15. Причинами начала Гражданской войны и иностранной интервенции в России в 1917—1922 гг. были: 1) обострение социально-экономических и политических противоречий в результате смены власти и изменения формы собственности; 2) крах демократической альтернативы страны в связи с разгоном Учредительного собрания большевиками в январе 1918 г.; 3) неприятие политическими противниками большевиков Брестского мира с Германией; 4) экономическая политика большевиков в деревне весной-летом 1918 г.; 5) иностранное вмешательство во внутренние дела России.

16. Существует несколько точек зрения на начало и периодизацию Гражданской войны: 1) начинается с октября 1917 г. (по существу даже раньше), а заканчивается осенью 1922 г., когда белая армия была разгромлена на Дальнем Востоке; 2) начинается с мая 1918 г. и продолжается до конца 1920 г., хотя военные действия продолжались и после 1920 г.; 3) в отличие от обычных войн, она не имеет четких границ - ни временных рамок, ни пространственных. Большинство историков в ходе Гражданской войны выделяют шесть этапов: первый — октябрь 1917 - май 1918 гг.: борьба пришедших к власти большевиков с силами Керенского, Краснова, Каледина и др., попытка отпора Германской интервенции и Брестский мир; второй - лето-осень 1918 г.: борьба эсеро-меньшевистских сил, чехословацкий мятеж, развитие интервенции Германии; третий - конец 1918 — начало 1919 гг.:

окончание Первой мировой войны и конец Германской интервенции, высадка войск Антанты в портах России, начало политики военного коммунизма, установление диктатуры Колчака в Омске; четвертый - весна 1919 - весна 1920 гг.: уход интервентов, победа РККА над армией Колчака на востоке, Деникина на юге, Юденича - на северо-западе; пятый - весна-осень 1920 г.: Советско-Польская война, разгром войск Врангеля в Крыму; шестой - 1921-1922 гг.: ликвидация локальных очагов войны, подавление Кронштадтского восстания, крестьянского движения на Тамбовщине, отрядов Махно, мятежей белоказаков на Кубани, освобождение Дальнего Востока от японцев, борьба с басмачеством в Средней Азии, демобилизация РККА, переход к нэпу.

17. В 1918 г. сложилась своеобразная экономическая и политическая система в Советском государстве в условиях Гражданской войны, которая получила название политики «военного коммунизма». Она была направлена на сосредоточение всех ресурсов страны в руках государства. Главными чертами военного коммунизма являлись: национализация промышленных предприятий, перевод на военное положение оборонных заводов и транспорта, осуществление принципа продовольственной диктатуры через введение продразверстки и запрещение свободной торговли, натурализация хозяйственных отношений в условиях обесценивания денег, введение трудовой повинности и создание трудовых армий. В 1921 г. в условиях мирного сосуществования страны эта политика показала свою несостоятельность и была заменена нэпом.

18. Гражданская война закончилась победой Советского государства и поражением Белого движения. Однако это была трагическая победа.» Погибло, по разным оценкам, от 10 до 15 млн человек. Резко уменьшилась численность наиболее квалифицированных рабочих кадров. Сократилось число интеллигенции. Многие ее представители покинули Россию. Основная часть крупной и средней буржуазии или была уничтожена, или эмигрировала. Были уничтожены помещичьи хозяйства, резко сократилась численность зажиточных крестьян. В глубоком кризисе находилась экономика страны. В политической жизни утвердился диктатура большевизма, началось становление тоталитарной системы.

19. Новая экономическая политика (нэп) была введена советским руководством в 1921 г., после решения X съезда ВКП(б). Предусматривала выход из экономического и политического кризиса путем возврата к подконтрольной и регулируемой государством частной собственности в промышленности, замене продразверстки продовольственным налогом, провозглашение свободной торговли, использование иностранного капитала в форме концессий и труда батраков в деревне. Главными особенностями нэпа были сочетание административных и рыночных методов хозяйствования; сохранение командных высот в политике и экономике в руках рабочего класса и его партии. В конце 20-х гг. от нэпа полностью отказались, в связи с накопившимися противоречиями, причинами этого стали: кризисы нэпа (1923, 1925, 1927, 1928); внутривластная борьба за власть в 20-е гг. XX в. и победа сторонников свертывания нэпа; самоизоляция советской экономики

и отсутствие широких экономических связей с мировым сообществом; противоречия между административными и рыночными методами управления.

20. К 1922 г.- экономические, внутри- и внешнеполитические факторы (стремление коммунистической партии расширить сферу деятельности для социалистического эксперимента; старые хозяйственные связи; необходимость совместной обороны) требовали новых форм отношений между республиками (в 1922 г. на территории бывшей Российской империи существовало 9 советских республик, а в РСФСР имелось девять автономных). Летом 1922 г. по решению ЦК РКП(б) начался процесс объединения советских республик в единое государство. Существовало два варианта объединения: а) вариант И.В. Сталина — «автономизация» советских республик, понимаемая как их автономия в составе единого пролетарского государства, советизация, диктатура пролетариата», решение национального вопроса в ходе преодоления, культурных и экономических различий; б) предложение В.И. Ленина о новой форме союзного государства на основе добровольного и равноправного объединения самостоятельных советских республик. Предусматривалось образование федерации посредством заключения с республиками договора, при этом республики сохраняли всю полноту управления внутренними делами. 30 декабря 1922 г. I съезд Советов СССР принял Декларацию, и Договор об образовании Союза Советских Социалистических республик. В состав СССР вошли РСФСР, Украинская ССР, Белорусская ССР и Закавказская Федерация, включавшая Азербайджан, Армению и Грузию. В январе 1924 г. II Всесоюзный съезд Советов одобрил первую Конституцию СССР. По Конституции СССР представлял собой Федерацию равноправных суверенных государств. Однако статья Конституции о полномочиях Советов была фикцией, на деле государственная власть концентрировалась в структурах партии, жестко управляемой из центра. Союз сразу же приобрел характер унитарного государства.

21. На XIV съезде, в декабре 1925 г. был провозглашен курс на индустриализацию. Была поставлена задача превратить СССР из страны, ввозящей машины и оборудование, в страну, их производящую, затем провести механизацию всего народного хозяйства и на этой основе добиться ускоренного развития. Главной целью данной политики являлось изменение социальной структуры и ликвидация класса предпринимателей (отход от политики нэпа), упрочение политического господства большевиков. С конца 20-х гг. государство приступило к планированию, начали разрабатываться пятилетние планы, составляемые без учета издержек, которые со временем превратились в твердые задания по производству продукции. В проведении индустриализации отмечались: высокие темпы индустриализации; сжатые исторические сроки; акцент на развитие тяжелой промышленности в ущерб легкой; осуществление индустриализации за счет внутренних источников накопления (перекачка средств из деревни, займы у населения, усиления налогового бремени за счет эмиссии денег, продажи драгоценных металлов и

художественных ценностей, использование труда заключенных и т.д.). В результате индустриализации СССР вышел на второе место в мире по объему промышленного производства. Индустриализация позволила быстро ликвидировать безработицу, но более половины промышленных рабочих было занято тяжелым физическим трудом. Главный итог «большого скачка» — закрепление командно-административных методов управления экономики. Этот период оценивается как промышленное преобразование страны, обеспечивавшее технико-экономическую независимость СССР в сложных внешнеполитических ситуациях.

22. К середине 20-х гг. XX в. положение крестьянства ухудшилось, это было вызвано противоречиями нэпа и начавшейся индустриализации. XV съезд ВКП(б) дал толчок дальнейшему кооперированию крестьянских хозяйств, постановив, что коллективизация должна стать основной задачей партии в деревне. Целями государства в проведении этой политики являлись: а) создание в короткий срок крупных коллективных хозяйств с целью преодоления зависимости государства от единоличных крестьянских хозяйств в деле хлебозаготовок; б) обеспечение индустриализации дешевой рабочей силой за счет массового ухода крестьян из деревни; в) ликвидация кулачества как класса; 4) перекачка средств в промышленность на нужды индустриализации. В 1929 г. в статье «Год великого перелома» И.В. Сталин заявил о необходимости ускорить темпы коллективизации. В этом же году впервые прозвучали слова «сплошная коллективизация». Коллективизация проводилась жесткими методами (принудительность, обобществление крестьянской собственности, партийный и административный произвол, аресты, ссылки и т.д.). Все это вызвало недовольство крестьян. Темпы коллективизации значительно снизились. Крестьяне начали выходить из колхозов и пытались ввести хозрасчет, что было воспринято сталинским руководством как проявление классовой борьбы. Опять началось наступление на колхозы. Из колхозов забирался весь урожай. Результатом такой политики стал страшный голод 1932—1933 гг. В июне 1934 г. правительство заявило о начале последнего этапа коллективизации. К 1937 г. 93% крестьянских хозяйств были вовлечены в колхозы. Насильственная коллективизация привела: к ликвидации слоя зажиточных крестьян; уничтожению частного сектора в сельском хозяйстве; отчуждению крестьян от собственности земли; замедлению темпов роста сельскохозяйственного производства и постоянному обострению продовольственной проблемы в стране.

23. В 30-х гг. окончательно уничтожаются остатки гражданских свобод и формируется тоталитарный режим. Вся экономика огосударвляется, партия сливается с государством, государство идеологизируется. Каждый член общества вовлекается в иерархическую систему организаций: в партию, комсомол, Советы, профсоюзы, ДОСААФ и др., которые выступали в роли «приводных ремней» партийно-государственного руководства. Население поддерживалось в состоянии повышенной мобилизационной готовности при помощи волн массового террора, судебных процессов над «врагами народа». Система базировалась на неукоснительном выполнении плановых директив и

команд центра. Для пресечения недовольства создается карательно-осведомительная система.

24. Главными задачами СССР в 20-е г. XX в. во внешней политике были преодоление дипломатической изоляции и обеспечение безопасности своих границ. В 1919—1920 гг. были заключены договоры с Китаем, Латвией, Литвой, Эстонией, Ираном, Афганистаном, Турцией, Монголией и торговые отношения с Англией и Германией. Однако дипломатических отношений с ведущими державами мира СССР не имела, Политическая блокада с европейскими странами была прорвана в апреле 1922 г. в Рапалло, где был подписан с германской делегацией договор о восстановлении дипломатических отношений на основе взаимного отказа от претензий. 1924—1925 гг. стали «полосой дипломатического признания СССР». Большую роль в росте доверия к СССР сыграл нэп. С целью обеспечения безопасности границ СССР заключает договоры о ненападении с Турцией, Афганистаном, Литвой, Ираном, Германией.

Ориентация на Германию была отличительной чертой советской внешней политики 20-х — начала 30-х гг. Широким было военное сотрудничество между странами. В 1932 г. был заключен Советско-Польский договор о ненападении. Позднее такие же договора были заключены с Францией, Италией, Латвией, Эстонией. Это привело к напряженности в советско-германских отношениях. После прихода к власти Гитлера в 1933 г. СССР начинает ориентироваться на союз с Англией и Францией и делает попытки создания системы коллективной безопасности, направленной против Германии. Однако нежелание западных стран идти на союз с СССР и итоги Мюнхенского соглашения привели к переориентации внешней политики СССР на Германию. В результате, англо-франко-советские переговоры в Москве в августе 1939 г. были провалены, а 23 августа был подписан договор о ненападении между СССР и Германией, который развязывал руки Москве в отношении Финляндии, Латвии, Эстонии и западных территорий Украины и Белоруссии, входивших в состав Польши. 28 сентября 1939 г., по договору «О дружбе и границах» СССР получил Литву в обмен на часть польских земель. Эти территории в 1939—1941 гг. вошли в состав СССР, что явилось основным итогом его европейской политики.

На Дальнем Востоке СССР периодически вступает в вооруженные конфликты (летом 1929 г. — с Китаем, летом 1938 г. - с Японией на реке Халхин-Гол). Советскому Союзу удалось сохранить свои границы. Монголия осталась в сфере влияния СССР.

25. Великая Отечественная война 1941—1945 гг. на сегодняшний день во многом остается белым пятном для историков. Достаточно много возникает дискуссионных проблем: 1) кто развязал Вторую мировую войну?; 2) готовил ли Сталин нападение на Германию?; 3) проблема внезапности нападения на СССР; 4) причины поражения советских войск весной—летом 1942 г.; 5) проблема движения Соппротивления; 6) потери СССР в годы войны; 7) цена победы СССР в Великой Отечественной войне.

26. Причинами Великой Отечественной войны, по мнению А.П.

Деревянко и Н.А. Шабельниковой, были: 1) борьба конкурирующих систем, претендующих на глобальное господство: национал-социализма и коммунизма; 2) стремление Германии завоевать «жизненное пространство», захватив ресурсную базу СССР.

27. В истории Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. выделяют три основных периода: 1) 22 июня 1941 г. — 18 ноября 1942 г. — начальный период войны. Стратегическая инициатива принадлежала вермахту. Советские войска оставили Белоруссию, Прибалтику, Украину, вели оборонительные сражения за Смоленск, Киев, Ленинград. Битва за Москву (30 сентября 1941 г. — 7 января 1942 г.) первое поражение противника. Война приняла затяжной характер. Весна—лето 1942 г. — начало обороны Сталинграда и битвы за Кавказ. Перевод экономики на военные рельсы СССР завершён создана целостная система военной индустрии. Началась партизанская война в тылу врага (Белоруссия, Брянщина, Восточная Украина). Создана антигитлеровская коалиция 2) 19 -ноября 1942 г. — конец 1943 г. — период коренного перелома-, окончательного перехода стратегической инициатив к СССР. Разгром немецких войск под Сталинградом (2 февраля 1943 г.), сражение на Курской дуге (июль 1943 г.). Битва за Днепр— крушение оборонительной стратегии вермахта., освобождение левобережной Украины. Укрепление советской экономики: к концу 1943 г. обеспечена экономическая победа над Германией. Формирование крупных партизанских соединений. В тылу врага появились освобожденные районы. Укрепление антигитлеровской коалиции. Тегеранская конференция 1943 г. — кризис фашистского блока; 3) 1944 г. - 9 мая 1945 г. — завершающий период. Освобождение всей территории СССР, освободительная миссия Красной армии в Европе (освобождение Польши, Чехословакии, Венгрии и других стран). Разгром фашистской Германии» Конференция в Ялте (февраль 1945 г.) и Потсдаме (июль-август 1945 г.); особый период (9 августа — 2 сентября 1945 г.). — война СССР против Японии, разгром Квантунской армии в Маньчжурии.

28. Цена победы в Великой Отечественной войне выражает сложный комплекс материальных экономических, интеллектуальных, духовных и других усилий государства и народа, понесенного ими урона, ущерба, потерь и издержек. С одной стороны, за время войны была создана мощная военная промышленность, сформирована индустриальная база; завоеван международный авторитет, СССР вошел в различные международные организации и союзы, значительно расширил сферу политического влияния; в состав СССР вошли Печенгский и Клайпедский районы, Южный Сахалин, Курильские острова, часть Восточной Пруссии; заложена основа для создания «блока социалистических государств» Европы и Азии; открылись возможности демократического обновления мира и освобождение колоний. С другой стороны, ценой победы стали огромные людские потери - около 27 млн чел.; уничтожена 1/3 национального богатства страны; произошло укрепление сталинского режима; нанесен огромный экологический ущерб; война затормозила экономическое развитие СССР, вынужденного долгие

годы восстанавливать народное хозяйство, залечивать физические и моральные раны людей.

29. В СССР в первое послевоенное десятилетие в экономической сфере был принят IV пятилетний план, основной задачей которого было восстановление разрушенного хозяйства и дальнейшее развитие экономики страны. К 1948 г. уровень промышленного производства достиг довоенного; восстановлено и построено 6200 промышленных предприятий; проведена денежная реформа и отменена карточная система (декабрь 1947 г.). Это проводилось за счет «экономии» на сельском хозяйстве, легкой промышленности и социальной сфере, а также репараций с Германии (4,3 млрд долл.). В социально-политической сфере происходит укрепление административно-командной системы и тоталитарно-бюрократической структуры власти; идеологическое закрепощение общественного сознания (проводятся кампании «борьбы с космополитизмом» с целью избавления от интереса и симпатий к Западу, воссоздания образа внутреннего врага); усиливается партийно-государственное давление на творческую интеллигенцию, новый виток репрессий в стране (ГУЛАГ для военнопленных, «Ленинградское дело», «Дело врачей»); культ И.В. Сталина достигает своего апогея.

30. С приходом к власти Н.С. Хрущева в 1953 г. начались заметные изменения в общественно-политической жизни страны. На XX съезде КПСС в феврале 1956 г. Н.С. Хрущев выступил с докладом, разоблачившим культ личности И.В. Сталина. В этом выступлении прозвучала критика культа, но не системы, определялись дозволенные рамки критики деятельности Сталина и сталинщины. И как результат, с одной стороны, в стране протекал процесс политической демократизации: происходит децентрализация системы управления и развития; начинается реабилитация невинно пострадавших жертв сталинских репрессий; реформирование образовательной системы; «оттепель» в литературе, театре, проявление определенной свободы творчества. С другой стороны, продолжала существовать командно-административная система: формируются элементы культа личности Н.С. Хрущева; проводятся репрессии против тех, кто в своей критике не ограничивается дозволенными рамками. В области сельского хозяйства и промышленности реформы Н.С. Хрущева носили непродуманный характер, что сказалось на экономическом и социальном развитии. В 1954 г. было принято решение об освоении целинных и залежных земель. Это был экстенсивный путь развития сельского хозяйства, и первые успехи быстро исчезли. Неудача постигла и проект подъема сельского хозяйства с помощью «царицы полей» кукурузы, и с помощью увеличения в 2—3 раза планов сдачи мяса, что нанесло невосполнимый ущерб животноводству. В промышленности преимущественно развивались оборонные отрасли и атомная энергетика. Для преодоления сверхцентрализации экономики были созданы совнархозы. Эти бесконечные реорганизации сорвали выполнение VI пятилетки. Выход был найден в разработке 7-летнего плана. Расходы на науку выросли в 6 раз, но НТР вступила в противоречие с командно-

административной системой. В начале 60-х гг. XX в. недовольство политикой Н.С. Хрущева охватило многие слои населения, этим воспользовались консерваторы в партийном и государственном аппарате. В октябре 1964 г. происходит смещение Н.С. Хрущева со всех постов.

31. Внешняя политика СССР во второй половине 50-х — начале 90-х гг. XX в. характеризуется не только активностью, но и противоречивостью. После Второй мировой войны выделились два лидера на международной арене — СССР и США. В мире, начиная с 1946 г., возобладала политика «холодной войны», которая привела к резкому обострению взаимоотношений между СССР и США, Востоком и Западом. Началась гонка вооружений, усилилась взаимная враждебная риторика, осуществлялась политика «с позиции силы». Придя к власти, Н.С. Хрущев постарался внести существенные коррективы и в сферу международных отношений. Новые отношения внешней политики были сформулированы им в докладе на XX съезде партии в 1956 г. Главными принципами здесь были следующие: признание разнообразия путей построения социализма. возможность мирного сосуществования государств с различным общественным строем. В то же время советское руководство вело постоянную «антиимпериалистическую пропаганду», всемерно помогало коммунистическому и национально-освободительному движениям, исповедовало веру в торжество коммунизма над капитализмом во всемирном масштабе. Во второй половине 60-х — первой половине 80-х гг. советская внешняя политика прошла путь от «холодной войны» к разрядке между народной напряженности и до нового витка «холодной войны». В период «перестройки» (1985—1991) была провозглашена внешнеполитическая доктрина советского правительства, получившая название «новое политическое мышление, которая предусматривала: отказ от раскола мира на две враждующие социально-политические системы (капиталистическую и социалистическую), признание его единым и взаимосвязанным; объявление в качестве универсального решения вопросов баланса интересов различных государств; признание приоритета общечеловеческих ценностей над любыми другими (классовыми; национальными, религиозными). Основным направлением во внешней политике СССР стало налаживание взаимоотношений с США. Однако в эти годы руководство СССР часто шло на односторонние уступки Западу и не думало об их дальнейших последствиях для страны.

32. С приходом к власти в октябре 1964 г. Л. И. Брежнева происходит смена политического курса. Пришедшая к руководству страной команда Л.И. Брежнева не имела позитивной программы деятельности. Однако негативная установка существовала, и заключалась она в том, чтобы прекратить бесчисленные преобразования, нарушавшие стабильность существования бюрократии. Основным стал принцип «стабильности», который означал (в особенности после неудачи хозяйственной реформы, проведенной А.Н. Косыгиным) отказ от каких-либо нововведений в политической, экономической, идеологической и кадровой сферах. В 1977 г. была принята

новая Конституция СССР, законодательно закрепившая руководящую роль КПСС в обществе, социализм в СССР провозглашался развитым, и было положено начало разработке теории, защищающей эту идею. Как следствие значительно возросла роль партийно-государственной номенклатуры. Прекратился процесс десталинизации, и начался, в известной мере, процесс ресталинизации. Одновременно открывается новая страница в истории политических процессов: судебной расправе подвергаются инакомыслящие, так называемые диссиденты, выступавшие за соблюдение прав человека и гражданина в СССР. К концу 70-х — началу 80-х гг. XX в. все больше стали проявляться кризисные явления во всех сферах жизни общества: снижение темпов экономического роста, крайне слабое развитие наукоемких отраслей производства (микроэкономики, биотехнологии, информатики); сохранение экстенсивных методов хозяйствования, что во многом способствовало формированию затратной экономики; превращение страны в сырьевой придаток мировой системы хозяйствования (вывоз сырья и закупка продовольствия); формирование «теневой» экономики; снижение жизненного уровня населения; остаточный принцип финансирования сфер медицины, образования, науки, культуры, жилищного строительства; накопление критического потенциала в обществе: сомнения в правильности социалистического пути, выбранного старшим поколением.

33. Л.И. Брежнев умер в ноябре 1982 г. На первую позицию в партийном аппарате выдвинулся Ю.В. Андропов, возглавляющий КГБ. Он был избран генеральным секретарем ЦК КПСС. Его задачей стала борьба с коррупцией, которая захлестнул высшие эшелоны власти. Начинается борьба за укрепление трудовой дисциплины. Тяжелобольной Ю.В. Андропов в феврале 1984 г. умирает. Генеральным секретарем становится К.У. Черненко, при котором усиливается экономический и политический кризис. Международное положение СССР ухудшается.

34. Перестройкой называется период с марта 1985 г. по декабрь 1991 г., когда в СССР были предприняты экономические, политические, социальные, правовые и другие реформы, чтобы осуществить «всестороннее совершенствование социализма» и придать ему новый, более привлекательный облик как внутри страны, так и за ее пределами.

35. Предпосылками перестройки являлись: 1) стагнация в экономике, нарастание научно-технического отставания от Запада, провалы в социальной сфере; 2) политический кризис, выразившийся в сращивании партийно-государственной номенклатуры с дельцами теневой экономики и преступностью что привело к формированию в середине 80-х гг. устойчивых мафиозных группировок; 3) субъективной предпосылкой являлся приход к власти относительно молодого поколения поли, тиков, стремившихся не только к укреплению власти, но и вы. ступавших за обновление государства.

36. В истории перестройки некоторые исследователи выделяют четыре периода: 1) март 1985 г. - январь 1987 г. - проходящий под лозунгом «больше социализма»; 2) 1987—1988 гг. - «больше демократии»; 3) 1989-1991 гг., ставший периодом размежеваний и расколов в лагере перестройки; 4)

августовский путч и отстранение от власти М.С. Горбачева, распад СССР.

37. Практически все реформы, осуществляемые в ходе перестройки, не были до конца продуманными, а потому и не были доведены до логического завершения, так как не прогнозировались их конечные цели. В итоге экономические реформы не дали положительных результатов. Началось общее сокращение производства в промышленности и сельском хозяйстве. Резко усилилась инфляция. К началу 90-х гг. страна оказалась в полосе острейшего социально-политического кризиса. В политической системе, стремления решить две задачи одновременно, - с одной стороны, модернизировать структуру государственной власти (при помощи удаления из руководства наиболее консервативных функционеров, введения системы альтернативных выборов и тайного голосования по кандидатурам на руководящие посты в партийных органах, введения президентского поста), с другой - сохранить партийную монополию на власть в рамках складывания многопартийной системы в стране - были обречены на неудачу. В стране назревал политический кризис.

38. К невысоким результатам преобразований в стране в ходе перестройки добавился рост национальной напряженности в республиках СССР. Непоследовательность национальной политики порождали многочисленные противоречия в межнациональных отношениях, которые постепенно переросли в открытые конфликты. Декларации о государственном суверенитете приняли Эстония, Литва, Латвия, Азербайджан и др. 12 июня 1990 г. I съезд народных депутатов РСФСР принял Декларацию о государственном суверенитете России. В ней законодательно закреплялся приоритет республиканских законов над союзными. Первым Президентом РФ стал Б.Н. Ельцин. Принятием Декларации о суверенитете союзных республик был поставлен вопрос о дальнейшем существовании СССР. Началась подготовка нового Союзного договора, подписание которого было назначено на 20 августа 1991 г. Но 19 августа 1991 г.: часть союзного руководства совершает попытку государственного переворота. Проект предстоящего Союзного договора, означавший утрату контроля над республиками, этих руководителей не устраивал. После подавления путча процесс распада СССР принимает необратимый характер. 21 декабря 1991 г. 11 республик объявили о роспуске СССР. На встрече в Беловежской Пуще Б. Ельцин, Л. Кравчук, В. Шушкевич, а затем на встрече в Алма-Ате руководители бывших Союзных республик (кроме Эстонии, Литвы и Грузии) прекратили действие Союзного договора 1922 г., СССР перестал существовать, а президент М.С. Горбачев ушел в отставку. На территории бывшего Союза возникло Содружество Независимых Государств (СНГ).

39. В 1991 г. в результате распада СССР на международной политической арене появилось новое государство — Российская Федерация. В июне 1991 г. всенародным голосованием президентом России был избран Б.Н. Ельцин: После подавления августовского путча и в условиях начавшихся широкомасштабных экономических реформ стал постепенно нарастать

конфликт между Верховным Советом РСФСР и президентом РФ. Он приобрел размах подлинной «войны законов», когда практически ни один законодательный акт, ни одно распоряжение двух ветвей власти не выполнялись. Лидеры Совета выступали против шоковой терапии в экономике, оспаривали законность ликвидации КПСС президентом в 1991 г. и т.д. В ходе референдума 1993 г. народ выбрал президентское правление. Однако открытое противостояние и вооруженные столкновения имели место в октябре 1993 г. Президент одержал победу. 12 декабря 1993 г. в результате всенародного референдума была принята новая Конституция РФ, по которой фактически Страна становилась президентской республикой. Срочно были проведены выборы в I Государственную думу и Федеральное собрание. Крупнейшими фракциями в Думе стали ЛДПР (В.В. Жириновский) и КПрФ (Г.А. Зюганов). 17 декабря 1995 г. был выбран новый парламент, в котором образовалось четыре фракции: КПрФ («П.А. Зюганов»), ЛДПР (В.В. Жириновский), блок «Наш дом Россия» (В.С. Черномырдин), блок «Яблоко» (Г.А. Явлинский). В июне 1996 г. прошли выборы Президента России (на этот пост претендовали Б.Н. Ельцин, Г.А. Зюганов, А.И. Лебедь, Г.А. Явлинский, В.В. Жириновский). Б.Н. Ельцину удалось во 2-м туре одержать победу. Серьезной политической проблемой стало реформирование Вооруженных сил. В июле 1996 г. Б.Н. Ельцин поставил задачу по созданию к 2000 г. высоко организованной профессиональной армии. Однако решение такой сложной задачи в условиях слабого финансирования и августовского кризиса 1998 г. стало проблематично. Другой внутриполитической проблемой оставалась борьба с преступностью. В ноябре 1998 г. в Петербурге убита депутат Госдумы Г.В. Старовойтова, усилился экстремизм, национализм. В послании Федеральному собранию 6 марта 1997 г. констатировалось бессилие властей в борьбе с коррупцией, но задача так и не была решена. Глубокий социально-экономический кризис в стране постоянно усугублялся кризисом во властных структурах. Б.Н. Ельцин с августа 1996 г. фактически отошел от дел, ненадолго появляясь на непродолжительное время и осуществляя кадровые перестановки; перестал владеть ситуацией в стране. С марта 1998 г. сменилось пять Председателей Правительства РФ (В.С. Черномырдин, С.В. Кириенко, Е.М. Примаков, С.В. Степашин, В.В. Путин). На этом фоне 19 декабря 1999 г. прошли выборы в III Государственную думу, где большинство голосов набрали КПрФ и движение «Единство» («Медведь»). 31 декабря 1999 г. Б.Н. Ельцин досрочно ушел в отставку, передав руководство В.В. Путину, который 26 марта 2000 г. избран Президентом РФ.

40. В конце 1991 г. Россия была вынуждена приступить к радикальным экономическим преобразованиям, так как страна оказалась в тяжелейшем финансовом кризисе. Попытка властей частично замаскировать инфляцию государственным контролем над ценами лишь усиливали дефицит и вели к расцвету черного рынка. 1 января 1992 г. правительством, которое возглавлял Е. Гайдар, был принят набор монетаристских мер, так называемая шоковая терапия: ограничение совокупности спроса с помощью удорожания кредита и

урезания бюджетных средств, приватизация государственных предприятий. Основным мероприятием социально-экономической политики этого периода явилась либерализация цен. Предполагалось, что данные меры способны в достаточно короткий срок сбить инфляцию и создать предпосылки для восстановления хозяйственного роста на рыночной основе. Но следствием этой политики явилось падение материального благосостояния людей в связи с ростом инфляции в стране (за год рост произошел в 100—150 раз), недовольство и недоверие масс к правительственному курсу. После отставки правительства Е. Гайдара, с конца 1992 г. началась массовая приватизация, которая проходила в два этапа: 1) 1992—1993 гг. — безвозмездная передача гражданам части государственной собственности стоимостью 10 тыс. руб. путем выдачи приватизационного чека; 2) с осени 1994 г. — приватизация государственных предприятий путем прямого акционирования и начало продажи акционерных предприятий. Последствиями приватизации стало: с одной стороны, произошел крупномасштабный обман народа, с другой — почти все лучшие предприятия оказались в руках небольшой группы московских «уполномоченных» банкиров. Следствием приватизации стал рост экономической преступности, злоупотреблений и коррупции. В результате основная часть национального достояния оказалась в руках 10% населения. Началось разрушение колхозов и совхозов, из которых стали выделяться фермерские хозяйства.

41. В 1994—1998 гг. правительством предпринимаются меры по сдерживанию спада производства и падению эффективности экономики, которые включали: 1) ограничение и отмена централизованного распределения сырья и ресурсов; 2) отмена государственных дотаций убыточным предприятиям; либерализация внешней торговли, расширение импорта потребительских и продовольственных рынков; 4) свободная конвертация рубля; 5) крупномасштабные внешние займы; 6) неконтролируемый вывоз материальных ценностей за рубеж. Результатами проводимой политики были: а) развал военно-промышленного комплекса и бюджетных сфер; б) спад промышленного производства в стране; в) падение спроса на отечественную продукцию; г) деиндустриализация: промышленное производство все более приобретало черты топливо-энергетической и сырьевой ориентации; д) падение сельскохозяйственного производства; е) имущественная дифференциация и скрытая безработица; ж) полная зависимость российской экономики от Запада в лице международных финансовых организаций; з) нарушение экономических связей между регионами страны и распад единой народнохозяйственной структуры; и) рыночные отношения приобрели откровенно криминальный характер. В 1998 г. правительство В.С. Черномырдина предприняло ряд мер в целях выхода из финансового кризиса. С 1 января 1998 г. прошла деноминация введены новые российские деньги, уменьшенные по номиналу в 1000 раз, в обращение вновь вернулась копейка. Однако экономика по-прежнему катастрофически разрушалась. 23 марта правительство Черномырдина отправлено в отставку, и новым премьер-министром стал С.В. Кириенко. 17 августа 1999 г. С.В.

Кириенко выступил с заявлением о прекращении выплат по обязательствам государства и моратории на выплату долго зарубежным банкам (дефолт — отказ от принятых ранее на себя обязательств). Как следствие, отставка правительства, высокая инфляция (до 60%) и рост цен. Наступил крах рыночной инфраструктуры и кризис банковской системы и рынка ценных бумаг. В последующее время одно за другим менялись правительства Е.М. Примакова, С.В. Степашина, В.В. Путина. Им удалось несколько стабилизировать экономическую и политическую ситуацию в стране.

42. Экономические и политические проблемы усложнялись серьезными негативными явлениями в отношениях между центром и национальными окраинами. Некоторые субъекты РФ, провозгласив себя суверенными, приняли конституции, в которых были значительные отклонения от Конституции РФ. Особенно напряженно сложились отношения Центрального правительства и Чечни. В конце 1991 г. руководство Чечни объявило о создании независимой Чеченской республики Ичкерия. Внутри самих чеченцев началась борьба за сферы влияния, которая при вмешательстве федеральных властей и силовых структур вылилась в 1994 г. в гражданскую войну. 11 декабря 1994 г. началась операция федеральных войск, превратившая внутречеченский конфликт в полномасштабную войну с многочисленными человеческими жертвами. В конце 1996 г. неожиданным результатом завершились военные действия в Чечне. По заключенному договору российские войска были выведены из Чечни, и там начались преследования тех, кто поддерживал российское правительство. В январе 1997 г. Президентом Чечни избран А. Масхадов. В мае в Москве Б.Н. Ельцин и А. Масхадов подписали Договор о мире и принципах взаимоотношений между РФ и Чеченской республикой Ичкерией. Однако напряженность оставалась, продолжались захваты заложников. Ситуация обострилась осенью 1999 г.: 4 сентября взорван жилой дом в г. Буйнакске; 9 сентября в г. Москве на улице Гурьянова; 13 сентября взорван дом на Каширском шоссе; 16 сентября жилой дом в Волгодонске. В течение этого периода контакты Москвы и Чечни были свернуты. В качестве ответной меры российское правительство во главе с В.В. Путиным приняло решение использовать в борьбе с террористами силовые методы. Началась вторая чеченская кампания. После завершения в 2000 г. активной фазы боевых действий и назначения в июне 2000 г. муфтия Чечни А. Кадырова главой временной администрации, сопротивление боевиков перешло в фазу террористической войны. В 2000—2003 гг. федеральный центр предпринял меры по нормализации политической и экономической ситуации в республике. В марте 2003 г. в ходе референдума жители Чечни приняли новую конституцию, в которой оговорено, что Чеченская республика является частью Российской Федерации. В этой конституции республике предоставляются широкие полномочия в пределах российского законодательства. В октябре 2003 г. прошли выборы президента Чеченской республики, на которых победил А. Кадыров. В целом федеральный центр сделал ставку на решение проблем этой республики силами чеченских

лидеров, а не насаждением представителей из Москвы. С другой стороны, власти России не отказались от ведения переговоров с лидерами боевиков в 2001 г., но они оказались безрезультатными. С осени 2002 г. боевики развернули активную террористическую войну: захват зрителей мюзикла «Норд-Ост» в г. Москве (23 октября 2002 г.); декабрь 2002 г. — взорван дом правительства в г. Грозном; июль 2001 г. — взрыв на рок-фестивале в Тушино; февраль 2004 г. — взрыв поезда метро в Москве; 9 мая 2004 г. в результате теракта погиб глава Чечни — А. Кадыров; 1 сентября 2004 г. захват школы в г. Беслане. С 2005 г. обстановка в Чеченской республике стабилизируется. Избранный в марте 2007 г. президентом Чеченской республики Р. Кадыров проводит политику по интеграции боевиков, не запятанных себя тяжкими преступлениями, общество и параллельно ведет войну на уничтожение лидеров боевиков. В июле 2006 г. уничтожен лидер всего террористического подполья на Северном Кавказе Ш. Басаев, ранее был ликвидирован А. Масхадов.

43. Основными направлениями политики Президента В.В. Путина в 2000—2008 гг. стали: в политической сфере — укрепление вертикали государственной власти и достижение политической стабильности в обществе, для чего были созданы 7 федеральных округов президентом; изменен принцип формирования верхней палаты Федерального собрания - Совета Федерации - и превращение его в, постоянно действующий законодательный орган; создание Государственного совета РФ как совещательно-консультативного органа глав субъектов РФ при Президенте РФ; осуществление административной реформы; изменение избирательного законодательства (выборы в ГД по пропорциональной системе, изменен, порог явки на выборы и т.д.). В социально-экономической сфере: продолжение курса на либерализацию экономики, Ослабление бюрократической опеки и контроля со стороны государства за предпринимательской деятельностью, принятие мер, направленных на поддержку малого и среднего бизнеса; Сокращение налогового бремени, введение 13%-ного подоходного налога; проведение социальных реформ (пенсионной, монетизации льгот, здравоохранения); начало проведения и финансирования национальных проектов: «Здоровье», «Качественное образование», «Доступное и комфортное жилье», «Развитие агропромышленного комплекса». В сфере международных отношений: принятие новой концепции внешней политики России, исходя из многополярной системы международных отношений; развитие партнерских отношений со всеми странами мира; поддержка западных стран в борьбе с терроризмом. Среди итогов проведения такой политики можно выделить: восстановление единства России; отражение угрозы со стороны сепаратизма; восстановление экономики страны после затяжного кризиса 1990-х гг. (реальные доходы граждан за 8 лет увеличились в 2,5 раза и превысили уровень 1990 г., по размеру своей экономики Россия заняла седьмое место в мире); погашена значительная часть государственного долга; наблюдался рост ВВП; Россия стала занимать место полноправного партнера в мировой

политике. В марте 2008 п Президентом РФ был избран Д.А. Медведев.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Решение типовых маркшейдерских задач
при разработке месторождений открытым способом для
обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1. СОЗДАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ
ОПОРНЫХ СЕТЕЙ..... | 5 |
| <i>Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1</i> | <i>10</i> |
| 2. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СЪЕМОЧНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ
СЕТЕЙ..... | 11 |
| 2.1. Определение плановых координат пунктов способом
теодолитных ходов | 11 |
| 2.2. Определение плановых координат пунктов съемочной сети
методом геодезических засечек..... | 14 |
| 2.3. Определение высотных отметок пунктов съемочной сети | 48 |
| <i>Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2</i> | <i>51</i> |
| 3. МАРШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОХОДКЕ ТРАНШЕЙ..... | 53 |
| <i>Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3</i> | <i>64</i> |
| 4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ..... | 64 |
| <i>Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 4</i> | <i>70</i> |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 72 |

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие включает комплекс основных расчетно-графических работ, выполняемых маркшейдером при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. По значению, трудоемкости и характеру данные работы относятся к капитальным и основным.

Материал составлен в виде отдельных примеров по видам маркшейдерских работ и распределен по следующим темам: «Создание или реконструкция опорных и съемочных сетей на земной поверхности и в карьере», «Маркшейдерское обеспечение горнокапитальных и буровзрывных работ (составление плана-проекта)», «Подсчет объемов горной массы при проходке горных выработок».

В маркшейдерии изучение теоретических основ и их использование на практике при обучении специалистов возможно только при решении конкретных задач и примеров.

Учебное пособие предполагает выполнение заданий на лабораторных занятиях под руководством преподавателя и самостоятельную работу студента. При самостоятельной работе студентом выполняются задания на базе лабораторных работ, курса лекций и изучения технической литературы по вопросам, предусмотренным при изучении дисциплины «Маркшейдерия».

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой обучения и учитывает изменения, произошедшие в изложении курса. Приводятся типовые примеры с последовательностью расчетов, выполняемых в период лабораторных занятий, перечень дополнительных заданий и литература для самостоятельного изучения дисциплины и выполнения курсовой работы.

1. СОЗДАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

Работы по созданию и реконструкции опорных маркшейдерских сетей на территории административно-производственной деятельности горного предприятия выполняются по техническому проекту.

Государственную геодезическую сеть, являющуюся главной геодезической основой при решении данной задачи, подразделяют на четыре вида: сети триангуляции, полигонометрии, трилатерации и глобальная навигационная спутниковая сеть (ГНСС). По классу точности каждый из видов различается: плановые 1-го, 2-го, 3-го, 4-го, высотные I, II, III и IV классов.

На территории горного предприятия маркшейдерские опорные сети создаются силами маркшейдерских служб горного предприятия или лицензированными подрядными организациями в порядке, установленном требованиями Инструкции [1] по согласованию с Ростехнадзором.

Наибольшее распространение на карьерах в качестве плановых опорных сетей находят сети 4-го класса и сети сгущения 1-го и 2-го разрядов, в качестве высотных опорных сетей – нивелирные сети III и IV классов [1], создаваемые на основе пунктов государственной геодезической сети путем перехода от высшего разряда точности к низшему [2].

Расчет координат и высот пунктов всех видов сетей ведется в принятых прямоугольных системах координат в проекции Гаусса и Балтийской системе высот.

Решение задач

В процессе выполнения маркшейдерских работ при создании, реконструкции опорных маркшейдерских сетей и выполнении маркшейдерской съемки производят измерения линейных и угловых величин.

Единицей длины принято считать 1 м (метр), длина которого равна $1650763,73$ длины волны излучения спектра атома криптона-86 в вакууме. В 1 м – 100 см, 1000 мм; 1000 м = 1 км.

Углы выражаются в градусной, десятичной и радиальной мерах, в маркшейдерии, как правило, в градусной и радиальной

мере. Единицей угла принято считать 1 градус (1°), равный $1/90$ части прямого угла: $1^\circ = 60'$ (минут), $1' = 60''$ (секунд).

В радиальной мере единицей угла считается 1 радиан, равный отношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса. При $\beta = 57^\circ 17' 45''$ 1 радиан = 1. Следовательно, $\beta_r = \beta^\circ / 57,3 = \beta' / 3438' = \beta'' / 206265''$. Для малых углов, близких к 0° , $\beta_r = \sin \beta^\circ = \text{tg } \beta^\circ$.

Задача 1. Выразить значение угла $30^\circ 35' 45''$ в виде десятичной дроби.

Решение. $\beta = \beta^\circ + (\beta' + \beta'' / 60'') / 60'$; $\beta = 30 + (35 + 45 / 60'') / 60' = 30,595833^\circ$.

Задача 2. Выразить значение угла $30,595833^\circ$ в градусной мере.

Решение. Определяем число минут и секунд:

$$0,595833 \cdot 60' \cdot 60'' = 2145''.$$

Определяем число минут:

$$2145'' / 60'' = 35,75'$$

Определяем число секунд:

$$0,75' \cdot 60'' = 45''$$

Результат: $30^\circ 35' 45''$.

Ориентирование в маркшейдерском деле производят по ориентирующим углам отдельных линий, проложенных между пунктами маркшейдерских сетей. Ориентирующими углами принято считать: географические (A_Γ) и магнитные (A_M) азимуты, дирекционные углы (α) и румбы (r).

Между географическим и магнитным азимутами ориентируемой линии имеется расхождение, так называемое магнитное склонение (δ), которое подразделяется на восточное ($+\delta$) или западное ($-\delta$). Величина магнитного склонения определяется из выражения

$$\delta = A_\Gamma - A_M.$$

Расхождение между значениями географического азимута и дирекционным углом ориентируемой линии называется сближением меридианов (γ). Различают восточное ($+\gamma$) и западное ($-\gamma$) сближения. В общем случае сближение меридианов

$$\gamma = A_{\Gamma} - \alpha.$$

Румбы – углы в пределах от 0 до 90°. Румбы могут быть географическими, магнитными и дирекционными.

Задача 3. Определить A_{Γ} , если известно $A_{\text{М}} = 110^{\circ}$ и магнитное склонение $\delta = +3^{\circ}45''$.

Решение. $A_{\Gamma} = A_{\text{М}} + \delta = 110^{\circ} + (+3^{\circ}45'') = 113^{\circ}45''$.

Задача 4. Определить значение румба линии (r), дирекционный угол (α) которой равен 345°.

Решение. $r = 360^{\circ} - \alpha = 360^{\circ} - 345^{\circ} = 15^{\circ}$.

В маркшейдерии используются системы географических и прямоугольных координат точек. К географическим координатам относятся ее долгота (λ) и широта (φ). К прямоугольным координатам относятся расстояния: координата X – от точки до экватора и Y – от точки до осевого меридиана. В маркшейдерской практике в большинстве случаев используется прямоугольная система координат. При этом важное значение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи.

Прямая геодезическая задача – определить координаты точки B по известным координаты точки A :

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + d_{AB} \cdot \cos\alpha_{AB}; \\ Y_B &= Y_A + d_{AB} \cdot \sin\alpha_{AB}, \end{aligned}$$

где d_{AB} – горизонтальная проекция линии;

α_{AB} – дирекционный угол линии, соединяющей точки A и B .

Обратная геодезическая задача – определить дирекционный угол α_{AB} и горизонтальную проекцию d_{AB} линии, соединяющей точки A и B по известным координатам X_A и Y_A :

$$r_{AB} = \arctg\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin r_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\cos r_{AB}},$$

где r_{AB} – румб линии.

При определении дирекционного угла линии (α_{AB}) следует учитывать знаки приращения координат (табл. 1).

Таблица 1

Выбор знаков приращения координат

| A , град | 0-90 | 90-180 | 180-270 | 270-360 |
|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $X_B - X_A$ | + | - | - | + |
| $Y_B - Y_A$ | + | + | - | - |
| α_{AB} , град | r_{AB} | $180^\circ - r_{AB}$ | $180^\circ + r_{AB}$ | $360^\circ - r_{AB}$ |

Положение точки (B) по отвесной (вертикальной) линии относительно точки (A) называется превышением ΔZ – разница высот между двумя точками. В нашей стране высоты точек отсчитываются в Балтийской системе высот:

$$\Delta Z = Z_B - Z_A, \quad Z_B = Z_A + \Delta Z,$$

где Z_A, Z_B – высотные отметки точек A и B .

Задача 5. Определить высоту точки B (Z_B), если известна высота точки A (Z_A) = 256,4 м и превышение между точками $\Delta Z = -7,7$ м.

Решение. $Z_B = Z_A - \Delta Z = 256,4 - 7,7 = 248,7$ м.

Задача 6. Определить наклонную длину (L), угол наклона (δ) линии и ее уклон (i), если известны: $X_A = 10$ м, $Y_A = 20$ м, $Z_A = 0$ м, $X_B = 100$ м, $Y_B = 200$ м, $Z_B = 50$ м.

Решение.

$$L = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2} = \sqrt{(100-10)^2 + (200-20)^2 + (50-0)^2} = \sqrt{43000} = 207,364 \text{ м};$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \left(\frac{Z_B - Z_A}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}} \right) =$$

$$= \operatorname{arctg} \left(\frac{50 - 0}{\sqrt{(100 - 10)^2 + (200 - 20)^2}} \right) = 13^\circ 57' 10''.$$

Ответ. $L = 207,364$ м, $\delta = 13^\circ 57' 10''$, $i = 0,248$.

По данным опорных маркшейдерских сетей и результатам топографической съемки, для изображения земной поверхности и ее недр на горных предприятиях требуется большое количество чертежей (карт, планов). Для правильного их составления и чтения важно знать масштаб чертежей и его точность.

Под масштабом понимается дробное число с числителем, равным единице, а знаменателем – числу, показывающему степень уменьшения длины линии на чертеже к соответствующей длине этой же линии в натуре.

Масштабы разделяются на численный, линейный и поперечный.

Численный масштаб: $1/M = d/L$,

где M – знаменатель масштаба;

d – длина линии на чертеже;

L – длина линии в натуре.

Линейный масштаб – это прямая линия с нанесёнными на ней несколькими равными (1 см) отрезками. Линейный масштаб удобен при уменьшении или увеличении чертежей в процессе их копирования.

Поперечный масштаб необходим при откладывании или измерении линий с большой точностью.

Масштаб чертежей характеризуется точностью, т. е. расстоянием в натуре, соответствующим в данном масштабе отрезку 0,1 мм на чертеже.

Точность масштаба:

$$\epsilon_M = 0,1 \text{ м},$$

где M – знаменатель масштаба.

Задача 7. Определить численный масштаб, если отрезок на чертеже $d = 1$ см, а соответствующая ему линия в натуре $L = 10$ м.

Решение.

$$1/M = d/L = 1 \text{ см}/10 \text{ м} = 10 \text{ см}/1000 \text{ см} = 1/1000.$$

Задача 8. Определить точность масштаба при значении его знаменателя $M=100$.

Решение.

$$\varepsilon_M = 0,1 \quad M = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}.$$

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1

1. Выразите значение угла в виде десятичной дроби $30^\circ 35' 45'' + N^\circ N' N''$, где N – здесь и далее номер варианта.
2. Выразите значение угла $30,595830^\circ + N^\circ$ в градусной мере.
3. Определите азимут географический A_G , если известен азимут магнитный $A_M = 110^\circ + N^\circ$ и магнитное склонение $\delta = +3^\circ 45''$.
4. Определите значение румба (r) линии, дирекционный угол (α) которой равен $345^\circ + N^\circ N' N''$.
5. Определите высоту точки B (Z_B), если известна высота точки A (Z_A) = 256,4 м + N м и превышение между точками $\Delta Z = -7,7$ м + N м.
6. Определите наклонную длину (L), угол наклона (δ) линии и ее уклон (i), если известны: $X_A = 10$ м + N м, $Y_A = 20$ м + N м, $Z_A = 0$ м + N м, $X_B = 100$ м + N м, $Y_B = 50$ м + N м.
7. Определите численный масштаб, если отрезок на чертеже $d = 1$ см, а соответствующая ему линия в натуре $L = 10$ м + N м.
8. Определите точность масштаба при значении его знаменателя $M = 100 N$ м.
9. Какие пункты являются исходными для построения опорных маркшейдерских сетей?
10. Какого класса точности должны быть пункты опорных маркшейдерских сетей?
11. Каковы основные характеристики опорных маркшейдерских сетей и их плотность на территории горного предприятия?

2. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СЪЁМОЧНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЕТЕЙ

Работа по созданию съёмочных сетей на карьерах в соответствии с требованиями инструкции [1] выполняется по техническому проекту, в котором определяется схема, местоположение, количество пунктов съёмочного обоснования, методика измерений и камеральная обработка.

Плановое положение пунктов съёмочных сетей (координаты X , Y) определяют: прохождением теодолитных ходов, геодезическими засечками, полярным способом, высотные отметки (координата Z) – геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Графическая основа съёмочных сетей создается на планах земной поверхности и горных работ в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Решение задач

2.1. Определение плановых координат пунктов способом теодолитных ходов

Теодолитные хода прокладываются от пунктов опорных сетей в виде замкнутых или разомкнутых полигонов. Предельная угловая невязка теодолитного хода $45''\sqrt{n}$ [1] или $1,5t\sqrt{n}$, где n – число измеренных углов в ходе; t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не ниже $30''$.

Задача 1. Расчет координат теодолитного хода. Пройти замкнутый теодолитный ход, определить угловую и линейную невязки, уравнять ход, рассчитать координаты точек теодолитного хода.

Решение.

Исходные данные – дирекционные углы начальной стороны и координаты точки в опорной сети (рис. 1):

полигон № 1

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55''; X_I = 640720,200; Y_I = 6125312,050;$$

полигон № 2

$$\alpha_{VI-VII} = 70^{\circ}30'30''; X_{VI} = 640710,100; Y_{VI} = 6125350,040.$$

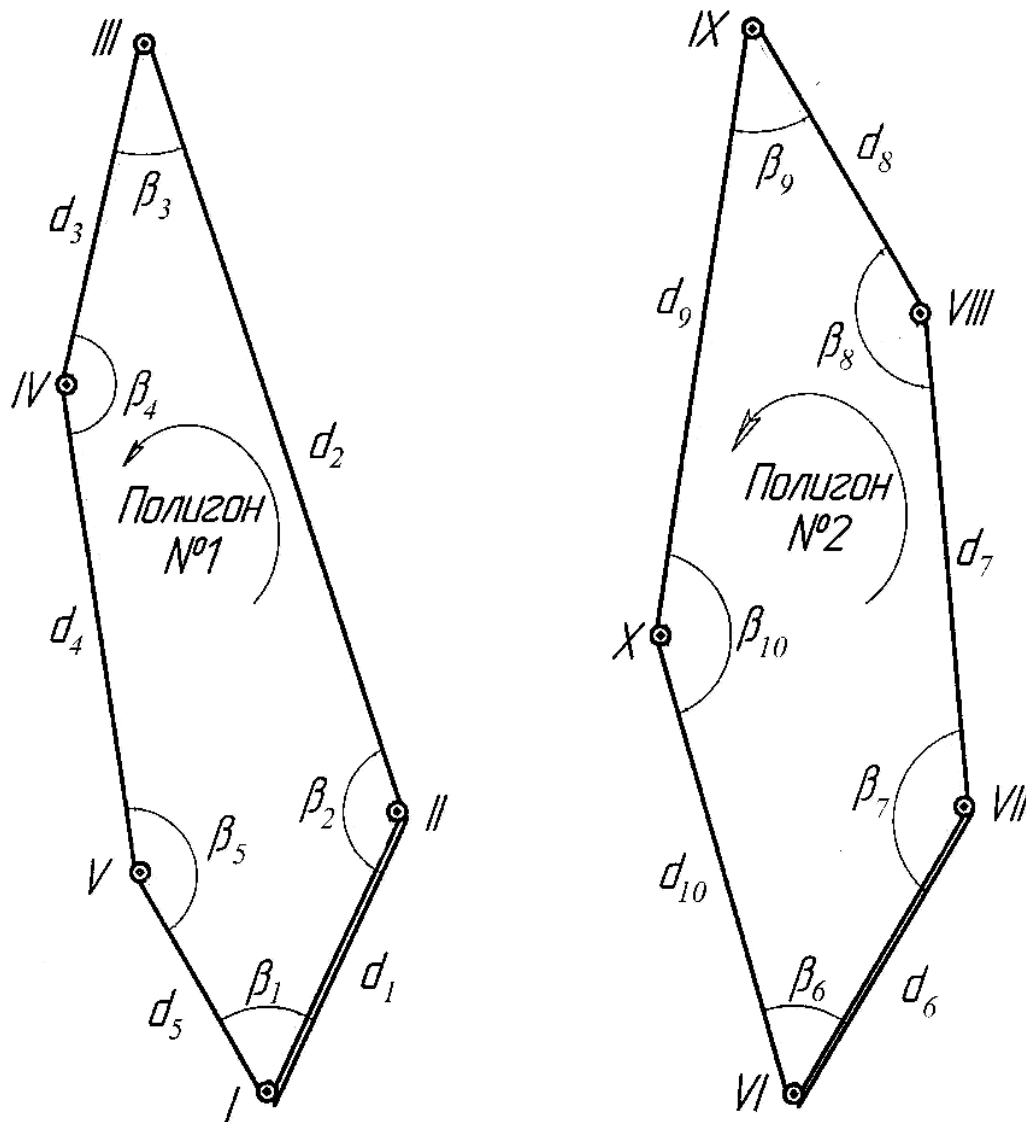


Рис. 1. Замкнутый полигон теодолитного хода:
 исходные стороны опорных сетей:
 β – горизонтальные углы;
 d – горизонтальные линии

Требуется измерить:

Полигон № 1:

горизонтальные углы – $\beta_1, \beta_2, \dots \beta_5$;
 горизонтальные линии – $d_1, d_2, \dots d_5$.

Полигон № 2:

горизонтальные углы – $\beta_6, \beta_7, \dots \beta_{10}$;
 горизонтальные линии – $d_6, d_6, \dots d_{10}$.

Методика измерений:

– горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами $1,5t$, где t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не ниже $30''$;

– горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями ± 2 мм или 1:3000. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 1).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения углов и длин.

Требуется определить: координаты вершин точек теодолитного хода:

$X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}, X_{IV}, Y_{IV}, X_V, Y_V$ – полигон № 1;

$X_{VII}, Y_{VII}, X_{VIII}, Y_{VIII}, X_{IX}, Y_{IX}, X_X, Y_X$ – полигон № 2.

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}};$$

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^{\circ}(n - 2) \text{ – внутренние углы};$$

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^{\circ}(n + 2) \text{ – внешние углы};$$

$$f_{\beta} \leq f_{\text{доп}};$$

$$f_{\text{доп.}} = m_{\beta} \sqrt{n},$$

где n – число измеренных углов в полигоне; m_{β} – среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов ($20''$);

2) при соблюдении условия $f_{\beta} \leq f_{\text{доп}}$ угловая невязка f_{β} распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d_i}; f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000},$$

где f_x, f_y – линейные невязки хода; P – периметр полигона; $f_{\text{отн}}, f_{\text{доп}}$ – относительная и допустимая невязки хода; d_i – горизонтальное проложение сторон полигона;

4) при соблюдении условия $f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000}$ линейные невязки f_x, f_y распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон:

$$f_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i; \quad f_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат пунктов полигона. Вычисление дирекционных углов и координат проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи).

Пример расчета координат пунктов полигона представлен в табл. 2.

2.2. Определение плановых координат пунктов съёмочной сети методом геодезических засечек

Геодезические засечки – способ определения плановых координат (X, Y) отдельных пунктов по необходимому числу измеренных угловых и линейных величин. В зависимости от методики измерений и вычислений геодезические засечки называются: прямая, обратная, азимутальная, линейная.

Расчет координат определяемого пункта ведется из двух треугольников в прямой и линейной и из двух вариантов в обратной засечке. За окончательные координаты принимается среднеарифметическое их значение. Допустимое расхождение в полученных координатах одного пункта из двух решений не должно превышать 0,6 мм на плане в масштабе съёмки. Наиболее выгодной формой треугольника, с точки зрения точности определения координат, является треугольник, в котором углы при определяемом пункте между направлениями на исходные не менее 30° и не более 150° . Расстояния между исходными пунктами и определяемым не должны превышать 1, 2, 3 км соответственно в масштабах планов съёмки 1:1000, 1:2000, 1:5000 [1].

Таблица 2

Пример расчета координат точек геодезического хода, полигон № 1

| Точки
стоя-
ния | Точки
на-
блю-
дения | Горизонталь-
ные
продолжения,
м | Горизонтальные углы | | Дирекцион-
ные углы
° ' " | Приращения, м | | Координаты, м | | Номер
пункта | Эскиз |
|-----------------------|-------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|------------|---------------|---------|-----------------|-------|
| | | | измерен-
ные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| I | | | | | | | | 6125 | 640 | I | |
| II | | 24,882 | | | 75 55 55 | -1 | 24,136 | 312,050 | 720,200 | II | |
| | | | +10 | | | -2 | | 336,185 | 726,248 | | |
| III | | 26,913 | 179 52 51 | 179 53 01 | 75 48 56 | 26,092 | | 362,275 | 723,843 | III | |
| | | | +9 | | | -1 | | | | | |
| IV | | 17,275 | 4 29 12 | 4 29 21 | 260 18 17 | -17,028 | | 345,246 | 729,934 | IV | |
| | | | +9 | | | -1 | | | | | |
| V | | 16,044 | 175 53 38 | 175 53 47 | 256 12 04 | -15,581 | | 329,664 | 726,107 | V | |
| | | | +9 | | | -1 | | | | | |
| I | | 18,577 | 175 15 27 | 175 15 36 | 251 27 40 | -17,613 | | 312,050 | 720,200 | I | |
| | | | +9 | | | | | | | | |
| II | | | 4 28 06 | 4 28 15 | 75 55 55 | | | | | | |
| | | | $f_{\beta}=-46''$ | $f_{\beta}=0''$ | | $f_y=0,006$ | | | | | |
| | | $P = 103,691$ | | | | $f_x=0,000$ | | | | | |

Примечание. $f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 7$ мм; $f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{7}{103691} = \frac{1}{14813} \leq \frac{1}{3000}$; $f_{доп} = \frac{1}{3000}$.

Пример расчета координат точек теодолитного хода, полигон № 2

| Точки наблюдения | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы ° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пункта | Эскиз |
|------------------|------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------------------|---------------------------|--------------|-------|
| | | измеренные ° ' " | исправленные ° ' " | | ΔУ | ΔХ | У | Х | | |
| VI | | | | | | | | | | |
| VII | 17,182 | | | 70 30 30 | 16,197 | 5,733 | 6125
350,040
366,237 | 640
710,100
715,833 | VI
VII | |
| VIII | 16,990 | +2
176 52 55 | 176 52 57 | 67 23 27 | 15,684 | 6,532 | 381,929
722,365 | | VIII | |
| IX | 17,163 | +2
176 28 38 | 176 28 40 | 63 52 7 | +1
15,409 | 7,559 | 397,331
729,924 | | IX | |
| X | 26,913 | +2
4 5 26 | 4 5 28 | 247 57 35 | +1
-24,946 | -10,099 | 372,386
719,826 | | X | |
| VI | 24,372 | +3
178 31 12 | 178 31 15 | 246 28 50 | +1
-22,347 | -9,726 | 350,040
710,100 | | VI | |
| VII | | +2
4 1 38 | 4 1 40 | 70 30 30 | | | | | | |
| | P = 102,620 | $f_{\beta} = -11''$ | | | $f_y = -0,003$ | $f_x = -0,000$ | | | | |

Примечание. $f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-3)^2 + 1^2} = 3,2 \text{ мм};$ $f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{3,2}{102620} = \frac{1}{32069} < \frac{1}{3000}$; $f_{\text{доп}} = \frac{1}{3000}$.

**Пример расчета координат точек теодолитного хода, полигон № 1
оформленный в Excel**

| Точки | Горизонтальные проложения | Горизонтальные углы | | | Дирекционные углы | | | Приращения, м | | Координаты | | № | Эскиз |
|-------|---------------------------|---------------------|---------|-----------|-------------------|---------|--------|---------------|---------|------------|---------|-----|-------|
| | | х° х' x" | испр. | х° х' x" | х° х' x" | десят. | ДУ | ДХ | У 6125 | Х 640 | | | |
| I | 24,882 | | | | | | | 0 | 0 | 321,050 | 720,200 | I | |
| II | | | | | 75 55 55 | 75,932 | 24,136 | 6,048 | 345,185 | 726,248 | II | | |
| III | 26,912 | 2 | 179,882 | 179 52 57 | | 75,814 | 0 | 0 | | | III | | |
| IV | | 179 52 54 | 179,882 | | 75 48 52 | 260,300 | 26,091 | 6,595 | 371,276 | 732,843 | | III | |
| V | 17,275 | 2 | 4,485 | 4 29 9 | | 256,196 | 0 | 0 | | | IV | | |
| I | | 4 29 7 | 4,486 | | 260 18 0 | -17,028 | -2,911 | 354,248 | 729,932 | IV | | | |
| II | 16,047 | 2 | 175,896 | 175 53 46 | | 251,473 | 0 | 0 | | | V | | |
| III | | 175 53 44 | 175,896 | | 256 11 46 | -15,584 | -3,829 | 338,664 | 726,103 | V | | | |
| IV | 18,577 | 2 | 175,276 | 175 16 36 | | 75,932 | 0 | 0 | | | I | | |
| V | | 175 16 34 | 175,277 | | 251 28 22 | -17,614 | -5,903 | 321,050 | 720,200 | I | | | |
| I | P=103,693 | 2 | 4,459 | 4 27 33 | | | | | | | | | |
| II | | 4 27 31 | 4,459 | | 75 55 55 | Fn= | 0,001 | 0,001 | | | | | |
| 5 | | Fb=-10" | 540 | сход. | | Fn= | 0,001 | 0,001 | | | | | |

$$F_{абс}=1,6 \text{ мм} \quad F_{отн} = \frac{1,6}{103693} = \frac{1}{64808} \leq \frac{1}{3000}$$

Задача 2. Прямая геодезическая засечка

Для решения прямой геодезической засечки на исходных пунктах I, II, III (рис. 2) измеряются углы r_1 и r_2 в одном треугольнике и r_3, r_4 – во втором. Для определения координат пункта P_1 достаточно решения одного треугольника по известным координатам X_I, Y_I, X_{II}, Y_{II} пунктов I, II и измеренным углам r_1, r_2 . Решение второго треугольника по известным координатам $X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}$ и измеренным углам r_3, r_4 проводится для контроля.

Известны несколько способов решения прямой засечки. Наиболее распространенные из них два: по формулам котангенсов измеренных углов и тангенсов дирекционных углов [2].

Методические указания для решения

1. По аналогии с рис. 2 на листе формата А4 вычерчивается план участка карьера в масштабе 1 : 2000.

2. На план участка карьера по известным координатам $X_I, Y_I, X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}$ (табл. 3) наносятся пункты опорной сети I, II, III.

3. В карьере на нижнем горизонте между вторым и третьим уступами выбирают место заложения точки съемочного обоснования (точка P_1 , см. рис. 2). При выборе места заложения пункта P_1 учитываются требования, предъявляемые к геодезическим засечкам, указанные выше и в Инструкции [1]. Наиболее выгодная форма – равносторонний треугольник.

Таблица 3

Координаты пунктов опорной сети

| Номера пунктов | X, м | Y, м |
|----------------|------|------|
| I | 20 | 50 |
| II | 220 | 110 |
| III | 230 | 290 |
| IV | 200 | 460 |

Исходные данные для расчета координат точки P_1 :

углы r_1, r_2, r_3, r_4 берутся с плана, измеряются транспортиром с точностью $0,5^\circ$ (на практике они измеряются теодолитом). Дополнительно для повышения точности расчета и недопущения

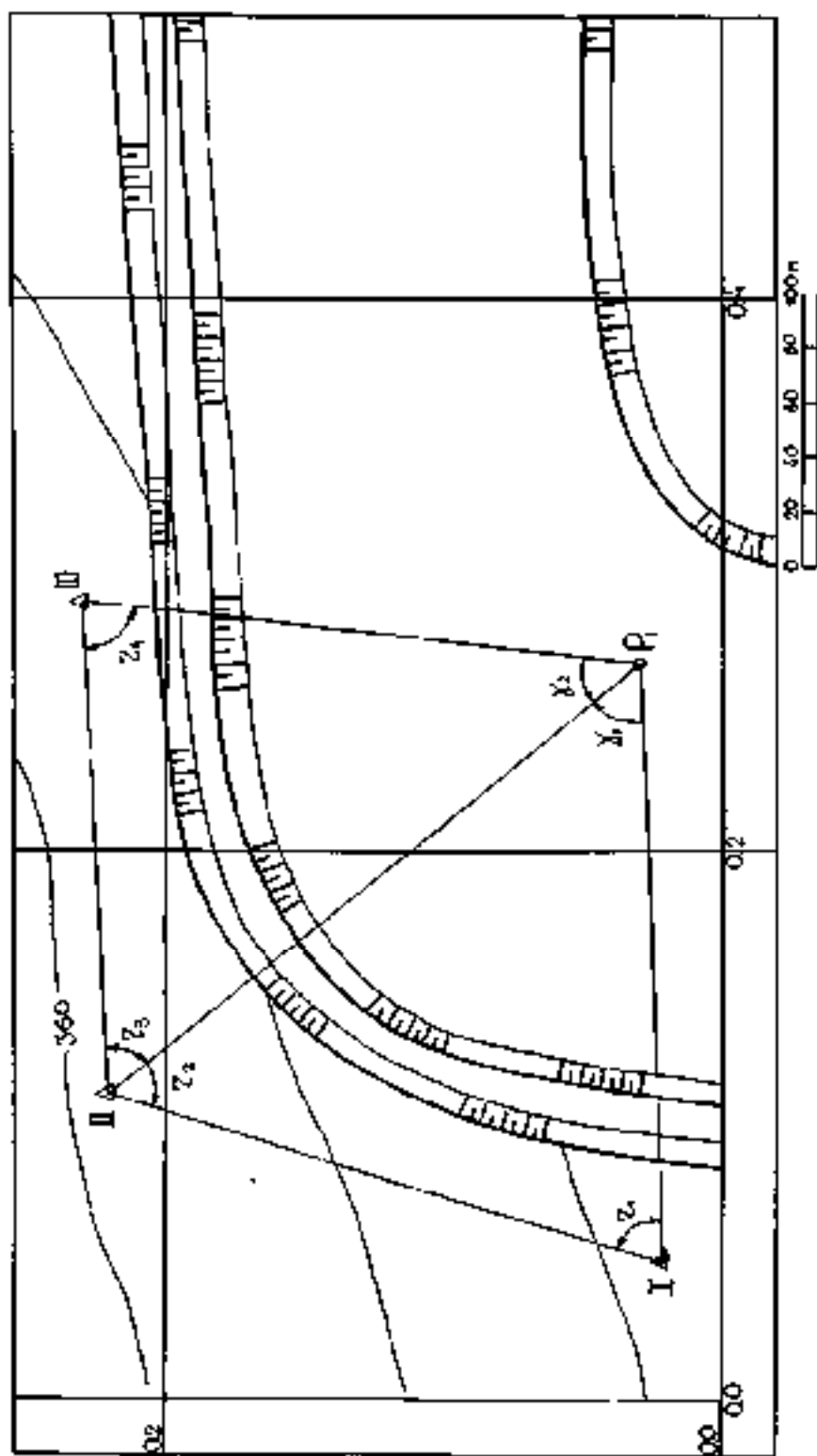


Рис. 2. Прямая геодезическая засечка

грубых ошибок измеряются углы при определяемом пункте (γ_1, γ_2), и сумма углов в треугольнике приравнивается к 180° :

$$r_1 + r_2 + \gamma_1 = 180^\circ ;$$

$$r_3 + r_4 + \gamma_2 = 180^\circ .$$

***Решение прямой геодезической засечки
по формулам котангенсов измеренных углов***

Вычисление координат пункта P_I

из треугольника I-II- P_I

Измеренные углы: $r_1=71^\circ, r_2=56^\circ, \gamma_1=53^\circ$.

Исходные данные:

$X_I = 20$ м; $Y_I = 50$ м; $X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м (см. табл. 2).

Решение.

$$X_{P_I} = \frac{X_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + X_I \operatorname{ctg}(r_2) + Y_I - Y_{II}}{\operatorname{ctg}(r_1) + \operatorname{ctg}(r_2)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ) + 20 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ) + \operatorname{ctg}(56^\circ)} = 28,702 \text{ м,}$$

$$Y_{P_I} = \frac{Y_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + Y_I \operatorname{ctg}(r_2) - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg}(r_1) + \operatorname{ctg}(r_2)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ) + 50 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ) + \operatorname{ctg}(56^\circ)} = 266,580 \text{ м.}$$

Контроль промежуточный:

$$X_I = \frac{X_{P_I} \operatorname{ctg}(r_2) + X_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_{II} - Y_{P_I}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{28,702 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 220 \cdot \operatorname{ctg}(53^\circ) + 110 - 266,580}{\operatorname{ctg}(56^\circ) + \operatorname{ctg}(53^\circ)} = 20,000 \text{ м.}$$

$$Y_I = \frac{Y_{P_I} \operatorname{ctg}(r_2) + Y_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) - X_{II} + X_{P_I}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{266,580 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ) + 110 \cdot \operatorname{ctg}(53^\circ) - 220 + 28,702}{\operatorname{ctg}(56^\circ) + \operatorname{ctg}(53^\circ)} = 50,000 \text{ м.}$$

Вычисление координат пункта P_1
из треугольника II-III- P_1

Измеренные углы: $r_3=54^\circ$; $r_4=80^\circ$; $\gamma_2=46^\circ$.

Исходные данные:

$X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м; $X_{III} = 230$ м; $Y_{III} = 290$ м (см. табл. 2).

Решение.

$$X_{P_1} = \frac{X_{III} \operatorname{ctg}(r_3) + X_{II} \operatorname{ctg}(r_4) + Y_{II} - Y_{III}}{\operatorname{ctg}(r_3) + \operatorname{ctg}(r_4)} =$$

$$= \frac{230 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ) + 220 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 110 - 290}{\operatorname{ctg}(54^\circ) + \operatorname{ctg}(80^\circ)} = 28,683 \text{ м,}$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{III} \operatorname{ctg}(r_3) + Y_{II} \operatorname{ctg}(r_4) - X_{II} + X_{III}}{\operatorname{ctg}(r_3) + \operatorname{ctg}(r_4)} =$$

$$= \frac{290 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ) + 110 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) - 220 + 230}{\operatorname{ctg}(54^\circ) + \operatorname{ctg}(80^\circ)} = 265,922 \text{ м.}$$

Контроль промежуточный:

$$X_{II} = \frac{X_{P_1} \operatorname{ctg}(r_4) + X_{III} \operatorname{ctg}(\gamma_2) + Y_{III} - Y_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_2)} =$$

$$= \frac{28,683 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 230 \cdot \operatorname{ctg}(46^\circ) + 290 - 265,922}{\operatorname{ctg}(80^\circ) + \operatorname{ctg}(46^\circ)} = 220,000 \text{ м;}$$

$$Y_{II} = \frac{Y_{P_1} \operatorname{ctg}(r_4) + Y_{III} \operatorname{ctg}(\gamma_2) - X_{III} + X_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_2)} =$$

$$= \frac{265,922 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ) + 290 \cdot \operatorname{ctg}(46^\circ) - 230 + 28,683}{\operatorname{ctg}(80^\circ) + \operatorname{ctg}(46^\circ)} = 110,000 \text{ м.}$$

Контроль решения прямой засечки:

Из решения двух треугольников разница в координатах пункта P_1 :

$$\Delta X_{P_1} = 0,019 \text{ м}; \quad \Delta Y_{P_1} = 0,658 \text{ м},$$

которая не превышает 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 $\Delta X_{P_1}, \Delta Y_{P_1} \leq 1,2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 28,692 \text{ м}; \quad Y_{P_1} = 266,251 \text{ м}.$$

Оценка точности планового положения пункта P_1 характеризуется среднеквадратической погрешностью относительно пунктов опорной сети, величина которой не должна превышать 0,4 мм на плане в масштабе съемки [1] (для масштаба 1:2000 $M_p \leq 0,8$ м):

для треугольника I-II- P_1

$$\begin{aligned} M_{P_1} &= \pm \frac{m_{\beta}''}{\rho''} \cdot B_1 \frac{\sqrt{\sin^2(r_1) + \sin^2(r_2)}}{\sin^2 \gamma_1} = \\ &= \pm \frac{15''}{206265''} \cdot 208,806 \cdot \frac{\sqrt{\sin^2(71^\circ) + \sin^2(56^\circ)}}{\sin^2(53^\circ)} = 0,058 \text{ м}; \end{aligned}$$

для треугольника II-III- P_1

$$\begin{aligned} M_{P_2} &= \pm \frac{m_{\beta}''}{\rho''} \cdot B_2 \frac{\sqrt{\sin^2(r_4) + \sin^2(r_3)}}{\sin^2 \gamma_2} = \\ &= \pm \frac{15''}{206265''} \cdot 180,277 \cdot \frac{\sqrt{\sin^2(80^\circ) + \sin^2(54^\circ)}}{\sin^2(46^\circ)} = 0,063 \text{ м}, \end{aligned}$$

где m_{β} – среднеквадратическая погрешность измерения углов ($15''$); B_1, B_2 – базис прямой засечки (расстояние между пунктами опорной сети), определяется решением обратной геодезической задачи:

$$B_1 = \sqrt{(Y_{II} - Y_I)^2 + (X_{II} - X_I)^2} = \sqrt{(110 - 50)^2 + (220 - 20)^2} = 208,806 \text{ м};$$

$$B_2 = \sqrt{(Y_{III} - Y_{II})^2 + (X_{III} - X_{II})^2} = \sqrt{(290 - 110)^2 + (230 - 220)^2} = 180,277 \text{ м.}$$

В результате среднеквадратическая погрешность положения пункта P_1 относительно пунктов опорной сети из двух треугольников составила 0,063 м и не превышает допустимой величины (0,8 м).

**Решение прямой геодезической засечки
по формулам тангенсов дирекционных углов**

Вычисление координат пункта P_1
из треугольника I-II- P_1

Измеренные углы: $r_1 = 71^\circ$, $r_2 = 56^\circ$, $\gamma_1 = 53^\circ$ (вычисляем).

Исходные данные:

$X_I = 20$ м; $Y_I = 50$ м; $X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м (см. табл. 2).

Решение.

Определяем дирекционные углы сторон:

$$\alpha_{I-II} = \arctg \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I} = \arctg \frac{110 - 50}{220 - 20} = 16^\circ 41' 57'',$$

$$\alpha_{I-P} = \alpha_{I-II} + \beta_1 = 16^\circ 41' 57'' + 71^\circ = 87^\circ 41' 57''.$$

$$\alpha_{II-P} = \alpha_{I-II} - \beta_2 + 180^\circ = 16^\circ 41' 57'' - 56^\circ + 180^\circ = 140^\circ 41' 57'';$$

Определяем углы при точке 1:

$$\gamma_1 = 180^\circ - \beta_1 - \beta_2 = 180^\circ - 71^\circ - 56^\circ = 53^\circ;$$

или

$$\gamma_1 = \alpha_{II-P} - \alpha_{I-P} = 140^\circ 41' 57'' - 87^\circ 41' 57'' = 53^\circ.$$

Определяем координаты точки P_1 :

$$X_{P_1} = \frac{X_I \operatorname{tg} \alpha_{I-P} - X_{II} \operatorname{tg} \alpha_{II-P} + Y_{II} - Y_I}{\operatorname{tg} \alpha_{I-P} - \operatorname{tg} \alpha_{II-P}};$$

$$X_{P_1} = \frac{20 \cdot \operatorname{tg}(87^\circ 41' 57'') - 220 \cdot \operatorname{tg}(140^\circ 41' 57'') + 110 - 50}{\operatorname{tg}(87^\circ 41' 57'') - \operatorname{tg}(140^\circ 41' 57'')} = 28,702 \text{ м,}$$

$$X_{P_1} = Y_I + (X_P - X_I) \operatorname{tg} \alpha_{I-P};$$

$$X_{P_1} = 50 + (28,702 - 20) \operatorname{tg} 87^\circ 41' 57'' = 266,582 \text{ м.}$$

Вычисление координат пункта P_1
из треугольника II-III- P_1

Измеренные углы: $r_3=54^\circ$; $r_4=80^\circ$; $\gamma_2=46^\circ$ (вычисляем).

Исходные данные:

$X_{II} = 220$ м; $Y_{II} = 110$ м; $X_{III} = 230$ м; $Y_{III} = 290$ м (см. табл. 2).

Решение.

Определяем дирекционные углы сторон:

$$\alpha_{II-III} = \arctg \frac{Y_{III} - Y_{II}}{X_{III} - X_{II}} = \arctg \frac{290 - 110}{230 - 220} = 86^\circ 49' 12'';$$

$$\alpha_{II-P} = \alpha_{II-III} + \beta_1 = 86^\circ 49' 12'' + 54^\circ = 140^\circ 49' 12'';$$

$$\alpha_{III-P} = \alpha_{II-III} - r_4 + 180^\circ = 86^\circ 49' 12'' - 80^\circ + 180^\circ = 186^\circ 49' 12''.$$

Определяем углы при точке P_1 :

$$\gamma_1 = 180^\circ - r_3 - r_4 = 180^\circ - 54^\circ - 80^\circ = 46^\circ,$$

или $\gamma_1 = \alpha_{III-P} - \alpha_{II-P} = 186^\circ 49' 12'' - 140^\circ 49' 12'' = 46^\circ.$

Определяем координаты точки P_1 :

$$X_{P_1} = \frac{X_{II} \operatorname{tg} \alpha_{II-P} - X_{III} \operatorname{tg} \alpha_{III-P} + Y_{III} - Y_{II}}{\operatorname{tg} \alpha_{II-P} - \operatorname{tg} \alpha_{III-P}};$$

$$X_{P_1} = \frac{220 \cdot \operatorname{tg}(140^\circ 49' 12'') - 230 \cdot \operatorname{tg}(186^\circ 49' 12'') + 290 - 110}{\operatorname{tg}(140^\circ 49' 12'') - \operatorname{tg}(186^\circ 49' 12'')} = 28,683 \text{ м};$$

$$y_{P_1} = y_{II} + (x_P - x_{II}) \operatorname{tg} \alpha_{II-P};$$

$$y_{P_1} = 110 + (28,683 - 220) \operatorname{tg} 140^\circ 49' 12'' = 265,923 \text{ м}.$$

Из решения двух треугольников разница в координатах точки P_1

$$\Delta X_{P_1} = 0,019 \text{ м}; \quad \Delta Y_{P_1} = 0,659 \text{ м},$$

которая не превышает 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 $\Delta X_{P_1}, \Delta Y_{P_1} \leq 1,2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 28,692 \text{ м}; \quad Y_{P_1} = 266,312 \text{ м}.$$

Ниже приведен пример расчета координат точек, оформленный в Excel.

Пример расчета координат точек, оформленный в Excel

| Мр | 15 | Доп. на плане 0,6 | | | | | Мр2 | | | |
|------------|------|-------------------|----------------|-----------|----------|---------|------------|------------|-----------------|-------|
| | | дир углы | масштаб 1:2000 | | | | | | | |
| Вариант | 0 | дес | град | | | | | | | |
| Но-
мер | Y, м | r1 | 71,0000 | 71 0 0 | AI-II | 16,6992 | 164157 | из ДI-II-P | ΔX_{p1} | 0,337 |
| | | r2 | 56,0000 | 56 0 0 | Ap-I | 87,6992 | 874157 | X= 28,702 | ΔY_{p1} | 0,398 |
| I | 50 | 53,0000 | 53 0 0 | Ap-II | 140,6992 | 1404157 | Y= 266,580 | | | 0,058 |
| II | 110 | 54,0000 | 54 0 0 | AI-II-III | 86,8202 | 864913 | из ДI-II-P | ответ | | |
| III | 290 | 80,0833 | 80 50 0 | Ap-II | 140,8202 | 1404913 | X= 28,364 | Xp1 | | 0,063 |
| IV | 460 | 45,9167 | 45 55 0 | Ap-III | 186,7368 | 1864413 | Y= 266,182 | Yp1 | | |

Задача 3. Обратная геодезическая засечка

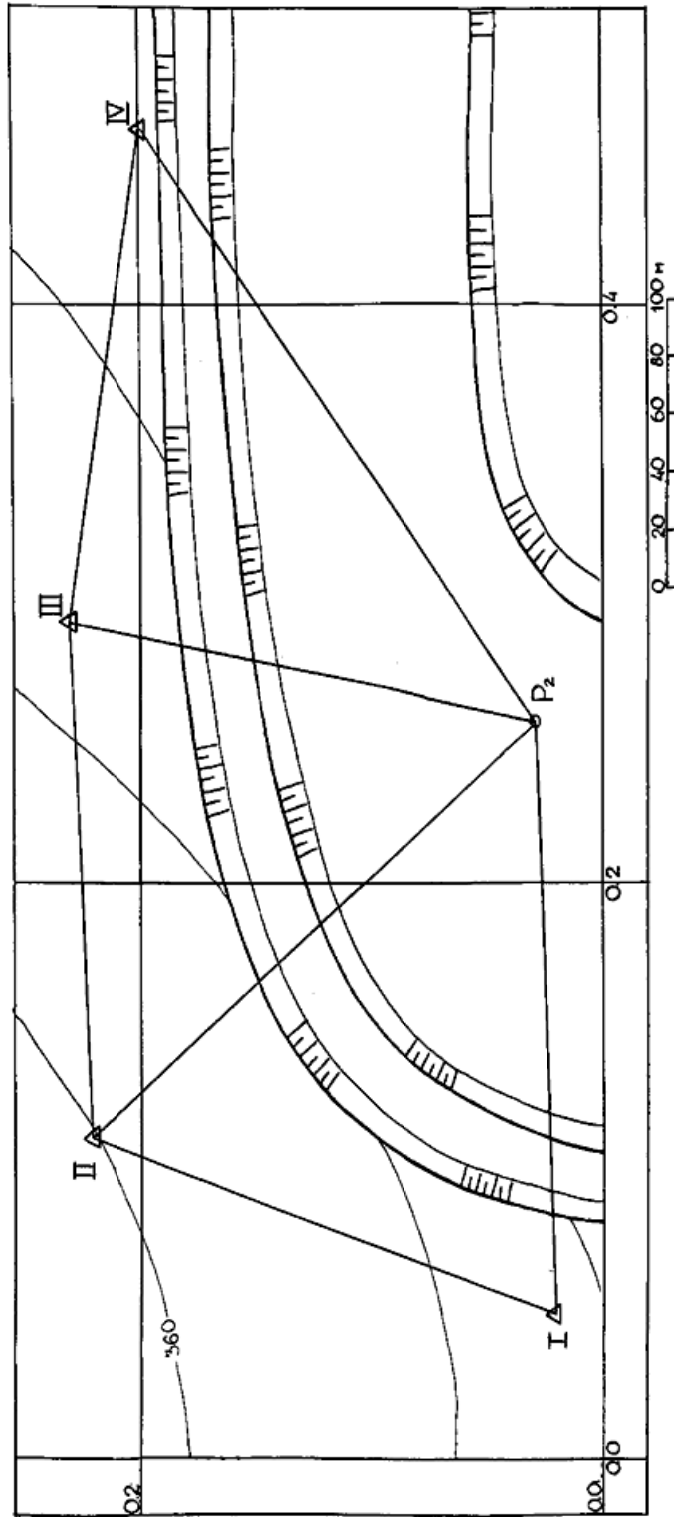
Расчет обратной геодезической засечки начинается с определения среднеквадратической погрешности положения точки съёмочного обоснования P_2 относительно пунктов опорной сети I, II, III, IV с целью выбора наиболее выгодной схемы расположения пунктов. Для этого на плане участка карьера отмечают предполагаемое положение точки съёмочной сети P_2 и проводят направления на опорные пункты I, II, III, IV (рис. 3).

Из всех возможных вариантов схем расположения пунктов (см. рис. 3) для решения обратной засечки выбирают те, у которых углы при определяемом пункте между направлениями на исходные не менее 30° и не более 150° [1, 2], расстояния между исходными пунктами и определяемым не более 2 км в масштабе плана 1:2000. Для схемы, приведенной на рис. 3, может быть составлено четыре варианта засечек (рис. 4): 1-й – на пункты I, II, III; 2-й – на II, III, IV; 3-й – на I, II, IV; 4-й – на I, III, IV.

По каждому варианту засечки, включающему три опорных пункта (два треугольника), среднеквадратическая погрешность вычисляется по формуле:

$$M_{P_2} = \frac{m_\beta \cdot l_{P_2-i_{cp}}}{\rho'' \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{P_2-i_l}}{l_{i_l-i_{cp}}}\right)^2 + \left(\frac{l_{P_2-i_p}}{l_{i_{cp}-i_p}}\right)^2},$$

где m_β – среднеквадратическая погрешность измерения углов β_i ; ($m_\beta \leq 15''$); l_i – длины соответствующих сторон i -го варианта засечки от определяемого до исходного пункта: (л) – левого, (ср) – среднего, (п) – правого и между исходными пунктами, км, берутся с плана участка карьера с точностью до 0,5 мм масштаба плана; φ_i, ψ_i – углы на исходных пунктах i -го варианта засечки, берутся с плана участка карьера с точностью до $0,5^\circ$ (измеряются транспортиром).



Методические указания для решения обратной засечки

1. На план участка карьера в масштабе 1:2000 по известным координатам $X_I, Y_I, X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}, X_{IV}, Y_{IV}$ (см. табл. 4) наносятся пункты опорной сети I, II, III, IV.

2. На нижнем горизонте отмечают предполагаемое место заложения точки съёмочного обоснования P_2 и проводят направления на опорные пункты I, II, III, IV (см. рис. 3).

3. Производится расчет среднеквадратической погрешности положения точки P_2 (предварительная оценка вариантов) относительно пунктов опорной сети (M_{P_2}). По результатам оценки выбирают два наиболее точных варианта для расчета координат точки P_2 , у которых среднеквадратическая погрешность не превышает 0,3 мм на плане (в масштабе 1:2000 это 0,6 м).

4. Выполняется расчет координат точки P_2 по двум выбранным вариантам.

5. Исходные данные для расчета (табл. 4): углы $\beta_i, \varphi_i, \psi_i$ и длины сторон l_i берутся с плана участка карьера (см. рис. 3 и 4). Углы измеряются транспортиром с точностью $0,5^\circ$, длины – линейкой с точностью 0,5 мм.

Для решения обратной геодезической засечки существует несколько способов. В зависимости от расположения исходных пунктов между собой не все способы равнозначны. Наилучшим вариантом обратной геодезической засечки является вариант засечки с углами $120^\circ, 60^\circ, 45^\circ$ при определяемом пункте и относительно равными расстояниями до исходных пунктов. Обратная засечка не имеет решения, когда определяемый пункт лежит на одной окружности с тремя исходными пунктами.

Решение.

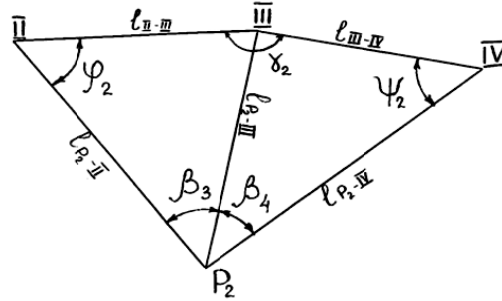
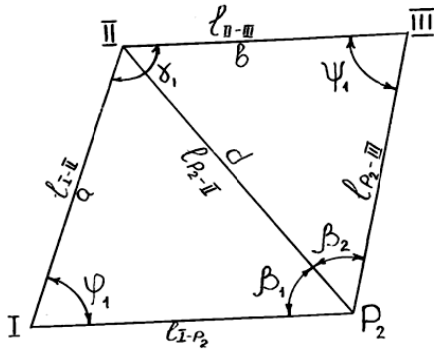
Расчет среднеквадратической погрешности положения точки P_2 (исходные данные для расчета приведены в табл. 4).

Вариант 1 (исходные пункты I, II, III)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 239,7}{206265 \cdot 0,53} \cdot \sqrt{\left(\frac{204,8}{208,7}\right)^2 + \left(\frac{204,6}{180,3}\right)^2} = 0,049 \text{ м.}$$

Вариант 1

Вариант 2



Вариант 3

Вариант 4

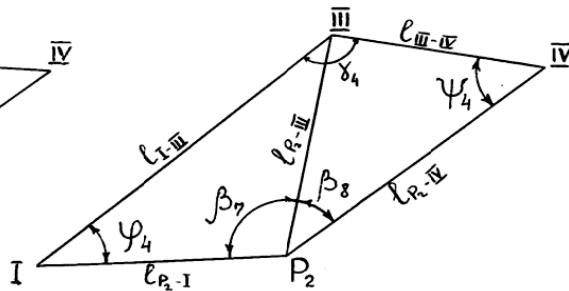
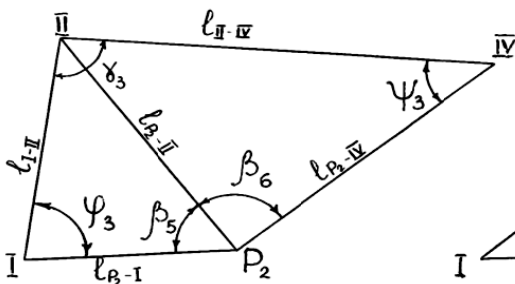


Рис. 4. Варианты обратной засечки

Таблица 4

Исходные данные для расчета обратной геодезической засечки, взятые с плана участка карьера

| Наименования расстояний | Измеренные расстояния по вариантам, м | | | |
|---|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | вариант 1, исходные пункты I, II, III | вариант 2, исходные пункты II, III, IV | вариант 3, исходные пункты I, II, IV | вариант 4, исходные пункты I, III, IV |
| Расстояния от P_2 до исходных пунктов, м: | | | | |
| левого | $l_{P_2-I}=204,8$ | $l_{P_2-II}=239,7$ | $l_{P_2-I}=204,8$ | $l_{P_2-I}=204,8$ |
| среднего | $l_{P_2-II}=239,7$ | $l_{P_2-III}=204,6$ | $l_{P_2-II}=239,7$ | $l_{P_2-III}=204,6$ |
| правого | $l_{P_2-III}=204,6$ | $l_{P_2-IV}=267,3$ | $l_{P_2-IV}=267,3$ | $l_{P_2-IV}=267,3$ |

| Наименования расстояний | Измеренные расстояния по вариантам, м | | | |
|--|---|--|--|---|
| | вариант 1,
исходные
пункты I, II, III | вариант 2,
исходные пункты
II, III, IV | вариант 3,
исходные пунк-
ты I, II, IV | вариант 4,
исходные пункты
I, III, IV |
| Расстояния
между исход-
ными пункта-
ми, м:
левый и сред-
ний | $l_{I-II} = 208,7$ | $l_{II-III} = 180,3$ | $l_{I-II} = 208,7$ | $l_{I-III} = 318,9$ |
| средний и пра-
вый | $l_{II-III} = 180,3$ | $l_{III-IV} = 172,6$ | $l_{II-IV} = 350,5$ | $l_{III-IV} = 172,6$ |
| | $\varphi_1 = 71$ | $\varphi_2 = 56$ | $\varphi_3 = 71$ | $\varphi_4 = 39$ |
| | $\psi_1 = 77$ | $\psi_2 = 50$ | $\psi_3 = 50$ | $\psi_4 = 50$ |
| $\sin(\varphi + \psi)$ | 0,53 | 0,96 | 0,91 | 1,00 |

Вариант 2 (исходные пункты II, III, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 204,6}{206265 \cdot 0,96} \cdot \sqrt{\left(\frac{239,7}{180,3}\right)^2 + \left(\frac{267,3}{172,6}\right)^2} = 0,032 \text{ м.}$$

Вариант 3 (исходные пункты I, II, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 239,7}{206265 \cdot 0,86} \cdot \sqrt{\left(\frac{204,8}{208,7}\right)^2 + \left(\frac{267,3}{350,4}\right)^2} = 0,024 \text{ м.}$$

Вариант 4 (исходные пункты I, III, IV)

$$M_{P_2} = \frac{15 \cdot 204,6}{206265 \cdot 1,0} \cdot \sqrt{\left(\frac{204,8}{318,7}\right)^2 + \left(\frac{267,3}{172,6}\right)^2} = 0,025 \text{ м.}$$

По результатам оценки вариантов засечки получаем, что наиболее выгодная схема расположения пунктов в вариантах 3 и 4, M_{P_2} имеет наименьшее значение и не превышает величины

0,3 мм на плане в масштабе съемки (M_{P_2} допустимая, составляет 0,6 м).

Первый способ решения обратной геодезической засечки

Расчет координат точки съемочного обоснования проводится по треугольникам вариантов 3 и 4.

Вариант 3

Исходные данные (см. табл. 3):

$$\begin{aligned} X_I &= 20 \text{ м}; & Y_I &= 50 \text{ м}; \\ X_{II} &= 220 \text{ м}; & Y_{II} &= 110 \text{ м}; \\ X_{IV} &= 200 \text{ м}; & Y_{IV} &= 460 \text{ м}. \end{aligned}$$

Измеренные углы: $\beta_5 = 55^\circ 21' 36''$, $\beta_6 = 87^\circ 14' 24''$.

Углы β_5 и β_6 определяем с плана участка карьера в точке P_2 (на практике они измеряются с точностью $m_\beta \leq 15''$). Для исключения грубых ошибок при измерении углов на плане измеряются все углы в треугольнике, и сумма их уравнивается к 180° .

Решение.

$$\alpha_{II-I} = \arctg \frac{Y_I - Y_{II}}{X_I - X_{II}} = \arctg \frac{50 - 110}{20 - 220} = 196^\circ 41' 57'';$$

$$\alpha_{II-IV} = \arctg \frac{Y_{IV} - Y_{II}}{X_{IV} - X_{II}} = \arctg \frac{460 - 110}{200 - 220} = 93^\circ 16' 14'';$$

$$l_{II-I} = a = \frac{X_I - X_{II}}{\cos \alpha_{II-I}} = \frac{20 - 220}{\cos 196^\circ 41' 57''} = 208,806 \text{ м};$$

$$l_{II-IV} = b = \frac{Y_{IV} - Y_{II}}{\sin \alpha_{II-IV}} = \frac{460 - 110}{\sin 93^\circ 16' 14''} = 350,571 \text{ м}.$$

По разности дирекционных углов определяем:

$$\gamma_3 = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-IV} = 196^\circ 41' 57'' - 93^\circ 16' 14'' = 103^\circ 25' 43''.$$

Далее:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 180^\circ - \frac{\beta_5 + \beta_6 + \gamma_3}{2} = \\ &= 180^\circ - \frac{55^\circ 21' 36'' + 87^\circ 14' 24'' + 103^\circ 25' 43''}{2} = 56^\circ 59' 9''; \end{aligned}$$

$$\eta = \operatorname{arctg} \left(\frac{a \cdot \sin \beta_6}{b \cdot \sin \beta_5} \right) =$$

$$= \operatorname{arctg} \left(\frac{208,806 \cdot \sin 87^\circ 14' 24''}{350,571 \cdot \sin 55^\circ 21' 36''} \right) = 35^\circ 52' 15'';$$

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{ctg}(45^\circ + \eta)) =$$

$$= \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} 56^\circ 59' 9'' \cdot \operatorname{ctg}(45^\circ + 35^\circ 52' 15'')) = 13^\circ 53' 29'';$$

$$\varphi_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 56^\circ 59' 9'' + 13^\circ 53' 29'' = 70^\circ 52' 38'';$$

$$\psi_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 56^\circ 59' 9'' - 13^\circ 53' 29'' = 43^\circ 05' 40'';$$

$$l_{P_2-II} = d = a \cdot \frac{\sin \varphi_3}{\sin \beta_5} = b \cdot \frac{\sin \psi_3}{\sin \beta_6} =$$

$$= 208,806 \cdot \frac{\sin 70^\circ 52' 38''}{\sin 55^\circ 21' 36''} = 350,571 \cdot \frac{\sin 43^\circ 05' 40''}{\sin 87^\circ 14' 24''}$$

$$d = 239,789 \text{ м}; \quad d = 239,789 \text{ м}; \quad d_{cp} = 239,789 \text{ м};$$

$$\alpha_{P_2-II} = \alpha_{II-IV} - \psi_3 - \beta_6 + 2 \cdot 180^\circ =$$

$$= 93^\circ 16' 14'' - 43^\circ 05' 40'' - 87^\circ 14' 24'' + 2 \cdot 180^\circ = 322^\circ 56' 10'';$$

$$\alpha_{P_2-II} = \alpha_{II-I} + \varphi_3 + \beta_6 - 2 \cdot 180^\circ =$$

$$= 196^\circ 41' 57'' + 70^\circ 52' 38'' + 55^\circ 21' 36'' - 2 \cdot 180^\circ = 322^\circ 56' 11'';$$

$$\alpha_{cp} = 322^\circ 56' 10'';$$

$$X_{P_2} = X_{II} + d \cdot \cos(\alpha_{II-P_2} - 180^\circ) =$$

$$= 220 + 239,789 \cdot \cos(322^\circ 56' 10'' - 180^\circ) = 28,657 \text{ м};$$

$$Y_{P_2} = Y_{II} + d \cdot \sin(\alpha_{II-P_2} - 180^\circ) =$$

$$= 110 + 239,789 \cdot \sin(322^\circ 56' 10'' - 180^\circ) = 254,522 \text{ м};$$

$$X_{P_2} = 28,657 \text{ м}, \quad Y_{P_2} = 254,522 \text{ м}.$$

Вариант 4

Исходные данные (см. табл. 3):

$$X_I = 20 \text{ м}; \quad Y_I = 50 \text{ м};$$

$$X_{III} = 230 \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 \text{ м};$$

$$X_{IV} = 200 \text{ м}; \quad Y_{IV} = 460 \text{ м}.$$

Измеренные углы: $\beta_7 = 102^\circ 24' 36''$, $\beta_8 = 40^\circ 10' 48''$.

Углы β_7 и β_8 определяются с плана участка карьера.

Решение:

$$\alpha_{III-I} = \text{arctg} \frac{Y_I - Y_{III}}{X_I - X_{III}} = \text{arctg} \frac{50 - 290}{20 - 230} = 228^\circ 48' 51'';$$

$$\alpha_{III-IV} = \text{arctg} \frac{Y_{IV} - Y_{III}}{X_{IV} - X_{III}} = \text{arctg} \frac{460 - 290}{200 - 230} = 100^\circ 00' 29'';$$

$$l_{III-I} = a = \frac{X_I - X_{III}}{\cos \alpha_{III-I}} = \frac{20 - 230}{\cos 228^\circ 48' 51''} = 318,904 \text{ м};$$

$$l_{III-IV} = b = \frac{X_{IV} - X_{III}}{\cos \alpha_{III-IV}} = \frac{200 - 230}{\cos 100^\circ 00' 29''} = 172,625 \text{ м}.$$

По разности дирекционных углов определяем:

$$\gamma_4 = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-IV} = 228^\circ 48' 51'' - 100^\circ 00' 29'' = 128^\circ 48' 28''.$$

Далее:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 180^\circ - \frac{\beta_7 + \beta_8 + \gamma_4}{2} = \\ &= 180^\circ - \frac{102^\circ 24' 36'' + 40^\circ 10' 48'' + 128^\circ 48' 28''}{2} = 44^\circ 18' 04''; \end{aligned}$$

$$\eta = \text{arctg} \left(\frac{a \cdot \sin \beta_8}{b \cdot \sin \beta_7} \right) = \text{arctg} \left(\frac{318,904 \cdot \sin 40^\circ 10' 18''}{172,627 \cdot \sin 102^\circ 24' 36''} \right) = 50^\circ 40' 09'';$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= \text{arctg}(\text{tg} \varepsilon_1 \cdot \text{ctg} (45^\circ + \eta)) = \\ &= \text{arctg}(\text{tg} 44^\circ 18' 04'' \cdot \text{ctg} (45^\circ + 50^\circ 40' 09'')) = -5^\circ 32'; \end{aligned}$$

$$\varphi_4 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 44^\circ 18' 07'' - 5^\circ 32' = 38^\circ 46' 07'';$$

$$\psi_4 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 44^\circ 18' 07'' - (-5^\circ 32') = 49^\circ 50' 07'';$$

$$\begin{aligned} l_{P_2-III} = d &= a \cdot \frac{\sin \varphi_4}{\sin \beta_7} = b \cdot \frac{\sin \psi_4}{\sin \beta_8} = \\ &= d = 318,904 \cdot \frac{\sin 38^\circ 46' 07''}{\sin 102^\circ 24' 36''} = 172,627 \cdot \frac{\sin 49^\circ 50' 07''}{\sin 40^\circ 10' 48''}; \end{aligned}$$

$$d = 204,468 \text{ м}; \quad d = 204,465 \text{ м}; \quad d_{\text{ср}} = 204,466 \text{ м};$$

$$\begin{aligned}\alpha_{P_2-III} &= \alpha_{III-IV} - \psi_4 - \beta_8 = \\ &= 100^\circ 00' 29'' - 49^\circ 50' 07'' - 40^\circ 10' 48'' = 9^\circ 59' 34'';\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{P_2-III} &= \alpha_{III-I} + \varphi_4 + \beta_7 - 2 \cdot 180^\circ = \\ &= 228^\circ 48' 51'' + 38^\circ 46' 07'' + 102^\circ 24' 36'' - 2 \cdot 180^\circ = 9^\circ 59' 34'';\end{aligned}$$

$$\alpha_{cp} = 9^\circ 59' 34'';$$

$$\begin{aligned}X_{P_2} &= X_{III} + d \cdot \cos(\alpha_{P_2-III} + 180^\circ) = \\ &= 230 + 204,466 \cdot \cos(9^\circ 59' 34'' + 180^\circ) = 28,636 \text{ м},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_{P_2} &= Y_{III} + d \cdot \sin(\alpha_{P_2-III} + 180^\circ) = \\ &= 290 + 204,466 \cdot \sin(9^\circ 59' 34'' + 180^\circ) = 254,520 \text{ м}.\end{aligned}$$

$$X_{P_2} = 28,636 \text{ м}, \quad Y_{P_2} = 254,520 \text{ м}.$$

Контроль.

По результатам расчета координат точки P_2 из двух вариантов засечки имеем:

$$\text{Вариант 3} \quad X_{P_2} = 28,657 \text{ м}, \quad Y_{P_2} = 254,522 \text{ м},$$

$$\text{Вариант 4} \quad X_{P_2} = 28,636 \text{ м}, \quad Y_{P_2} = 254,520 \text{ м}.$$

Сравнивая два варианта решения, получаем разницу в координатах:

$$\Delta X_{P_2} = 28,657 - 28,636 = 0,021 \text{ м};$$

$$\Delta Y_{P_2} = 254,522 - 254,520 = 0,002 \text{ м},$$

что не превышает величины 0,4 мм на плане в масштабе съемки (0,8 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_2 , полученных из двух вариантов засечки:

$$X_{P_2} = 28,646 \text{ м}; \quad Y_{P_2} = 254,521 \text{ м}.$$

Ниже приводится пример определения исходных данных для расчета геодезической засечки, из примерных, а потом и точных координат P_2 в Excel.

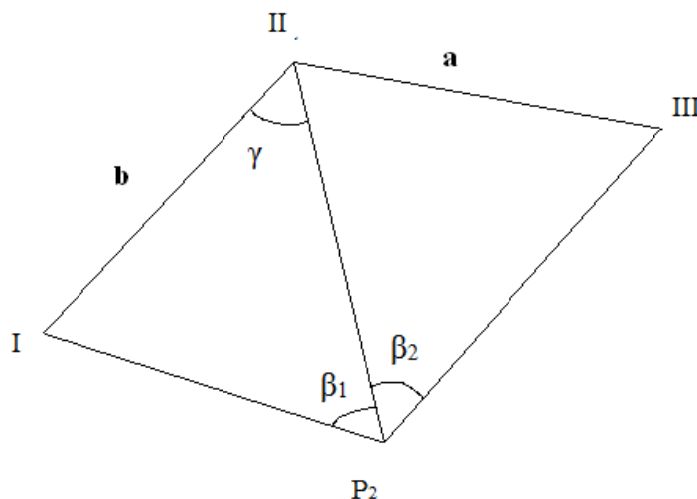
**Пример определения исходных данных для расчета обратной геодезической засечки,
из примерных, а потом и точных координат P_2 в Excel**

| Вариант: | 0 | $\Delta I-II-III-P_2$ | $\Delta II-III-IV-P_2$ | $\Delta I-II-IV-P_2$ | $\Delta I-III-IV-P_2$ |
|----------------------|-----|--|--|--|---|
| № X, м | | I 204,705 | II 239,789 | I 204,705 | I 204,705 |
| Y, м | | II 239,789 | III 204,445 | II 239,789 | II 239,789 |
| I | 20 | III 204,445 | IV 267,544 | IV 267,544 | III 204,445 |
| II | 220 | II 208,806 | III 180,278 | II 208,806 | IV 267,544 |
| III | 230 | III 180,278 | IV 172,627 | IV 172,627 | III 208,806 |
| IV | 200 | $\beta 1$ 55,3599 | $\beta 3$ 47,0572 | $\beta 5$ 55,3599 | IV 172,627 |
| Примерные координаты | | \angle с I на II- P_2 $\alpha 1$ 70,8770 | \angle с II на III- P_2 $\alpha 2$ 56,1160 | \angle с I на II- P_2 $\alpha 3$ 70,8770 | \angle с I на III- P_2 $\alpha 4$ 38,7622 |
| P_2 | | \angle на I- P_2 $\epsilon 1$ 53,7631 | \angle на II- P_2 $\epsilon 3$ 76,8268 | \angle на I- P_2 $\epsilon 5$ 53,7631 | \angle на I- P_2 $\epsilon 7$ 38,8208 |
| M β | 15 | $\beta 2$ 47,0572 | $\beta 4$ 40,1828 | $\beta 6$ 87,2400 | $\beta 8$ 40,1828 |
| | | $\epsilon 2$ 56,1160 | $\epsilon 4$ 89,9853 | $\epsilon 6$ 49,6656 | $\epsilon 8$ 89,9853 |
| | | \angle с III на II- P_2 $\psi 1$ 76,8268 | \angle с IV на III- P_2 $\psi 2$ 49,8319 | \angle с IV на II- P_2 $\psi 3$ 43,0944 | \angle с IV на III- P_2 $\psi 4$ 49,8319 |
| | | $\sum \epsilon$ $\gamma 1$ 109,8791 | $\sum \epsilon$ $\gamma 2$ 166,8122 | $\sum \epsilon$ $\gamma 3$ 103,4288 | $\sum \epsilon$ $\gamma 4$ 128,8061 |
| | | $\sin(\alpha+\psi)$ 0,534 | $\sin(\alpha+\psi)$ 0,962 | $\sin(\alpha+\psi)$ 0,914 | $\sin(\alpha+\psi)$ 1,000 |
| | | Mp2 0,04893 | Mp2 0,03158 | Mp2 0,02371 | Mp2 0,02495 |

**Второй способ решения обратной геодезической засечки.
Способ проф. Пашенкова В. З. (рис. 5)**

Исходные данные (см. табл. 3):

$$\begin{array}{ll} X_I = 20 \text{ м}; & Y_I = 50 \text{ м}; \\ X_{II} = 220 \text{ м}; & Y_{II} = 110 \text{ м}; \\ X_{III} = 230 \text{ м}; & Y_{III} = 290 \text{ м}; \\ X_{IV} = 200 \text{ м}; & Y_{IV} = 460 \text{ м}. \end{array}$$



Измеренные углы:

$$\begin{array}{l} \beta_1 = 55^\circ; \\ \beta_2 = 46^\circ 46'. \end{array}$$

Решая обратную геодезическую задачу, находим:

$$\begin{array}{l} \alpha_{II-I} = 196^\circ 41' 57'', \\ \alpha_{III-II} = 266^\circ 49' 13'', \\ a = 180,284 \text{ м}; \\ b = 208,806 \text{ м}. \end{array}$$

Решение.

$$1. K = \frac{b \cdot \sin \beta_2}{a \cdot \sin \beta_1} = \frac{208,806 \cdot \sin 46^\circ 46'}{180,284 \cdot \sin 55^\circ} = 1,03013.$$

$$\begin{aligned} 2. \operatorname{tg} \gamma &= \frac{\sin(\alpha_{III-II} - \alpha_{II-I} - \beta_2) - K \cdot \sin \beta_1}{K \cdot \cos \beta_1 - \cos(\alpha_{III-II} - \alpha_{II-I} - \beta_2)} = \\ &= \frac{\sin(266^\circ 49' 13'' - 196^\circ 41' 57'' - 46^\circ 46') - 1,03013 \cdot \sin 55^\circ}{1,03013 \cdot \cos 55^\circ - \cos(266^\circ 49' 13'' - 196^\circ 41' 57'' - 46^\circ 46')} = 1,36736; \\ &\quad \gamma = 53^\circ 49' 14''; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. L_{P_2-II} &= \frac{b \cdot \sin(\beta_1 + \gamma)}{\sin \beta_1} = \frac{208,806 \cdot (\sin 55^\circ + \sin 53^\circ 49' 14'')}{\sin 55^\circ} = \\ &= 241,276 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$4. \alpha_{II-P_2} = \alpha_{II-I} - \gamma = 196^\circ 41' 57'' - 53^\circ 49' 14'' = 142^\circ 52' 43''.$$

$$5. \Delta X_{\text{II}-P_2} = L_{P_2-\text{II}} \cdot \cos \alpha_{\text{II}-P_2} = 241,276 \cdot \cos 142^\circ 52' 43'' = \\ = -192,383 \text{ м.}$$

$$6. X_{P_2} = X_{\text{II}} + \Delta X_{\text{II}-P_2} = 220 - 192,383 = 27,617 \text{ м.}$$

$$7. \Delta Y_{\text{II}-P_2} = L_{P_2-\text{II}} \cdot \sin \alpha_{\text{II}-P_2} = 241,276 \cdot \sin 142^\circ 52' 43'' = \\ = 145,611 \text{ м.}$$

$$8. Y_{P_2} = Y_{\text{II}} + \Delta Y_{\text{II}-P_2} = 110 + 145,611 = 255,611 \text{ м.}$$

Для дополнительного контроля сравниваем полученные значения координат точки P_2 с координатами из решения первым способом решения засечки:

$$\Delta X = -1,090 \text{ м;} \quad \Delta Y = -1,019 \text{ м.}$$

Полученная разница в координатах из двух способов решения не превышает допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_1 :

$$X_{P_1} = 28,126 \text{ м;} \quad Y_{P_1} = 255,066 \text{ м.}$$

Задача 4. Линейная геодезическая засечка

Линейная засечка – способ определения координат точки съемочного обоснования по известным координатам двух пунктов опорных сетей и измеренным расстояниям от пунктов опорных сетей до определяемого (рис. 6).

Наиболее известны два способа решения линейной засечки [2], где a и b – измеренные, c – исходная сторона треугольника (вычисляется обратная геодезическая задача); p – полусумма квадратов длин сторон:

$$p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2},$$

и затем по определенным углам вычисляют координаты пункта P_1 , решая прямую геодезическую засечку.

Длины a , b берутся с плана участка карьера, измеряются линейкой с точностью 0,5 мм в масштабе плана; c – исходная сторона, вычисляется решением обратной геодезической задачи по координатам пунктов опорных сетей (I, II).

Первый способ.

Решают линейный треугольник (см. рис. 6), определяя углы β_1 и β_2 :

$$\cos\beta_1 = \frac{p - a^2}{b \cdot c}; \quad \cos\beta_2 = \frac{p - b^2}{a \cdot c}.$$

Второй способ – по проекциям измеренных сторон (см. рис. 6). Координаты пункта P_1 вычисляют исходя от пунктов опорных сетей:

от пункта I

$$X_{P_1} = X_I + f_{P_1} \cos\alpha_{I-II} - h_{P_1} \sin\alpha_{I-II};$$

$$Y_{P_1} = Y_I + f_{P_1} \sin\alpha_{I-II} - h_{P_1} \cos\alpha_{I-II};$$

от пункта II

$$X_{P_1} = X_{II} + q_{P_1} \cos\alpha_{I-II} - h_{P_1} \sin\alpha_{I-II};$$

$$Y_{P_1} = Y_{II} + q_{P_1} \sin\alpha_{I-II} - h_{P_1} \cos\alpha_{I-II},$$

где f_{P_1} и q_{P_1} – проекции двух сторон треугольника на третью сторону:

$$f_{P_1} = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c};$$

$$q_{P_1} = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2c} = c - f_{P_1},$$

h_{P_1} – высота треугольника:

$$h_{P_1} = \sqrt{b^2 - f_{P_1}^2} = \sqrt{a^2 - q_{P_1}^2},$$

α – дирекционный угол исходной стороны;

$$\sin\alpha_{I-II} = \frac{Y_{II} - Y_I}{c}; \quad \cos\alpha_{I-II} = \frac{X_{II} - X_I}{c}.$$

Высота треугольника h_{P_1} принимается с соответствующим знаком: плюс, если точка P_1 расположена справа по отношению к линии I-II, и минус, если слева.

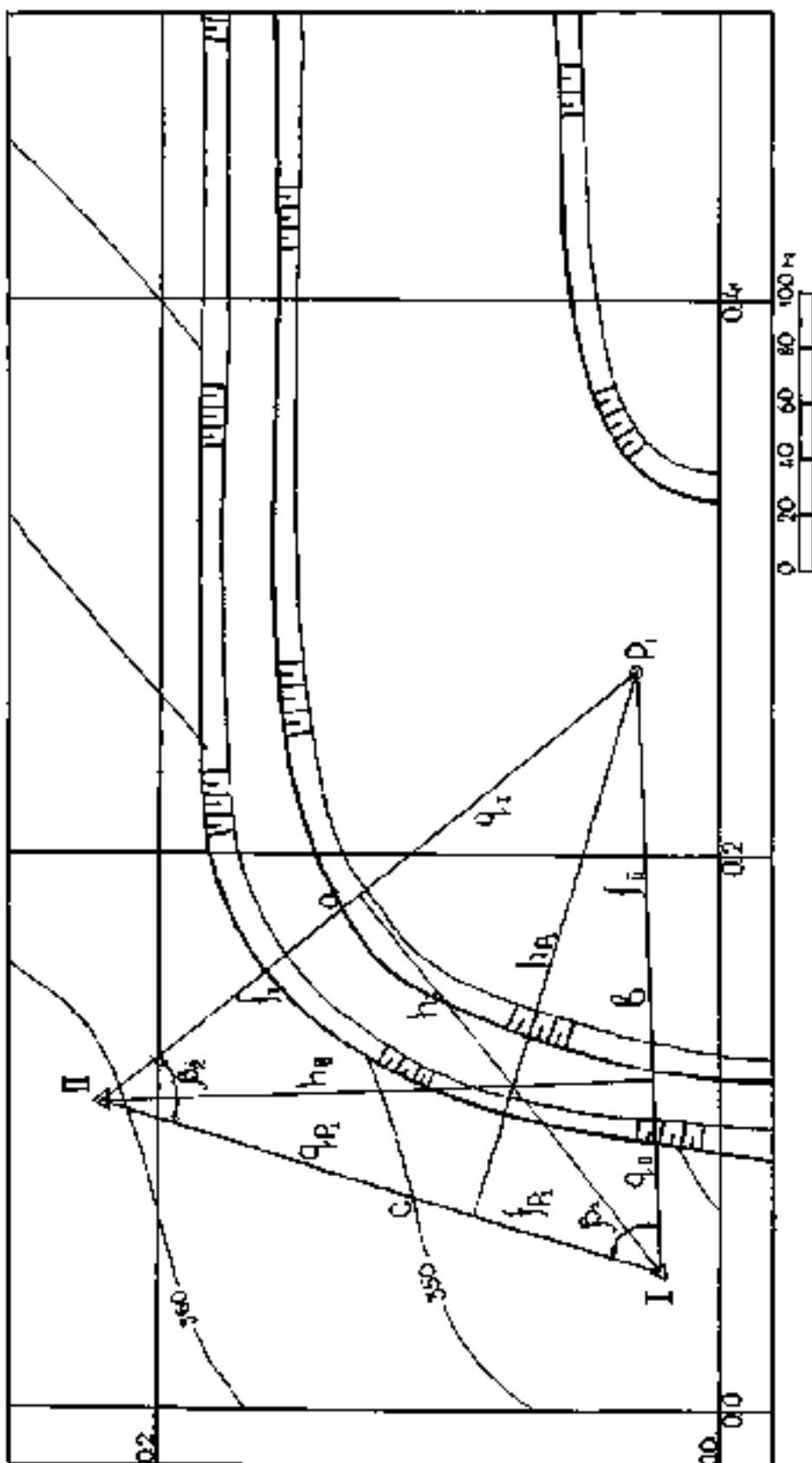


Рис. 6. Линейная геодезическая засечка

Контроль. Решается второй треугольник (см. рис. 2) или в данном случае сравниваются полученные координаты с координатами из задачи 2. Допустимая разница в координатах 0,4 мм на плане в масштабе съемки.

Методические указания для решения линейной засечки

1. На плане участка карьера строится один треугольник по схеме решения прямой геодезической засечки (см. рис. 2).

2. Измеряются два расстояния a и b от точки P_1 до опорных пунктов I и II с точностью до 0,5 мм в масштабе плана (на практике расстояния измеряются с точностью 1:3000).

3. Вычисляют сторону (c), решая обратную геодезическую задачу.

Исходные данные:

$$X_I = 20 \text{ м}; \quad Y_I = 50 \text{ м};$$

$$X_{II} = 220 \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 \text{ м};$$

$$\text{длины } a_{\text{изм}} = 249,6 \text{ м}; \quad b_{\text{изм}} = 218,8 \text{ м}.$$

Вычисляется: $c_{\text{выч}} = 208,806 \text{ м}.$

Первый способ решения:

$$p = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2} = \frac{(249,6)^2 + (218,8)^2 + (208,806)^2}{2} =$$

$$= \frac{62300,160 + 47873,440 + 43599,945}{2} = 76886,772;$$

$$\cos \beta_1 = \frac{p - a^2}{b \cdot c} = \frac{76886,772 - (249,6)^2}{218,8 \cdot 208,806} =$$

$$= \frac{76886,772 - 62300,160}{45686,752} = \frac{14586,612}{45686,752} = 0,3193;$$

$$\cos \beta_2 = \frac{p - b^2}{a \cdot c} = \frac{76886,772 - (218,8)^2}{249,6 \cdot 208,806} =$$

$$= \frac{76886,772 - 47873,440}{52117,977} = \frac{29013,332}{52117,977} = 0,5567;$$

$$\beta_1 = 71^\circ 22' 51''; \quad \beta_2 = 56^\circ 10' 23''.$$

**Решение прямой геодезической засечки
по формулам котангенсов измеренных углов**

$$X_{P_1} = \frac{X_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + X_I \operatorname{ctg}(r_2) + Y_I - Y_{II}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + 20 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'')} = 27,330 \text{ м,}$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + Y_I \operatorname{ctg}(r_2) - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + 50 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ 22' 51'') + \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'')} = 268,677 \text{ м.}$$

Контроль промежуточный:

$$X_I = \frac{X_{P_1} \operatorname{ctg}(r_2) + X_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_{II} - Y_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{27,330 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 220 \cdot \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'') + 110 - 268,677}{\operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'')} =$$

$$= 20,000 \text{ м;}$$

$$Y_I = \frac{Y_{P_1} \operatorname{ctg}(r_2) + Y_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) - X_{II} + X_{P_1}}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{268,677 \cdot \operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + 110 \cdot \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'') - 220 + 27,330}{\operatorname{ctg}(56^\circ 10' 23'') + \operatorname{ctg}(52^\circ 26' 46'')} =$$

$$= 50,000 \text{ м.}$$

Контроль. Решение второго треугольника.

Второй способ решения:

$$f_{P_1} = \frac{b_{\text{ИЗМ}}^2 + c_{\text{ВЫЧ}}^2 - a_{\text{ИЗМ}}^2}{2 \cdot c_{\text{ВЫЧ}}} =$$

$$= \frac{218,8^2 + 208,806^2 - 249,6^2}{2 \cdot 208,806} = 69,857 \text{ м};$$

$$q_{P_1} = \frac{a_{\text{ИЗМ}}^2 + c_{\text{ВЫЧ}}^2 - b_{\text{ИЗМ}}^2}{2 \cdot c_{\text{ВЫЧ}}} = \frac{249,6^2 + 208,806^2 - 218,8^2}{2 \cdot 208,806} = 138,949 \text{ м};$$

$$q_{P_1} = c_{\text{ВЫЧ}} - f_{P_1} = 208,806 - 69,857 = 138,949 \text{ м};$$

$$h_{P_1} = \sqrt{a_{\text{ИЗМ}}^2 - f_{P_1}^2} = \sqrt{218,8^2 - 69,857^2} = 207,348 \text{ м};$$

$$h_{P_1} = \sqrt{a_{\text{ИЗМ}}^2 - q_{P_1}^2} = \sqrt{249,6^2 - 138,949^2} = 207,348 \text{ м};$$

$$\sin \alpha_{\text{I-II}} = \frac{Y_{\text{II}} - Y_{\text{I}}}{c} = \frac{110 - 50}{208,806} = 0,287348;$$

$$\cos \alpha_{\text{I-II}} = \frac{X_{\text{II}} - X_{\text{I}}}{c} = \frac{220 - 20}{208,806} = 0,957826.$$

От пункта I

$$X_{P_1} = X_{\text{I}} + f_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I-II}} =$$

$$= 20 + 69,857 \cdot 0,957826 - 207,348 \cdot 0,287348 = 27,330 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = Y_{\text{I}} + f_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I-II}} + h_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I-II}} =$$

$$= 50 + 69,857 \cdot 0,287348 + 207,348 \cdot 0,957826 = 268,677 \text{ м}.$$

От пункта II

$$X_{P_1} = X_{\text{II}} - q_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I-II}} - h_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I-II}} =$$

$$= 220 - 139,001 \cdot 0,957826 - 207,339 \cdot 0,2873481 = 27,330 \text{ м};$$

$$Y_{P_1} = Y_{\text{II}} + q_{P_1} \cdot \sin \alpha_{\text{I-II}} + h_{P_1} \cdot \cos \alpha_{\text{I-II}} =$$

$$= 110 - 139,001 \cdot 0,2873481 + 207,339 \cdot 0,957826 = 268,677 \text{ м}.$$

Контроль.

От пункта I:

$$\Delta X_{\text{I-P}_1} = b \cdot \cos \alpha_{\text{I-P}_1}, \Delta Y_{\text{I-P}_1} = b \cdot \sin \alpha_{\text{I-P}_1}, b = \sqrt{\Delta X_{P_1}^2 + \Delta Y_{P_1}^2}.$$

От пункта II:

$$\Delta X_{II-P_1} = a \cdot \cos \alpha_{II-P_1}, \Delta Y_{II-P_1} = a \cdot \sin \alpha_{II-P_1}, a = \sqrt{\Delta X_{P_1}^2 + \Delta Y_{P_1}^2}.$$

$$\text{где } \cos \alpha_{I-P_1} = \frac{X_{P_1} - X_I}{b}; \quad \cos \alpha_{II-P_1} = \frac{X_{P_1} - X_{II}}{a};$$

$$\sin \alpha_{I-P_1} = \frac{Y_{P_1} - Y_I}{b}; \quad \sin \alpha_{II-P_1} = \frac{Y_{P_1} - Y_{II}}{a};$$

$$b - b_1 = \Delta b; \quad a - a_1 = \Delta a,$$

где Δb и Δa – погрешность определения координат точки P_1 относительно пунктов опорной сети.

$$\cos \alpha_{I-P_1} = \frac{27,330 - 20}{218,8} = 0,033501;$$

$$\cos \alpha_{II-P_1} = \frac{27,330 - 220}{249,6} = -0,771915;$$

$$\sin \alpha_{I-P_1} = \frac{268,677 - 50}{218,8} = 0,999438 ;$$

$$\sin \alpha_{II-P_1} = \frac{268,677 - 110}{249,6} = 0,635725 ;$$

$$b_{\text{выч}} = \sqrt{(218,8 \cdot 0,033501)^2 + (218,8 \cdot (0,999438))^2} = 218,800 \text{ м};$$

$$a_{\text{выч}} = \sqrt{(249,6 \cdot (-0,771915))^2 + (249,6 \cdot 0,635725)^2} = 249,600 \text{ м};$$

$$b - b_{\text{выч}} = \Delta b = 0,000 \text{ м}, \quad a - a_{\text{выч}} = \Delta a = 0,000 \text{ м}.$$

По результатам расчетов ошибка определения точки P_1 относительно опорных сетей составила 0 мм при допустимой 0,4 мм на плане в масштабе съемки (0,8 м).

Для дополнительного контроля сравниваем полученные значения координат точки P_1 с координатами из решения первым способом или прямой засечки (см. задачу 2).

$$\Delta X = 0,292 \text{ м}, \quad \Delta Y = 0,445 \text{ м}.$$

Полученные разницы в координатах из двух способов решения не превышают допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Принимаем среднее значение координат точки P_1 :

$$X_{P_1} = 27,476 \text{ м}, \quad Y_{P_1} = 268,454 \text{ м}.$$

Задача 5. Азимутальная засечка

Азимутальная засечка как вариант определения координат пунктов путем решения прямой засечки. При этом измерение углов выполняется в карьере, а не на пунктах опорных сетей (рис. 7).

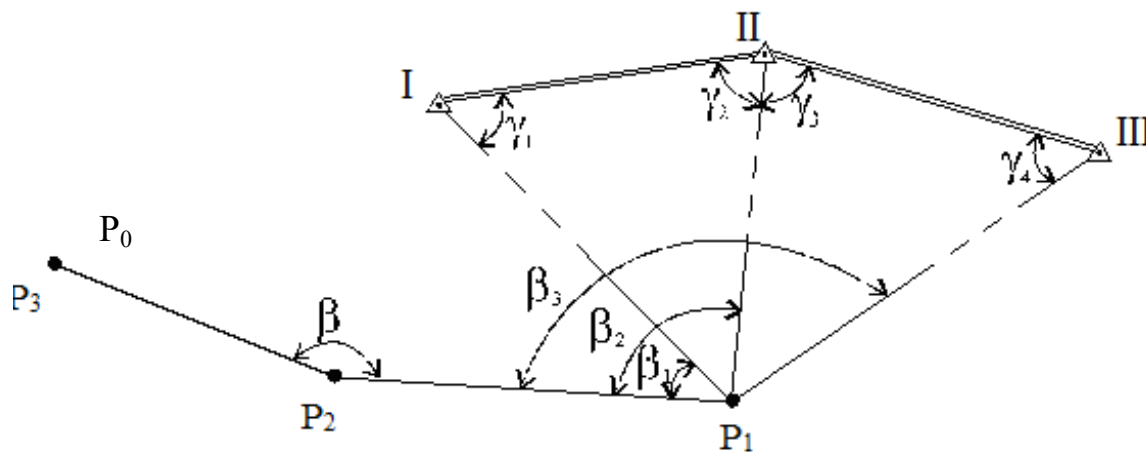


Рис. 7. Азимутальная засечка

Методические указания для решения азимутальной засечки

С пунктов съемочного обоснования P_3 и P_2 , координаты которых известны, передается дирекционный угол на направление P_2P_1 . Решаем прямую геодезическую задачу:

$$\alpha_{P_2P_1} = \alpha_{P_3P_2} + \beta - 180^\circ,$$

где $\alpha_{P_3P_2}$ - известный дирекционный угол или вычисленный по известным координатам; β - измеренный горизонтальный угол.

В пункте P_1 измеряются горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ на точки опорной сети (исходные точки) I, II, III и вычисляются дирекционные углы сторон треугольников:

$$\alpha_{P_1-I} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_1 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{P_1-II} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_2 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{P_1-III} = \alpha_{P_2P_1} + \beta_3 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{I-II} = \arctg \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I};$$

$$\alpha_{II-III} = \arctg \frac{Y_{III} - Y_{II}}{X_{III} - X_{II}}.$$

По разности дирекционных углов вычисляются углы при известных пунктах:

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= \alpha_{P_1-I} - \alpha_{I-II}; \quad \gamma_2 = \alpha_{I-II} - \alpha_{P_1-II}; \\ \gamma_1 &= \alpha_{P_1-II} - \alpha_{II-III}; \quad \gamma_1 = \alpha_{II-III} - \alpha_{P_1-III}.\end{aligned}$$

Решение.

Дано:

$$\begin{aligned}X_I &= 20 \text{ м}; & Y_I &= 50 \text{ м}; \\ X_{II} &= 220 \text{ м}; & Y_{II} &= 110 \text{ м}; \\ X_{III} &= 230 \text{ м}; & Y_{III} &= 290 \text{ м}.\end{aligned}$$

Измерены: $\beta = 86^\circ$, $\beta_1 = 219^\circ$, $\beta_2 = 272^\circ$, $\beta_3 = 324^\circ$;

$$\begin{aligned}\alpha_{P_1P_2} &= \alpha_{P_2P_3} + \beta - 180^\circ = 323^\circ 07' 48'' + 86^\circ - 180^\circ = 229^\circ 07' 48''; \\ \alpha_{I-P_1} &= \alpha_{P_1P_2} + \beta_1 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 219^\circ - 360^\circ = 88^\circ 07' 48''; \\ \alpha_{II-P_1} &= \alpha_{P_1P_2} + \beta_2 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 272^\circ - 360^\circ = 141^\circ 07' 48''; \\ \alpha_{III-P_1} &= \alpha_{P_1P_2} + \beta_3 - 180^\circ = 229^\circ 07' 48'' + 324^\circ - 360^\circ = 193^\circ 07' 48'';\end{aligned}$$

$$\alpha_{I-III} = \arctg \frac{Y_I - Y_{II}}{X_I - X_{II}} = \arctg \frac{50 - 110}{20 - 220} = 16^\circ 41' 57'';$$

$$\alpha_{II-III} = \arctg \frac{Y_{III} - Y_{II}}{X_{III} - X_{II}} = \arctg \frac{290 - 110}{230 - 220} = 86^\circ 49' 13'';$$

$$\gamma_1 = \alpha_{I-P_1} - \alpha_{I-II} = 88^\circ 07' 48'' - 16^\circ 41' 57'' = 71^\circ 25' 51'';$$

$$\gamma_2 = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-P_1} = 196^\circ 41' 57'' - 141^\circ 07' 48'' = 55^\circ 34' 09'';$$

$$\gamma_3 = \alpha_{II-P_1} - \alpha_{II-III} = 141^\circ 07' 48'' - 86^\circ 49' 13'' = 54^\circ 18' 35'';$$

$$\gamma_4 = \alpha_{III-II} - \alpha_{III-P_1} = 273^\circ 10' 47'' - 193^\circ 07' 48'' = 80^\circ 02' 59'';$$

Вычислим координаты пункта P_1 при условии решения прямой геодезической засечки (табл. 5, 6).

Таблица 5

Исходные данные из треугольника I-II- P_1

| Вершины | Углы, град | X, м | Y, м |
|---------|--------------------------------|------|------|
| I | $\gamma_1 = 71^\circ 25' 51''$ | 20 | 50 |
| II | | 220 | 110 |
| P_1 | $\gamma_2 = 55^\circ 34' 09''$ | | |

$$X_{P_1} = \frac{X_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) + X_I \operatorname{ctg}(\gamma_2) + Y_I - Y_{II}}{\operatorname{ctg}(\gamma_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + 20 \cdot \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'') + 50 - 110}{\operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'')} = 27,036 \text{ м},$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) + Y_I \operatorname{ctg}(\gamma_2) - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg}(\gamma_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} =$$

$$= \frac{110 \cdot \operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + 50 \cdot \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'') - 20 + 220}{\operatorname{ctg}(71^\circ 25' 51'') + \operatorname{ctg}(55^\circ 34' 09'')} = 266,534 \text{ м}.$$

Таблица 6

Исходные данные из треугольника II-III- P_1

| Вершины | Углы, град | X, м | Y, м |
|---------|--------------------------------|---------|---------|
| II | $\gamma_3 = 54^\circ 18' 35''$ | 220,000 | 110,000 |
| III | | | |
| P_1 | $\gamma_4 = 80^\circ 02' 59''$ | 230,000 | 290,000 |

$$X_{P_1} = \frac{X_{III} \operatorname{ctg}(\gamma_3) + X_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_4) + Y_{II} - Y_{III}}{\operatorname{ctg}(\gamma_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_3)} =$$

$$= \frac{230 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ 18' 35'') + 220 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'') + 110 - 290}{\operatorname{ctg}(54^\circ 18' 35'') + \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'')} =$$

$$= 26,638 \text{ м};$$

$$Y_{P_1} = \frac{Y_{III} \operatorname{ctg}(\gamma_3) + Y_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_4) - X_{II} + X_{III}}{\operatorname{ctg}(\gamma_4) + \operatorname{ctg}(\gamma_3)} =$$

$$= \frac{290 \cdot \operatorname{ctg}(54^\circ 08' 35'') + 110 \cdot \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'') - 220 + 230}{\operatorname{ctg}(54^\circ 08' 35'') + \operatorname{ctg}(80^\circ 02' 59'')} = 265,857 \text{ м}.$$

Контроль.

Из решения двух треугольников разница в координатах точки P_1 :

$$\Delta X_{P_1} = 0,398 \text{ м}, \quad \Delta Y_{P_1} = 0,677 \text{ м},$$

которая не превышает допустимой 0,6 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 $\Delta X_{P_1}, \Delta Y_{P_1} \leq 1,2$ м).

Среднеарифметическое значение координат точки P_1 из двух треугольников:

$$X_{P_1} = 26,837 \text{ м}, \quad Y_{P_1} = 266,196 \text{ м}.$$

Сравниваем полученные координаты точек при решении азимутальной засечки с координатами точек при прямой засечке:

$$X_{P_1} = 28,692 \text{ м}; \quad Y_{P_1} = 266,004 \text{ м};$$

$$\Delta X_{P_1} = -1,855 \text{ м}; \quad \Delta Y_{P_1} = 0,192 \text{ м}.$$

Полученная разница в координатах из двух способов решения не превышает допустимого расхождения 0,6 мм в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 – 1,2 м).

Задача 6. Полярный способ определения координат

Исходные данные (рис. 8):

$$X_I = 220 \text{ м}; \quad Y_I = 110 \text{ м};$$

$$X_{II} = 20 \text{ м}; \quad Y_{II} = 50 \text{ м};$$

$$X_{III} = 230 \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 \text{ м}.$$

Измеренные углы: $\beta_1 = 305^\circ, \beta_2 = 55^\circ, \delta = -8^\circ,$

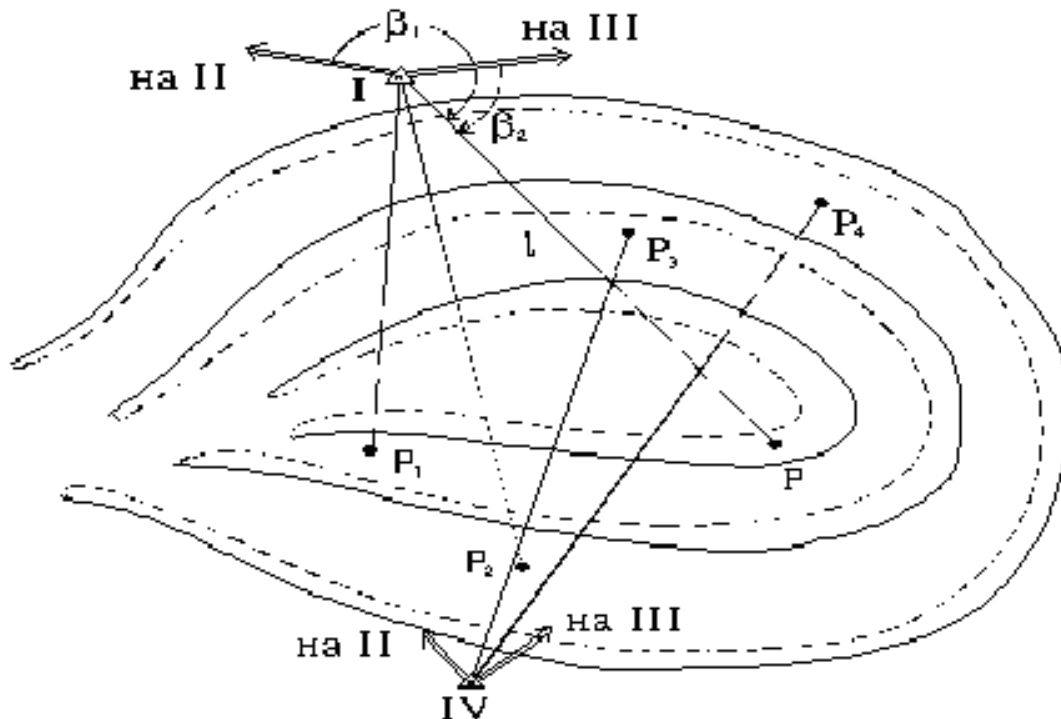


Рис. 8. Полярный способ определения координат

Решение.

Координаты пункта вычисляют по формулам:

$$x_P = x_1 + d \cdot \cos \alpha_{I-P_1} = 220 + 247,567 \cdot \cos 141^\circ = 27,604 \text{ м};$$

$$y_P = y_1 + d \cdot \sin \alpha_{I-P_1} = 110 + 247,567 \cdot \sin 141^\circ = 265,799 \text{ м};$$

где $d = l \cdot \cos \delta = 250 \cdot \cos(-8^\circ) = 247,567 \text{ м};$

$$\alpha_{I-II} = \arctg \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I} = \arctg \frac{50 - 110}{20 - 220} = 16^\circ 41' 57'';$$

$$\alpha_{I-III} = \arctg \frac{Y_I - Y_{III}}{X_I - X_{III}} = \arctg \frac{110 - 290}{220 - 230} = 86^\circ 49' 13'';$$

$$\begin{aligned} \alpha_{I-P_1} &= \alpha_{I-II} + \beta_1 - 180^\circ = \alpha_{I-III} + \beta_2 - 180^\circ = \\ &= 16^\circ + 305^\circ - 180^\circ = 86^\circ + 55^\circ = 141^\circ. \end{aligned}$$

Погрешность положения определяемого пункта вычисляют по формуле:

$$M_{P_2} = \sqrt{\left(\frac{m \alpha \cdot l}{\rho''}\right)^2 + m_l^2} = \sqrt{\left(\frac{15 \cdot 250}{206265}\right)^2 + 0,1^2} = 0,145 \text{ м.}$$

2.3. Определение высотных отметок пунктов съёмочной сети

Высотные отметки маркшейдерского съёмочного обоснования на карьере определяются одновременно с вычислением плановых координат пунктов. Исходными данными по определению высотных отметок пунктов съёмочного обоснования являются пункты опорных высотных сетей III, IV классов.

Высотные отметки пунктов съёмочного обоснования в карьере определяются геометрическим (техническим) и тригонометрическим нивелированием [1].

Для технического нивелирования применяются нивелиры класса точности Н10 и выше. Нивелирные хода прокладываются, висячие (свободные) – от опорного пункта в прямом и обратном направлениях, висячие (несвободные) – между опорными пунктами и замкнутые. Расстояния до реек на связующих точках по возможности должны быть равными и не превышать 150 м. Допустимая разность в превышениях, определенных по черной и красной сторонам рейки или при двух горизонтах инструмента $\pm 5 \text{ мм}$. Предельная высотная невязка хода $f_h \leq 50 \sqrt{L}$, мм, или $10 \sqrt{n}$, мм, при числе станций более 25 на 1 км хода, где L – длина хода в км; n – число станций в ходе [2].

Превышения между двумя точками (ΔZ) определяются по формуле

$$\Delta Z = a - b,$$

где a, b – отчеты по рейке, установленных соответственно на задней и передней рейках. Превышения определяют дважды по черной и красной сторонам рейки или при двух горизонтах инструмента (нивелира).

Высотная отметка искомой точки вычисляется по формуле

$$Z_B = Z_A - \Delta Z,$$

где Z_B, Z_A – высотные отметки соответственно исходной точки (A) и искомой (B).

Высотную отметку промежуточной точки ($Z_{\text{п}}$) определяют по формуле

$$Z_{\text{п}} = \text{ГИ} - a_{\text{п}}, \quad \text{ГИ} = Z_A + a,$$

где ГИ – горизонт инструмента; $a_{\text{п}}$ – отчет по рейке, установленной на промежуточной точке.

Задача 7.

Определить превышение между пунктами A и B при геометрическом нивелировании и высотную отметку точки B (Z_B).

Исходные данные: $Z_A = 300$ м.

Отчеты по рейкам соответственно на задней и передней, по черной и красной сторонам, мм: $a = 0984, b = 2493, a = 5769, b = 7281$.

Решение.

$$\Delta Z_1 = a - b = 0984 - 2493 = -1509 \text{ мм};$$

$$\Delta Z_2 = a - b = 5769 - 7281 = -1512 \text{ мм};$$

$$\Delta Z_{\text{ср}} = -1511 \text{ мм};$$

$$Z_B = Z_A + \Delta Z_{\text{ср}} = 300 - 1,511 = 298,489 \text{ м}.$$

Производство тригонометрического нивелирования включает измерение вертикального угла δ , наклонного расстояния l , высоты инструмента i , высоты сигнала v (рис. 9).

Превышение определяют по формуле

$$\Delta z = d \operatorname{tg} \delta + f + i - v = l \sin \delta + f + i - v,$$

где d, l – соответственно горизонтальное и наклонное расстояния между пунктами, м;

$$f = k + r ,$$

где $k = \frac{d^2}{2R}$ – поправка за кривизну Земли; $r = -k \frac{d^2}{2R}$ – поправка за рефракцию; $R = 6370$ км – средний радиус Земли; r – коэффициент вертикальной рефракции.

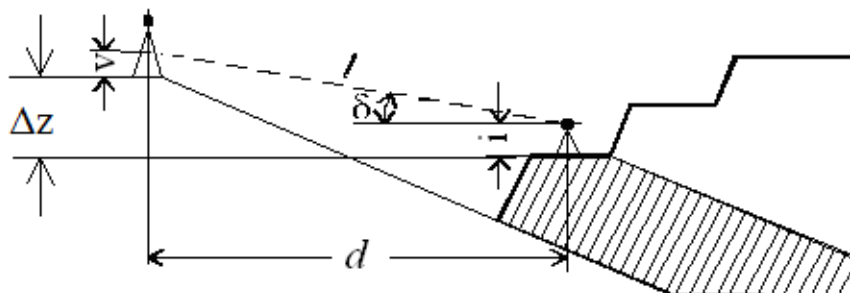


Рис. 9. Тригонометрическое нивелирование в карьере

Среднеквадратическая погрешность высотной отметки пунктов съемочных сетей не должна превышать 0,1 м относительно пунктов опорных сетей [2].

По результатам исследований известно, что в течение дня коэффициент рефракции изменяется от 0,22 перед восходом и до 0,10 перед заходом Солнца. Для сравнительно коротких расстояний (до 3 км) среднее значение $k_{\text{ср}} = 0,16$. Тогда суммарная поправка за кривизну Земли и рефракцию:

$$f = k + r = \frac{d^2}{2R} - 0,16 \frac{d^2}{2R} = 0,42 \frac{d^2}{R} .$$

В табл. 7 приведены суммарные поправки f для различных расстояний.

Таблица 7

Суммарные поправки f

| d , м | f , м | d , м | f , м | d , м | f , м |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 100 | 0,001 | 1100 | 0,080 | 2100 | 0,291 |
| 200 | 0,003 | 1200 | 0,095 | 2200 | 0,319 |
| 300 | 0,006 | 1300 | 0,111 | 2300 | 0,349 |
| 400 | 0,010 | 1400 | 0,129 | 2400 | 0,380 |
| 500 | 0,016 | 1500 | 0,148 | 2500 | 0,412 |
| 600 | 0,024 | 1600 | 0,169 | 2600 | 0,446 |
| 700 | 0,039 | 1700 | 0,191 | 2700 | 0,480 |

| $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ | $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ | $d, \text{ м}$ | $f, \text{ м}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 800 | 0,042 | 1800 | 0,214 | 2800 | 0,517 |
| 900 | 0,053 | 1900 | 0,238 | 2900 | 0,554 |
| 1000 | 0,066 | 2000 | 0,264 | 3000 | 0,594 |

Рабочая формула для вычисления превышения с учетом поправки f

$$\Delta Z = l \sin \delta + 0,42 \frac{d^2}{R} + i - v.$$

Вертикальные углы измеряются теодолитом класса точности Т30 двумя приемами, Т15 и выше – одним приемом, высота инструмента и сигнала рулеткой с округлением до мм, длины сторон тахеометром, светодальномером или нитяным дальномером теодолита. Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты опорных сетей, и общая их протяженность не должна быть более 2,5 км.

Превышение для каждой стороны определяется дважды в прямом и обратном направлениях. Допустимое расхождение в превышениях $0,04l$, см, всего хода $0,004 L / \sqrt{n}$, где l – наклонная длина стороны, м; L – длина хода, м; n – число сторон хода.

Задача 8. Определить превышение между двумя пунктами (см. рис. 9).

Измерено:

$$\delta = 2^\circ 30', l = 5 \text{ м}, i = 1,1 \text{ м}, v = 1,2 \text{ м}.$$

Решение.

$$\begin{aligned} \Delta Z &= l \sin \delta + 0,42 \frac{d^2}{R} + i - v = \\ &= 5 \sin 2^\circ 30' + 0,42 \frac{5^2}{637} + 1,1 - 1,2 = 0,134 \text{ м}. \end{aligned}$$

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2

1. Рассчитать координаты пунктов теодолитного хода (см. рис. 1), если дано:

Полигон № 1

$$\alpha_{I-II} = 75^\circ 55' 55'' + N^\circ N' N''; X_I = 640720,200; Y_I = 6125312,050.$$

Полигон № 2

$$\alpha_{VI-VII} = 70^{\circ}30'30'' + N^{\circ} N' N''; X_{VI} = 640710,100;$$
$$Y_{VI} = 6125350,040,$$

где $N^{\circ} N' N''$ – номер варианта соответственно в град., мин., сек.

2. Решить прямую геодезическую засечку (см. рис. 2) по формулам котангенсов измеренных углов и по формулам тангенсов дирекционных углов, если дано:

$$X_I = 20 + N, \text{ м}; \quad Y_I = 50 + N, \text{ м};$$
$$X_{II} = 220 + N, \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 + N, \text{ м};$$
$$X_{III} = 230 + N, \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 + N, \text{ м},$$

где N – номер варианта в метрах.

3. Решить обратную геодезическую засечку (см. рис. 3) первым и вторым способами, если дано:

$$X_I = 20 + N, \text{ м}; \quad Y_I = 50 + N, \text{ м};$$
$$X_{II} = 220 + N, \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 + N, \text{ м};$$
$$X_{III} = 230 + N, \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 + N, \text{ м};$$
$$X_{IV} = 200 + N, \text{ м}; \quad Y_{IV} = 460 + N, \text{ м},$$

где N – номер варианта в метрах.

4. Решить линейную засечку (см. рис. 6), если дано:

$$X_I = 20 + N, \text{ м}; \quad Y_I = 50 + N, \text{ м};$$
$$X_{II} = 220 + N, \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 + N, \text{ м},$$

где N – номер варианта в метрах.

5. Решить азимутальную засечку (см. рис. 7), если дано:

$$X_I = 20 + N, \text{ м}; \quad Y_I = 50 + N, \text{ м};$$
$$X_{II} = 220 + N, \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 + N, \text{ м};$$
$$X_{III} = 230 + N, \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 + N, \text{ м},$$

где N – номер варианта в метрах.

6. Вычислить координаты пункта P (см. рис. 8), если дано:

$$X_I = 20 + N, \text{ м}; \quad Y_I = 50 + N, \text{ м};$$
$$X_{II} = 220 + N, \text{ м}; \quad Y_{II} = 110 + N, \text{ м};$$
$$X_{III} = 230 + N, \text{ м}; \quad Y_{III} = 290 + N, \text{ м},$$

где N – номер варианта в метрах.

7. Определить превышение между пунктами (A и B) и высотную отметку пункта (B) при геометрическом нивелировании (см. задачу 7), если дано: высотная отметка пункта (A) – $Z_A = 300 + N$, м; отсчеты по рейкам соответственно на задней, передней, по черной и красной сторонам: $a = 0984 + N$;

$$b = 2493 + N; a = 5769 + N; b = 7281 + N,$$

где N – номер варианта, мм.

8. Определить превышение между двумя точками при тригонометрическом нивелировании (см. рис. 9), если дано:

$$\delta = 2^\circ 30' + N^\circ N',$$

где N°, N' – номер варианта в град. и мин.

Параметры l, i, v определить графически.

3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОХОДКЕ ТРАНШЕЙ

Траншея – открытая горная выработка трапециевидного сечения. По назначению траншеи подразделяют: капитальные (въездные) и разрезные. Капитальные траншеи служат для вскрытия карьерного поля и предназначены для создания грузотранспортной связи между земной поверхностью и рабочими горизонтами карьера. Основными параметрами траншеи является ее длина, ширина понизу (дно), продольный уклон, углы откоса бортов и объем. Длина траншеи определяется ее конечной глубиной и величиной продольного уклона. Ширина зависит от вида транспорта. Разрезные траншеи являются продолжением капитальных траншей. Они проводятся между горизонтами для создания первоначального фронта работ на горизонте.

При проходке траншей маркшейдер решает следующие задачи:

- разработка проекта трассы траншеи;
- расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи;
- вынос в натуру параметров траншеи;
- съемка фактических параметров проходки траншеи.

Задача 1. Выполнить проект трассы выездной траншеи

Проект трассы выездной траншеи выполняется на основе следующих материалов:

1. Топографический план поверхности участка ведения горных работ в масштабе 1:1000, 1:2000, 1:5000, с указанием рельефа местности.

2. Параметры траншеи, включая протяженность в целом и отдельных участков, угол откоса бортов, ширину дна, проектный уклон, углы поворота, радиусы закруглений.

3. Координаты пунктов опорного или съёмочного обоснования, дирекционный угол исходного (примычного) направления.

Проект трассы выездной траншеи состоит из графического материала и пояснительной записки.

Графический материал включает:

1) топографический план участка проходки траншеи с указанием рельефа местности, пунктов опорного или съёмочного обоснования, устья (начальной точки проходки), оси, ширины дна и верхней бровки траншеи;

2) продольный разрез по оси траншеи с профилем земной поверхности и дна траншеи с указанием проектного уклона и проектных отметок;

3) поперечные разрезы по профильным линиям с указанием профиля земной поверхности, линий откосов бортов, дна траншеи и высотных отметок;

4) месторасположение и размеры отвала для складирования горной массы, трассу автомобильной дороги от устья траншеи до отвала.

К графическому материалу прилагается пояснительная записка, в которой приводятся расчеты элементов траншеи, объемов горной массы и почвенного слоя.

Методические указания для составления проекта трассы выездной траншеи

1. На топографическом плане в масштабе 1:1000 (формат А4) по аналогии с рис. 10 строится рельеф поверхности и по известным координатам наносится пункт опорной сети R_{II} .

2. Определяются и наносятся на план: место заложения траншеи (точка A), указывается направление траншеи (ее ось) до угла поворота (точка B) и далее вся длина траншеи.

3. Определяется центр (точка D) отвала и его геометрическая форма.

Решение.

Исходные данные:

1. Топографический план масштаба местности 1:1000 (см. рис. 10).

2. Координаты пункта R_{II} опорной геодезической сети, км:

$$X_{R_{II}} = 0,680, \quad Y_{R_{II}} = 0,830.$$

3. Дирекционный угол исходного направления

$$\alpha_{R_{II}-R_I} = 92^{\circ}00'00''.$$

4. Высотная отметка устья траншеи – точка A , $Z_A = 409,0$ м, берется с плана.

5. Угол поворота оси траншеи – точка B , $\alpha = 38^{\circ}$, радиус закругления $r = 25$ м.

6. Длина траншеи от точки A до точки B – 40 м, от точки B до конца траншеи – 130 м.

7. Ширина дна траншеи 8 м.

8. Проектный уклон дна траншеи $i = 0,040$.

9. Угол откоса бортов траншеи $\beta = 40^{\circ}$.

10. Форма отвала почвенного слоя в виде усеченного конуса с площадью нижнего основания в 2 раза больше верхнего. Высота отвала (H) не более 25 м.

Требуется выполнить:

1. Нанести на план ось, дно и верхние границы траншеи.

2. Построить продольный разрез по оси траншеи в масштабе: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:500.

3. Определить общий объем горной массы при проходке траншеи ($V_{общ}$) методом вертикальных сечений. Расстояние между сечениями 30 м.

4. Определить объем почвенного слоя ($V_{п}$), приняв коэффициент разрыхления $k_p = 1,3$.

5. Определить площадь основания отвала почвенного слоя и нанести границу отвала на план в точка D .

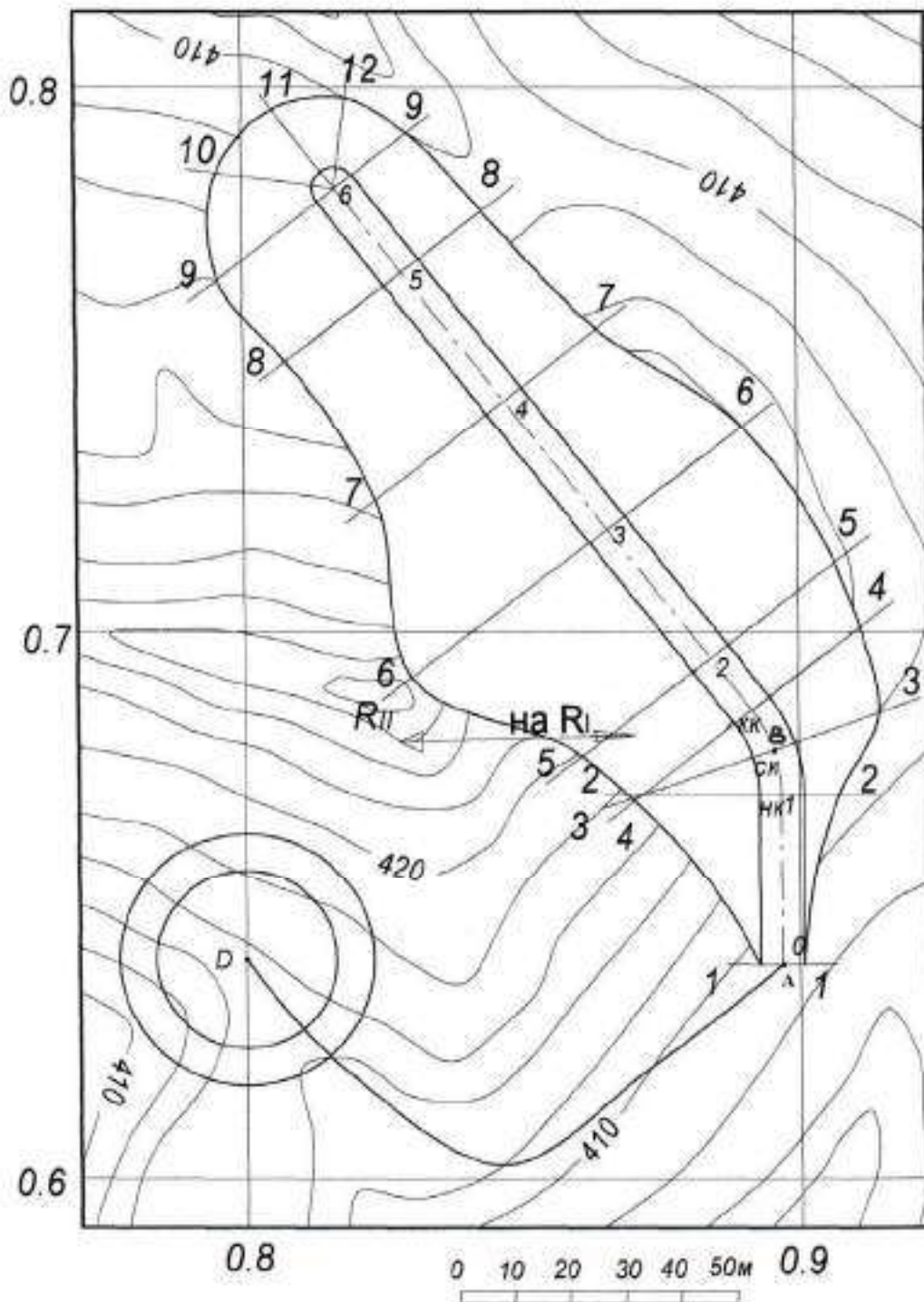


Рис. 10. Топографический план участка проходки въездной траншеи

6. Нанести на план трассу автомобильной дороги от устья траншеи (точка *A*) до центра отвала (точка *D*). Уклон трассы $i_{тр} = 0,064$.

Нанесение на план оси траншеи начинается с точки *A* с указанием направления до угла поворота (точка *B*) и далее под углом

поворота α на проектную длину. Первое расстояние от точки A до точки B – 40 м и далее от точки B до конца траншеи – 130 м.

Для построения закругления оси траншеи определяют точки касания кривой (НК и КК) по формуле

$$T = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad T = 25 \cdot \operatorname{tg} \frac{38}{2} = 8,61 \text{ м},$$

где T – тангенс кривой (расстояние от точки поворота до НК и КК); r – радиус закругления.

Отложив на прямых участках оси траншеи от точки B значение T , проводят дугу $r=25$ м и определяют ее длину по формуле

$$L_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 38}{180} = 16,58 \text{ м}.$$

Ось траншеи на план наносится штрихпунктирной линией красного цвета.

Параллельно оси траншеи сплошными линиями красного цвета наносятся границы дна траншеи.

От точки A (пикет 0) через 30 м и в точке B (пикет 1+10) отмечают пикеты и подписывают их номера (1, 2, 3, ..., 12). Высотную отметку дна траншеи $Z_{\text{дна}}$ вычисляют по формуле

$$z_{\text{дна}} = z_A + d \cdot i,$$

где z_A – высотная отметка устья траншеи в точке A (берется с плана), м; d – горизонтальное расстояние от устья траншеи до пикета, м; i – проектный уклон траншеи (–0,040).

$$\begin{aligned} Z_{\text{дна}0} &= 409,0 + 0 \cdot (-0,04) = 409,00 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}1} &= 409,0 + 30 \cdot (-0,04) = 407,80 \text{ м}; \\ Z_{\text{днаск}} &= 409,0 + 39 \cdot (-0,04) = 407,44 \text{ м}; \\ Z_{\text{днакк}} &= 409,0 + 47 \cdot (-0,04) = 407,12 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}2} &= 409,0 + 60 \cdot (-0,04) = 406,60 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}3} &= 409,0 + 90 \cdot (-0,04) = 405,40 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}4} &= 409,0 + 120 \cdot (-0,04) = 404,20 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}5} &= 409,0 + 150 \cdot (-0,04) = 403,00 \text{ м}; \\ Z_{\text{дна}6} &= 409,0 + 169 \cdot (-0,04) = 402,24 \text{ м}. \end{aligned}$$

Для каждого пикета определяют глубину заложения дна траншеи (h) по формуле

$$h = Z_A - Z_{\text{дна}}.$$

$$\begin{aligned} h_1 &= 409,0 - 407,8 = 1,20 \text{ м}; \\ h_{\text{ск}} &= 409,0 - 407,44 = 1,56 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
h_{\text{кк}} &= 409,0 - 407,12 = 1,88 \text{ м;} \\
h_2 &= 409,0 - 406,60 = 2,40 \text{ м;} \\
h_3 &= 409,0 - 405,40 = 3,60 \text{ м;} \\
h_4 &= 409,0 - 404,20 = 4,80 \text{ м;} \\
h_5 &= 409,0 - 403,00 = 6,00 \text{ м;} \\
h_6 &= 409,0 - 402,24 = 6,76 \text{ м.}
\end{aligned}$$

На плане в пикетных точках перпендикулярно оси траншеи проводят линии поперечных разрезов для построения вертикальных сечений (рис. 11).

Вертикальные сечения строятся в масштабе 1:500, за условный горизонт которых принимается высотная отметка дна траншеи в данном пикете.

По линии условного горизонта от оси траншеи отмечают ширину дна траншеи, и от его границ под углом откоса борта траншеи (40°) проводят линии откоса до пересечения с линией горизонта земной поверхности. Линия горизонта определяется на плане по горизонталям рельефа.

Точки выхода откосов борта траншеи на поверхность переносят по линиям разрезов на план и соединяют плавной, сплошной линией красного цвета, т. е. строят верхние границы бортов траншеи.

По оси траншеи, принимая за условный горизонт высотную отметку устья траншеи (точка A), строят продольный разрез траншеи (рис. 12). Горизонтальный масштаб продольного разреза 1:1000, вертикальный – 1:500.

На продольном разрезе указывается проектный горизонт дна поверхности прямой линией и по величине глубины заложения h горизонт поверхности – плавной линией.

Общий объем горной массы при проходке траншеи определяют по формуле

$$V_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n V_i,$$

где $V_i = \frac{1}{2}(S_i + S_{i+1})L$, если S_i и S_{i+1} отличаются друг от друга не более чем на 40 %, и $V_i = \frac{1}{3}(S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}})L$ – в остальных случаях, где S_i и S_{i+1} – площади смежных вертикальных сечений траншеи, определяются планиметром или палеткой; L – расстояние между смежными сечениями.

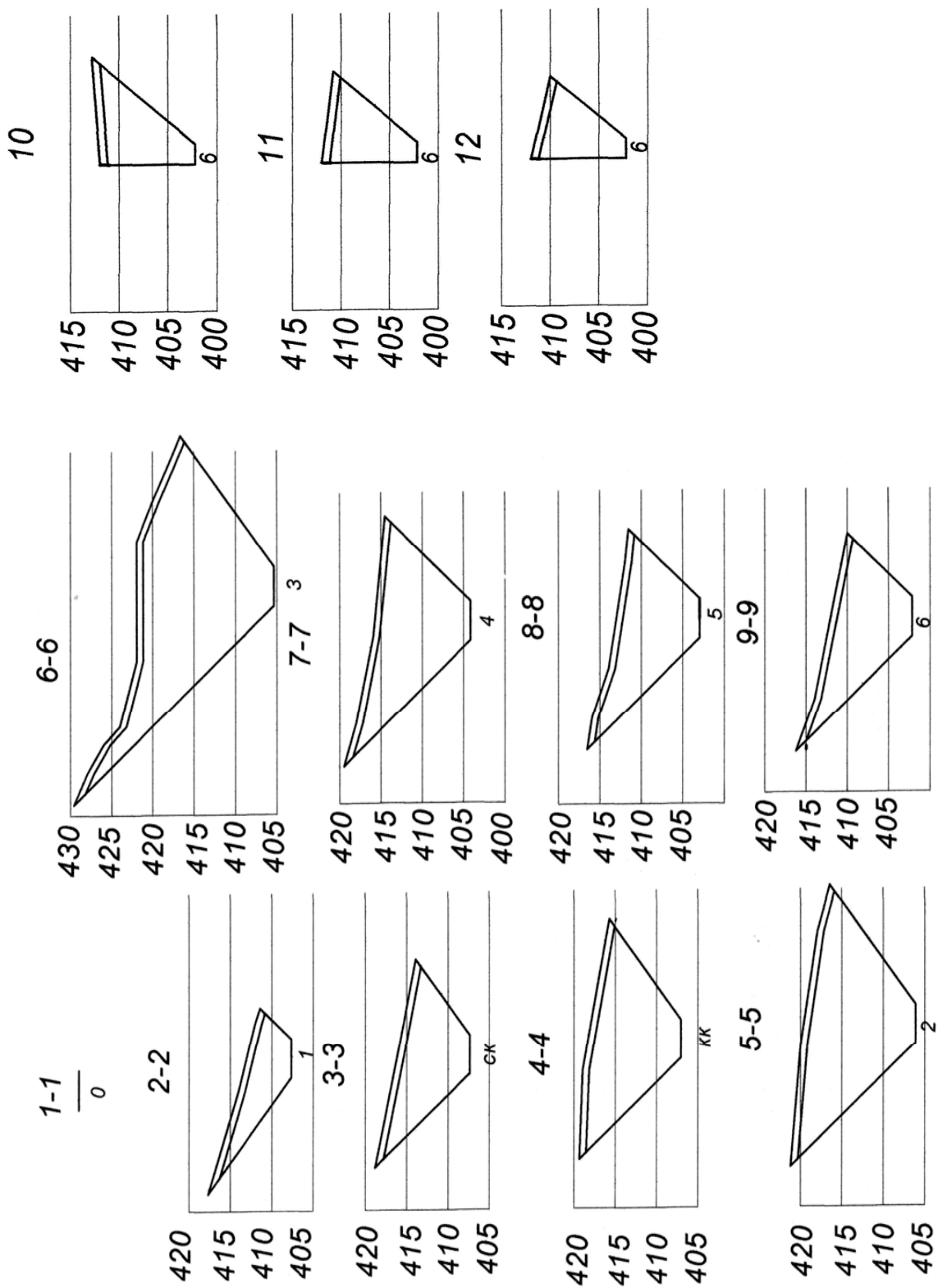


Рис. 11. Вертикальные сечения по линии в пикетных точках

МГ 1:1000
 МВ 1:500

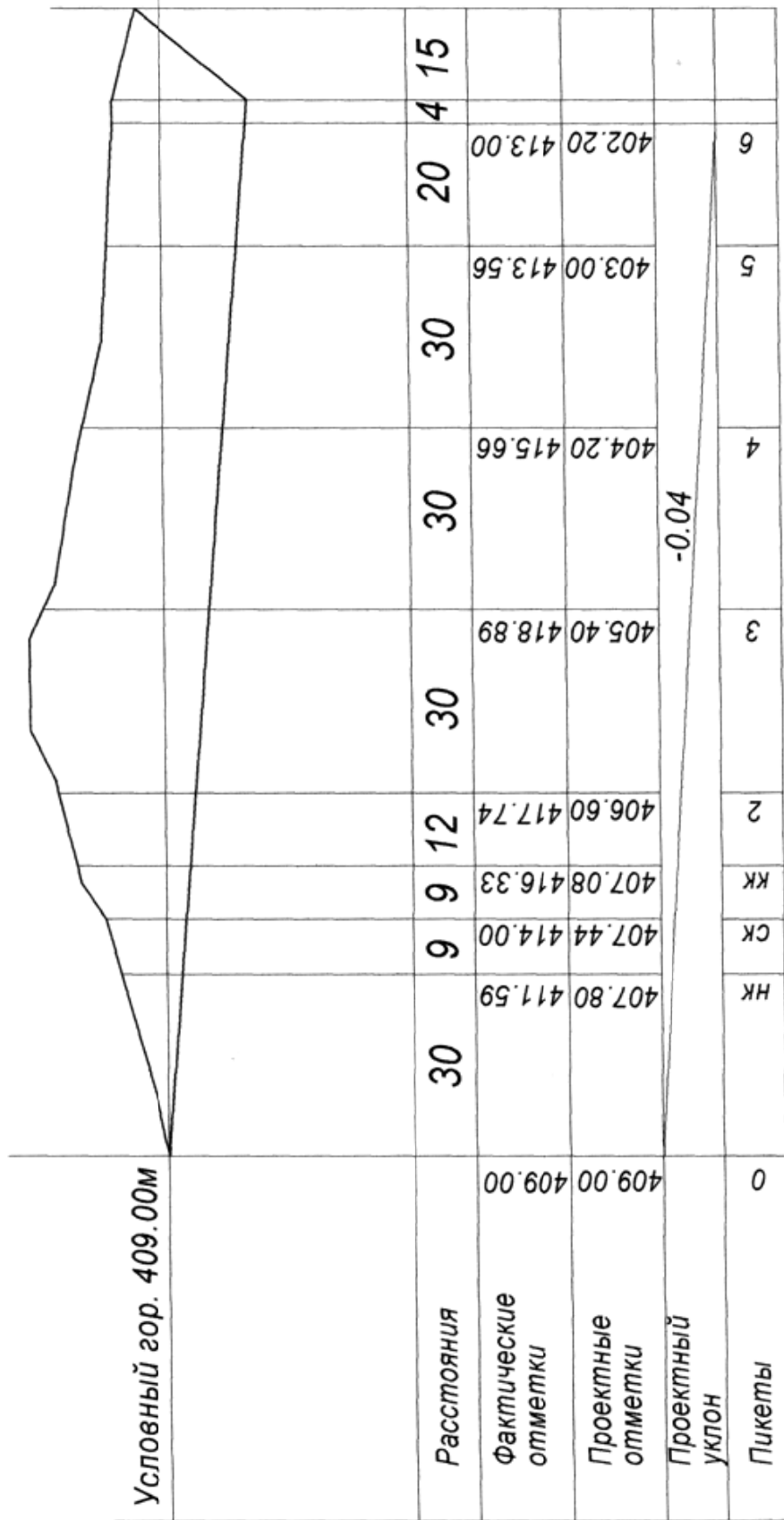


Рис. 12. Продольный профиль по оси траншеи

Объем горной массы

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= 2114,19 \text{ м}^3 & V_{4-5} &= 15213,75 \text{ м}^3 \\ V_{1-CK} &= 1661,05 \text{ м}^3 & V_{5-6} &= 8496,33 \text{ м}^3 \\ V_{CK-KK} &= 2495,94 \text{ м}^3 & V_{9-10} &= 3268,73 \text{ м}^3 \\ V_{KK-2} &= 6147,43 \text{ м}^3 & V_{10-11} &= 2036,05 \text{ м}^3 \\ V_{2-3} &= 19914,38 \text{ м}^3 & V_{11-12} &= 1557,27 \text{ м}^3 \\ V_{3-4} &= 17283,67 \text{ м}^3 & V_{12-9} &= 1498,72 \text{ м}^3 \\ V_{\text{общ}} &= 81687,51 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Объем почвенного слоя определяется по вертикальным разрезам с учетом его мощности и коэффициента разрыхления:

$$V_{\Pi} = V_{\text{сл}} \cdot K,$$

где $V_{\text{сл}}$ – объем слоя по каждому интервалу L_i без учета коэффициента разрыхления; K – коэффициент разрыхления ($K = 1,3$). Мощность почвенного слоя 0,8 м.

Объемы почвенного слоя

$$\begin{aligned} V_{0-1} &= 867,00 \text{ м}^3 & V_{4-5} &= 2238,15 \text{ м}^3 \\ V_{1-CK} &= 556,92 \text{ м}^3 & V_{5-6} &= 1317,84 \text{ м}^3 \\ V_{CK-KK} &= 570,44 \text{ м}^3 & V_{9-10} &= 510,23 \text{ м}^3 \\ V_{KK-2} &= 1084,59 \text{ м}^3 & V_{10-11} &= 310,90 \text{ м}^3 \\ V_{2-3} &= 3120,92 \text{ м}^3 & V_{11-12} &= 489,33 \text{ м}^3 \\ V_{3-4} &= 2955,90 \text{ м}^3 & V_{12-9} &= 240,88 \text{ м}^3 \\ V_{\Pi} &= 14263,10 \text{ м}^3, \\ V_{\Pi} &= 14263,10 \cdot 1,3 = 18542,03 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Данные подсчета проектных объемов горной массы и объемов почвенного слоя заносятся в таблицу (табл. 8).

Площадь основания отвала почвенного слоя с учетом исходных данных (см. п. 10 исходные данные) определяется по формуле

$$S_{\text{осн}} = 1,5 \cdot \frac{V}{H},$$

где V – объем почвенного слоя (см. табл. 8), м^3 ; H – высота отвала до 25 м.

По величине площади основания отвала $S_{\text{осн}}$ определяют его границы и наносят на план в районе точки D . Точка D выбирается по аналогии с рис. 10.

Таблица 8

Подсчет проектных объемов горной массы и почвенного слоя

| Но-
мер
сече-
ния | Пло-
щадь
сечения
$S, \text{ м}^2$ | Расстоя-
ния ме-
жду се-
чения-
ми, м | Объем
горной
массы
$V, \text{ м}^3$ | Площадь
сечения
почвен-
ного слоя
$S, \text{ м}^2$ | Объем
почвен-
ного
слоя
$V, \text{ м}^3$ | Кэф.
раз-
рыхле-
ния
К | Объем V
почвенного
слоя с уче-
том К, м^3 |
|----------------------------|---|---|--|--|--|------------------------------------|--|
| 1-1 | 0,00 | | | 0,00 | | | |
| | | 30,00 | 2114,19 | | 867,00 | 1,3 | 1127,10 |
| 2-2 | 197,37 | | | 57,80 | | | |
| | | 9,00 | 1661,05 | | 556,92 | 1,3 | 723,99 |
| 3-3 | 333,28 | | | 65,96 | | | |
| | | 8,00 | 2495,94 | | 570,44 | 1,3 | 741,57 |
| 4-4 | 572,6 | | | 76,65 | | | |
| | | 13,00 | 6147,43 | | 1084,59 | 1,3 | 1409,97 |
| 5-5 | 808,87 | | | 90,21 | | | |
| | | 30,00 | 19914,36 | | 3120,92 | 1,3 | 4057,19 |
| 6-6 | 1138,44 | | | 117,85 | | | |
| | | 30,00 | 17283,67 | | 2955,90 | 1,3 | 3842,67 |
| 7-7 | 548,85 | | | 79,21 | | | |
| | | 30,00 | 15213,75 | | 2238,15 | 1,3 | 2909,60 |
| 8-8 | 465,40 | | | 70,00 | | | |
| | | 19,00 | 8496,33 | | 1317,84 | 1,3 | 1713,19 |
| 9-9 | 428,95 | | | 68,72 | | | |
| | | | | | | | |
| 6-9 | 214,48 | | | 33,67 | | | |
| | | 15,00 | 3268,73 | | 510,23 | 1,3 | 663,30 |
| 6-10 | 221,35 | | | 28,51 | | | |
| | | 10,00 | 2036,05 | | 310,90 | 1,3 | 404,17 |
| 6-11 | 185,86 | | | 28,51 | | | |
| | | 9,00 | 1557,27 | | 489,33 | 1,3 | 636,13 |
| 6-12 | 160,20 | | | 25,86 | | | |
| | | 8,00 | 1498,72 | | 240,98 | 1,3 | 313,14 |
| 6-9 | 214,48 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Итого: | | $V_{\text{общ}} =$ | 81687,51 | | 14263,1 | $V_{\text{п}} =$ | 18542,03 |

Для прокладки трассы автомобильной дороги от устья траншеи (точка A) до отвала (точка D) определяют заложение $d_{\text{авт}}$ по формуле

$$d_{\text{авт}} = \frac{h}{i_{\text{тр}}},$$

где h – сечение рельефа, м; $i_{тр}$ – уклон автомобильной дороги (0,064).

Полученное значение $d_{авт}$ раствором циркуля откладывают на плане, выбирая по горизонталям рельефа наиболее короткий и удобный путь. Трассу автомобильной дороги обозначают на плане условным знаком, принятым для грунтовых дорог.

Отчетные материалы по задаче 1

1. Топографический план поверхности в масштабе 1:1000 с нанесенными границами траншеи, отвала почвенного слоя и трассы автомобильной дороги.

2. Вертикальные сечения траншеи по линиям пикетов.
3. Расчет объемов горной массы и почвенного слоя.
4. Продольный профиль по оси траншеи.
5. Пояснительная записка с проведенными расчетами.

Задача 2. Выполнить расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи

Исходные данные:

$$X_{R_{II}} = 0,680, Y_{R_{II}} = 0,830, \alpha_{R_{II}-R_I} = 92^\circ 00' 00''.$$

Решение.

– Измеряются на плане координаты устья траншеи:

$$X_A = 646,842 \text{ м}, \quad Y_A = 896,842 \text{ м};$$

– угол β_1 между направлениями $R_{II}-R_I$ и $R_{II}-A$ ($\beta_1 = 33^\circ$);

– горизонтальное расстояние от точки R_{II} до точки A ($d_{R_{II}-R_A} = 98,947 \text{ м}$);

– превышение ($\Delta z_{R_{II}-R_A} = -16,5 \text{ м}$);

– угол (β_2) между направлениями $A-R_I$ и $A-B$, ($\beta_2 = 60^\circ$).

Определяем:

наклонное расстояние

$$L_{R_{II}-A} = \sqrt{d^2 + \Delta z^2} = \sqrt{98,947^2 + (-16,5)^2} = 100,313 \text{ м};$$

разбивочные элементы: $\beta_1 = 33^\circ$, $\beta_2 = 60^\circ$, $L_{R_{II}-A} = 100,313 \text{ м}$.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3

1. Выполнить проект трассы выездной траншеи, если дано: топографический план поверхности участка ведения горных работ в масштабе 1:1000 (см. рис. 10), параметры траншеи (см. исходные данные задачи 1) и координаты $X_{R_{II}} = 0,680 + N$, $Y_{R_{II}} = 0,830 + N$, км, где N – номер варианта, м.

2. Выполнить расчет разбивочных элементов для выноса в натуру параметров траншеи, если дано: проект трассы выездной траншеи (задача 1), $\alpha_{R_{II}-R_I} = 92^\circ 00' 00'' + N$, где N – номер варианта, град.

4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом отделение от горного массива, дробление скальных, полускальных пород и рудных тел осуществляются буровзрывными работами (массовыми взрывами). Заряды взрывчатых веществ помещают в предварительно пробуренные скважины. Скважины располагают сериями на верхней площадке уступа в 1, 2 и более рядов.

Буровзрывные работы должны обеспечить:

- заданную (расчетную) степень дробления горных пород;
- требуемое качество и сортность взорванного рудного тела, достижение в необходимых случаях избирательного дробления пород различной крепости;
- проектный контур и угол откоса уступа;
- заданные размеры и форму развала взорванных пород, удобные для их экскавации;
- минимальные (допустимые) отклонения высотных отметок площадок уступов, размеров и формы поверхности уступов от проектных контуров;
- минимальное сейсмическое воздействие взрыва на породный массив вблизи проектных (граничных) контуров карьера и конструкции инженерных сооружений;

– высокие показатели экономичности, производительности и безопасности производства горных работ;

– безопасность бурения и заряжания скважин.

Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ включает:

– составление крупномасштабного плана участка взрыва, который вычерчивается по результатам детальной маркшейдерско-геологической съемки;

– составление проекта буровзрывных работ с указанием расположения взрывных скважин, их глубин, величину перебура и линии наименьшего сопротивления взрыву (ЛНС);

– создание на участке работ съемочного обоснования для перенесения проектного положения скважин в натуру и последующей съемки фактического положения пробуренных скважин с определением их глубин и перебуров;

– определение положения скважин относительно верхней и нижней бровок откоса уступов;

– проведение детальной маркшейдерской съемки результата взрывания с составлением графической и отчетной документации и заключение об эффективности взрыва.

Размеры и форма взрываемого участка, высота и угол откоса уступа, общий объем и степень дробления взрывом горных пород, сейсмическое воздействие взрыва каждый раз задаются проектом. На каждый очередной взрыв главный инженер карьера выдает задание с указанием длины, ширины и объема участка взрыва с приложением выкопировки из маркшейдерского плана.

Задача 1. Составить план-проект на буровзрывные работы

Для составления плана-проекта (плана-задания) на буровзрывные работы необходимо в масштабе 1:1000 вычертить план участка карьера, в районе которого планируются буровзрывные работы. На рис. 13 показан блок между гор. + 265 и + 275 м, подготавливаемый к взрыву.

Методические указания для решения

1. Вычерчивается план участка карьера масштаба 1:1000 по аналогии с рис. 13.

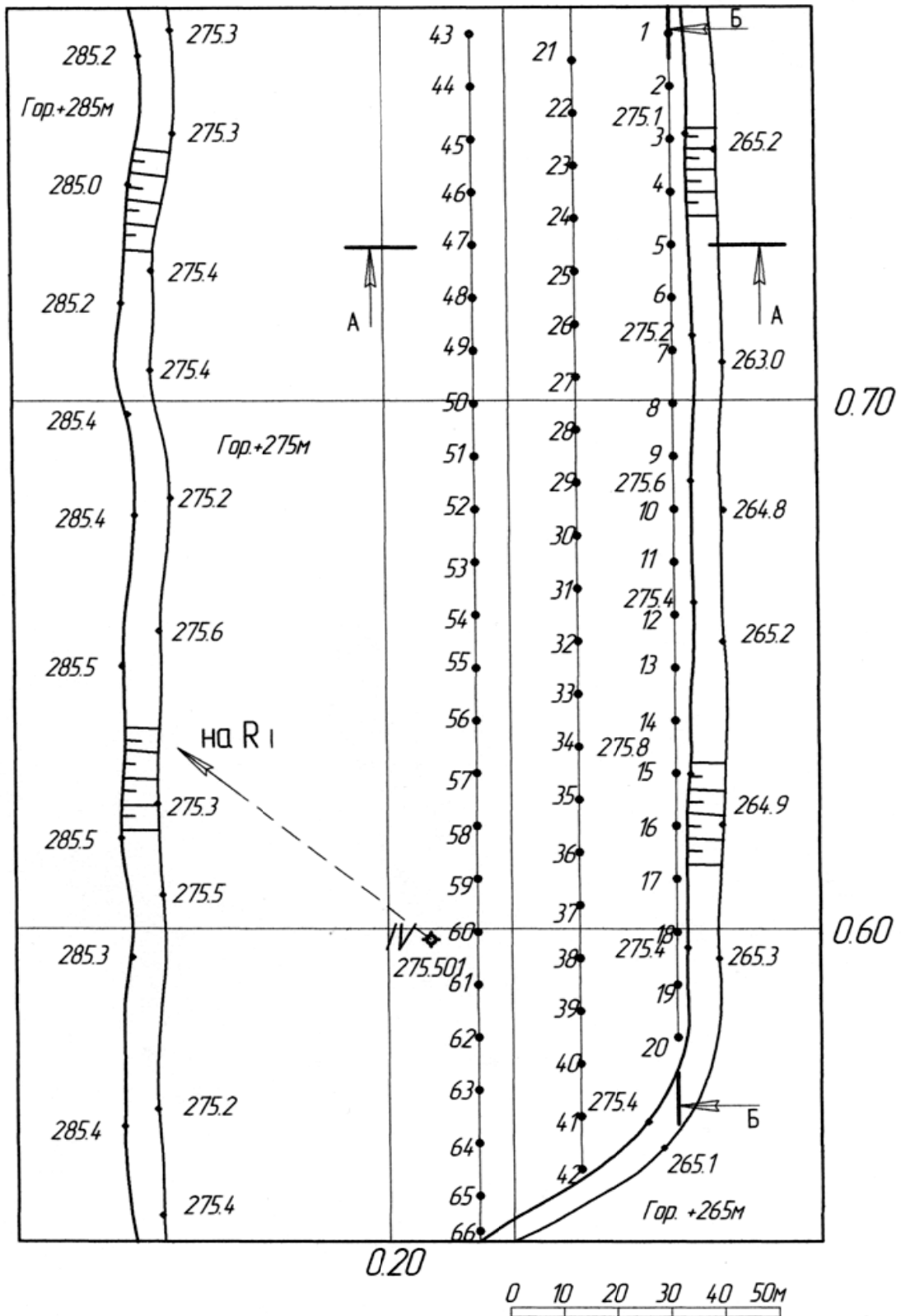


Рис. 13. План участка карьера, подготавливаемого к взрыву

2. По известным координатам наносится пункт съемочного обоснования IV.

3. Проектная сеть буровзрывных скважин строится по сетке с параметрами a , b и c , где a – расстояние в метрах до скважин

первого ряда от верхней бровки уступа; b – расстояние между скважинами в ряду; c – расстояние между рядами скважин.

4. На плане красной тушью указываются границы взрываемого блока по последнему ряду скважин.

Решение.

Исходные данные:

1. План участка карьера масштаба 1:1000.

2. Координаты пункта IV маркшейдерского съемочного обоснования, км:

$$X_{IV} = 0,598, \quad Y_{IV} = 0,208.$$

3. Координаты пункта опорной сети R_I , км:

$$X_{R_I} = 0,685, \quad Y_{R_I} = 0,095.$$

Требуется выполнить:

1. По известным координатам нанести на план участка пункт съемочной сети IV.

2. Определить разбивочные элементы для выноса буровзрывных скважин в натуру.

3. Нанести на поверхность блока проектную сетку буровзрывных скважин.

4. Определить проектную глубину скважин и линию наименьшего сопротивления для 1-го ряда.

Прежде всего, на расстоянии a от верхней бровки фактического контура уступа наносятся скважины первого ряда. Расстояние между скважинами в ряду b .

После этого со сдвигом $0,5b$ (в шахматном порядке) на расстоянии (c) между рядами наносятся скважины второго и третьего рядов и т. д. до заполнения всей площади подготавливаемого к взрыву блока. Количество рядов для решения задачи должно быть не менее трех.

Разбивочные элементы для каждой скважины, необходимые для выноса их в натуру, определяются с плана участка карьера: горизонтальный угол β_i измеряется в пункте съемочного обоснования IV между направлениями на пункт R_I и на каждую скважину; расстояние d_i от пункта IV до каждой скважины.

Исходное направление IV- R_I наносится на плане участка карьера от пункта IV, дирекционный угол которого определяется решением обратной геодезической задачи:

$$\operatorname{arctg} \alpha_{IV-R_I} = \frac{Y_{R_I} - Y_{IV}}{X_{R_I} - X_{IV}} = \frac{0,095 - 0,208}{0,685 - 0,598} = \frac{-0,113}{0,087} = -1,2988;$$

$$\alpha_{IV-R_I} = -52^{\circ}24'25'' + 360^{\circ} = 307^{\circ}35'35''.$$

Углы β_i измеряются транспортиром на плане участка карьера с точностью $\pm 0,5^{\circ}$, расстояния d линейкой с точностью $\pm 0,5$ мм в масштабе плана. Результаты записываются в табл. 9.

Таблица 9

Пример записи значений разбивочных элементов β_i и L_i

| Номер скважины | β_i , град., мин. | d_i , м | Номер скважины | β_i , град., мин. | d_i , м | Номер скважины | β_i , град., мин. | d_i , м |
|----------------|-------------------------|-----------|----------------|-------------------------|-----------|----------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 201°00' | 47,00 | | | | | | |
| 2 | и т. д. | и т. д. | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

Проектная глубина скважины (h_c) определяется по формуле

$$h_c = \frac{h_y}{\sin \delta} + l_{\pi},$$

где δ – угол наклона скважины к горизонту, град.; h_y – высота уступа, м; l_{π} – величина перебура скважины, м.

Значение угла δ определяется с учетом угла откоса уступа, как правило, равного ему. Высота уступа вычисляется по разности средней высотной отметки верхней бровки $Z_{\text{ср.в.}}$ и средней высотной отметки нижней бровки уступа $Z_{\text{ср.н.}}$:

$$h_y = Z_{\text{ср.в.}} - Z_{\text{ср.н.}},$$

$$\text{где } Z_{\text{ср.в.}} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{i,\text{в.}}}{n} = \frac{1927,9}{7} = 275,4 \text{ м};$$

$$Z_{\text{ср.н.}} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{i,\text{н.}}}{n} = \frac{1853,5}{7} = 264,8 \text{ м};$$

$Z_{i,\text{в.}}$, $Z_{i,\text{н.}}$ – высотные отметки верхней и нижней бровки уступа соответственно; n – количество отметок (пикетов).

$$h_y = 275,4 - 264,8 = 10,6 \text{ м.}$$

Величина перебура скважины определяется по формуле

$$l_{\pi} = 0,5q \cdot w,$$

где q – удельный расход взрывчатого вещества (ВВ); w – максимально допустимое значение линии сопротивления взрыву по подошве уступа:

$$w = \sqrt{\frac{c \cdot p}{q}};$$

c – коэффициент степени дробления породы взрывом, $c = 0,012$; p – вместимость 1 м скважины, кг, $p = 7,85 \cdot d_c^2 \cdot \Delta$; d_c – диаметр скважины, дм; Δ – плотность заряжания.

Объем выполненной работы включает следующие результаты:

1. План участка карьера в масштабе 1:1000, на который наносятся: пункт IV; направление на пункт R_I ; сетка буровзрывных скважин.

2. Разрез по линии первого ряда скважин с указанием перебура (рис. 14).

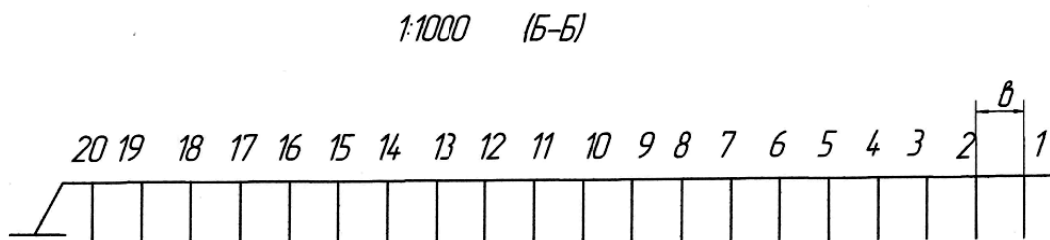


Рис. 14. Продольный разрез по линии Б-Б

3. Разрез, перпендикулярный направлению уступа взрываемого блока с указанием углов наклона уступа, угла наклона скважин и величины перебура, l_{π} (рис. 15).

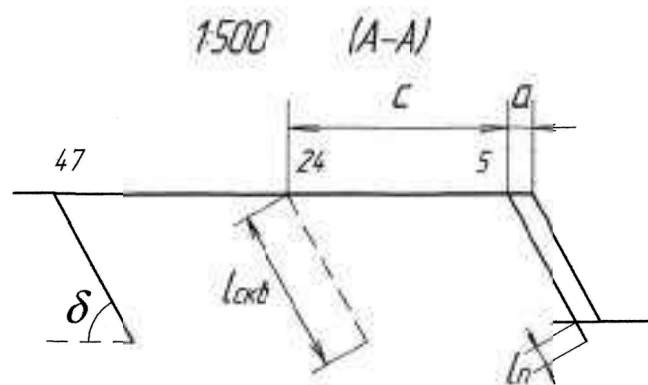


Рис. 15. Поперечный разрез по линии А-А

4. Таблица разбивочных элементов скважин (см. табл. 9).

Расчет проектной глубины скважин и величины линии сопротивления по подошве для скважин первого ряда.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 4

Составить план-проект на буровзрывные работы, если дано:

1. План участка карьера масштаба 1:1000 (см. рис. 13);
2. Координаты пункта IV в км:

$$X_{IV} = 0,598 + N, \quad Y_{IV} = 0,208 + N;$$

3. Координаты пункта R_I в км:

$$X_{RI} = 0,685 + N, \quad Y_{RI} = 0,095 + N,$$

где *N* – номер варианта задания в метрах.

4. Параметры сетки буровзрывных скважин (табл. 10).

Таблица 10

Параметры сетки буровзрывных скважин

| Номер варианта | Величина параметра, м | | |
|----------------|-----------------------|----------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> |
| 1 - 10 | 2 | 10 | 18 |
| 11 - 20 | 2,5 | 12 | 16 |
| 21 - 30 | 3 | 14 | 14 |
| 31 - 40 | 3,5 | 16 | 12 |
| 41 - 50 | 4 | 18 | 10 |

5. Удельный расход ВВ (табл. 11).

Таблица 11

Удельный расход ВВ

| Номер варианта | 1-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| <i>q</i> , кг/м ³ | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |

6. Диаметр скважин (табл. 12).

Таблица 12

Диаметр скважин

| Номер варианта | 1-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| <i>d_c</i> , мм | 100 | 200 | 250 | 300 | 320 |

7. Плотность заряжения ВВ (табл. 13).

Таблица 13

Плотность заряжения ВВ

| Номер варианта | 1-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Δ , кг/дм ³ | 0,9 | 1 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль*. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 120 с.

2. *Голубко Б. П., Гордеев В. А., Яковлев В. Н.* Маркшейдерия. Часть I. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 212 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Земских Г.В., Раева О.С.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебное пособие

Решение типовых маркшейдерских задач
при разработке месторождений полезных
ископаемых подземным способом
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Эффективному изучению теоретических основ маркшейдерии и использованию полученных знаний на производстве в значительной мере способствует решение конкретных задач. Особенно это помогает при самостоятельной и индивидуальной форме обучения.

Учебное пособие включает комплекс наиболее востребованных задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Последовательность изложения материала: основные теоретические понятия, методику выполнения измерений и пример решения при камеральной обработке результатов измерений.

Основное внимание в учебном пособии уделено решению типовых задач, включающих: построение и реконструкцию подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей, выполнение ориентирно-соединительных съемок через одну и две вертикальные горные выработки (геометрический и гироскопический способы); вертикальные соединительные съемки.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Маркшейдерия». Решение задач проводится студентами на практических занятиях под руководством преподавателя и самостоятельно.

1. ПОДЗЕМНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ

1.1. Общие сведения

Подземная маркшейдерская съемка – это комплекс пространственно-геометрических измерений и вычислений, обеспечивающий:

- получение пространственного положения горных выработок, инженерных сооружений, параметров залегания полезного ископаемого и построение горно-графической документации в единой с земной поверхностью системе координат;

- решение горно-геометрических задач, возникающих на всех стадиях освоения месторождения (разведки, строительства и эксплуатации горного предприятия).

Технологически маркшейдерскую съемку подразделяют на горизонтальную и вертикальную.

По значению, трудоемкости и методике выполнения *подземные маркшейдерские съемки подразделяют:*

- на подземную теодолитную съемку для построения главной геометрической основы – подземные маркшейдерские опорные и съемочные сети;

- ориентирно-соединительную съемку для установления геометрической связи подземной теодолитной съемки со съемками на земной поверхности в единой системе координат. Данная съемка позволяет совмещать планы подземных горных выработок с планами земной поверхности;

- съемку нарезных и очистных горных выработок, проводимую упрощенными способами с целью определения контуров подземных выработок, границ горных работ и объемов добытой горной массы, за определенный промежуток времени;

- подземную вертикальную съемку для определения относительного расположения горных выработок и земной поверхности по высоте. Эта съемка включает: передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту; геометрическое нивелирование в горизонтальных и тригонометрическое нивелирование в наклонных горных выработках.

Все виды указанных выше подземных маркшейдерских съемок выполняются в соответствии с требованиями инструкции по производству маркшейдерских работ, в основе которых предусмотрены *три основных принципа:*

1) съемка должна вестись от общего к частному, т. е. от более точного (опорные сети) к менее точному (съемка подробностей);

2) съемка должна выполняться с необходимой и достаточной точностью, обусловленной требованиями производства (технологией добычи). Недостаточная точность может привести к браку горных работ, а в некоторых случаях может явиться причиной несчастного случая. Излишняя точность требует ненужных, непроизводительных затрат труда маркшейдера;

3) все измерения и вычисления в каждом из видов съемок, должны выполняться с обязательным объективным контролем. Контроль обеспечивает необходимую точность результатов съемки и исключает возможность появления грубых ошибок в измерениях и вычислениях.

1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения

При выполнении топографо-геодезических, картографических и маркшейдерских работ на земной поверхности и в подземных выработках используется система геодезических плоских координат Гаусса-Крюгера 1942 г. – это дата определения размеров эллипсоида Красовского. Вычисление подземных маркшейдерских съемок проводится в плоских прямоугольных координатах в конформной (равноугольной) проекции. Сущность данной системы заключается в том, что поверхность эллипсоида делится с запада, от Гринвичского меридиана, на восток на шестиградусные зоны. При этом осевой меридиан и экватор изображаются двумя взаимно перпендикулярными линиями (рис. 1.1).

Осевой меридиан на плоскости – прямая POP_1 , перпендикуляр к нему – линия экватора $Q_1 OR_1$, начало координат точка пересечения O . Некоторая точка A на земном эллипсоиде с геодезическими координатами (широта и долгота) изображается на плане точкой A_1 с плоскими прямоугольными координатами X_{A_1}, Y_{A_1} .

Между геодезическими координатами и плоскими существует определенная математическая зависимость, позволяющая осуществлять пересчет из одной системы в другую. Имея исходные прямоугольные плоские координаты и проектируя измеренные длины на плоскость, вычисляют координаты определяемых точек по формулам аналитической геометрии.

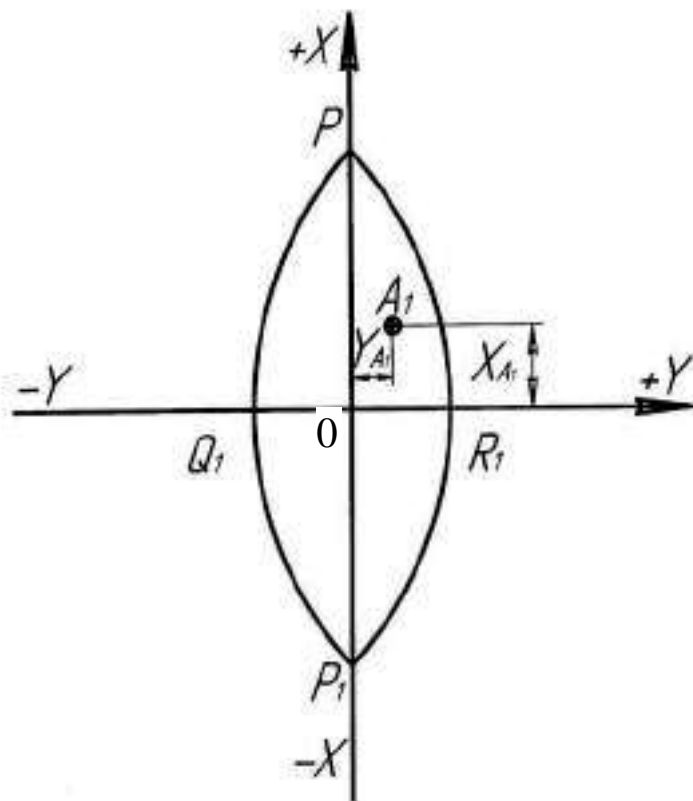


Рис. 1.1. Плоские прямоугольные координаты Гаусса точки A_1 земного эллипсоида

Плановое положение пункта подземной теодолитной съемки определяется тремя величинами: долготой осевого меридиана, в которой находится точка; абсциссой – расстоянием от точки до экватора; ординатой – расстоянием от точки до осевого меридиана. На территории нашей страны, находящейся в Северном полушарии, абсциссы точек только положительны, ординаты могут быть как положительные, так и отрицательные. Например, $X_{A_1} = 5057$ км и $Y_{A_1} = 3575$ км, т. е. точка A_1 находится на расстоянии 5057 км к северу от экватора, в 3-й зоне на расстоянии 575 км к востоку от осевого меридиана.

На горных предприятиях применяется также так называемая условная система координат, которая имеет определенную связь с системой координат 1942 г. Постановлением Правительства РФ от 28.06.2000 г. № 568 с 01.01.2002 г. введена новая Государственная система геодезических координат для осуществления топографо-геодезической и картографической деятельности на территории России – СК95.

Разности координат двух точек называют *приращением координат* (ΔX и ΔY). В зависимости от значений координат точек приращения могут иметь знак (+) или (-).

При расчетах в системе прямоугольных координат важное зна-

чение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи. Прямая геодезическая задача заключается в определении координат искомой точки B относительно исходной точки A по горизонтальной проекции линии d_{AB} и дирекционному углу этой линии α_{AB} по известным формулам:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = X_A + \Delta X_{AB};$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB}.$$

Обратная геодезическая задача заключается в определении дирекционного угла α_{AB} линии AB и горизонтальной проекции длины линии по известным координатам точек этой линии X_A, Y_A, X_B, Y_B :

$$r_{AB} = \arctg\left(\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}\right) = \arctg\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin r_{AB}} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos r_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2},$$

где r_{AB} – табличный угол (румб), по которому определяется значение дирекционного угла.

При вычислении дирекционного угла α_{AB} необходимо учитывать знаки приращений координат (+) или (-) (рис. 1.2), следуя правилу, приведенному в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Связь между дирекционными углами и румбами

| Четверть | ΔX | ΔY | α , град. | | Формула вычисления дирекционного угла |
|----------|------------|------------|------------------|-----|---------------------------------------|
| | | | от | до | |
| I | + | + | 0 | 90 | $\alpha_{AB} = r_{AB}$ |
| II | - | + | 90 | 180 | $\alpha_{AB} = 180^\circ - r_{AB}$ |
| III | - | - | 180 | 270 | $\alpha_{AB} = 180^\circ + r_{AB}$ |
| IV | + | - | 270 | 360 | $\alpha_{AB} = 360^\circ - r_{AB}$ |

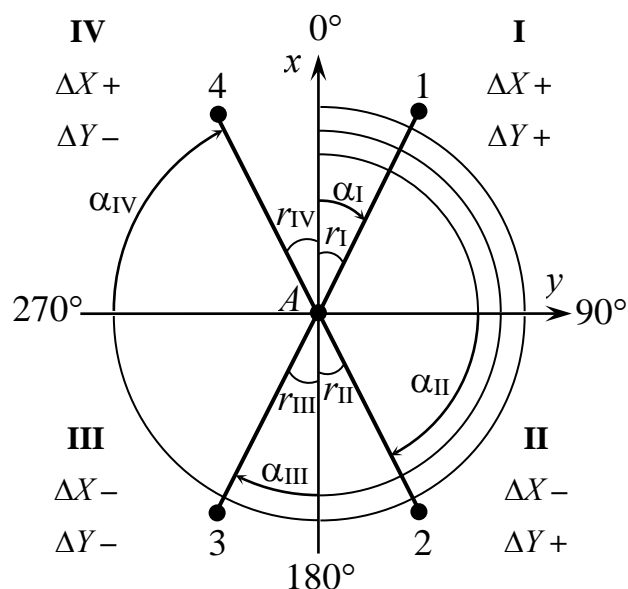


Рис. 1.2. – Схема определения румбов и дирекционных углов

Расположение точек по вертикали называется *высотой точек* (высотная отметка, координата Z). В России высоты точек отсчитываются от уровня Балтийского моря – нуля Крондштадтского футштока (Балтийская система высот $Z_0 = 0$). Выше исходного уровня высоты точек со знаком (+), ниже исходного уровня – со знаком (-). Разница между высотами двух точек называется превышением (h). В зависимости от взаиморасположения точек превышения имеют знак (+) или (-) и определяются по формуле: $h = Z_A - Z_B$, где Z_A , Z_B – высоты точек A и B .

Если известны значения координат двух точек, например X_A , Y_A , Z_A , X_B , Y_B , Z_B , по их значениям могут быть определены:

- 1) наклонная длина линии (l)

$$l = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2};$$

- 2) горизонтальное проложение линии (d) – проекция на горизонтальную плоскость длины линии (l)
- 3)

$$d = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = l \cdot \cos \delta;$$

- 4) угол наклона линии (δ) – угол между направлением линии (l) и ее горизонтальным проложением

$$\delta = \operatorname{arctg}\left(\frac{Z_B - Z_A}{d}\right);$$

при известных значениях превышения h и длины l

$$d = \sqrt{l^2 - h^2}; \quad \delta = \arcsin\left(\frac{h}{l}\right);$$

тангенс угла наклона линии, уклон линии (i)

$$i = \operatorname{tg}\delta = \frac{h}{d}.$$

Ориентирование линий в маркшейдерской съемке осуществляется по дирекционному углу и румбу. *Дирекционным углом* α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, до направления ориентируемой линии. Дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360°. Дирекционные углы двух смежных линий взаимосвязаны между собой:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{л}} - 180^\circ = \alpha_i - \beta_{\text{п}} + 180^\circ,$$

где α_i, α_{i+1} – дирекционные углы соответственно предыдущей и последующих линий; $\beta_{\text{л}}$ и $\beta_{\text{п}}$ – горизонтальные углы левый и правый между смежными линиями по направлению хода соответственно.

Румбы имеют значения от 0 до 90°, образованные ближайшими северным или южным концом осевого меридиана и направлением ориентируемой линии. Угловая величина румба называется *табличным углом*.

При выполнении маркшейдерских съемок измеряют в основном линейные и угловые величины.

Длины линий выражают в метровой мере за единицу длины, в которой считается:

$$1 \text{ м} = 100 \text{ см}, \quad 1 \text{ см} = 10 \text{ мм}, \quad 1000 \text{ м} = 1 \text{ км}.$$

Углы выражаются в градусной, радиальной и десятичной мерах. В градусной мере единицей угла принят 1 градус, равный 1/90 части прямого угла:

$$1^\circ = 60' \text{ (минут)} = 360'' \text{ (секунд)}; 1' = 60'' \text{ (секунд)}.$$

В радиальной мере единицей угла принято считать 1 радиан, равный соотношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса:

$$1 \text{ рад} = 1 \text{ при } \alpha = 57^\circ 17' 45'',$$

$$\text{т. е. } \alpha^r = \alpha^0 / 57,3^\circ = \alpha' / 3138' = \alpha'' / 206265''.$$

Для малых углов, близких 0° , $\alpha^r = \sin \alpha^0 = \operatorname{tg} \alpha^0$.

В десятичной мере единицей угла принято считать 1 градус, равный 1/100 части прямого угла: 1 град = 100^c (градовых минут); 1^c = 100^{cc} (градовых секунд).

Решение задач по разделу 1.2

Задача 1. Определить, на каком расстоянии находится точка B_1 от экватора и от осевого меридиана и в какой зоне, если ее координаты: $X_{B_1} = 6780$ км, $Y_{B_1} = 4370$ км.

Ответ: на расстоянии 6780 км к северу от экватора и от осевого меридиана в 4-й зоне на расстоянии к востоку 370 км.

Задача 2. Определить координаты точки C ($X_C; Y_C$), если дано: координаты точки $X_B = 5180,000$ м, $Y_B = 2370,000$ м, горизонтальное расстояние между точками B и C $d_{BC} = 200,000$ м, дирекционный угол линии BC $\alpha_{BC} = 70^\circ 47' 47''$.

Ответ:

$$X_C = X_B + d_{BC} \cdot \cos \alpha_{BC} = X_B + \Delta X_{AB} =$$

$$= 5180,000 + 200 \cdot \cos 70^\circ 47' 47'' = 5245,785 \text{ м};$$

$$Y_C = Y_B + d_{BC} \cdot \sin \alpha_{BC} = Y_B + \Delta Y_{AB} =$$

$$= 2370,000 + 200 \cdot \sin 70^\circ 47' 47'' = 2558,871 \text{ м}.$$

Задача 3. Определить дирекционный угол линии BC α_{BC} и го-

горизонтальное расстояние d_{BC} , если дано:

$$\begin{aligned} X_B &= 5180,000 \text{ м}, & Y_B &= 2370,000 \text{ м}, \\ X_C &= 5245,785 \text{ м}, & Y_C &= 2558,871 \text{ м}. \end{aligned}$$

Ответ:

$$\begin{aligned} r_{BC} &= \operatorname{arctg}\left(\frac{\Delta Y_{BC}}{\Delta X_{BC}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B}\right) = \\ &= \operatorname{arctg}\left(\frac{2558,871 - 2370,000}{5245,785 - 5180,000}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{188,871}{65,785}\right) = \\ &= \operatorname{arctg}(2,871034) = 70^\circ 47' 47''. \end{aligned}$$

Так как приращения координат положительные, то румб находится в первой четверти, следовательно, дирекционный угол

$$\alpha_{BC} = r_{BC} = 70^\circ 47' 47''.$$

Горизонтальное проложение стороны BC

$$d_{BC} = \frac{\Delta Y_{BC}}{\sin \alpha_{BC}} = \frac{188,871}{\sin 70^\circ 47' 47''} = 200,000 \text{ м};$$

$$d_{BC} = \frac{\Delta X_{BC}}{\cos \alpha_{BC}} = \frac{65,785}{\cos 70^\circ 47' 47''} = 199,999 \text{ м}.$$

Среднее значение $d_{BC} = 200,000 \text{ м}$.

Задача 4. Определить дирекционный угол линии BC , α_{BC} , если дирекционный угол линии AB $\alpha_{AB} = 43^\circ 25' 34''$ и горизонтальный угол $\beta_{д} = 177^\circ 52' 43''$.

Ответ:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_{д} - 180^\circ = 43^\circ 25' 34'' + 177^\circ 52' 43'' - 180^\circ = 41^\circ 18' 17''.$$

1.3. Подготовка и поверка приборов

Проверку работоспособности теодолита и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей теодолита (тахеометра): отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, винта или кремольеры перемещения фокусирующей линзы.

Проверяют вращение алидады, лимба (вертикальная осевая система), вращение визирной зрительной трубы, которое должно быть легким и плавным.

Проверяют исправность зеркала подсветки отсчетной системы. Юстировочные винты сетки нитей должны быть затянуты. Также проверяется работоспособность и симметричность диапазона действия компенсатора при вертикальном круге (при его наличии). При вращении подъемного винта, расположенного под трубой на 180° по часовой стрелке и против; отсчет по вертикальному кругу должен равномерно изменяться.

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого прибор устанавливают на штатив, горизонтируют, наводят трубу на марку (расстояние до точки визирования – 30...40 м). Затем к головке штатива прилагают легкие вращательные (вокруг вертикальной оси) и вертикальные (сверху вниз) усилия, после чего проверяют неизменность визирования. Отклонение центра сетки нитей от первоначального визирования не должно превышать среднеквадратической погрешности (СКП) измерения углов прибором.

1.3.1. Проверка перпендикулярности цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней

Для проверки перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора необходимо установить уровень параллельно двум подъемным винтам подставки и, вращая их в противоположных направлениях, привести пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду на 90° вокруг вертикальной оси и привести пузырек уровня

на середину третьим винтом подставки. Затем повернуть алидаду в том же направлении еще на 90° , т. е. на 180° по отношению к первоначальному положению (рис. 1.3). Если пузырек уровня отклоняется от середины более чем на 2 деления шкалы уровня, отклонения следует устранить исправительными винтами уровня, а затем повторить юстировку.

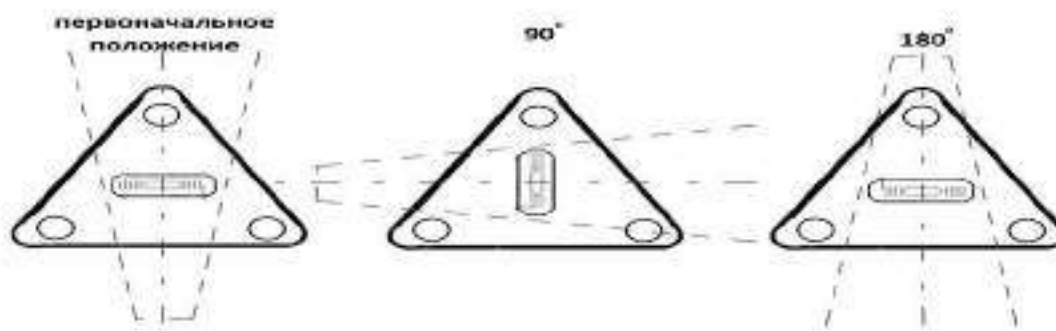


Рис. 1.3. Последовательность положений угломерного прибора относительно подставки при юстировке цилиндрического уровня при алидаде

Круглый установочный уровень в теодолите (тахеометре) выводят на середину (в нуль-пункт) его исправительными винтами после юстировки цилиндрического уровня.

1.3.2. Определение и исправление коллимационной погрешности

Неперпендикулярность визирной оси трубы к горизонтальной оси её вращения называется коллимационной погрешностью теодолита (тахеометра). При измерении направления на визирные цели двумя полуприемами (при вертикальном круге слева и справа) в средних результатах влияния коллимационной погрешности отсутствуют, поэтому допусков на величину коллимации не существует. В то же время значение коллимации важно знать и контролировать его постоянно в пределах двойной СКП измерения углов прибором. При работе с оптико-механическими теодолитами, когда записи ведутся в журнале, для удобства вычислений желательно минимальное значение коллимации.

Для определения коллимации теодолита с двухсторонней системой отсчета по лимбу горизонтального круга (ГК) необходимо после горизонтирования прибора навести зрительную трубу на удаленную, находящуюся на горизонте прибора (в пределах одного, двух градусов) визирную цель и взять отсчет при вертикальном круге слева (КЛ). Затем перевести трубу через зенит, навести её на ту же цель и

сделать отсчет при вертикальном круге справа (КП). Разность отсчетов КЛ-КП должна быть равна 180° . Отклонение разности от 180° равно двойной коллимационной погрешности: $2C = \text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ$.

Задача 1. Определение коллимации теодолита (электронного тахеометра) с двухсторонним отсчетом при $\text{КЛ}=49^\circ 45' 36'',5$, $\text{КП}=229^\circ 45' 29'',2$.

Решение:

$$2C = (49^\circ 45' 36'',5 + 180^\circ) - 229^\circ 45' 29'',2 = 7'',3,$$

$$C = 7'',3/2 = 3'',6.$$

В теодолитах с односторонней отсчетной системой разность КЛ-КП может быть искажена добавочным влиянием эксцентриситета алидады. Для уменьшения возможного влияния эксцентриситета алидады определение коллимации рекомендуется производить в следующем порядке.

После установки теодолита в рабочее положение визируют на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга и получают по горизонтальному кругу разность отсчетов $\text{КЛ}_1 - \text{КП}_1$.

Затем открепляют винт подставки, поворачивают теодолит в подставке на 180° , горизонтируют прибор, вновь наводят на ту же точку при двух положениях круга и получают разность $\text{КЛ}_2 - \text{КП}_2$. Величина двойной коллимационной погрешности

$$2C = \frac{(\text{КЛ}_1 - \text{КП}_1 \pm 180^\circ) + (\text{КЛ}_2 - \text{КП}_2 \pm 180^\circ)}{2}.$$

Задача 2. Определение коллимации для теодолитов с односторонним отсчетом при $\text{КЛ}_1=0^\circ 21' 00''$, $\text{КП}_1=180^\circ 21' 12''$, $\text{КЛ}_2=182^\circ 15' 18''$, $\text{КП}_2=2^\circ 15' 36''$.

Решение:

$$\begin{aligned} 2C &= \frac{(0^\circ 21' 00'' + 180^\circ - 180^\circ 21' 12'') + (182^\circ 15' 18'' - 180^\circ - 2^\circ 15' 36'')}{2} = \\ &= \frac{(-12'') + (-18'')}{2} = -15'', \quad C = -7'',5. \end{aligned}$$

Для устранения коллимационной погрешности необходимо изменить положение визирной оси относительно оси вращения трубы смещением сетки нитей в горизонтальном направлении или путем изменения положения объективной части зрительной трубы. Выполняя данную юстировку, не обязательно полностью исключать коллимацию, достаточно, чтобы она не превышала двойной СКП измерения угла данным теодолитом.

Теодолиты 2Т2, 2Т5К и их модификации не имеют исправительных винтов сетки, поэтому коллимацию можно исправить только поворотом зрительной трубы с помощью клинового кольца, расположенного между объективной частью трубы и осью ее вращения.

1.3.3. Определение и исправление место нуля (места зенита) вертикального круга

Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении зрительной трубы должен быть равен или близок к 0° при горизонтальной или секторной оцифровке, к 90° – при зенитарной оцифровке вертикального круга.

Место нуля M_0 (зенита M_3) вертикального круга определяют визированием на четко видимую, расположенную на горизонте прибора точку при двух положениях круга и взятием отсчетов $KЛ$ и $KП$ по вертикальному кругу.

Расчет M_0 (M_3) для большинства приборов производится по формуле $M_0(M_3) = \frac{KП + KЛ}{2} - 180^\circ$. Другие варианты формул для расчета M_0 (M_3) в зависимости от системы оцифровки круга указаны в инструкциях по эксплуатации на конкретные типы теодолитов (тахеометров).

Задача 3. Определить место нуля вертикального круга для теодолита Т5К при отсчетах по вертикальному лимбу $KЛ=180^\circ 01' 06''$, $KП=359^\circ 59' 18''$.

Решение:

$$M_0 = \frac{(180^\circ 01' 06'' + 359^\circ 59' 18'')}{2} = \frac{540^\circ 00' 24'' - 540^\circ}{2} = 12''.$$

Задача 4. Определить место нуля вертикального круга с секторной оцифровкой для теодолита Т5К при отсчетах по вертикальному лимбу КЛ = $-2^{\circ}25'30''$, КП = $2^{\circ}25'48''$.

Решение:

$$M_0 = \frac{(-2^{\circ}25'30'' + 2^{\circ}25'48'')}{2} = \frac{18}{2} = 9''.$$

Задача 5. Определить место нуля вертикального круга с зенитарной оцифровкой для теодолита 2Т2 при отсчетах по вертикальному лимбу КЛ = $90^{\circ}27'39'',5$, КП = $269^{\circ}32'26'',3$.

Решение:

$$M_0 = \frac{(90^{\circ}27'39'',5 + 269^{\circ}32'26'',3)}{2} = \frac{360^{\circ}00'05'',8}{2} = 2'',9.$$

Изменение места нуля (места зенита) может быть вызвано различными причинами. Основные из них следующие: изменилось положение оси уровня при вертикальном круге, сместилась сетка нитей в вертикальном направлении, нарушилась балансировка маятника компенсатора.

Для исправления в теодолитах 2Т2, 2Т2П, 2Т2А совмещают концы пузырька уровня при вертикальном круге и берут отсчет по микрометру. Вращением маховичка микрометра изменяют отсчет на величину места зенита (при круге слева отсчет должен быть уменьшен).

Вращением наводящего винта уровня точно совмещают изображение штрихов вертикального круга в центральном окне отсчетного микроскопа, после чего юстировочными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня. После этого поверку повторяют.

В теодолитах с компенсаторами порядок исправления не отличается от предыдущего, но после внесения в отсчет исправления на величину МЗ смещение штрихов производят специальным юстировочным винтом или юстировочными винтами сетки нитей.

В теодолитах Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П М0 исправляют смещением сетки нитей зрительной трубы в вертикальном направлении с помощью юстировочных винтов.

Во время измерения вертикальных углов, аналогично коллимации, контролируется соответствие М0 (МЗ) ранее определенным их

значениям. Допустимое отклонение не должно превышать двойную СКП измерения вертикальных углов используемым прибором.

Причинами превышения упомянутого отклонения при измерениях являются ошибки при измерениях визирования, отсчитывания, а также смещения прибора или визирной цели.

1.3.4. Проверка и исправление оптического центрира

В отъюстированном теодолите визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью вращения.

Для проверки выполнения данного условия теодолит устанавливают на штатив, закрепляют станковым винтом и тщательно горизонтируют. Под штатив кладут лист бумаги с нанесенным на ней крестом.

Окуляр оптического центрира устанавливают на резкое изображение перекрестия (или кольца), а перемещением окулярного патрубку добиваются резкого изображения креста, отмеченного на листе бумаги. Передвижением листа в нужном направлении добиваются совмещения креста на листе с центром сетки оптического центрира.

Поворачивают трижды амплитудную часть прибора на 120° и отмечают проекцию центра сетки на листе бумаги. В отъюстированном центрире при повороте алидады изображение выбранной точки должно совпадать с проекцией центра сетки нитей.

Если это условие не выполняется, при помощи отвертки вращают винты, которые изменяют положение оправы сетки центрира. Положение сетки нитей необходимо изменить настолько, чтобы уменьшить вдвое видимое смещение центра сетки относительно изображения выбранной точки. После этого с помощью подъемных винтов заново центрируют и повторяют юстировку до тех пор, пока при вращении алидады не будет смещения проекции центра сетки относительно выбранной точки.

1.3.5. Подготовка нивелиров к работе

Проверку работоспособности нивелира и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании

обращают внимание на исправность всех частей нивелира, отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, элевационного винта и перемещения фокусирующей линзы. Проверяют затяжку всех стопорных и юстировочных винтов. Юстировочные винты должны занимать среднее положение. При проверке нивелира с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер работают (изменение наклона трубы от горизонтального положения при вращении подъемного винта подставки на полный оборот и по часовой стрелке и против не должно приводить к изменению положения визирной оси трубы).

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого нивелир с контактным уровнем устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на рейку (расстояние до рейки 30 ... 40 м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего опять берут отсчет по рейке. При устойчивом штативе отсчет по рейке не должен отличаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на 1 и 2 мм для нивелиров типа Н-3 и Н-10 соответственно.

1.3.6. Проверка правильности установки цилиндрического и установочного уровней (рекомендуется)

Проверка правильности установки цилиндрического уровня производится следующим образом. Ось цилиндрического уровня располагается параллельно двум подъемным винтам нивелира, и пузырек уровня приводится на середину. Верхняя часть нивелира поворачивается на 90° и третьим винтом пузырек уровня приводится в среднее положение. Затем верхняя часть нивелира поворачивается в том же направлении еще на 90° , т. е. на 180° к первоначальному положению. Если пузырек отклонится от среднего положения, то его перемещают к середине на половину отклонения вертикальными юстировочными винтами уровня, а оставшуюся половину – подъемными винтами нивелира.

Проверка выполняется несколько раз, до соблюдения условия, когда отклонение пузырька от середины при повороте нивелира на 180° не превышает 2 мм.

После юстировки цилиндрического уровня пузырек установочного (круглого) уровня должен находиться в центре круговой шкалы. Если условие не соблюдено, следует выполнить приведение пузырька в центр (нуль-пункт) юстировочными винтами установочного уровня.

Отвесная плоскость, проходящая через ось цилиндрического уровня, должна быть параллельна отвесной плоскости, проходящей через визирную ось.

Для проверки данного условия нивелир устанавливается на расстоянии 40 ... 50 м) от рейки, при этом один подъемный винт подставки должен быть направлен в сторону рейки. Прибор тщательно горизонтируется, и по центру сетки нитей берется отсчет по рейке.

Далее правым и левым подъемными винтами, вращая их на два полных оборота, нивелир наклоняется вправо, а затем влево.

Если при наклонах нивелира концы пузырька контактного уровня расходятся в разные стороны более чем на 2 мм, то уровень приводится на середину с помощью его боковых юстировочных винтов.

1.3.7. Проверка правильности установки сетки нитей (рекомендуемая)

Проверку правильности установки сетки нитей производят для того, чтобы убедиться, что вертикальная нить сетки при среднем положении пузырька уровня совпадает с отвесной линией, а горизонтальная нить сетки перпендикулярна к вертикальной оси нивелира.

На удалении 10 – 15 м от нивелира подвешивают отвес. Приводят нивелир в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на нить отвеса. Если один конец вертикальной нити сетки отклоняется от нити отвеса более чем на 0,5 мм (определяется при помощи линейки), то установку сетки нитей исправляют. Для этого отвинчивают винты, крепящие окулярную часть, и отсоединяют ее от корпуса трубы, тем самым освобождая доступ к оправе сетки нитей. Ослабив винты, крепящие оправу, их слегка поворачивают в нужном направлении (до совпадения изображения вертикальной нити сетки и нити

отвеса), после чего винты закрепляют и устанавливают на место окулярную часть.

1.3.8. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол i)

В полевых условиях определение угла i может быть выполнено одним из следующих способов: 1) нивелирование вперед; 2) нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперед; 3) нивелирование с различными плечами.

Количество приемов измерений в любом из способов должно быть не менее трех. За окончательное значение угла принимается среднее арифметическое из трех результатов, если расхождение между ними не превышает $5''$. Окончательное значение угла i по абсолютной величине не должно быть более $10''$ для всех типов нивелиров.

Более точным из перечисленных способов является первый, более оперативным – второй.

Порядок определения угла i вторым способом следующий.

На точках 1 и 2, расположенных на взаимном расстоянии 40 – 60 м, устанавливаются рейки (рис. 1.4). Нивелир устанавливают посередине (т. 4) и берут отсчеты по рейкам l_1 и l_2 . Переносят нивелир в точку 3, удаленную от точки 2 на 6 – 8 м внутри створа между рейками, и берут отсчеты l'_1 и l'_2 по рейкам. Выполняют не менее трех приемов измерений.

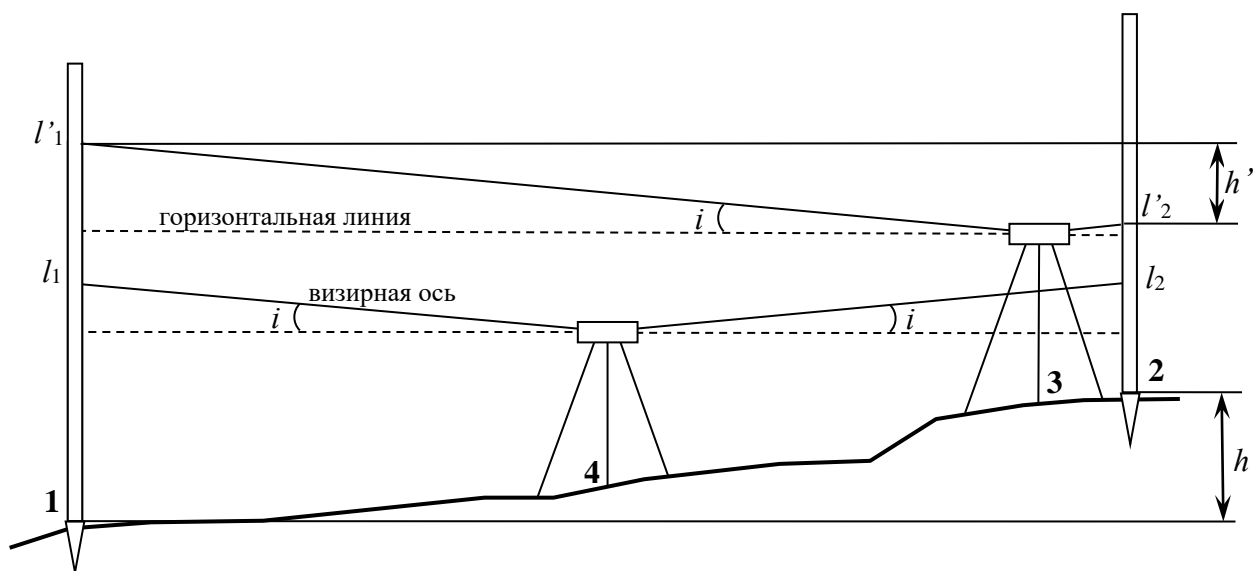


Рис. 1.4. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла i

Значение угла i вычисляют по формуле:

$$i = \frac{[(l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2)]\rho''}{S_{13} - S_{23}} = \frac{h' - h}{S_{13} - S_{23}} \rho'',$$

где S_{13} – расстояние между точками 1 и 3;

S_{32} – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние от точки 2 до точки 3 должно быть не менее 6 м.

Задача 6. Определить среднее значение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визированной осью трубы (негоризонтальности визирной оси).

Измерения (отсчеты по рейкам) выполнить в соответствии со схемой, представленной на рис.1.4. Результаты представлены в табл. 1.2.

Решение:

Нивелир Н-3 №1561.

$S_{13}=56,5$ м; $S_{32}=6,0$ м.

Таблица 1.2.

Пример записи и решения задачи 6

| Номер приема | | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|--------------|--------------|---------------|
| Превышение, измеренное из середины, нивелир (т. 4) | l_1 | 1400 | 1148 | 1357 |
| | l_2 | 1715 | 1464 | 1672 |
| | h | -315 | -316 | -315 |
| Превышение, измеренное при неравноплечии, нивелир (т. 3) | l'_1 | 1470 | 1111 | 1485 |
| | l'_2 | 1787 | 1429 | 1803 |
| | h' | -317 | -318 | -318 |
| | i | -8,2" | -8,2" | -12,3" |

$$i_{\text{ср}} = -9,6''.$$

В приведенном примере угол i не превышает нормативного допуска – 10".

Если среднее из трех приемов значение угла i превышает $10''$, то необходимо произвести его исправление. Для этого нивелир устанавливается в точке 3 и элевационным винтом наводится на такой отсчет по рейке в т.1, чтобы, в соответствии с приведенным примером, выполнялось условие $l'_1 - l'_2 = 315$ мм. При этом пузырек контактного уровня отклоняется от среднего положения, которое необходимо восстановить с помощью вертикальных юстировочных винтов уровня.

После проведения перечисленных операций повторяется прием проверки.

Для нивелиров с компенсаторами угол i исправляется с помощью юстировочных винтов сетки нитей.

1.3.9. Подготовка светодальномера к работе. Методика измерений

Светодальномер в виде отдельного прибора или в составе электронного тахеометра перед полевыми измерениями должен быть проверен на работоспособность в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Так, в соответствии с инструкцией, должны быть подготовлены и при необходимости введены в память прибора данные для учета различных поправок в результаты измерений.

После введения поправок может быть определена постоянная поправка светодальномера по трехштативному методу измерения длины. Эта поправка учитывает смещение центра призмы отражателя относительно точки его центрирования. Используется один отражатель. Схема измерений приведена на рис. 1.5.

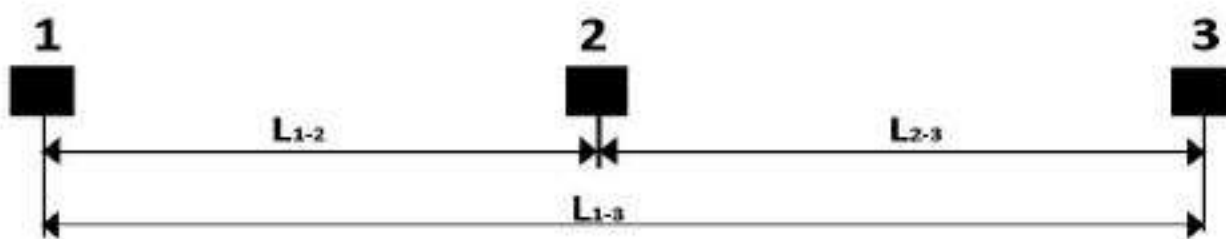


Рис. 1.5. Схема измерений расстояний при определении постоянной поправки светодальномера по трехштативному способу

Задача 7. Определить постоянную поправку светодальномера при $L_{1-3} = 205,585$ м, $L_{1-2} = 102,356$ м, $L_{2-3} = 103,225$ м.

Решение:

$$K_{\text{II}} = \frac{L_{1-3} - (L_{1-2} + L_{2-3})}{2} = \frac{205,585 - (102,356 + 103,225)}{2} = \frac{4}{2} = +2 \text{ мм.}$$

Значение поправки учитывается в результатах измерений со своим знаком, как систематическая погрешность.

1.3.10. Компарирование металлической рулетки

Металлические рулетки, предназначенные для измерения длин сторон теодолитных ходов опорных и съемочных сетей, должны быть прокомпарированы на стационарном компараторе. Компаратор представляет собой металлическую балку, закрепленную на кронштейнах, установленных в стену здания. Относительная погрешность компарирования металлической рулетки не должна превышать 1:15000 [1].

Методика компарирования – это сравнение длины рулетки с эталонной длиной контрольной линейки или длиной компаратора, которые определены с относительной погрешностью не ниже 1:50 000.

Для выполнения лабораторных работ компарирование рулетки выполняется на стационарном компараторе, представляющем собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах в стене учебного здания.

Задача 8. Методика компарирования 30-метровой рулетки

Приборы и оборудование: компаратор, рулетка, контрольная линейка, термометр, груз.

Рулетка укладывается на компаратор, один конец ее закрепляется при помощи струбины, а к другому (нулевой) при помощи проволоки, пропущенной через блок, подвешивается груз, равный 10 кг. Контрольная линейка укладывается на полотно рулетки, начиная с начального метрового интервала. Отсчеты берутся по контрольной линейке относительно штрихов метрового интервала рулетки с точностью отсчитывания до 0,1 наименьшего деления. Наименьшая цена деления контрольной линейки равна 0,2 мм, т. е. точность отсчета равна 0,02 мм.

Наблюдатели через увеличительные лупы берут два отсчета по правому срезу метровых штрихов рулетки в целых миллиметрах и долях наименьшего деления контрольной линейки (табл. 1.3).

Затем для контроля делают сдвиг контрольной линейки и берут вторую пару отсчетов. Длина метрового интервала рулетки вычисляется для каждого положения контрольной линейки. Разность в длине интервала из двух положений не должна превышать 0,06 мм. При большей величине вышеуказанной разности отсчеты повторяются при новом сдвиге контрольного метра. Компарирование рулетки проводится в прямом и обратном направлениях на полную ее длину.

Таблица 1.3

Компарирование рулетки № 57 контрольно-измерительной линейкой
завода "Аэрогеоприбор" № 1061

Уравнение линейки $L = 1000 + 0,02 + 0,0185 (t = 20^\circ)$

Наблюдатели: 1) Ларионова Л. А. 2) Мулин В. И., записывающий Кремлев В. Г.

| Интервалы рулетки | Правый конец | | | Левый конец | | | Разность отсчетов, мм | Средняя длина интервала, мм | Температура, град |
|-------------------|------------------|-----------------|------|------------------|-----------------|------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| | целые миллиметры | доли | | целые миллиметры | доли | | | | |
| | | деления линейки | мм | | деления линейки | мм | | | |
| 0 - 1 | 1003 | 2,4 | 0,48 | 3 | 1,8 | 0,36 | 1000,12 | 1000,11 | 22 |
| | 1005 | 4,4 | 0,88 | 5 | 3,9 | 0,78 | 1000,10 | | |
| 1 - 2 | 1001 | 3,3 | 0,66 | 1 | 4,2 | 0,84 | 999,82 | 999,84 | |
| | 1006 | 2,5 | 0,50 | 6 | 3,2 | 0,64 | 999,86 | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 - 30 | 1004 | 2,4 | 0,48 | 4 | 1,8 | 0,36 | 1000,12 | 1000,11 | 22 |
| | 1006 | 2,4 | 0,88 | 6 | 3,9 | 0,78 | 1000,10 | | |

В процессе компарирования измеряют температуру воздуха с точностью до 0,1 °С. Измерение температуры производится в начале, середине и конце прямого хода, в середине и конце обратного хода.

Обработка результатов компарирования рулетки производится в последовательности, указанной в табл. 1.2. В колонки 2 и 3 выписывают из полевого журнала (см. табл. 1.4) средние значения метровых интервалов из прямого и обратного ходов, а в колонку 4 – среднюю температуру компарирования. Рассчитывают: среднюю длину каждого интервала (колонка 5), поправки (колонки 6 – 9), исправленную длину интервала (колонка 10), длину рулетки от начального интервала (колонка 11) и поправку за компарирование (колонка 12).

Далее определяют точность компарирования рулетки, для чего находят разность в длине рулетки из прямого ($\sum l_{пр}$) и обратного ($\sum l_{обр}$) ходов:

$$\Delta l = \sum l_{пр} - \sum l_{обр} = 30003,0 - 30001,5 = 1,5 \text{ мм.}$$

Эта разность, отнесенная к длине рулетки, определит точность

компарирования, величина, которой должна быть менее 1:15000. В противном случае полевые работы повторяют. Поправку за контрольную линейку берут из уравнения контрольной линейки. Уравнение контрольной линейки № 1061, мм:

Ведомость обработки компарирования

Рулетка № 5

Дата вычисления: «29» мая 2014 г.

Вычислил: _____

| Интервалы рулетки | Длина интервала, мм | | Средняя температура, град | Средняя длина интервала, мм | Поправки, мм | | | | Исправленная длина интервала, мм | Длина рулетки от нулевого штриха, мм | Поправка за компарирование, мм |
|-------------------|---------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| | прямой ход | обратный ход | | | за контр. метр | за температуру контр. метра | за приведение рулетки к 20 °С | суммарная | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0-1 | 1000,11 | 1000,09 | +22° | 1000,10 | +0,02 | +0,04 | -0,02 | +0,04 | 1000,14 | 1000,2 | +0,2 |
| 1-2 | 999,84 | 999,88 | +22° | 999,86 | +0,02 | +0,04 | -0,02 | +0,04 | 999,9 | 2000,1 | +0,1 |
| | | | | | | | | | | | |
| 28-29 | 999,96 | 999,98 | +23° | 999,97 | +0,02 | +0,06 | -0,04 | +0,04 | 1000,01 | 29002,7 | +2,7 |
| 29-30 | 999,04 | 999,07 | +23° | 999,06 | +0,02 | +0,06 | -0,04 | +0,04 | 999,04 | 30001,8 | +1,8 |

$$f_K = \frac{1,5}{30000} = \frac{1}{20000} < \frac{1}{15000}$$

$$L = 1000,02 + 0,0185 (t^{\circ} - 20^{\circ}) .$$

Длина контрольной линейки, определенная на заводе при температуре 20°C , равна $1000,02$ мм. Поправка за контрольную линейку равна $+0,02$ мм. Поправку за температуру компарирования (колонка 7, см. табл. 1.2) вычисляют по формуле, мм:

$$\Delta l_t = 0,0185 (t^{\circ} - 20^{\circ}),$$

где $0,0185$ – коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлена контрольная линейка; t° – температура компарирования рулетки из колонки 4, град; 20° – температура, при которой определена длина контрольной линейки на заводе.

Поправку за приведение рулетки к 20° (колонка 8) вычисляют по формуле, мм:

$$\Delta l_{20} = 0,0125 (20^{\circ} - t^{\circ}),$$

где $0,0125$ – коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена рулетка; t° – температура компарирования рулетки, град.

В колонке 9 определяют суммарные поправки в средние длины метровых интервалов рулетки.

В колонке 10 производят вычисление исправленных длин метровых интервалов рулетки.

В колонке 11 определяют длину рулетки от начального штриха.

В колонке 12 вычисляют поправки за компарирование, округленные до десятых долей мм.

1.4. Маркшейдерская подземная теодолитная съемка (подземная полигонометрия)

Подземная теодолитная съемка (подземная полигонометрия) – система пунктов, местоположение которых определяется посредством измерения углов и длин сторон. Различают теодолитные хода: вытянутый – точки хода расположены близко к прямой линии; висячий – начинается от исходного пункта и стороны и не примыкает к исходному пункту и стороне; замкнутый – начинается от исходного пункта и исходной стороны и примыкает к ним же (замкнутый многоуголь-

ник); двойной – прокладывается по одним и тем же точкам в прямом и обратном направлениях; разомкнутый – начинается от известного пункта и стороны и заканчивается на другом известном пункте и стороне; с потерянными точками – прокладывается между известными маркшейдерскими пунктами (не менее трех) в начале и в конце хода, без закрепления промежуточных пунктов [2].

Маркшейдерская подземная теодолитная съемка выполняется с целью определения плановых координат и высотных отметок системы пунктов, расположенных в горных выработках, и является плановой и высотной основой маркшейдерских съемок, а также используется для аналитического решения задач, возникающих в процессе работы горного предприятия (задание направления горных выработок, проведение сбоек, определение объемов горной массы и др.) Подземная теодолитная съемка осуществляется путем проведения теодолитных ходов по горным выработкам.

Маркшейдерская подземная теодолитная съемка в шахте включает такие операции как: рекогносцировка участка съемки, закрепление пунктов теодолитного хода в горных выработках; измерения горизонтальных и вертикальных углов; измерения длин сторон хода; съемки контуров горных выработок и других объектов; камеральная обработка результатов съемки.

Как правило, при выполнении теодолитной съемки опорных и съемочных сетей определение плановых координат и высотных отметок производится с одних и тех же пунктов.

1.4.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в подземной полигонометрии

Измерение горизонтальных углов проводится способом приемов и круговых приемов. Особенностью измерения углов при подземной съемке является центрирование инструмента под точкой с помощью шнурового отвеса, так как в большинстве случаев маркшейдерские пункты закреплены в кровле горной выработки. Точность центрирования с помощью шнурового отвеса 1-1,5 мм.

В качестве визирных целей (сигналов) на закрепленные в кровле маркшейдерские пункты подвешивают также шнуровые отвесы.

При измерении угла способом приемов необходимо соблюдать следующий порядок действий:

1. В точке C (рис. 1.6) устанавливают (центрируют и горизонтируют) угломерный инструмент (теодолит, тахеометр). В точках A и B подвешивают отвесы или устанавливают сигналы. Точность центрирования отвеса (мм) и сигналов 1 - 2 мм.

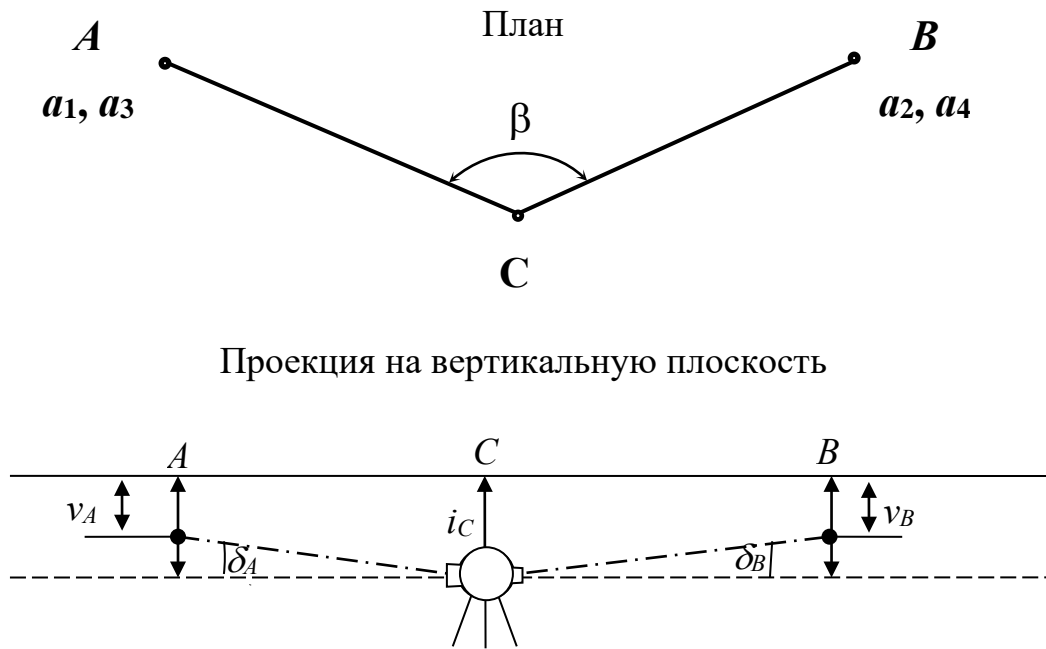


Рис. 1.6 Измерение горизонтального угла теодолитного хода

2. Визируют (наводят трубу инструмента) при КЛ на заданную точку A и берут отсчет по горизонтальному кругу лимба a_1 . Отсчет a_1 устанавливают юстировочным винтом, близким $0^\circ (+2 - 5')$.

3. Визируют на переднюю точку B и берут отсчет a_2 .

4. Переводят зрительную трубу инструмента через зенит, визируют на заднюю точку A при КП и берут отсчет a_3 .

5. Визируют на переднюю точку B при КП и берут отсчет a_4 .

Значение угла из одного полуприема вычисляют по формулам:

$$\beta_{\text{кл}} = a_2 - a_1; \quad \beta_{\text{кп}} = a_4 - a_3.$$

Значение угла и коллимационная погрешность теодолита из одного приема:

$$\beta = \frac{\beta_{\text{кл}} + \beta_{\text{кп}}}{2} = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2};$$

$$c = \frac{\beta_{\text{КЛ}} - \beta_{\text{КП}}}{2},$$

где $\beta_{\text{КЛ}}, \beta_{\text{КП}}$ – значения угла при круге слева (КЛ) и справа (КП), соответственно; c – коллимационная погрешность.

При измерении угла n приемами значение угла определяется, как среднее арифметическое из n приемов. Каждый последующий прием выполняется аналогичным образом. Начальный отсчет второго и последующих приемов устанавливаются близким величине

$$a_1 = \frac{180^\circ}{n},$$

где n – число приемов.

На пунктах с тремя и более направлениями углы измеряют способом кругового приема – «замыкания на горизонт».

При измерении углов способом круговых приемов, который приведен в разделе 2.2, порядок действий повторяется, как и при измерении способом приемов, с дополнительным визированием на заднюю точку. Пример записи измерений и расчеты углов приведены в табл. 1.5.

Вертикальные углы (углы наклона сторон δ) подземного теодолитного хода измеряют одновременно с измерением горизонтальных углов в прямом и обратном направлениях, на фиксированные точки сигналов, (см. рис. 1.6) с обязательным измерением высоты инструмента (i_C) и сигналов (v_A, v_B).

Таблица 1.5

Пример записи измерений углов и длин линий теодолитного хода

Дата 21.02.2014Объект Учебный корпус IV, 4 этажБригада № 1 $t = + 20^{\circ}\text{C}$ Инструмент Vega Teo 15 BИсполнитель Иванов

| Номера пунктов стояния, визирования | | ОТ С Ч Е Т Ы П О Л И М Б У Т Е О Д О Л И Т А | | | | | | | | | | | Номера точек теодолитного хода | Отсчеты по рулетке, мм | | | | | | Номера точек теодолитного хода | Абрисы, примечания | |
|-------------------------------------|-----|--|--------------|----------|----|----------------|----|-------------------|-------------------------|---|-------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|-----|----------|---------------|----|-------|--------------------------------|--------------------|-------|
| | | горизонтальный круг | | | | | | вертикальный круг | | | | | | ход "ПРЯМО" | | | ход "ОБРАТНО" | | | | | |
| | | Инстр. | Визир. целей | КЛ
КП | | | 2С | КЛ+(КП+180°)
2 | | | Направление
или углы | КЛ
КП | | | 2МО | Углы | | | П | | | З |
| ° | ' | | | " | ° | ' | | " | ° | ' | | " | ° | ' | | " | ° | ' | | " | | |
| II | I | 00 00 56 | | | +2 | 00 00 55 | | | Способ приемов | | | | I-II | 21489 | 35 | 21454 | 21502 | 47 | 21455 | I-II | | |
| | | 180 00 54 | | | | 165 07 02 | | | | | | | | 21493 | 37 | 21456 | 21530 | 76 | 21454 | | | |
| | III | 165 07 55 | | | -4 | 165 07 57 | | | | | | | ср 21455 | | | ср 21454 | | | | | | |
| | | 345 07 59 | | | | 165 07 04 | | | | | | | I-II | ср (пр, обр) | | | 21454 | | | | | |
| II | I | 90 01 56 | | | +6 | 90 01 53 | | | Способ круговых приемов | | | | II-III | 25175 | 26 | 25149 | 25177 | 30 | 25147 | II-III | | |
| | | 270 01 50 | | | | 165 07 06 | | | | | | | | | | | 25192 | 43 | 25149 | | | 25187 | 38 | 25149 |
| | III | 255 08 58 | | | -2 | 255 08 59 | | | | | | | ср 25149 | | | ср 25148 | | | | | | |
| | | 75 09 00 | | | | | | | | | | | II-III | ср (пр, обр) | | | 25148 | | | | | |
| C | I | 00 03 11 | | | +4 | -2
00 03 09 | | | Способ круговых приемов | | | | | | | | | | | | | |
| | | 180 03 07 | | | | 00 00 00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | O1 | 262 07 33 | | | -2 | 262 07 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 82 07 31 | | | 262 04 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | O2 | 262 59 32 | | | +6 | 262 56 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 59 38 | | | | 262 53 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | I | 00 03 06 | | | -1 | +1
00 03 06 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 180 03 07 | | | | — | | | | | | | | | | | | | | | | |

1.4.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов в подземной полигонометрии

Измерение длин сторон теодолитного хода, как правило, выполняют одновременно с измерением углов. Длины сторон в подземных опорных и съемочных сетях измеряют электронными приборами, стальными рулетками, обеспечивающими необходимую точность [1, 2], при выполнении съемок очистных выработок и замеров – тесьмаными рулетками.

При измерении длин сторон стальной рулеткой выполняется натяжение её с усилием, равным 10 кг. Силу натяжения фиксируют пружинным динамометром. Отчеты при измерении интервалов линий берут с точностью до 1 мм. Каждый интервал измеряют не менее двух раз. Второе и последующие измерения интервала выполняют при смещении рулетки. Расхождение между двумя измерениями интервала не должно превышать ± 2 мм или не ниже 1:3000. Каждая сторона теодолитного хода должна быть измерена независимо дважды в прямом и обратном направлениях. Разность между прямым и обратным направлениями не должна превышать 1:3000 длины измеренной стороны. Пример записи измерений длин см. табл.1.5.

За окончательный результат принимают в начале среднее арифметическое значение из двух измерений интервала, а затем среднее арифметическое из прямого и обратного направлений измеренной длины.

Длины сторон в подземных теодолитных ходах чаще всего измеряют металлической рулеткой на весу. Например, между точками *A*, *B* и *C* требуется измерить расстояние (рис. 1.7).

Для этого в точке *A* устанавливают теодолит, в точке *B* подвешивают шнуровой отвес. Если сторона горизонтальна, то на шнуре отвеса удобно отметить горизонт инструмента. Если сторона наклонная, то на шнуре отвеса в точке *C* отмечают точку визирования при измерении угла наклона стороны δ .

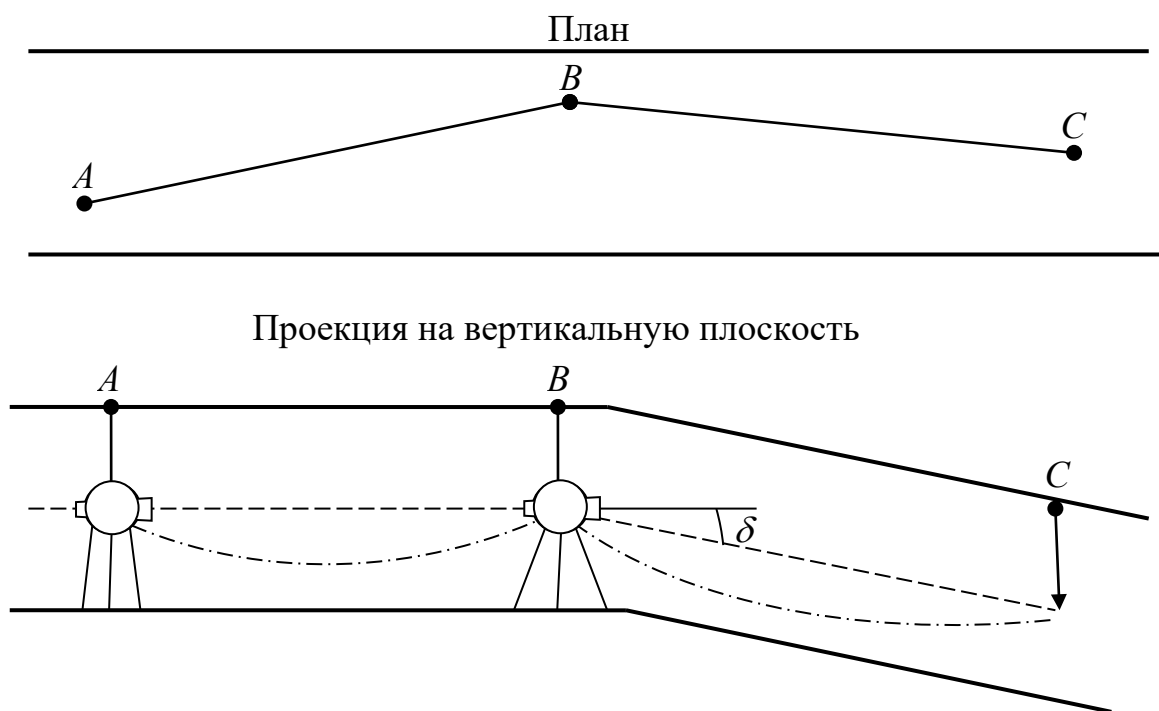


Рис. 1.7. Измерение длин сторон теодолитного хода рулеткой на весу

1.4.3. Съёмка подробностей (контуров) в подземных горных выработках

Съёмка подробностей контура подземной горной выработки в шахте производится от пунктов и сторон теодолитного хода опорных или съёмочных сетей. Объектами съёмки являются контуры горных выработок, инженерные сооружения, геологические особенности и другие подробности, связанные с технологией проходки горных выработок.

Съёмка подробностей проводится способом ординат, полярным способом, ультразвуковым, способом светопрофиля и лазерным сканированием.

В программе лабораторных работ предусмотрен способ ординат и полярный для съёмки границ учебного полигона. Пример записи см. в табл. 1.5.

Решение задач по разделу 1.4

Задача 1. Маркшейдеская подземная теодолитная съёмка (подземная полигонометрия). Опорные сети

Задача включает:

- прокладку теодолитного хода – измерение углов и длин на

учебном полигоне по пунктам, закрепленных в потолке, т. е. в кровле (рис. 1.7);

- съемку подробностей (контура учебного полигона);
- камеральную обработку – определение угловой и линейной невязок, уравнивание хода и расчет координат пунктов теодолитного хода.

Исходные данные: дирекционные углы начальной стороны и координаты пунктов опорной сети:

полигон № 1

$\alpha_{1-2} = 75^{\circ}55'55''$; $X_1 = 640720,200$ м; $Y_1 = 6125312,050$ м;

полигон № 2

$\alpha_{6-7} = 70^{\circ}30'30''$; $X_6 = 640710,100$ м; $Y_6 = 6125350,040$ м.

Требуется измерить по точкам в кровле:

полигон № 1

горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$;

горизонтальные линии – d_1, d_2, \dots, d_5 ;

полигон № 2

горизонтальные углы – $\beta_6, \beta_7, \dots, \beta_{10}$;

горизонтальные линии – d_6, d_7, \dots, d_{10} ;

Методика измерений:

- горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами $1,5t$, где t – точность отсчитывания прибора (теодолита), но не более $45''$;

- горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой на весу с натяжением 10 кг с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями ± 2 мм, или 1:3000. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 1.8).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения измеренных углов и длин.

Камеральная обработка результатов измерений

Требуется определить: координаты пунктов теодолитного хода.

полигон № 1 – $X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4, X_5, Y_5$;

полигон № 2 – $X_7, Y_7, X_8, Y_8, X_9, Y_9, X_{10}, Y_{10}$.

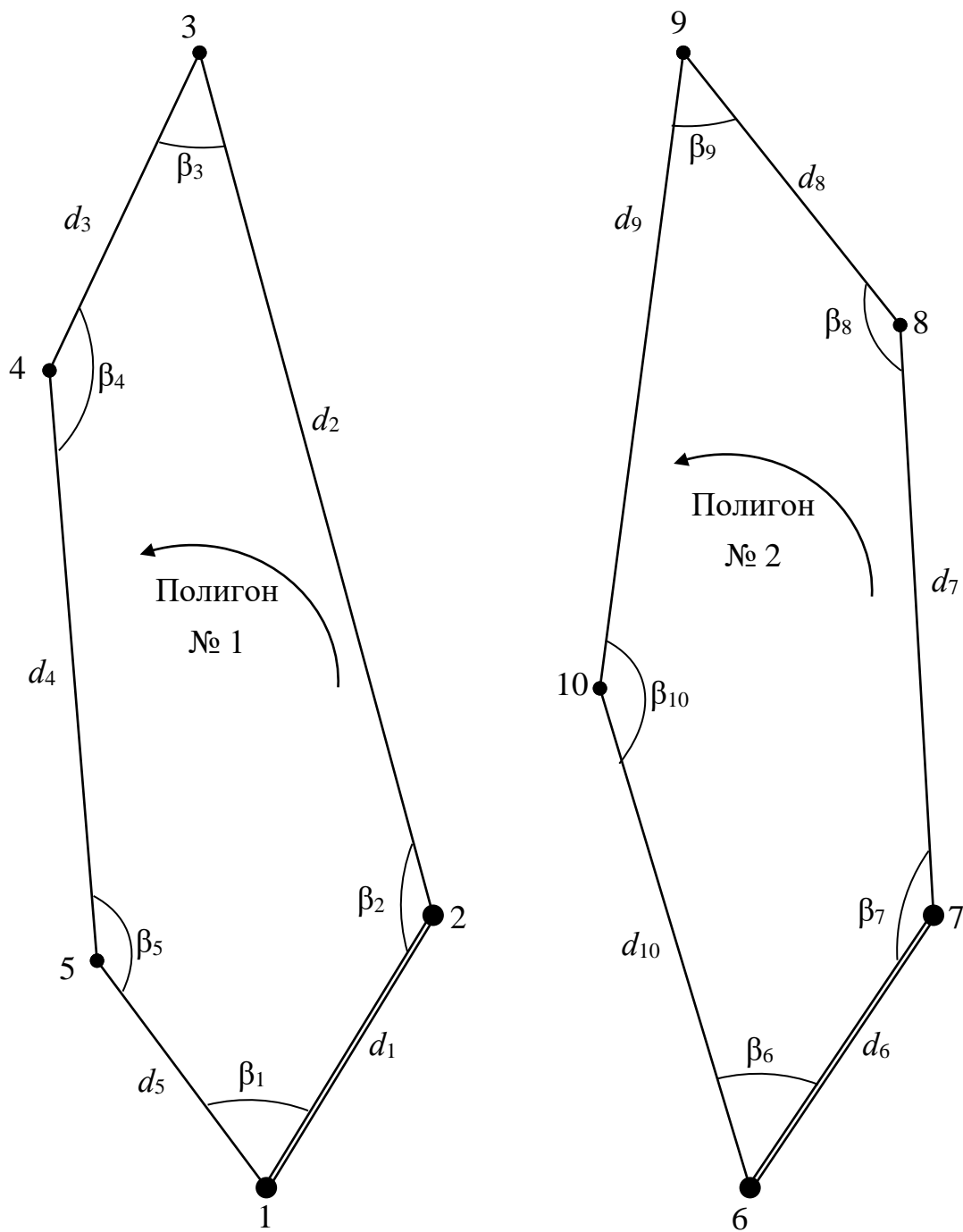


Рис. 1.8. Замкнутый полигон теодолитного хода:

- ==== исходные стороны опорных сетей
- β – горизонтальные углы;
- d – горизонтальные линии

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} ;$$

$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}(n - 2)$ – внутренние углы;

$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}(n + 2)$ – внешние углы;

$$f_{\beta} \leq f_{\text{доп}} ;$$

$$f_{\text{доп.}} = 2m_{\beta} \sqrt{n} ,$$

где n – число измеренных углов в полигоне, m_{β} – среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов, $m_{\beta} = 20''$;

2) при соблюдении условия $f_{\beta} \leq f_{\text{доп}}$ угловая невязка f_{β} распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки, м:

$$f_X = \sum_{i=1}^n \Delta X_i, \quad f_Y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_i,$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} ; \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d_i} ;$$

$$f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000} ,$$

где f_X, f_Y – линейные невязки хода, м; P – периметр полигона, м;

$f_{\text{отн}}, f_{\text{доп}}$ – относительная и допустимая невязки хода; d_i – горизонтальное проложение сторон полигона, м;

4) при соблюдении условия $f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000}$ линейные невязки f_X, f_Y распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон:

$$\delta_{X_i} = -\frac{f_X}{P} \cdot d_i; \quad \delta_{Y_i} = -\frac{f_Y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат всех вершин полигона. Вычисление дирекционных углов и координат вершин проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи):

$$X_{i+1} = X_i + d_i \cos \alpha_i; \quad Y_{i+1} = Y_i + d_i \sin \alpha_i,$$

где $X_i; X_{i+1}; Y_i; Y_{i+1}$ – координаты исходного и искомого пунктов, соответственно;

d_i – горизонтальная длина стороны;

α_i – дирекционный угол исходной стороны;

α_{i+1} – дирекционный угол искомой стороны;

$\beta_{\text{л}}, \beta_{\text{п}}$ – горизонтальные углы соответственно левый и правый,

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{л}} - 180^\circ = \alpha_i - \beta_{\text{п}} + 180^\circ.$$

Пример расчета координат точек вершин полигона представлен в табл. 1.6.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 1

Задача 1. Определить, на каком расстоянии от экватора, в какой зоне и на каком расстоянии от меридиана находится точка A , если дано:

$$X_A = 5057 + N, \text{ км}; \quad Y_A = 3575 + N, \text{ км},$$

где N – номер варианта, км.

Задача 2. Определить $X_C; Y_C$, если дано:

$$X_B = 5180,000 \text{ м} + N; \quad Y_B = 2370,000 \text{ м} + N; \quad d_{BC} = 200,000 \text{ м};$$

$$\alpha_{BC} = 70^\circ 47' 47'' + N^\circ + N' + N'',$$

где N – номер варианта, м, град, мин, сек.

Задача 3. Определить дирекционный угол α_{BC} и горизонтальное расстояние d_{BC} , если дано:

$$X_B = 5180,000 \text{ м} + N; \quad Y_B = 2370,000 \text{ м} + N;$$

$$X_C = 5245,785 + N; \quad Y_C = 2558,871 + N,$$

где N – номер варианта, м.

Таблица 1.4

Пример расчета координат пунктов теодолитного хода
Полигон № 1

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы
° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пунктов | Эскиз |
|--------|-------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|---------------|-------|
| стоян. | набл. | | измеренные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | -2 | | 6125 312,050 | 640 720,200 | 1 | |
| | 2 | 24,882 | | | 75 55 55 | 24,136 | 6,048 | 336,184 | 726,248 | 2 | |
| 2 | 1 | | +10 | | | -2 | | | | | |
| | 3 | 26,913 | 179 52 51 | 179 53 01 | 75 48 56 | 26,093 | 6,595 | 362,275 | 723,843 | 3 | |
| 3 | 2 | | +9 | | | -1 | | | | | |
| | 4 | 17,275 | 4 29 12 | 4 29 21 | 260 18 17 | -17,028 | -2,909 | 345,246 | 729,934 | 4 | |
| 4 | 3 | | +9 | | | -1 | | | | | |
| | 5 | 16,044 | 175 53 38 | 175 53 47 | 256 12 04 | -15,581 | -3,827 | 329,664 | 726,107 | 5 | |
| 5 | 4 | | +9 | | | -1 | | | | | |
| | 1 | 18,577 | 175 15 27 | 175 15 36 | 251 27 40 | -17,613 | -5,907 | 312,050 | 720,200 | 1 | |
| 1 | 5 | | +9 | | | | | | | | |
| | 2 | | 4 28 06 | 4 28 15 | 75 55 55 | | | | | | |
| | | P = 103,691 м | $f_{\beta} = -46''$ | | | $f_Y = 0,007$ | $f_X = 0,000$ | | | | |

$$f_{\text{доп}} = 2m_{\beta}\sqrt{n} = 90'', \quad f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = 7 \text{ мм}; \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{7}{103691} = \frac{1}{14813} \leq \frac{1}{3000}; \quad f_{\text{доп}} = \frac{1}{3000}.$$

Пример расчета координат пунктов теодолитного хода
Полигон № 2

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы
° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пунктов | Эскиз |
|--------|-------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|-------|
| стоян. | набл. | | измеренные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | 6125 350,04 | 640 710,100 | 6 | | |
| | 7 | 17,182 | | | 70 30 30 | 16,197 ⁺¹ | 5,733 | 366,238 | 715,833 | | 7 |
| 7 | 6 | | | | | | | | | | |
| | 8 | 16,990 | 176 52 55 ⁺² | 176 52 57 | 67 23 27 | 15,684 | 6,532 | 381,923 | 722,365 | | 8 |
| 8 | 7 | | | | | | | | | | |
| | 9 | 17,163 | 176 28 38 ⁺² | 176 28 40 | 63 52 07 | 15,409 | 7,559 | 397,332 | 729,925 | | 9 |
| 9 | 8 | | | | | | | | | | |
| | 10 | 26,913 | 4 05 26 ⁺² | 4 05 28 | 247 57 35 | -24,946 ⁺¹ | -10,099 ⁺¹ | 372,387 | 719,826 | | 10 |
| 10 | 9 | | | | | | | | | | |
| | 6 | 24,372 | 178 31 12 ⁺³ | 178 31 15 | 246 28 50 | -22,347 ⁺¹ | -9,726 | 350,040 | 710,100 | | 6 |
| 6 | 10 | | | | | | | | | | |
| | 7 | | 4 01 38 ⁺² | 4 01 40 | 70 30 30 | | | | | | |
| | | P = 10,620 м | $f_{\beta} = - 11''$ | | | $f_Y = -0,003$ | $f_X = -0,001$ | | | | |

$$f_{доп} = 2m_{\beta}\sqrt{n} = 90'', \quad f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = 3,1 \text{ мм}; \quad f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{3,1}{102620} = \frac{1}{33103} \leq \frac{1}{3000}; \quad f_{доп} = \frac{1}{3000}.$$

Задача 4. Определить дирекционный угол α_{BC} , если дано:

$$\alpha_{AB} = 43^{\circ}25'35'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

$$\beta_L = 177^{\circ}52'43'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Задача 5. Выполнить проверку и подготовку приборов, согласно разделу 1.3.

Задача 6. Выполнить компарирование рулетки и рассчитать поправки за компарирование метровых интервалов рулетки, если дано: длина рулетки 30 м, уравнение контрольной рулетки $L = 1000,02 + 0,0185 (t^{\circ} - 20^{\circ})$.

Задача 7. Пройти теодолитный ход и рассчитать координаты пунктов (см. рис. 1.8 и табл. 1.6), если дано:
полигон №1: $\alpha_{1-2} = 75^{\circ}55'55'' + N$; $X_1 = 640720,200$ м; $Y_1 = 6125312,050$ м;
полигон №2: $\alpha_{6-7} = 70^{\circ}30'30'' + N$; $X_6 = 640710,100$ м; $Y_6 = 6125350,040$ м,
где N – номер варианта, град, мин, сек.

2. ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

2.1. Общие положения

Ориентирно-соединительная съемка является ответственной маркшейдерской задачей, в результате которой должны быть найдены плановые координаты (X и Y) первого пункта и дирекционный угол (α) первой стороны подземной маркшейдерской опорной сети в системе координат, принятой на земной поверхности. Определение плановых координат первого пункта опорной подземной маркшейдерской сети принято называть **центрированием** опорной подземной сети, а определение дирекционного угла первой стороны – **ориентированием** подземной сети.

Практическое значение ориентирно-соединительной съемки весьма велико. Без надлежащей ориентировки не может быть безопасного и технически правильного ведения горных работ. Ориенти-

ровка, как это принято называть у маркшейдеров-производственников, является основой решения ответственных задач практической маркшейдерии.

На всех этапах развития маркшейдерии, уделялось особое внимание вопросам ориентирования, поскольку составление планов земной поверхности горного предприятия и планов подземных горных работ в единой системе координат обеспечивает взаимное совмещение как всей съемки в целом, так и отдельных ее частей. Такое совмещение позволяет определить местоположение любого участка подземных горных работ относительно земной поверхности. Точность определения положения подземных выработок зависит от точности способов ориентирования.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения различают три основных вида ориентировки: через один вертикальный ствол; через два вертикальных ствола, соединенных между собой горными выработками на ориентируемом горизонте; через наклонный ствол или штольню.

Последний вид ориентировки не требует особых комментариев и выполняется известными методами геодезии – прокладка разомкнутых теодолитных ходов. Особое внимание заслуживает ориентировка через вертикальные стволы.

Современная маркшейдерия поставленные задачи решает двумя способами: геометрическим и гироскопическим ориентированием [1].

В учебном пособии предусмотрено решение задач по ориентированию через один и два вертикальных ствола геометрическим способом и с использованием гирокомпаса.

Учитывая ответственность указанных видов работ, в Инструкции [1] предусматривают двукратное независимое ориентирование, выполненное одним или разными методами.

Расхождение в результатах ориентирования одной и той же стороны не должно превышать 3'. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух результатов.

Гироскопический способ ориентирования рекомендуется применять во всех случаях. Среднеквадратическая погрешность гироскопического ориентирования не должна превышать $\pm 30''$.

Геометрическое ориентирование применяют при глубине шахтного ствола не более 500 м.

Центрирование сети, передача плановых координат в шахту через вертикальный ствол выполняют как при гироскопическом, так и

при геометрическом ориентировании с помощью отвесов.

Координаты отвесов на земной поверхности определяют от опорных геодезических сетей проложением подходного полигона. Количество сторон от исходных пунктов до отвесов – не более трех.

Производство данных видов ориентировок *включает три основных этапа*: проектирование точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт в шахту; примыкание (измерение) к проектируемым точкам на земной поверхности и к их проекциям на ориентируемом горизонте в шахте; вычисление ориентировки.

2.2. Геометрический способ ориентирования

Задача 1. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку

Работа выполняется в учебном здании университета на специально оборудованном учебном полигоне с закрепленными маркшейдерскими пунктами в почве (в полу) – земная поверхность и в кровле (в потолке) – ориентируемый горизонт горной выработки.

При ориентировании через одну вертикальную выработку (ствол) необходимо руководствоваться следующими положениями:

- 1) расстояние между отвесами должно быть максимальным;
- 2) соединительный треугольник для решения задачи примыкания к отвесам должен быть наиболее выгодной формы, при которой неизбежные ошибки измерений оказывают минимальное влияние на точность решения задачи примыкания – это значит, что острые углы в соединительном треугольнике должны быть не более $2-3^\circ$.

Методические указания по выполнению ориентирно-соединительной съемки

Проектирование координат и дирекционного угла с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов O_C и $O_{Ю}$ (рис. 2.1, а, б).

На земной поверхности и на ориентируемый горизонт измеряются:

– горизонтальные углы γ , δ , θ в примычной точке C , горизонтальные длины a , b , c соединительного треугольника на земной поверхно-

сти, γ_1 , δ_1 , θ_1 в точке C_1 и a_1 , b_1 , c_1 соединительного треугольника в шахте (см. рис. 2.1, а, схема 1);

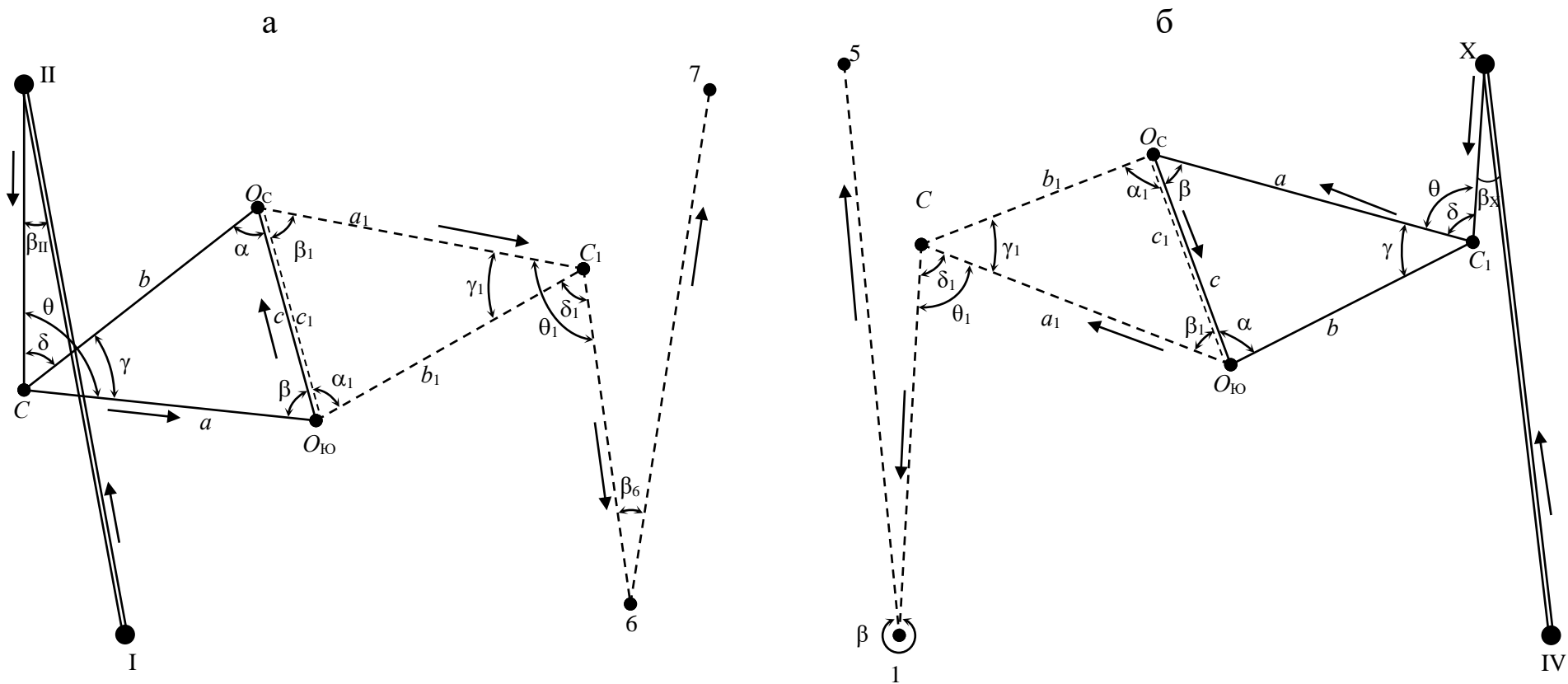


Рис. 2.1. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку
 а – схема 1; б – схема 2;

- теодолитный ход на земной поверхности, пункты заложены в почве (в полу);
- - -● теодолитный ход на ориентируемом горизонте, пункты заложены в кровле (в потолке);
- исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);
- направление вычисления ориентировки

– горизонтальные углы γ , δ , θ в примычной точке C_1 , горизонтальные длины a , b , c соединительного треугольника на земной поверхности, γ_1 , δ_1 , θ_1 , a_1 , b_1 , c_1 соединительного треугольника в шахте (см. рис. 2.1, б, схема 2).

Измерение углов производится тремя круговыми приемами, допустимая невязка между приемами $\pm 10''$. Разность углов $(\theta - \delta - \gamma)$ не должна превышать $\pm 10''$. В расчеты принимают среднеарифметическое значение углов из трех приемов. Допускаемая угловая невязка распределяется в измеренные углы $(\theta - \delta - \gamma = 0)$.

Стороны соединительного треугольника измеряются компарированной стальной рулеткой не менее пяти раз с точностью отсчитывания ± 1 мм при постоянном натяжении 10 кгс. Разность между отдельными измерениями длины допускается до ± 2 мм. За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение из пяти измерений.

Контроль измерения горизонтальных сторон соединительного треугольника осуществляется сравнением измеренного расстояния между отвесами (C) и вычисленного по формуле:

$$C_{\text{выч}}^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma.$$

Допустимое расхождение ΔC не должно превышать ± 3 мм:

$$\Delta C = C_{\text{выч}} - C_{\text{изм}} \leq \pm 3 \text{ мм.}$$

Для решения задач примыкания на земной поверхности – определения координат примычного пункта C ; координат отвесов O_C , $O_{\text{Ю}}$; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и створа отвесов $\alpha_{O_{\text{Ю}}O_C}$ (схема 1); координат примычного пункта C_1 ; координат отвесов O_C , $O_{\text{Ю}}$; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и створа отвесов $\alpha_{O_{\text{Ю}}O_C}$ (схема 2) (см. 2.1 а, б) проводится теодолитный ход от пунктов опорных сетей I, II (схема 1) и VI, X (схема 2).

На ориентируемом горизонте для определения: координат примычного пункта C_1 ; координат пунктов подземной опорной сети 6 и 7; дирекционных углов сторон соединительного треугольника и ориентируемой стороны α_{6-7} (схема 1); координат примычного пункта C ; координат пунктов подземной опорной сети 1 и 5; дирекционных уг-

лов сторон соединительного треугольника и ориентируемой стороны α_{1-5} (схема 2) (см. рис 2.1 а, б) проходится теодолитный ход от спроектированных с земной поверхности на ориентируемый горизонт точек отвесов O_C , $O_{Ю}$ и дирекционного угла створа отвесов $\alpha_{O_{Ю}O_C}$ (схема 1), (схема 2).

Направление теодолитных ходов и вычисления ориентировки показаны стрелками (см. рис. 2.1 а, б).

Углы в теодолитных ходах $\beta_{п}$, β_6 (схема 1), β_1 , β_X (схема 2) измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый углы по направлению теодолитного хода. Допустимые расхождения между приемами $\Delta\beta = 1,5 m_{\beta}$, где m_{β} – точность прибора не более $10''$.

Длины сторон теодолитных ходов на земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются дважды металлической рулеткой при постоянном натяжении ее 10 кгс. Отсчеты берутся с точностью 1 мм, допустимое расхождение в двух измерениях ± 2 мм.

Вычисление ориентировки начинаются с проверки полевых журналов и расчета средних значений углов и длин.

Пример обработки длин приведен в табл. 2.1, где Δl_k , Δl_t , Δl_h , Δl_f – поправки в измеренные длины соответственно за компарирование рулетки, за разность температуры при компарировании рулетки и измерении длины, за наклон линии, за провес рулетки.

Поправки вычисляются до 0,1 мм, а значения длин – до 1 мм.

Таблица 2.1

Ведомость обработки длин

| Но-
мера
ста-
нов | Измеренная
длина, м | | Сред-
няя
длина
интер-
вала, м | $t^{\circ}_{\text{ср}}$ | Поправки, мм | | | | | Исправ-
ленная
длина
интерва-
ла, мм | Оконча-
тельная
длина ин-
тервала, м |
|----------------------------|------------------------|-----------------|--|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--|---|
| | прямой
ход | обратный
ход | | | Δl_k | Δl_t | Δl_h | Δl_f | $\Sigma \Delta l$ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 |
| 1 - 2 | 20,007 | 20,009 | 20,008 | 21° | -3,2 | 0 | 0 | 0 | -3,2 | 20004,8 | 20,005 |

Вычисление углов α и β , α_1 и β_1 при отвесах O_C и $O_{Ю}$ (см. рис. 2.1, а, б) производится по формулам синусов:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma ; \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma ;$$

$$\sin\alpha_1 = \frac{a_1}{c_1} \sin\gamma_1; \quad \sin\beta_1 = \frac{b_1}{c_1} \sin\gamma_1.$$

При этом угловая невязка в соединительном треугольнике не должна превышать допустимой $\pm 10''$ и распределяется во все углы поровну с обратным знаком, т. е. $(\gamma + \alpha + \beta = 180^\circ)$.

Вычисление дирекционных углов сторон и координат пунктов полигонометрического хода на ориентируемом горизонте производится по схеме (см. рис. 2.1, а, б) в направлении, указанном стрелками. При этом передача дирекционного угла с исходной стороны на створ отвесов на земной поверхности и от створа отвесов на ориентируемый горизонт выполняется через *длинную* сторону соединительных треугольников.

Дирекционные углы, приращения координат и координаты вычисляются по известным формулам прямой геодезической задачи:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{\text{л}} - 180^\circ; \quad \alpha_n = \alpha_{n-1} - \beta_{\text{п}} + 180^\circ;$$

$$\Delta x = d_{n-(n-1)} \cdot \cos \alpha_{n-(n-1)}; \quad \Delta y = d_{n-(n-1)} \cdot \sin \alpha_{n-(n-1)};$$

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x; \quad y_n = y_{n-1} + \Delta y,$$

где $\beta_{\text{л}}$ и $\beta_{\text{п}}$ – измеренные горизонтальные углы левый и правый соответственно; d – горизонтальное проложение измеренных длин сторон. Точность вычисления координат до ± 1 мм.

Пример решения задачи 1. Вычисление ориентировки через одну вертикальную выработку, схема 1 (см. рис. 2.1).

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон опорной сети на земной поверхности:

$$X_{\text{I}} = 640723,255 \text{ м}; \quad Y_{\text{I}} = 6125312,051 \text{ м}; \quad \alpha_{\text{I-II}} = 75^\circ 55' 55''.$$

Результаты измерений для решения соединительного треугольника:

$$a = 14,380 \text{ м}, \quad b = 11,351 \text{ м}, \quad \gamma = 2^\circ 04' 11'';$$

$$a_1 = 13,650 \text{ м}, \quad b_1 = 10,622 \text{ м}, \quad \gamma_1 = 2^\circ 16' 52''.$$

Расстояние между отвесами:

На земной поверхности $c_{\text{изм}} = 3,063$ м;

$$c_{\text{выч}} = \sqrt{14,380^2 + 11,351^2 - 2 \cdot 14,380 \cdot 11,351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3,064 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3,064 - 3,063 = 0,001 \text{ м} \leq 3 \text{ мм};$$

На ориентируемом горизонте $c_{\text{изм}} = 3,063$ м.

$$c_{\text{выч}} = \sqrt{14,380^2 + 11,351^2 - 2 \cdot 14,380 \cdot 11,351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3,066 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3,066 - 3,063 = 0,003 \text{ м}.$$

Разность расстояний между вычислениями ($c_{\text{выч}}$) и измеренными ($c_{\text{изм}}$) в пределах допустимой величины не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma, \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin \alpha = \frac{14,380}{3,063} \cdot \sin 02^\circ 04' 11'' = 0,16955; \quad \alpha = 170^\circ 14' 17'';$$

$$\sin \beta = \frac{11,351}{3,063} \cdot \sin 02^\circ 04' 11'' = 0,13384; \quad \beta = 07^\circ 41' 29'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 14' 17'' + 07^\circ 41' 29'' + 02^\circ 04' 11'' = 179^\circ 59' 57''.$$

Угловая невязка в треугольнике $f_\beta = \Sigma \beta_{\text{изм}} - \Sigma \beta_{\text{теор}} = 179^\circ 59' 57'' - 180^\circ 00' 00'' = -3''$ в пределах допустимой величины, не более 10''.

Полученная невязка 3'' распределяется во все углы поровну (α , β , γ) с обратным знаком:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 170^{\circ}14'17''+1''=170^{\circ}14'18'' \\ \beta &= 07^{\circ}41'29''+1''=07^{\circ}41'30'' \\ \gamma &= 02^{\circ}04'11''+1''=02^{\circ}04'12'' \end{aligned} \right\};$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^{\circ}14'18'' + 07^{\circ}41'30'' + 02^{\circ}04'12'' = 180^{\circ}00'00''.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin \alpha_1 = \frac{13,650}{3,063} \cdot \sin 02^{\circ}16'52'' = 0,177738, \quad \alpha_1 = 169^{\circ}46'59'';$$

$$\sin \beta_1 = \frac{10,622}{3,063} \cdot \sin 02^{\circ}16'52'' = 0,138028, \quad \beta_1 = 07^{\circ}56'02'';$$

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 169^{\circ}47'00'' + 07^{\circ}56'02'' + 02^{\circ}16'52'' = 179^{\circ}59'54''.$$

Угловая невязка в треугольнике $180^{\circ}00'00'' - 179^{\circ}59'54'' = -6''$ в пределах допустимой величины, не более $10''$.

Полученная невязка $-6''$ распределяется во все углы поровну с обратным знаком:

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= 169^{\circ}47'00''+2''=169^{\circ}47'02'' \\ \beta' &= 07^{\circ}56'02''+2''=07^{\circ}56'04'' \\ \gamma' &= 02^{\circ}16'52''+2''=02^{\circ}16'54'' \end{aligned} \right\};$$

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 169^{\circ}47'02'' + 07^{\circ}56'04'' + 02^{\circ}16'54'' = 180^{\circ}00'00''.$$

Вычисления плановых координат X_6 , Y_6 начального пункта (6) и дирекционного угла начальной стороны (α_{6-7}) подземных опорных сетей (см. рис. 2.1, а) приведены в табл. 2.2 (схема 1).

Контроль. Выполняется вторая независимая ориентировка. Допустимые отклонения при вычислении дирекционного угла начальной стороны и координат первого пункта полигонометрического хода на ориентируемом горизонте $\Delta\alpha_{6-1} \leq 3'$; $\Delta X_6: \Delta Y_6 \leq 5\text{см}$.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку, схема 2 (см. рис. 2.2).

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы

сторон опорной сети на земной поверхности.

$$X_{VI} = 640710,100 \text{ м}; \quad Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м}; \quad \alpha_{I-II} = 65^\circ 30' 30''.$$

Результаты измерений решения соединительного треугольника:

$$a = 13,585 \text{ м}, \quad b = 10,554 \text{ м}, \quad \gamma = 2^\circ 17' 48'', \\ a_1 = 14,385 \text{ м}, \quad b_1 = 11,348 \text{ м}, \quad \gamma_1 = 2^\circ 05' 02''.$$

Расстояние между отвесами:

На земной поверхности $c_{\text{изм}} = 3,072 \text{ м}$;

$$c_{\text{выч}} = \sqrt{10,554^2 + 13,585^2 - 2 \cdot 10,554 \cdot 13,585 \cdot \cos 2^\circ 17' 48''} = 3,069 \text{ м};$$

$$\Delta c = 3,069 - 3,072 = -0,003 \text{ м}.$$

На ориентируемом горизонте $c_{\text{изм}} = 3,072 \text{ м}$;

$$c_{\text{выч}} = \sqrt{14,385^2 + 11,348^2 - 2 \cdot 11,348 \cdot 14,385 \cdot \cos 2^\circ 05' 02''} = 3,072 \text{ м}.$$

$$\Delta c = 3,072 - 3,072 = 0 \text{ м};$$

Разность между вычисленными ($c_{\text{выч}}$) и измеренными ($c_{\text{изм}}$) расстояниями в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin \alpha = \frac{13,585}{3,072} \cdot \sin 2^\circ 17' 48'' = 0,17721; \quad \alpha = 169^\circ 47' 33'';$$

$$\sin \beta = \frac{10,554}{3,072} \cdot \sin 2^\circ 17' 48'' = 0,13767; \quad \beta = 7^\circ 54' 48'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47' 33'' + 7^\circ 54' 48'' + 2^\circ 17' 48'' = 180^\circ 00' 09''.$$

Схема 2

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы
° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пунктов | Эскиз |
|----------------|----------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------|--------------|-------------|---------|----------------|-------|
| стоян. | набл. | | измеренные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| | | | | | | | | | | | |
| VI | | | | | | | 6125 350,040 | 640 710,100 | VI | | |
| | X | 24,205 | | | 65 30 30 | 22,027 | 10,034 | 372,067 | 720,134 | X | |
| X | VI | | 3 50 15 | | | -17,719 | -6,679 | | | | |
| | C ₁ | 18,936 | | | 249 20 44 | | | 354,348 | 713,455 | C ₁ | |
| C ₁ | II | | 272 03 03 | | | -4,334 | 12,875 | | | | |
| | O _c | 13,585 | | | 341 23 47 | | | 350,014 | 726,330 | O _c | |
| O _c | C | | 7 54 45 | | | 0,570 | -3,019 | | | | |
| | O _ю | 3,072 | | | 169 18 32 | | | 350,548 | 723,312 | O _ю | |
| O _ю | O _c | | 352 16 50 | | | -4,543 | 13,649 | | | | |
| | C | 14,385 | | | 341 35 23 | | | 346,041 | 736,960 | C | |
| C | O _ю | | 84 39 24 | | | -6,535 | -2,876 | | | | |
| | 1 | 7,140 | | | 246 14 47 | | | 339,506 | 734,084 | 1 | |
| 1 | C | | 356 11 00 | | | 16,467 | 8,598 | | | | |
| | 5 | 18,576 | | | 62 25 47 | | | 355,973 | 742,682 | 5 | |

Угловая невязка в треугольнике $f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}00'09'' - 180^{\circ}00'00'' = +9''$ в пределах допустимой.

Полученная невязка $+9''$ распределяется поровну во все углы поровну с обратным знаком.

$$\alpha = 169^{\circ}47'33'' - 3'' = 169^{\circ}47'30'';$$

$$\beta = 7^{\circ}54'48'' - 3'' = 7^{\circ}54'45'';$$

$$\gamma = 2^{\circ}17'48'' - 3'' = 2^{\circ}17'45''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^{\circ}47'30'' + 7^{\circ}54'45'' + 2^{\circ}17'45'' = 180^{\circ}00'00''.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin\alpha_1 = \frac{14,385}{3,072} \cdot \sin 2^{\circ}05'02'' = 0,17027; \quad \alpha_1 = 170^{\circ}11'48''.$$

$$\sin\beta_1 = \frac{11,348}{3,072} \cdot \sin 2^{\circ}05'02'' = 0,13432; \quad \beta_1 = 7^{\circ}43'10''.$$

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 170^{\circ}11'48'' + 7^{\circ}43'10'' + 2^{\circ}05'02'' = 180^{\circ}00'00''.$$

Угловая невязка в треугольнике равна 0.

Вычисления плановых координат X , Y начального пункта (1) и дирекционного угла начальной стороны (α_{1-5}) подземных опорных сетей (см. рис. 2.1, б) приведены в табл. 2.2 (схема 2).

Контроль: Вторая независимая ориентировка. Допустимые отклонения при вычислении дирекционного угла начальной стороны и координат первого пункта полигонометрического хода на ориентируемом горизонте $\Delta\alpha_{1-5} < 3'$, ΔX_1 , $\Delta Y_1 \leq 5\text{см}$.

Задача 2. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки

Проведение ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки возможно, когда вертикальные выработки (стволы шахт) на ориентируемом горизонте соединены между собой горизонтальной выработкой. Геометрическая связь между пунктами опорных сетей на земной поверхности и опорными пунктами на ориентируемом горизонте осуществляется с помощью двух отвесов, опускаемых по одному в каждую вертикальную выработку. В этом

случае расстояние между отвесами увеличивается до сотен метров и, как следствие, угловая погрешность проектирования значительно уменьшится:

$$\theta = \frac{e}{c} \rho'' ,$$

где θ – угловая погрешность ориентирования, сек; e – линейная погрешность ориентирования, мм; c – расстояние между отвесами, мм; ρ – градусное выражение радиана в секундах:

$$\begin{aligned} \rho^{\circ} &= \frac{360^{\circ}}{2\pi} \approx 57,3^{\circ}; \\ \rho' &= \frac{360 \cdot 60'}{2\pi} \approx 3438'; \\ \rho'' &= \frac{360 \cdot 60 \cdot 60''}{2\pi} \approx 206265''. \end{aligned}$$

Таким образом, основным достоинством ориентирно-соединительной съемки через два ствола является незначительная угловая погрешность проектирования, что исключает необходимость наблюдений за качанием отвесов.

Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки проводится на учебном полигоне университета.

Методика измерений. На земной поверхности (пункты теодолитного хода закрепляются в почве) и на ориентируемом горизонте (пункты закреплены в кровле) проходятся теодолитные ходы.

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый угол по направлению теодолитного хода. Допустимая невязка в измеренных углах между приемами $\pm 10''$. Длины измеряются металлической рулеткой дважды с точностью отсчитывания 1 мм, допустимое расхождение между двумя измерениями не более 2 мм, или электронными инструментами.

В точках примыкания к отвесам углы измеряются тремя круговыми приемами с допустимой невязкой между приемами $10''$, длины измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм пять раз с допустимым расхождением между всеми измерениями 2

мм или электронными инструментами. Для расчетов принимаются среднеарифметические значения измеренных углов и длин.

Пример решения задачи 2. Вычисление ориентировки через две вертикальные выработки

Схема 3 (рис. 2.2, а)

Исходные данные:

$$X_I = 640723,255 \text{ м}; \quad Y_I = 6125312,051 \text{ м}; \\ \alpha_{I-II} = 75^\circ 55' 55''.$$

Схема 4 (рис. 2.2, б)

Исходные данные:

$$X_{VI} = 640710,100 \text{ м}; \quad Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м}; \\ \alpha_{VI-X} = 65^\circ 30' 30''.$$

Методика вычислений. Вычисление ориентировки начинается с обработки результатов измерений – вычисления среднеарифметических значений горизонтальных углов и длин линий теодолитных ходов.

В ведомости расчета координат записывается: порядок расчета ориентировки (номера пунктов), среднеарифметические значения измеренных горизонтальных проложений длин линий, измеренные горизонтальные углы, вычисленные дирекционные углы и приращения координат и координаты исходного и последующих пунктов.

Расчет ориентировки ведется в следующей последовательности:

1. На земной поверхности (точки в почве) от исходной стороны I – II – схема 3 (см. рис. 2.2, а) и VI – X – схема 4 (см. рис. 2.2, б) вычисляют координаты отвесов O_1 и O_2 – схема 3, O_3 и O_4 – схема 4 в системе координат, принятой на земной поверхности. Пример расчета приведен в табл. 2.3 – схема 3, 4.

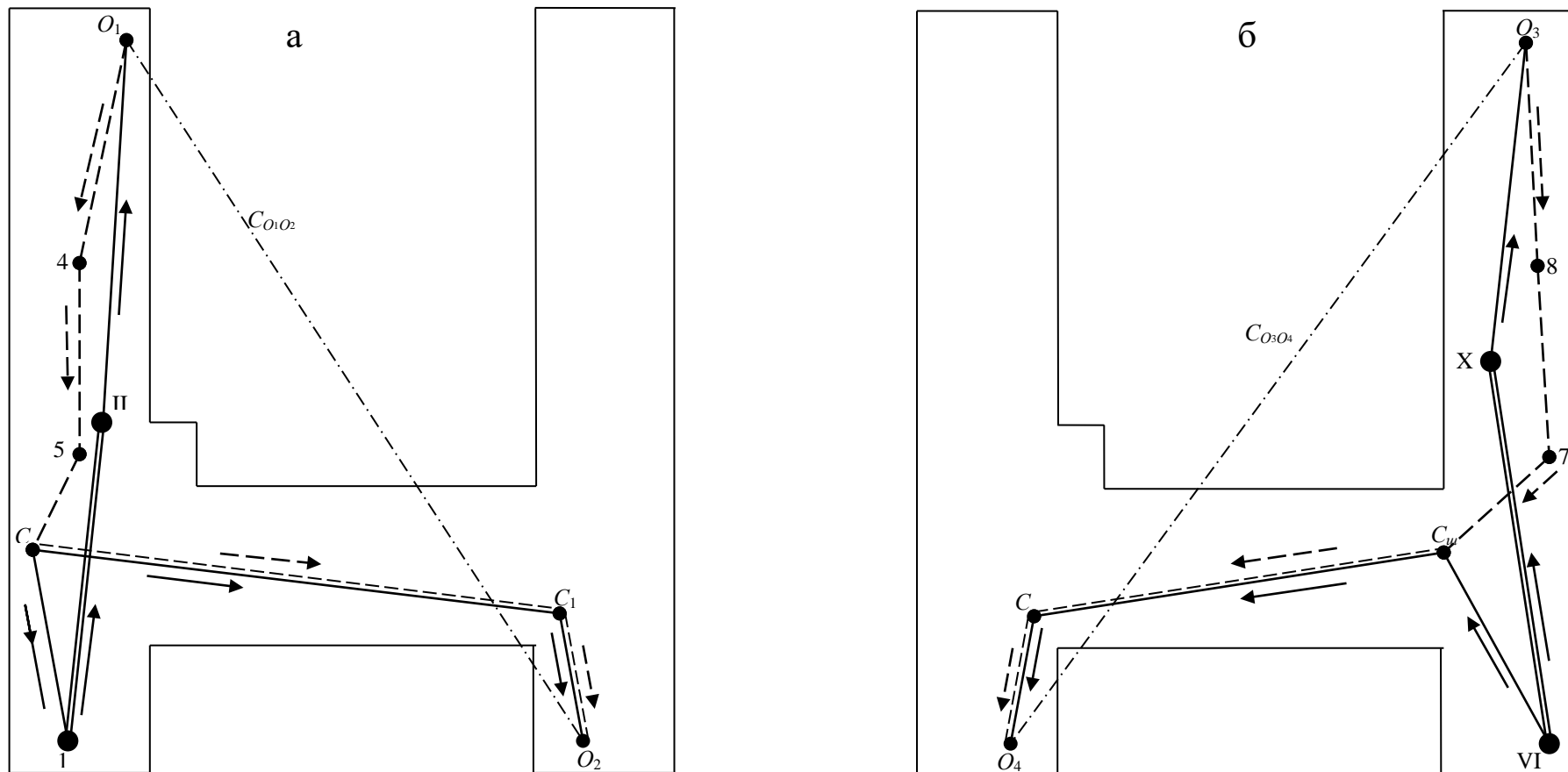


Рис. 2.2. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки.

а – схема 3; б – схема 4

- — ● теодолитный ход на земной поверхности, пункты в почве (в полу);
- - - - ● теодолитный ход на ориентируемом горизонте, пункты в кровле (в потолке);
- направление вычисления ориентировки на земной поверхности;
- - - → направление вычисления ориентировки на ориентируемом горизонте

2. По вычисленным координатам отвесов на земной поверхности (точки в почве), решая обратную геодезическую задачу, вычисляют дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3 (см. рис. 2.2, а)

$$\arctg\alpha_{O_1O_2} = \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{X_{O_2} - X_{O_1}} = \frac{6125320,046 - 6125362,882}{640697,048 - 640736,053} = \frac{-42,836}{-39,005} = 1,098218;$$

$$\alpha_{O_1O_2} = 227^{\circ}40'48'';$$

$$C_{O_1O_2} = \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{\sin\alpha_{O_1O_2}} = \frac{X_{O_2} - X_{O_1}}{\cos\alpha_{O_1O_2}} = \frac{-42,836}{\sin 227^{\circ}40'48''} = \frac{-39,005}{\cos 227^{\circ}40'48''} = 57,934 \text{ м.}$$

Схема 4 (см. рис. 2.2, б)

$$\arctg\alpha_{O_3O_4} = \frac{Y_{O_4} - Y_{O_3}}{X_{O_4} - X_{O_3}} = \frac{6125339,513 - 61253972,850}{640734,089 - 640729,769} = \frac{-58,337}{4,320} = 13,5039352;$$

$$\alpha_{O_3O_4} = 274^{\circ}14'06'';$$

$$C_{O_3O_4} = \frac{Y_{O_4} - Y_{O_3}}{\sin\alpha_{O_3O_4}} = \frac{X_{O_4} - X_{O_3}}{\cos\alpha_{O_3O_4}} = \frac{-58,337}{\sin 274^{\circ}14'06''} = \frac{4,320}{\cos 274^{\circ}14'06''} = 58,498 \text{ м.}$$

3. На ориентируемом горизонте (точки в кровле) вводят условную систему координат.

За начало координат принимается:

Схема 3 (см. рис. 2.2, а) отвес O_1 , в этом случае $Y'_{O_1} = 0$; $X'_{O_1} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, $\alpha'_{O_1-4} = 0^{\circ}00'00''$.

Схема 4 (см. рис. 2.2, б) отвес O_3 , в этом случае $Y'_{O_3} = 0$; $X'_{O_3} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, $\alpha'_{O_3-8} = 0^{\circ}00'00''$.

По этим исходным данным вычисляют условные координаты

всех пунктов подземного теодолитного, в том числе отвесов O_2 (схема 3) и O_4 (схема 4).

Пример расчета координат точек подземного теодолитного хода и отвесов в условной системе координат приведен в табл. 2.4 (схемы 3, 4).

4) по вычисленным координатам в условной системе координат отвесов на ориентируемом горизонте, решая обратную геодезическую задачу, вычисляют дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\operatorname{arctg} \alpha'_{O_1O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{X'_{O_2} - X'_{O_1}} = \frac{-30,173}{49,454} = -0,610110;$$

$$\alpha'_{O_1O_2} = 328^{\circ}36'44'';$$

$$C'_{O_1O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{\sin \alpha'_{O_1O_2}} = \frac{X'_{O_2} - X'_{O_1}}{\cos \alpha'_{O_1O_2}} = \frac{-30,173}{\sin 328^{\circ}36'44''} = \frac{49,454}{\cos 328^{\circ}36'44''} = 57,933 \text{ м.}$$

Схема 4

$$\operatorname{arctg} \alpha'_{O_3O_4} = \frac{Y'_{O_4} - Y'_{O_3}}{X'_{O_4} - X'_{O_3}} = \frac{27,393}{51,695} = 0,529896;$$

$$\alpha'_{O_3O_4} = 27^{\circ}55'08'';$$

$$C'_{O_3O_4} = \frac{Y'_{O_4} - Y'_{O_3}}{\sin \alpha'_{O_3O_4}} = \frac{X'_{O_4} - X'_{O_3}}{\cos \alpha'_{O_3O_4}} = \frac{27,393}{\sin 27^{\circ}55'08''} = \frac{51,695}{\cos 27^{\circ}55'08''} = 58,504 \text{ м.}$$

5. Контроль результатов вычислений и измерений осуществляется сопоставлением расстояний между отвесами, вычисляемых в истинной системе координат на поверхности (C) и на ориентируемом горизонте, в условной системе координат (C'). Расхождение $\Delta C = C - C'$ не должно превышать относительной погрешности 1:2000, или рассчитанной по формуле, с учетом формы полигона

$$\Delta C = \pm 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [R_{x_i}^2] + \mu^2 [l_i \cos^2 \phi_i] + \lambda^2 C^2},$$

где m_{β} – среднеквадратическая погрешность измерения угла на ориентируемом горизонте, сек; μ и λ – коэффициенты случайного и систематического влияния при измерении длин линий, $\mu = 0,0005 \text{ м}^{1/2}$, $\lambda = 0,00005$; l_i – длины сторон теодолитного хода на ориентируемом горизонте, м; φ_i – угол между стороной l_i и створа отвесов; $[R^2_{xi}]$ – сумма квадратов расстояний от пунктов теодолитного хода на ориентируемом горизонте до створа отвесов; C – расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\Delta C = C - C' = 57,934 - 57,933 = 0,001 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{1}{57934} < \frac{1}{2000}.$$

Схема 4

$$\Delta C = C - C' = 58,498 - 58,504 = 0,006 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{8}{58498} = \frac{1}{7312} < \frac{1}{2000}.$$

6. Вычисляет угол поворота осей условной системы координат относительно системы координат, принятой на земной поверхности, т. е. определяют дирекционный угол первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте:

Схема 3

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_1o_2} - \alpha'_{o_1o_2} = \alpha_{o_1-4} = 227^{\circ}40'48'' - 328^{\circ}36'44'' = 259^{\circ}04'04'';$$

Схема 4

$$\Delta\alpha = \alpha_{o_3o_4} - \alpha'_{o_3o_4} = \alpha_{o_3-8} = 274^{\circ}14'06'' - 27^{\circ}55'08'' = 246^{\circ}18'58''.$$

7. Вычисляют координаты пунктов теодолитного хода и отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4) на ориентируемом горизонте в системе координат, принятой на земной поверхности.

Расчет ведется от отвеса O_1 (схема 3) и от отвеса O_3 (схема 4). Координаты отвесов O_1 и O_3 принимают равными координатам, полученным на земной поверхности (см. табл. 2.3).

Результаты вычислений приведены в табл. 2.5 (схема 3 и 4).

8. Проводят дополнительный контроль результатов измерений и вычислений. Вычисляют линейную невязку, т. е. разница в координатах отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4), полученных на земной поверхности (см. табл. 2.3) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.5).

Схема 3

$$f_X = X_{o_2}^{\text{III}} - X_{o_2}^{\text{II}} = 640697,049 - 640697,049 = 0,000 \text{ м};$$

$$f_Y = Y_{o_2}^{\text{III}} - Y_{o_2}^{\text{II}} = 6125320,046 - 6125320,046 = 0,000 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ мм.}$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{0}{57934} = 0 \leq \frac{1}{3000}.$$

Схема 4

$$f_X = X_{o_4}^{\text{III}} - X_{o_4}^{\text{II}} = 640734,088 - 640734,088 = 0,000 \text{ м};$$

$$f_Y = Y_{o_4}^{\text{III}} - Y_{o_4}^{\text{II}} = 6125339,505 - 6125339,513 = -0,008 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0^2 + 8^2} = 8 \text{ мм.}$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{8}{58497} = \frac{1}{7312} \leq \frac{1}{3000}.$$

где f_x, f_y – линейные невязки, мм; $X_{o_2}^{\text{III}}, X_{o_2}^{\text{II}}, Y_{o_2}^{\text{III}}, Y_{o_2}^{\text{II}}, X_{o_4}^{\text{III}}, X_{o_4}^{\text{II}}, Y_{o_4}^{\text{III}}, Y_{o_4}^{\text{II}}$ – координаты отвесов на поверхности и на ориентируемом горизонте, соответственно схемы 3 и 4; $f_{\text{абс}}, f_{\text{отн}}$ – абсолютная и относительная погрешности.

9. Производится распределение линейной невязки в приращение координат теодолитного хода на ориентируемом горизонте с обратным знаком пропорционально длинам сторон. Вычисляют координаты пунктов теодолитного хода в системе координат, принятой на земной поверхности. В приведенных расчетах (см. табл. 2.5) линейные невязки практически отсутствуют. В случае получения линейной невязки ее величина не должна превышать допустимого значения.

Если условие не выполняется, т. е. $f_{\text{отн}} > \frac{1}{3000}$, ориентирование повторяется.

2.3. Гирскопический способ ориентирования

Процесс определения дирекционного угла стороны гирокомпасом называется гирскопическим ориентированием.

Гирокомпас (или гиротеодолит) – это угломерный инструмент, в котором конструктивно объединены гироскоп и теодолит. Гироскоп служит для указания направления меридиана, а с помощью теодолита фиксируется положение стороны теодолитного хода относительно этого направления, т. е. определяется ее дирекционный угол [3].

Гирскопическое ориентирование начинается с вычисления поправки гирокомпаса, величина которой определяется на стороне с известным дирекционным углом (рис. 2.3, б):

$$\delta = \alpha_0 + \gamma_0 - \Gamma_0.$$

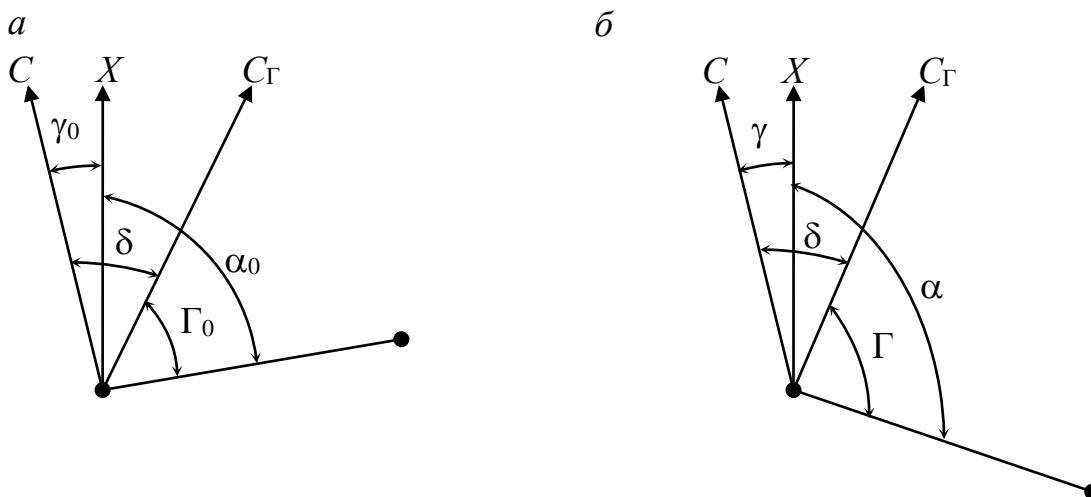


Рис. 2.3. Схема производства гирскопического ориентирования:

а – на исходной стороне с известным дирекционным углом α_0 ,

б – на ориентируемой стороне с дирекционным углом α

После выполнения гирскопического ориентирования одной или нескольких сторон в шахте поправка гирокомпаса определяется еще раз и в расчеты дирекционных углов берется ее среднее арифметическое значение. Дирекционный угол ориентируемой стороны (рис. 2.3, б) определяется из выражения:

$$\alpha = \delta + \Gamma - \gamma,$$

с учетом предыдущего выражения

$$\alpha = \alpha_0 + \Gamma - \Gamma_0 + \delta\gamma,$$

где α_0 – дирекционный угол исходной стороны;

Γ, Γ_0 – гироскопический азимут ориентируемой и исходной сторон, соответственно;

$\delta\gamma = \gamma_0 - \gamma = \mu_0(y_0 - y)$ – разность сближения меридианов для пунктов стояния гирокомпасов на исходной стороне (γ_0) и ориентируемой стороне (γ).

Задача 3. Ориентирование через одну вертикальную горную выработку с использованием гирокомпаса

При ориентировании данным способом задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются отдельно.

Передача координат в шахту осуществляется с помощью одного отвеса, а определение дирекционного угла одной из сторон в шахте – гироскопическим ориентированием.

Выполнение работ производится в следующей последовательности:

- 1) проектирование точки с поверхности в шахту с помощью отвеса;
- 2) примыкание к отвесу на поверхности и в шахте;
- 3) гироскопическое ориентирование стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте;
- 4) вычисление координат первых двух пунктов подземного теодолитного хода (подземной маркшейдерской опорной сети).

Работа выполняется на учебном полигоне. На рис. 2.4, а, б показаны две ориентировки: схемы 5 и 6.

Методические указания по выполнению ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью одного отвеса, опущенного в вертикальную выработку: $O_{Ю}$, схема 5; O_C , схема 6 (см. рис. 2.4). На земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются (см. рис. 2.4):

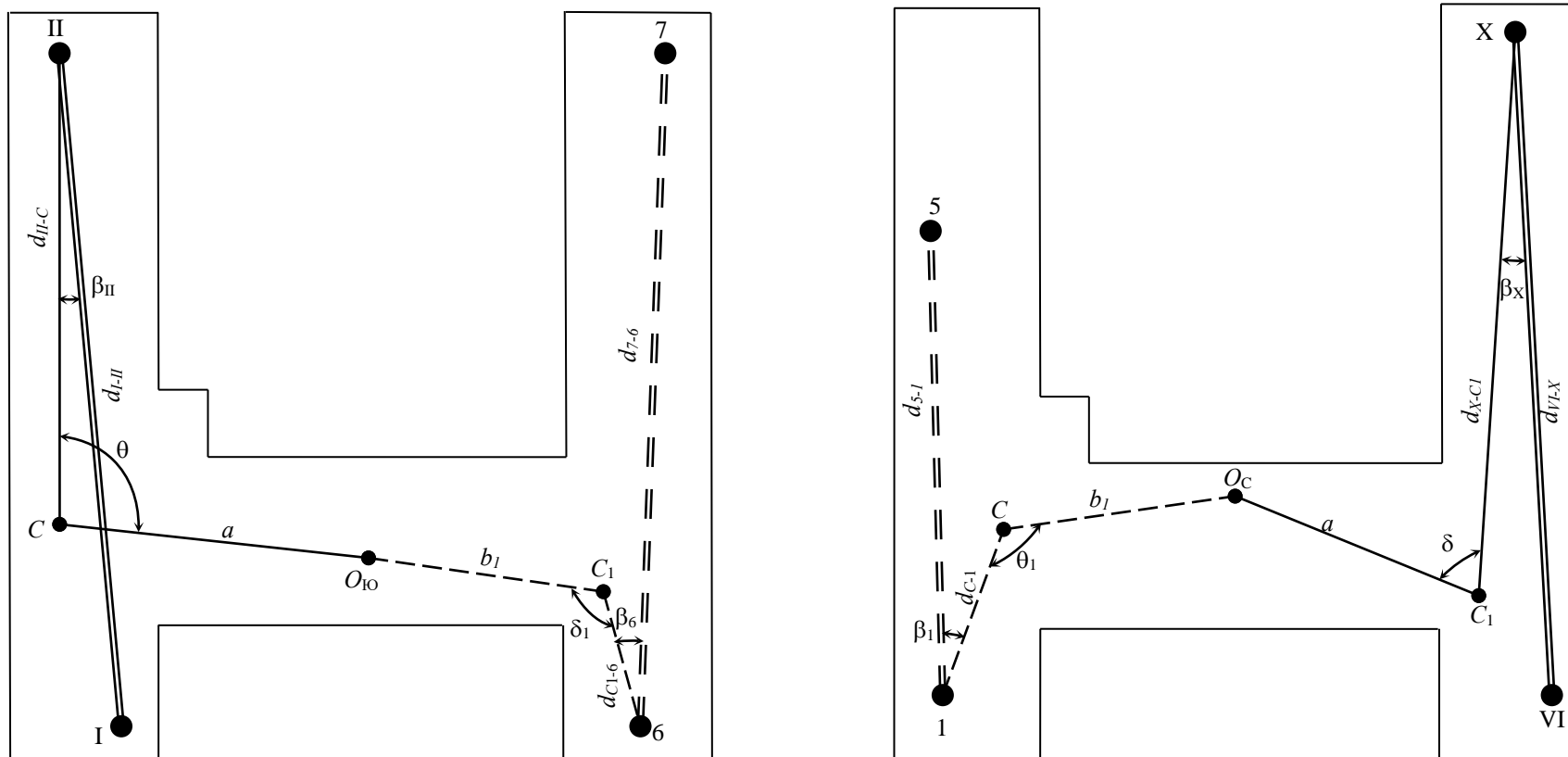


Рис. 2.4. Ориентирно-соединительная съемка через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса.
а - схема 5; *б* - схема 6

- — ● теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - - - ● теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- = = ● исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);
- = = ● гиросторона подземной опорной сети на ориентируемом горизонте

- горизонтальные углы β_{II} , θ и горизонтальные длины линий d_{I-II} ; d_{II-C} , и a – на земной поверхности, β_6 ; δ_1 и d_{7-6} ; d_{6-C1} ; b_1 – на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, а, схема 5);

- горизонтальные углы β_X ; δ и горизонтальные длины линий d_{VI-X} ; d_{X-C1} ; a – на земной поверхности, β_1 , θ_1 и d_{5-1} ; d_{1-C} , b_1 – на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, б, схема 6).

Углы измеряются теодолитом класса Т5 не менее чем двумя приемами, допустимая невязка между приемами $\pm 10''$. За окончательный результат принимается среднее арифметическое значение из двух приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой или лазерным дальномером дважды в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью 1:3000.

На ориентируемом горизонте гироскопическим способом определяются дирекционные углы сторон α_{7-6}^{Γ} (см. рис. 2.4, а, схема 5) и α_{5-1}^{Γ} (см. рис. 2.4, б, схема 6). Среднеквадратическая погрешность ориентирования $m_{\alpha_{\Gamma}} \pm 30''$.

Решение задачи 3

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон опорной сети на земной поверхности:

см. рис. 2.4, а, схема 5: $X_I = 640723,255$ м,

$$Y_I = 6125312,051 \text{ м,}$$

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'';$$

см. рис. 2.4, б, схема 6: $X_{VI} = 640710,100$ м,

$$Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м,}$$

$$\alpha_{VI-X} = 65^{\circ}30'30''.$$

Дирекционный угол (гиросторона) опорной сети на ориентируемом горизонте:

см. рис. 2.4, а, схема 5: $\alpha_{7-6}^{\Gamma} = 273^{\circ}59'12''$;

см. рис. 2.4, б, схема 6: $\alpha_{5-1}^{\Gamma} = 242^{\circ}25'50''$.

Вычисление координат пунктов на ориентируемом горизонте

Вычисление плановых координат X_7 , Y_7 начального пункта (7) на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, а, схема 5) и X_5 , Y_5 начального пункта (5) на ориентируемом горизонте (см. рис. 2.4, б,

схема 6) подземных опорных сетей приведены в табл. 2.6, соответственно.

Контроль ориентировки: сравниваются координаты пунктов X_7, Y_7 (схема 5) и пунктов X_5, Y_5 (схема 6) с координатами этих же пунктов, вычисленных по схеме 1 и 2. Допустимое расхождение: $\Delta X, \Delta Y \leq \pm 50$ мм.

Задача 4. Ориентирование через две вертикальные горные выработки с использованием гирокомпаса

Проведение ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса возможно при условии, когда вертикальные выработки (стволы шахт) соединены между собой горной выработкой (штрек, квершлаг), на которой проходится теодолитный ход (подземная маркшейдерская опорная сеть).

Задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются отдельно. Проектирование координат на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов, а определение дирекционного угла одной стороны подземного теодолитного хода – гироскопическим ориентированием.

Работы выполняются на учебном полигоне в следующей последовательности:

- 1) проектирование координат точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт;
- 2) примыкание к проектируемым точкам на земной поверхности и на ориентируемом горизонте;
- 3) гироскопическое ориентирование одной стороны подземного теодолитного хода;
- 4) вычисление координат пунктов подземного теодолитного хода опорных сетей.

Схемы ориентировки 7 и 8 представлены на рис. 2.5 и 2.6, соответственно.

**Ориентировка через одну вертикальную выработку с использованием гирокомпаса.
Вычисление координат пунктов первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте**

Схема 5

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы
° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пунктов | Эскиз |
|----------------|----------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------|------------|--------------|-------------|----------------|-------|
| стоян. | набл. | | измеренные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| в метрах | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | 24,461 | 6,130 | 6125 312,051 | 640 723,255 | I | |
| | II | 25,217 | | | 75 55 55 | | | 336,512 | 729,385 | II | |
| II | I | | 00 15 42 | | | -17,232 | -4,235 | | | | |
| | C | 17,745 | | | 256 11 37 | | | 319,279 | 725,150 | C | |
| C | II | | 94 22 47 | | | 2,355 | -14,186 | | | | |
| | Oю | 14,380 | | | 170 34 23 | | | 321,635 | 710,964 | Oю | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Oю | | | | | 186 11 57 | -1,140 | -10,492 | 321,635 | 710,964 | Oю | |
| | C ₁ | 10,554 | | | 6 11 57 | | | 320,495 | 700,472 | C ₁ | |
| C ₁ | Oю | | правый
250 27 25 | | 256 39 22 | -5,793 | -1,374 | | | | |
| | 6 | 5,954 | | | 76 39 22 | | | 314,702 | 699,098 | 6 | |
| 6 | C | | правый
17 19 50 | | 93 59 12 | 21,023 | -1,465 | | | | |
| | 7 | 21,074 | | | 273 59 12 | | | 335,725 | 697,632 | 7 | |

Схема 6

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы
° ' " | Приращения | | Координаты | | Номер пунктов | Эскиз |
|----------------|----------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------|--------|--------------|-------------|----------------|-------|
| стоян. | набл. | | измеренные
° ' " | исправленные
° ' " | | ΔY | ΔX | Y | X | | |
| в метрах | | | | | | | | | | | |
| VI | | | | | | | | 6125 350,040 | 640 710,100 | VI | |
| | X | 24,205 | | | 65 30 30 | 22,027 | 10,034 | 372,067 | 720,134 | X | |
| X | VI | | 3 50 15 | | | 25,783 | 9,635 | | | | |
| | C ₁ | 18,936 | | | 249 20 44 | | | 354,348 | 713,455 | C ₁ | |
| C ₁ | X | | 272 03 03 | | | | | | | | |
| | Oc | 13,585 | | | 341 23 47 | | | 350,014 | 726,330 | Oc | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Oc | | | | | 339 18 32 | | | 350,014 | 726,330 | Oc | |
| | C | 11,350 | | | 159 18 32 | -4,010 | 10,618 | 339,469 | 736,948 | C | |
| C | Oc | | правый
86 56 18 | | 246 14 50 | -6,535 | -2,876 | | | | |
| | I | 7,140 | | | 66 14 50 | | | 355,936 | 734,072 | I | |
| 1 | C | | правый
356 11 00 | | 62 25 50 | 16,467 | 8,597 | | | | |
| | 5 | 18,576 | | | 242 25 50 | | | 355,936 | 742,670 | 5 | |

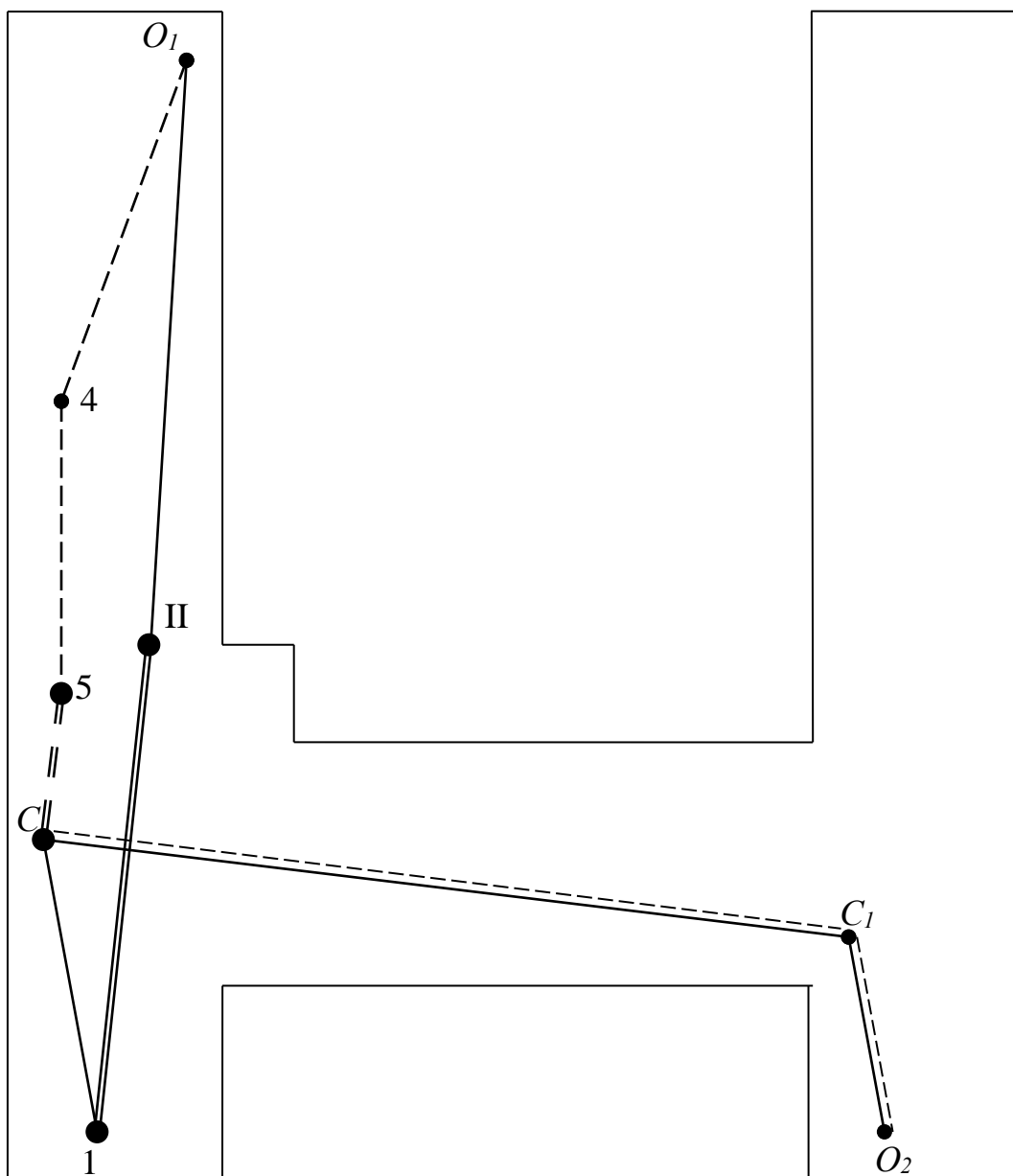


Рис. 2.5. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса (схема 7)

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - -● теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- =● исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);
- = = ● гиросторона подземной опорной сети α^{Γ}_{5-C}

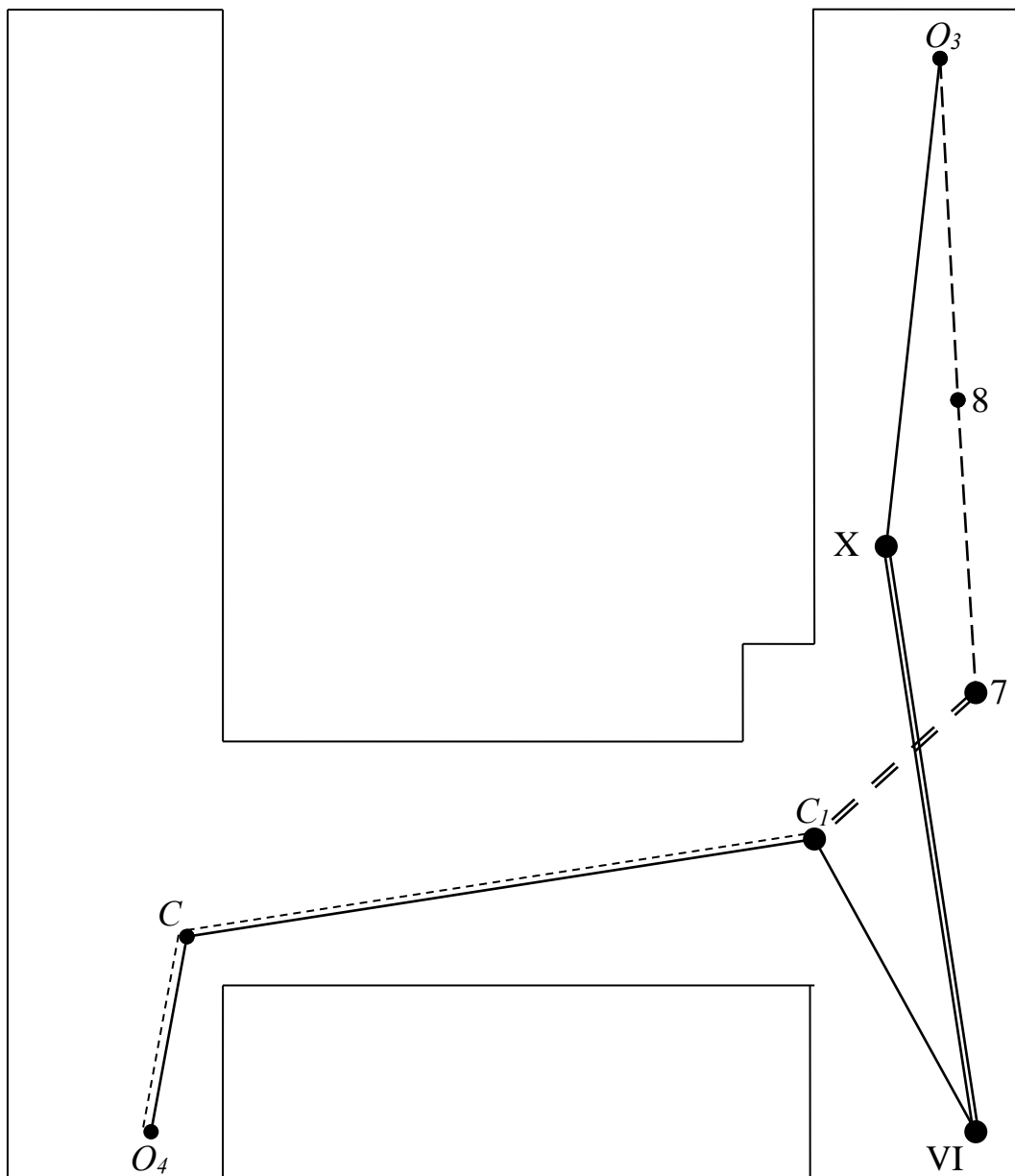


Рис. 2.6. Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса (схема 8)

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - -● теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- =● исходная сторона (опорные сети на земной поверхности);
- = = ● гиросторона подземной опорной сети α^{Γ}_{7-C1}

Методические указания по выполнению ориентиро- соединительной съемки через две вертикальные выработки с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт выполняется с помощью двух отвесов, опущенных в вертикальные выработки: O_1 и O_2 (схема 7) и O_3 и O_4 (схема 8) (см. рис. 2.5 и 2.6).

На земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются (см. рис. 2.5 и 2.6):

- горизонтальные углы и длины линий теодолитного хода между отвесами O_1, O_2 на земной поверхности (пункты П, I, С, C_1) и на ориентируемом горизонте (пункты 4, 5, С, C_1) – схема 7;

- горизонтальные углы и длины линий теодолитного хода между отвесами O_3, O_4 на земной поверхности (пункты X, VI, C_1, C) и на ориентируемом горизонте (пункты 8, 7, C_1, C) – схема 8.

Углы измеряются двумя приемами теодолита класса Т5, допустимая невязка между приемами $\pm 10''$. За окончательный результат принимается среднее арифметическое значение из двух приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой или лазерным дальномером дважды в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью 1:3000.

На ориентируемом горизонте определяются дирекционные углы сторон α_{5-C}^{Γ} – схема 7 и $\alpha_{7-C_1}^{\Gamma}$ – схема 8 (см. рис. 2.5, 2.6), гироскопическим способом. Среднеквадратическая погрешность ориентирования $m_{ог} \pm 30''$.

Решение задачи 4

Исходные данные: координаты пунктов и дирекционные углы сторон на земной поверхности (см. рис. 2.5, схема 7)

$$X_I = 640723,255 \text{ м,}$$

$$Y_I = 6125312,051 \text{ м,}$$

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'';$$

(см. рис. 2.6, схема 8)

$$X_{VI} = 640710,100 \text{ м,}$$

$$Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м,}$$

$$\alpha_{VI-X} = 65^{\circ}30'30'';$$

дирекционный угол (гиростороны) опорной сети на ориентируемом горизонте

$$\alpha_{5-C}^{\Gamma} = 247^{\circ}56'45'' \text{ – (см. рис. 2.5, схема 7)}$$

$$\alpha_{7-C1}^{\Gamma} = 257^{\circ}24'26'' - (\text{см. рис. 2.6, схема 8})$$

Вычисление координат пунктов теодолитного хода и отвесов на земной поверхности представлено в табл. 2.7, схема 7 (см. рис. 2.5), в табл. 2.8, схема 8 (см. рис. 2.6).

Вычисление координат пунктов теодолитного хода подземных опорных сетей на ориентируемом горизонте выполняется от координат отвесов, полученных на земной поверхности O_1 и гиростороны α_{5-C}^{Γ} (см. рис. 2.5, схема 7) и O_3 и гиростороны α_{7-C1}^{Γ} (см. рис. 2.7, схема 8). Расчеты приведены в табл. 2.9, схема 7 и в табл. 2.10, схема 8.

Последовательность расчета дирекционных углов на ориентируемом горизонте выполняется от гиросторн к отвесам, при этом учитывается знак горизонтальных углов по ходу теодолитного хода: левые (+ $\beta_{л}$), правые (– $\beta_{п}$).

Контроль ориентировки – сравниваются координаты: отвеса O_2 (см. рис.2.5, схема 7), полученных на поверхности (табл. 2.7) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.8):

$$X_{O_2}^{\text{ш}} - X_{O_2}^{\text{п}} = \Delta X = 697,059 - 697,049 = 11 \text{ мм};$$

$$Y_{O_2}^{\text{ш}} - Y_{O_2}^{\text{п}} = \Delta Y = 320,037 - 320,046 = - 9 \text{ мм};$$

отвеса O_4 (см. рис. 2.7, схема 8), полученных на поверхности (см. табл. 2.9) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 2.10):

$$X_{O_4}^{\text{ш}} - X_{O_4}^{\text{п}} = \Delta X = 734,100 - 734,088 = 12 \text{ мм};$$

$$Y_{O_4}^{\text{ш}} - Y_{O_4}^{\text{п}} = \Delta Y = 339,506 - 339,513 = - 7 \text{ мм}.$$

Допустимое отклонение $\Delta X, \Delta Y \leq \pm 50$ мм.

Полученные невязки распределяются с обратным знаком в приращения координат, пропорционально длинам сторон (см. стр. 35-36).

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 2

Геометрический способ ориентирования

Задача 1. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную выработку, если дано:

Схема 1 (см. рис. 2.1, а)

$$X_I = 640723,255 \text{ м}, \quad Y_I = 6125312,051 \text{ м}, \quad \alpha_{I-II} = 75^\circ 55' 55'' + N^\circ + N' + N'',$$

Схема 2 (см. рис. 2.1, б)

$$X_{VI} = 640710,100; \quad Y_{VI} = 6125350,040; \quad \alpha_{VI-X} = 65^\circ 30' 30'' + N^\circ + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.2, схема 1; см. табл. 2.2, схема 2, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Задача 2. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные выработки если дано:

Схема 3 (см. рис. 2.2, а):

$$X_I = 640723,255 \text{ м}, \quad Y_I = 6125312,051 \text{ м}, \quad \alpha_{I-II} = 75^\circ 55' 55'' + N^\circ + N' + N''.$$

Схема 4 (см. рис. 2.2, б):

$$X_{VI} = 640710,100; \quad Y_{VI} = 6125350,040, \quad \alpha_{VI-X} = 65^\circ 30' 30'' + N^\circ + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.3, 2.4, 2.5; схема 3, табл. 2.3, 2.4, 2.5, схема 4, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Гироскопический способ ориентирования

Задача 3. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через одну вертикальную горную выработку с использованием гироскопа, если дано:

Схема 5 (см. рис. 2.4, а):

$$X_I = 640723,255 \text{ м}, \quad Y_I = 6125312,051 \text{ м};$$

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'' + N^{\circ} + N' + N'', \alpha_{\Gamma_{7-6}} = 273^{\circ}59'12'' + N^{\circ} + N' + N''.$$

Схема 6 (см. рис. 2.4, б):

$$X_{VI} = 640710,100 \text{ м}, Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м},$$

$$\alpha_{VI-X} = 65^{\circ}30'30'' + N^{\circ} + N' + N'', \alpha_{\Gamma_{5-1}} = 245^{\circ}25'50'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.6, схема 5; табл. 2.6, схема 6, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

Задача 4. Выполнить расчет ориентирно-соединительной съемки через две вертикальные горные выработки с использованием гирокомпаса, если дано:

Схема 7 (см. рис. 2.5):

$$X_I = 640723,255 \text{ м}, Y_I = 6125312,051 \text{ м};$$

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'' + N^{\circ} + N' + N'', \alpha_{\Gamma_{5-C}} = 247^{\circ}56'45'' + N^{\circ} + N' + N''.$$

Схема 8 (см. рис. 2.6)

$$X_{VI} = 640710,100 \text{ м}, Y_{VI} = 6125350,040 \text{ м};$$

$$\alpha_{VI-X} = 65^{\circ}30'30'' + N^{\circ} + N' + N'', \alpha_{\Gamma_{7-C1}} = 257^{\circ}24'26'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

где N – номер варианта, град, мин, сек.

Результаты полевых измерений см. в табл. 2.7, 2.9, схема 7; табл. 2.8, 2.10, схема 8, или самостоятельное выполнение полевых работ на учебном полигоне.

3. ПОДЗЕМНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СЪЕМКА

3.1. Общие положения

Вертикальная съемка подземных горных выработок – это комплекс измерений и вычислений, производимых для определения превышений между отдельными пунктами. По высотным отметкам исходных пунктов и превышениям между точками вычисляют высотные отметки (координата Z) различных объектов съемки.

В подземных горных выработках определяют координаты Z пунктов опорной, съемочной сетей и отдельных точек при решении инженерных задач. Вертикальная съемка в шахте проводится для следующих основных целей: определение координат Z пунктов, заложенных в горных выработках; контроль уклонов основных откаточных выработок; задание направления и контроль проходки выработок в вертикальной плоскости; исследования и изображения формы залегания полезных ископаемых [3].

Определение высотных отметок в подземных горных выработках необходимо для пространственной увязки горных выработок между собой и с земной поверхностью в вертикальной плоскости.

Вертикальная съемка включает: геометрическое нивелирование на земной поверхности от пунктов государственной сети (не ниже IV класса точности) до устья ствола шахты, передачу высотной отметки в шахту, геометрическое или тригонометрическое нивелирование в горных выработках.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения передача высотной отметки в шахту выполняется: через наклонный ствол или штольню; через вертикальную выработку (ствол, шурф, восстающий). Передача высотной отметки через наклонный ствол или штольню – это общеизвестные методы геометрического или тригонометрического нивелирования из курса геодезии и в данном учебном пособии не рассматриваются.

Передача высоты (координаты Z) выполняется дважды. Разности координат, полученных двумя независимыми способами, не должны превышать:

- при передаче через вертикальный ствол

$$\Delta Z \leq 0,0003 H \text{ мм,}$$

где H – глубина вертикальной выработки, м;
- при передаче по горизонтальной выработке, мм:

$$\Delta Z \leq 50\sqrt{L};$$

- при передаче по наклонной выработке, мм:

$$\Delta Z \leq 100\sqrt{L},$$

где L – длина нивелирного хода, км.

При допустимых расхождениях за окончательный результат принимается среднеарифметическое значение из двух.

3.2. Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки

Передача высотной отметки через вертикальные выработки производится тремя способами: длинномером (глубиномером) ДА-2, длинной лентой (рулеткой), светодальномером (лазерной рулеткой).

Задача 1. Передача высотной отметки длинномером ДА-2

Длинномер (глубиномер) маркшейдерский, предназначен для измерения глубины вертикальных горных выработок.

В приборе стальная проволока диаметром 0,8 мм с барабана лебедки через направляющий ролик проходит по окружности мерного диска (угол обхвата более 180°) и под действием закрепленного на конце груза (груз-рейка и контрольная рейка) опускается в вертикальную горную выработку. Опускание груза контролируется вращением мерного диска, число оборотов которого (целое число и доли) определяется отсчетами по счетчику оборотов. Глубина опускания груза (конца проволоки):

$$\Delta H = \mu(N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}),$$

где μ – цена деления счетчика оборотов; $N_{\text{п}}$, $N_{\text{ш}}$ – отсчеты по счетчику оборотов мерного диска до и после опускания груза.

Методика выполнения. На земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.1) устанавливается длиномер ДА-2. На уровне визирного

луча нивелира, установленного на верхнем горизонте между ДА-2 и репером $R_{\text{п}}$, подвешивается груз-рейка. На репер $R_{\text{п}}$, высотная отметка которого известна, устанавливается нивелирная рейка. Берутся отсчеты: по груз-рейке ($n_{\text{п}}$), нивелирной рейке ($a_{\text{п}}$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N_{\text{п}}$), мм.

Далее груз-рейку опускают вниз примерно на 0,5 м и на уровне визирного луча нивелира закрепляют контрольную рейку. Берутся отсчеты: по контрольной рейке ($n'_{\text{п}}$), нивелирной рейке ($a'_{\text{п}}$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N'_{\text{п}}$), мм.

После этого груз-рейка и контрольная рейка опускаются до уровня визирного луча нивелира, установленного на нижнем горизонте. На репер ($R_{\text{ш}}$), высотную отметку которого требуется определить на нижнем горизонте, устанавливается нивелирная рейка. Берут отсчеты поочередно по груз-рейке ($n_{\text{ш}}$), нивелирной рейке ($a_{\text{ш}}$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N_{\text{ш}}$), мм, по контрольной рейке ($n'_{\text{ш}}$), нивелирной рейке ($a'_{\text{ш}}$) и по счетчику мерного диска ДА-2 ($N'_{\text{ш}}$), мм.

Второй прием передачи высотной отметки проводится при подъеме груз-рейки и контрольной рейки в обратном направлении снизу вверх, если разница глубины при опускании, полученная между груз-рейкой и контрольной рейкой, превышает допустимую $\Delta Z_{\text{дон}} \leq 0,0003 H$, мм, где H – глубина, м. Перед выполнением второго приема предварительно изменяют положение контрольной рейки по высоте или устанавливают другой горизонт нивелира с целью получения нового отсчета.

Отсчеты по груз-рейке, контрольной рейке и нивелирной рейке берутся с точностью до миллиметра.

Результаты измерений записывают в полевой журнал (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Полевой журнал для записей измерений длиномерами ДА-2

| Наименование операций | Отсчеты, мм | | | | | | $t_{\text{п}}$, град | $t_{\text{ш}}$, град |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| | $N_{\text{п}}$ | $n_{\text{п}}$ | $a_{\text{п}}$ | $N_{\text{ш}}$ | $n_{\text{ш}}$ | $a_{\text{ш}}$ | | |
| <u>Спуск</u>
груз-рейка | 12000 | 220 | 1150 | 512000 | 370 | 1500 | 25 | 10 |
| контр. рейка | 12500 | 210 | 1150 | 512500 | 365 | 1500 | $t_{\text{ср}}=17,5$ | |
| <u>Подъем</u>
груз-рейка
контр. рейка | | | | | | | | |

Примечание: $N_{\text{п}}$, $N_{\text{ш}}$ – отсчеты по мерному диску при нахождении груз-рейки и контрольной рейки на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахты) горизонтах соответственно;

$n_{\text{п}}$, $n_{\text{ш}}$ – отсчеты по груз-рейке и контрольной рейке на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахта) горизонтах соответственно;

$a_{\text{п}}$, $a_{\text{ш}}$ – отсчеты по нивелирной рейке на верхнем (поверхность) и на нижнем (шахта) горизонтах соответственно.

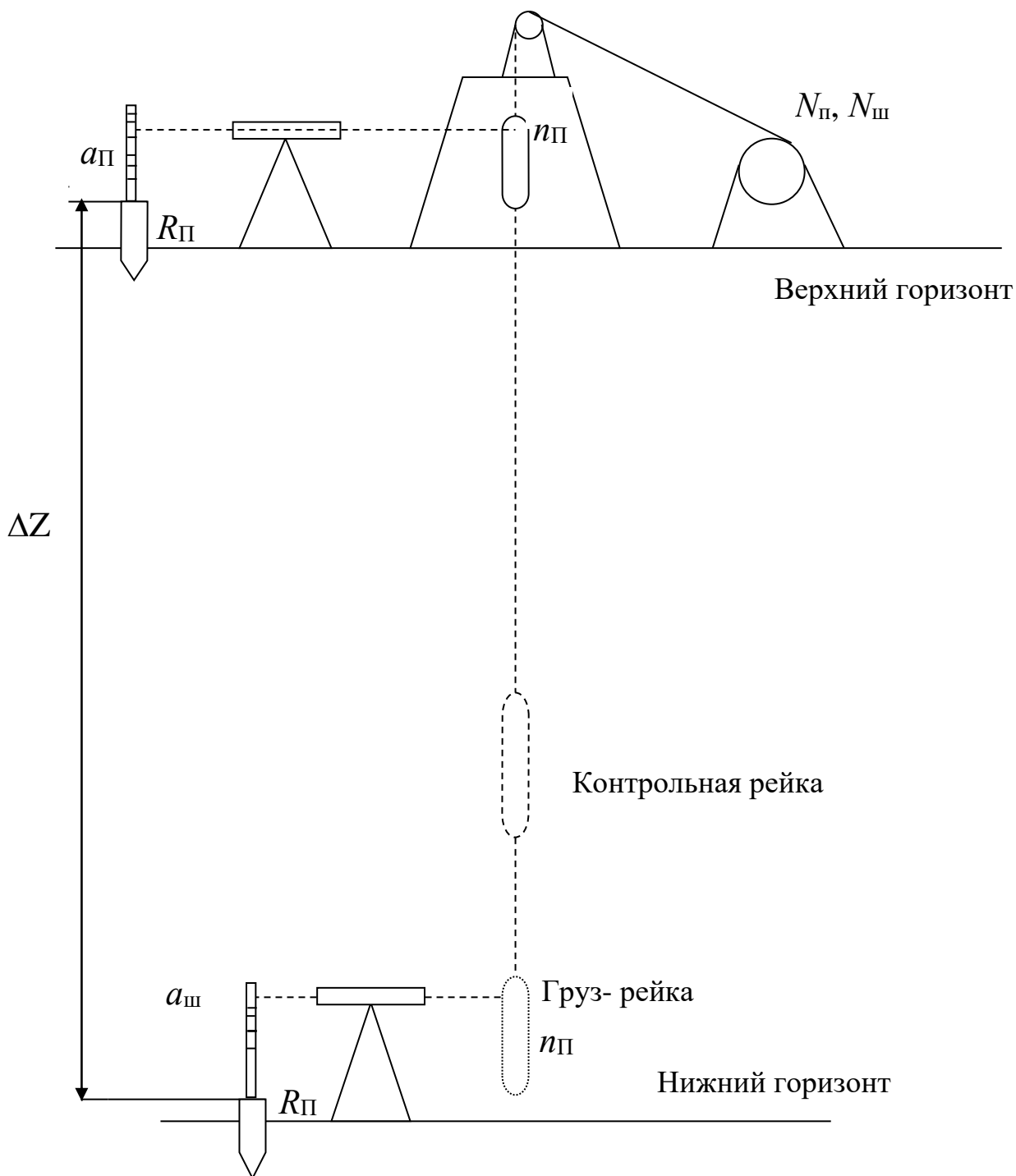


Рис. 3.1. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длиномером (глубомером) ДА-2

Камеральная обработка результатов измерений

Превышение ΔZ определяется в каждом полуприеме отдельно для груз-рейки и контрольной рейки по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\Pi} - N_{\text{ш}}) + (a_{\Pi} - a_{\text{ш}}) + (n_{\text{ш}} - n_{\Pi}).$$

Груз-рейка:

$$\Delta Z_1 = (12000 - 512000) + (1150 - 1500) + (220 - 370) = -499500 \text{ мм} = -499,500 \text{ м.}$$

Контрольная рейка:

$$\Delta Z_2 = (12500 - 512500) + (1150 - 1500) + (220 - 370) = -499495 \text{ мм} = -499,495 \text{ м.}$$

Контроль: $\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2 = 499,500 - 499,495 = 0,005 \text{ м}$

$$\Delta Z_{\text{доп}} = 0,0003 H = 0,0003 \cdot 500 = 150 \text{ мм}$$

$$\Delta Z_{\text{ср}} = (\Delta Z_1 + \Delta Z_2) / 2 = -499,498 \text{ м}$$

В вычисленное превышение вводят поправки:

1) за диаметр проволоки, мм,

$$\Delta L_d = 0,001 \pi d (N_{\Pi} - N_{\text{ш}}),$$

где d – диаметр проволоки, мм (0,8 мм); N_{Π} , $N_{\text{ш}}$ – отсчеты по мерному диску ДА-2, м; $\pi = 3,1416$,

$$\Delta L_d = 0,001 \cdot 3,14 \cdot 500 = +1,57 \text{ мм};$$

2) за разность температуры проволоки в вертикальной выработке и на земной поверхности:

$$\Delta L_t = \alpha (N_{\Pi} - N_{\text{ш}}) (t_{\text{ср}} - t_{\Pi}); \quad t_{\text{ср}} = \frac{t_{\Pi} + t_{\text{ш}}}{2},$$

где α – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали $\alpha = 0,0000115$); t_{Π} , $t_{\text{ш}}$ – температура воздуха на земной поверхности и на ориентируемый горизонт, соответственно, град;

$$\Delta L_t = 0,0000115 \cdot 500 \cdot (17,5 - 25) = -0,043 \text{ мм};$$

3) за разность температуры мерного диска при измерении и компарировании

$$\Delta L_{\text{д}} = \alpha_{\text{д}} (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}) (t_n - t_0),$$

где $\alpha_{\text{д}}$ – коэффициент линейного расширения металла мерного диска $\alpha_{\text{д}} = 0,000011$; t_n, t_0 – температура мерного диска при измерении и компарировании, соответственно ($t = 25^\circ, t_0 = 20^\circ$),

$$\Delta L_{\text{д}} = 0,000011(12000 - 512000)(20 - 25) = -0,028 \text{ мм};$$

4) за компарирование мерного диска

$$\Delta L_{\text{к}} = (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}})(l - 1),$$

где l – длина окружности мерного диска по паспорту завода ($l = 996,8996$ мм),

$$\Delta L_{\text{к}} = 500 \cdot (0,9968996 - 1) = -1,5 \text{ мм}.$$

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{и}}$ вычисляется для каждого полуприема, т. е. по груз-рейке и контрольной рейке по формуле:

$$\Delta Z_{\text{и}} = \Delta Z + \Delta L_{\text{д}} + \Delta L_{\text{т}} + \Delta L_{\text{д}} + \Delta L_{\text{к}}.$$

Груз-рейка:

$$\Delta Z_{\text{и1}} = 499500 + 1,57 - 0,043 - 0,028 - 1,5 = 499500 \text{ мм}.$$

Контрольная рейка:

$$\Delta Z_{\text{и2}} = 499495 + 1,57 - 0,043 - 0,028 - 1,5 = 499495 \text{ мм}.$$

Расхождение между превышениями, определенными по груз-рейке ($\Delta Z_{\text{и1}}$) и контрольной рейке ($\Delta Z_{\text{и2}}$):

$$\delta Z_{\text{и}} = \Delta Z_{\text{и1}} - \Delta Z_{\text{и2}} = 499500 - 499495 = 5 \text{ мм}.$$

Окончательный контроль:

$$\delta Z_{и} = \Delta Z_{и_1} - \Delta Z_{и_2} = 5 \text{ мм} < \Delta Z_{\text{доп}} = 0,0003 \cdot H = 150 \text{ мм},$$

где H – глубина вертикальной выработки ($H = N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}$), м.

Среднее арифметическое значение $\Delta Z_{\text{ср}}$:

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{\Delta Z_{и_1} + \Delta Z_{и_2}}{2} = \frac{499,500 + 499,495}{2} = 499,498 \text{ м}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте:

$$Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210,000 + (-499,498) = -289,498 \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}$, $Z_{\text{п}}$ – высотная отметка реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности ($Z_{\text{п}} = 210,000 \text{ м}$).

Задача 2. Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)

Длинная лента – это лебедка, на барабан которой (диаметром 30 мм) намотана лента. Длина ленты может быть от 100 до 500 м. При передаче высотной отметки на глубину до 100 м используется металлическая компарированная рулетка.

В учебном пособии приведен пример выполнения данных работ на учебном полигоне. Суть примера состоит в передаче высотной отметки с верхнего горизонта (земная поверхность) на нижний горизонт (шахта).

Приборы и оборудование: длинная лента (рулетка), металлическая линейка с миллиметровыми делениями длиной 50 мм, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.2) устанавливается лебедка с лентой.

В производственных условиях на конце ленты подвешивается временный груз не более 3 кг и лента опускается на ориентируемый горизонт, где на ее конце подвешивается постоянный груз Q по массе, равной грузу, при котором производится компарирование ленты Q_0 . На учебном полигоне лента опускается ниже уровня визирного луча нивелира и на конце ее подвешивается постоянный груз.

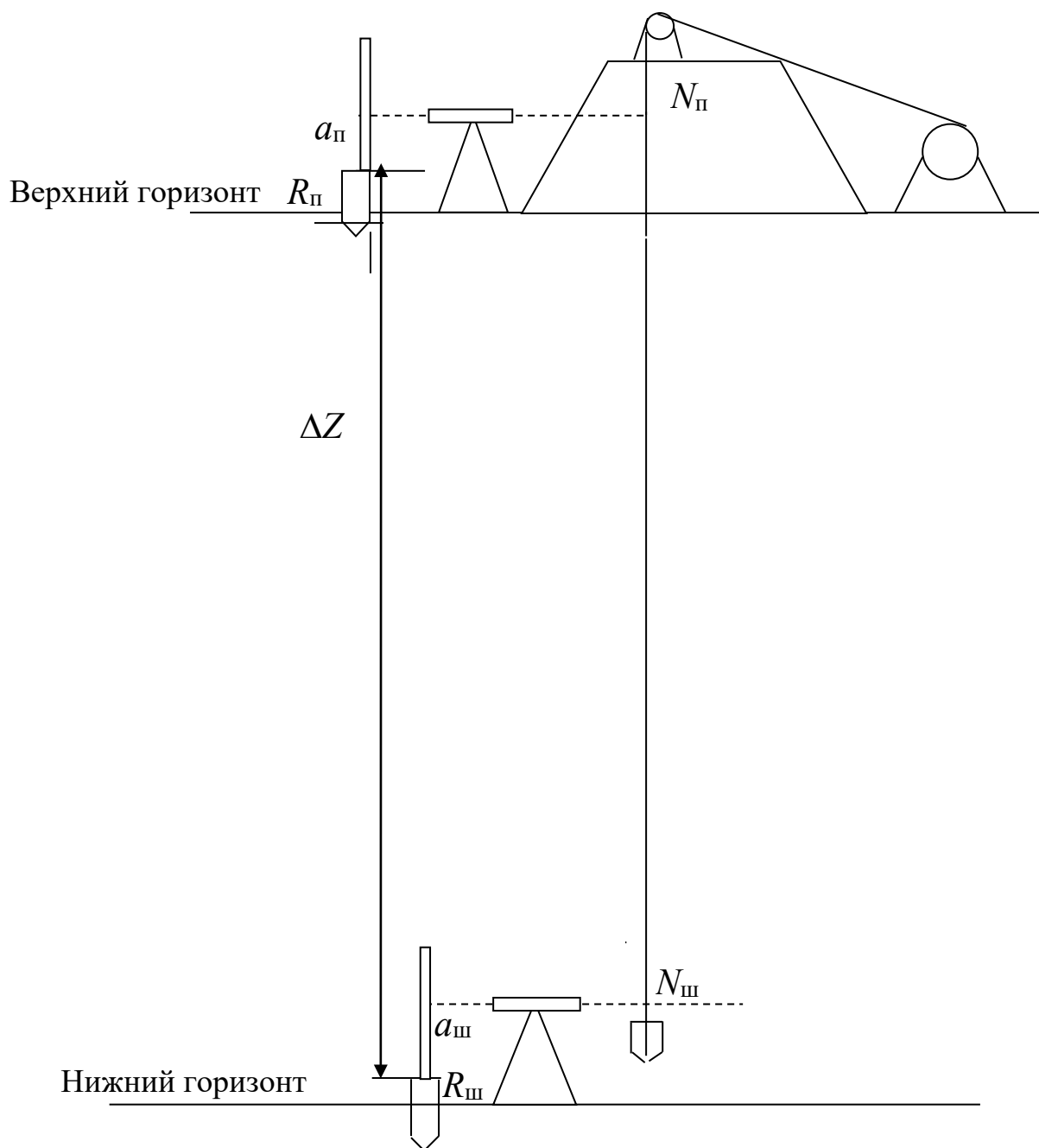


Рис.3.2. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длинной лентой (рулеткой)

На земной поверхности (верхний горизонт) и на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) устанавливаются нивелиры, так, чтобы через трубу нивелира были видны лента и нивелирная рейка, установленная на репере $R_{\text{п}}$, высотная отметка которого известна, и $R_{\text{ш}}$, высотную отметку которого нужно определить (см. рис. 3.2).

При измерениях по визирной оси нивелира берут отсчеты с точностью до миллиметра: по ленте, используя металлическую линейку, на земной поверхности (верхний горизонт) $N_{\text{п}}$ и на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) $N_{\text{ш}}$; по нивелирным рейкам, установленным на реперах, соответственно на земной поверхности (верхний горизонт) $a_{\text{п}}$, на ориентируемом горизонте $a_{\text{ш}}$. Измеряется температура воздуха на земной поверхности (верхний горизонт) $t_{\text{п}}$ и на ориентируемом горизонте $t_{\text{ш}}$.

Передача высотной отметки выполняется дважды. При втором измерении меняется или высота инструментов (нивелиров) или положение ленты. Во втором случае лента должна быть приподнята или опущена на 10 - 20 см.

Запись результатов измерений производится в полевой журнал (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Полевой журнал для записей длинной лентой (рулеткой)

| Положение ленты | Отсчеты, мм | | | | Температура, град | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| | $N_{\text{п}}$ | $N_{\text{ш}}$ | $a_{\text{п}}$ | $a_{\text{ш}}$ | | |
| 1 | 1300 | 501305 | 1150 | 1500 | $t_{\text{п}}$ | 25 |
| | | | | | $t_{\text{ш}}$ | 10 |
| 2 | 1310 | 501315 | 1150 | 1500 | | $t_{\text{ср}}=17,5$ |
| | | | | | | |

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом положении ленты определяется по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{п}} - N_{\text{ш}}) + (a_{\text{п}} - a_{\text{ш}}).$$

Первое положение $\Delta Z_1 = (1300 - 501305) + (1150 - 1500) = -500355$ мм.

Второе положение $\Delta Z_2 = (1300 - 501310) + (1150 - 1500) = -500350$ мм.

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) поправка за растяжение ленты от собственного веса

$$\Delta L_1 = \frac{L^2 \cdot \gamma \cdot q}{2E},$$

где $L = (N_n - N_{ш})$ – длина ленты на измеренном участке; γ – плотность металла ленты (7874 кг/м³); $q = 9,81$ м/с²; E – модуль упругости стали, $E = 2,5 \cdot 10^{11}$ Па, $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см²;

2) поправка за температуру

$$\Delta L_t = \alpha L (t_{cp} - t_0),$$

где α – коэффициент линейного расширения металла (для стали $\alpha = 0,0000115$), температура воздуха, соответственно, t_{cp} – средняя (верхний и нижний этаж); t_0 – при компарировании ленты;

3) поправка за компарирование ΔL_k ;

4) поправка за расстояние ленты от груза Q :

$$\Delta L_2 = \frac{L(Q - Q_0) \cdot q}{ES}.$$

Исправленное превышение $\Delta Z_{и}$ вычисляется для каждого положения ленты

$$\Delta Z_{и} = \Delta Z + \Delta L_1 + \Delta L_t + \Delta L_k + \Delta L_2.$$

В вычисления, выполненные на учебном полигоне, поправки не вводятся.

Расхождение между превышениями, определенными при первом положении ленты ΔZ_1 и втором ΔZ_2 , не должно превышать, м:

$$\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2 \leq 0,0003 \cdot H,$$

где H – глубина вертикальной выработки ($H = N_{п} - N_{ш}$) м.

Из двух положений ленты определяется среднее:

$$\Delta Z_{cp} = \frac{\Delta Z_1 + \Delta Z_2}{2} = \frac{500355 + 500350}{2} = 500352 \text{ мм.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте

$$\Delta Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210,850 + (-500,352) = -289,502 \text{ м,}$$

где $Z_{\text{п}}$ – высотная отметка репера на земной поверхности, $Z_{\text{п}} = 210,850 \text{ м}$.

Задача 3. Передача высотной отметки светодальномером (лазерной рулеткой)

Приборы и оборудование: светодальномер (лазерная рулетка), нивелир, нивелирная рейка, барометр, термометр.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний горизонт) (рис. 3.3) устанавливается светодальномер (лазерная рулетка) на ориентируемом горизонте (нижний горизонт) – отражатель.

С помощью нивелира берут отсчеты: на верхнем горизонте по рейке, установленной на репере $R_{\text{п}}$ с известной высотной отметкой – отсчет $a_{\text{п}}$ и по рейке, установленной на светодальномере – отсчет $b_{\text{п}}$; на нижнем горизонте – отсчет по рейке $a_{\text{ш}}$, установленной на репере $R_{\text{ш}}$, высотную отметку которого требуется определить и по рейке, установленной на отражателе $b_{\text{ш}}$. Светодальномером измеряют расстояние L .

Измерения повторяют не менее двух приемов, изменив высоту нивелира или светодальномера и отражателя.

Запись результатов измерений ведут в полевом журнале (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Полевой журнал для записей измерений светодальномером (лазерной рулеткой)

| Номера измерений (приемов) | Отсчеты, мм | | | | | Температура, t , град | Атмосферное давление, P | Примечания |
|----------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|---------------------------|------------|
| | L | $b_{\text{п}}$ | $a_{\text{п}}$ | $b_{\text{ш}}$ | $a_{\text{ш}}$ | | | |
| 1 | 500000 | 1600 | 1500 | 1300 | 1600 | 20 | 760 | |
| 2 | 500000 | 1500 | 1400 | 1400 | 1500 | | | |

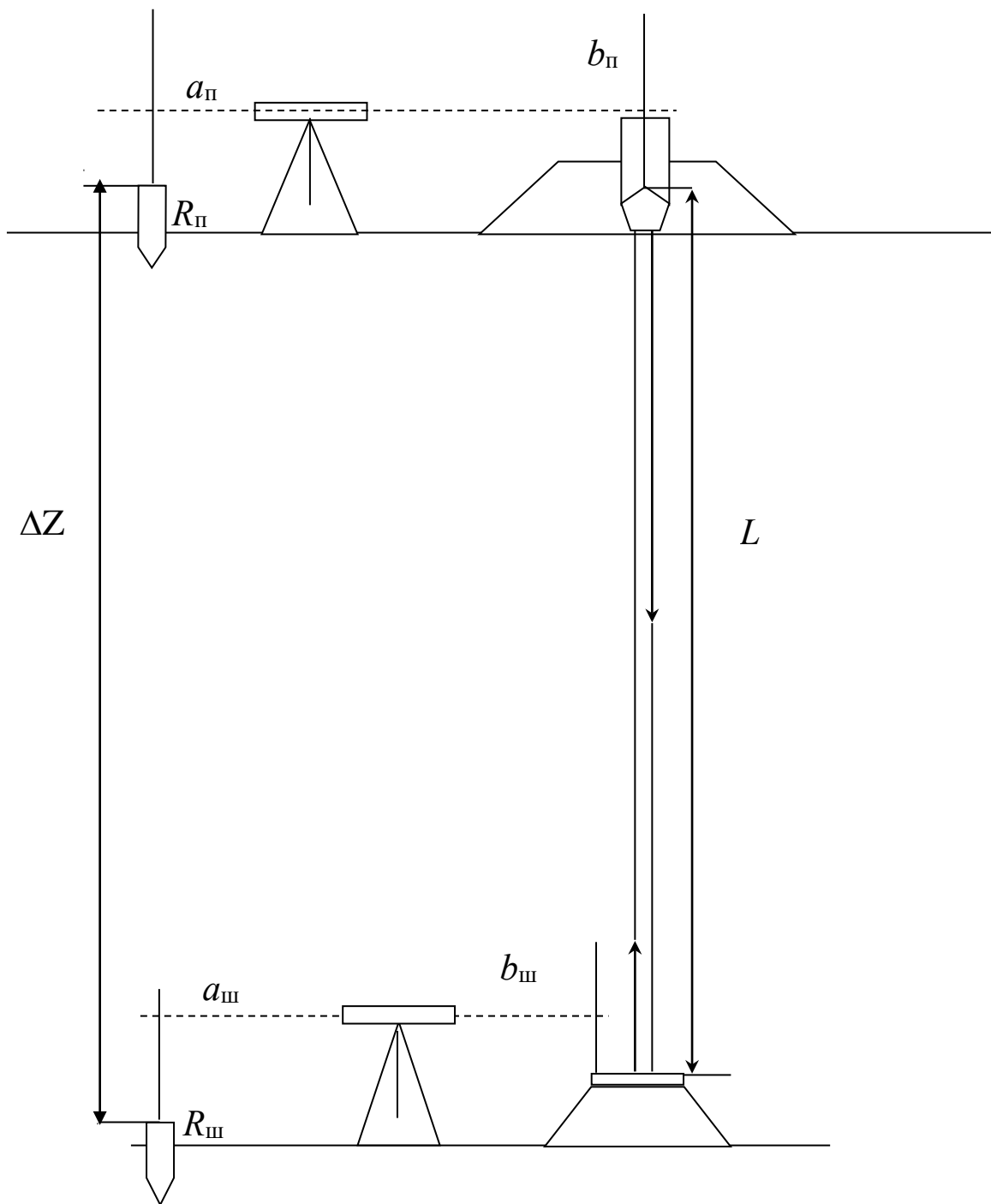


Рис. 3.3. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку светодальномером (лазерной рулеткой)

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом приеме определяется по формуле:

$$\Delta Z = L - (a_{\text{II}} - b_{\text{II}}) + (a_{\text{III}} - b_{\text{III}}).$$

Первый прием $\Delta Z_1 = 499900 - (1500 - 1600) + (1500 - 1300) = -499800$ мм.

Второй прием $\Delta Z_2 = 499900 - (1400 - 1500) + (1600 - 1400) = -499800$ мм.

В вычисленные превышения вводятся поправки:

- поправка за температуру воздуха ΔL_t ;
- поправка за атмосферное давление ΔL_p ;
- постоянная поправка светодальномера ΔL_c .

Исправленное превышение $\Delta Z_{\text{И}}$ вычисляется для каждого приема:

$$\Delta Z_{\text{И}} = \Delta Z + \Delta L_t + \Delta L_p + \Delta L_c.$$

Расхождение между превышениями, определенными в каждом приеме, не должно превышать величины

$$\delta Z = \Delta Z_{\text{И1}} - \Delta Z_{\text{И2}} \leq 0,0003H,$$

где H – глубина вертикальной выработки, м.

Окончательно принимается среднеарифметическое значение

$$\Delta Z_{\text{ср}} = \frac{(\Delta Z_{\text{И1}} + \Delta Z_{\text{И2}})}{2} = 499,800 \text{ м.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$Z_{\text{III}} = Z_{\text{II}} + \Delta Z_{\text{ср}} = 210,300 + (-499,800) = -289,500 \text{ м,}$$

где Z_{II} – высотная отметка репера на верхнем горизонте, $Z_{\text{II}} = 210,300$ м.

Благодаря прогрессу электроники и микропроцессорной техники в самом конце XX века появился новый класс компактных и лег-

ких приборов для точного измерения расстояний до нескольких десятков и даже сотен метров – ручные лазерные безотражательные светодаальномеры (РЛБС). За малые габариты и вес, высокую точность измерений и функциональность они получили название лазерных рулеток и в последние 15 лет сменились уже три поколения этих приборов.

В настоящее время в России при маркшейдерско-геодезических работах используется множество различных РЛБС, в основном 3-го и 4-го поколений, различных типов и модификаций от многочисленных зарубежных производителей. Все они, за исключением бытовых РЛБС, включены в Единый государственный реестр средств измерений и их применение разрешено на территории России.

С целью выбора оптимального типа лазерной рулетки для передачи координаты Z в шахту по вышеприведенной схеме (см. рис. 3.3) с учетом функциональных и метрологических характеристик рекомендуются рулетки фирм *Leica* и *BOSH*, диапазон измерений расстояний которых до 100 м, погрешность измерения 1-1,5 мм.

Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки с помощью проекциметров

В маркшейдерской практике используются несколько моделей проекциметров. Основное назначение маркшейдерского проекциметра – выполнение соединительных съемок через глубокие шахтные стволы. Проекциометр предназначен для передачи плановых координат X , Y и абсолютной высоты, координаты Z через вертикальные горные выработки.

Кроме того, он может быть использован для определения вертикальных направлений при контроле вертикальности возведений высотных сооружений.

В учебном пособии в качестве ознакомительного курса приводится техническая характеристика нескольких моделей проекциметров (табл. 3.4).

Проекциометр состоит из следующих основных частей: микрометрического уровня; лебедки с тросом диаметром 1-1,3 мм; штатива с основанием; груз-рейки; направляющих блоков.

Технические характеристики моделей проекциметров

| Техническая характеристика | ПМ11 | ПМ4 | ПМ100 | ПМ10 |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Глубина измерения H , м | 2000 | 1000 | 210 | 2000 |
| Погрешность измерения глубины | $0,0001H$ | $0,0001H$ | $0,00013H$ | $0,001H$ |
| Погрешность отклонения от вертикали | $0,0012H$ | $0,0012H$ | $0,017H$ | $0,002H$ |
| Погрешность проектирования координат X, Y | $0,0001H$ | $0,0001H$ | $0,0001H$ | $0,00005H$ |
| Температура окружающего воздуха | $-25...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $-25...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $-25...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $-15...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ |

Принципиальная схема передачи координаты Z через вертикальную горную выработку проекциметром аналогична схеме передачи глубиномером ДА-2.

Задачи для самостоятельных упражнений по разделу 3

Задача 1. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{\text{ш}}$ при передаче высотной отметки через вертикальную горную выработку длинномером ДА-2 (см. рис. 3.1), если дано:

отсчеты при груз-рейке $N'_{\text{п}}=12000\text{ мм} + N$, м; $N_{\text{ш}}=512000+N$, м;

отсчеты при контрольной рейке $N'_{\text{п}}=12500\text{ мм} + N$, м; $N_{\text{ш}} = 512000\text{ мм} + N$, м; отметка репера $R_{\text{п}}=Z_{\text{п}}=210,000\text{ м} + N$, м,

где N – номер варианта в метрах.

Задача 2. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{\text{ш}}$ при передаче высотной отметки через вертикальную горную выработку длинной лентой (см. рис. 3.2), если дано:

отсчеты при первом положении ленты $N_{\text{п}}=1300\text{ мм} + N$, м;

отсчеты при втором положении ленты $N_{\text{п}}=1310\text{ мм} + N$, м;

отсчеты по нивелирной рейке на земной поверхности

$a_{\text{п}} = 1150\text{ мм} + N\text{ мм}$;

отсчеты по нивелирной рейке в шахте $a_{\text{ш}} = 1500\text{ мм} + N\text{ мм}$;

отметка репера $R_{\text{п}} - Z_{\text{п}}=210,850\text{ м} + N$, м,

где N – номер варианта.

Задача 3. Выполнить расчет превышения ΔZ и координаты $Z_{\text{ш}}$ при передаче высотной отметки через вертикальную горную выработку светодальномером (см. рис 3.3), если даны отсчеты (см. табл. 3.3) и высотная отметка репера на верхнем горизонте $Z_{\text{п}}=210,300\text{ м} + N$, м, где N – номер варианта.

Список литературы

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ, серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерского контроля. М., 2003. 118 с.
2. Терминологический словарь по маркшейдерскому делу. М.: Недра, 1987. 191 с.
3. Маркшейдерское дело/ Д. Н. Оглоблин и др. М.: Недра, 1981. 704 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Земских Г.В., Шевелёв А.А.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

Учебно-методическое пособие

к курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по лабораторным работам предназначены для студентов первого и второго курсов маркшейдерской специальности, изучающих курс "Маркшейдерия". Лабораторные работы проводятся с целью закрепить знания студентов в области теории, методики и камеральной обработки основных видов маркшейдерских работ, проводимых в шахте. Изучение курса завершается учебной практикой на действующем горном предприятии после окончания второго курса. В порядке подготовки к учебной практике с целью закрепления теоретических знаний и отработки практических навыков в программе лабораторных занятий предусмотрено выполнение комплекса полевых и камеральных работ основных видов маркшейдерских съемок при подземной разработке. Лабораторные работы проводятся в учебном здании университета на специальном учебном полигоне бригадами в составе 6 - 7 человек с обязательным прохождением каждым студентом всех видов работ (наблюдателем, журналистом, вспомогательным рабочим). Вычислительные работы и отчет по лабораторным работам выполняется каждым студентом индивидуально.

В комплект отчетной документации по лабораторным работам входят:

- а) полевые ведомости с записью результатов измерений (бригадные);
- б) расчеты, выполненные по прилагаемым формам (индивидуальные);
- в) чертежи, схемы, выполненные на бумаге формата А4 (индивидуальные).

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Маркшейдерия» и учитывают изменения, произошедшие в изложении курса.

1. ПОДЗЕМНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ

1.1. Общие сведения

Подземная маркшейдерская съемка – это комплекс пространственно-геометрических измерений и вычислений,

проводимых с целью [1, 2]:

- графическое изображение на планах и разрезах контуров залегания полезного ископаемого, горных выработок, инженерных сооружений в единой с земной поверхностью системе координат;

- решение горно-геометрических задач, возникающих на всех стадиях освоения месторождения (разведки, строительства и эксплуатации горного предприятия).

Подземные маркшейдерские съемки разделяются:

- подземная теодолитная съемка для построения главной геометрической основы горизонтальных съемок (опорные и съемочные сети);

- ориентирно-соединительная съемка для установления геометрической связи подземных съемок со съемками на земной поверхности. Данная съемка позволяет совмещать планы горных выработок с планами земной поверхности;

- съемка нарезных и очистных горных выработок, проводимая упрощенными способами с целью определения границ горных работ и объемов добытой горной массы;

- подземная вертикальная съемка для определения относительного расположения по высоте горных выработок и земной поверхности. Эта съемка включает: передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту; геометрическое нивелирование в горизонтальных и тригонометрическое нивелирование в наклонных горных выработках.

Все виды, указанных выше подземных маркшейдерских съемок, выполняются в соответствии с требованиями инструкции по производству маркшейдерских работ, в основе которых предусмотрены *три основные принципа*:

- съемка должна вестись от общего к частному, т. е. от более точного (опорные сети) к менее точному (съемка подробностей);

- съемка должна выполняться с необходимой и достаточной точностью, обусловленной требованиями производства (технологией добычи). Недостаточная точность может привести к браку горных работ, а в некоторых случаях может явиться причиной несчастного случая. Излишняя точность требует ненужных, непроизводительных затрат труда маркшейдера;

- все измерения и вычисления, выполняемые в каждом из видов съемок, должны выполняться с обязательным объективным контролем. Наличие контроля обеспечивает необходимую точность

результатов съемки и исключает возможность появления грубых ошибок в измерениях и вычислениях.

1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения

При выполнении топографо-геодезических, картографических и маркшейдерских работ используется система геодезических и система плоских координат Гаусса-Крюгера 1942 г. – это дата определения размеров эллипсоида Красовского. Вычисление подземных маркшейдерских съемок проводится в плоских прямоугольных координатах в конформной (равноугольной) проекции. Сущность данной системы заключается в том, что поверхность эллипсоида делится с запада, от Гринвичского меридиана, на восток на шестиградусные зоны. При этом осевой меридиан и экватор изображаются двумя взаимно перпендикулярными линиями (рис. 1).

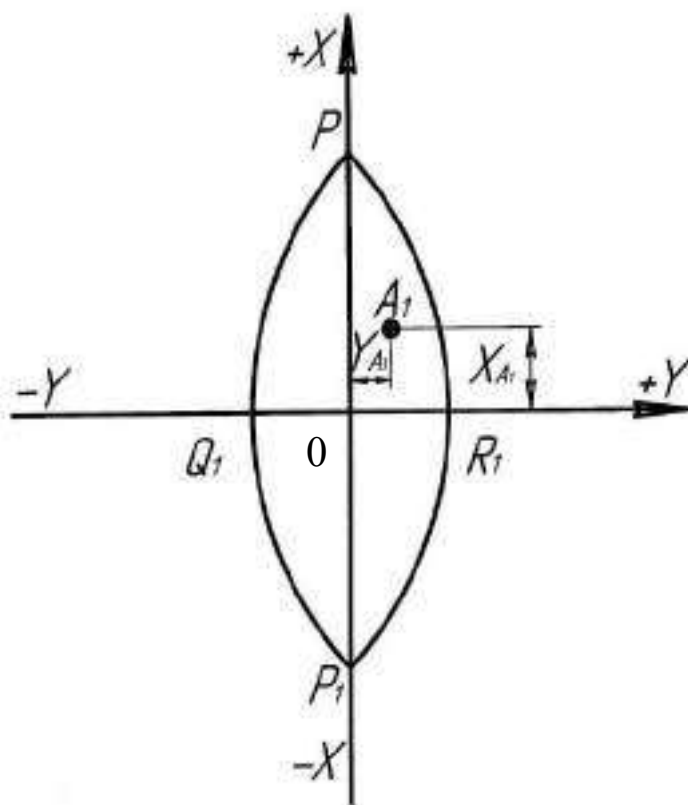


Рис. 1. Плоские прямоугольные координаты Гаусса точки A_1 земного эллипсоида

Осевой меридиан на плоскости – прямая POP_1 , перпендикуляр к нему - линия экватора Q_1R_1 , начало координат точка пересечения O .

Некоторая точка A на земном эллипсоиде с геодезическими координатами (широта и долгота) изображается на плане точкой A_1 с плоскими прямоугольными координатами $X_{A_1} Y_{A_1}$.

Между геодезическими координатами и плоскими существует определенная математическая зависимость, позволяющая осуществлять пересчет из одной системы в другую. Имея исходные прямоугольные плоские координаты и проектируя измеренные длины на плоскость, дальнейшее вычисление координат определяемых точек ведется по формулам аналитической геометрии. Плановое положение пункта подземной теодолитной съемки определяется тремя величинами: долготой осевого меридиана, в которой находится точка; абсциссой – расстоянием от точки до экватора; ординатой – расстоянием от точки до осевого меридиана. На территории нашей страны, находящейся в северном полушарии, абсциссы точек только положительны, ординаты могут быть как положительны, так и отрицательны. Например, $X_{A_1} = 5057$ км и $Y_{A_1} = 3575$ км, т. е. точка A_1 находится на расстоянии 5057 км к северу от экватора, в 3-й зоне на расстоянии 575 км к востоку от осевого меридиана.

На горных предприятиях существует также так называемая условная система координат, которая имеет определенную связь с системой координат 1942 г.

Разности координат двух точек называют *приращением координат* (ΔX и ΔY). В зависимости от значений координат точек приращения могут иметь знак (+) или (-).

При расчетах в системе прямоугольных координат важное значение имеет умение решать прямую и обратную геодезические задачи. Прямая геодезическая задача заключается в определении координат искомой точки B относительно исходной точки A по горизонтальной проекции линии d_{AB} и дирекционному углу этой линии α_{AB} по известным формулам:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = X_A + \Delta X_{AB};$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB}.$$

Обратная геодезическая задача заключается в определении дирекционного угла α_{AB} линии AB и горизонтальной проекции длины линии по известным координатам точек этой линии

X_A, Y_A, X_B, Y_B :

$$r_{AB} = \operatorname{arctg}\left(\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right);$$

$$d_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin r_{AB}} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos r_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2},$$

где r_{AB} – табличный угол (румб), по которому определяется значение дирекционного угла.

При вычислении дирекционного угла α_{AB} необходимо учитывать знаки приращений координат (+) или (-), следуя правилу:

| ΔX | ΔY | α , град. | | |
|------------|------------|------------------|-----|------------------------------------|
| | | от | до | |
| + | + | 0 | 90 | $\alpha_{AB} = r_{AB}$ |
| - | + | 90 | 180 | $\alpha_{AB} = 180^\circ - r_{AB}$ |
| - | - | 180 | 270 | $\alpha_{AB} = 180^\circ + r_{AB}$ |
| + | - | 270 | 360 | $\alpha_{AB} = 360^\circ - r_{AB}$ |

Расположение точек по вертикали называется высотой точек (высотная отметка, координата Z). В нашей стране высоты точек отсчитываются от уровня Балтийского моря - нуля Крондштатского футштока (Балтийская система высот $Z_0 = 0$). Выше исходного уровня высоты точек со знаком (+), ниже исходного уровня – со знаком (-). Разница между высотами двух точек называется превышением (h). В зависимости от взаиморасположения точек превышения имеют знак (+) или (-) и определяются по формуле: $h = Z_A - Z_B$, где Z_A и Z_B - высоты точек A и B .

Если известны значения координат двух точек, например $X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B$, по их значениям могут быть определены:

1) длина линии (l);

$$l = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2},$$

2) горизонтальное проложение линии (d) – проекция на горизонтальную плоскость длины линии (l);

$$d = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = l \cdot \cos \delta,$$

3) угол наклона линии (δ) – угол между направлением линии (l) и ее горизонтальным проложением;

$$\delta = \arctg\left(\frac{Z_B - Z_A}{d}\right);$$

при известных значениях превышения h и длины l

$$d = \sqrt{l^2 - h^2}; \quad \delta = \arcsin\left(\frac{h}{l}\right);$$

тангенс угла наклона линии, уклон линии (i)

$$i = \operatorname{tg}\delta = \frac{h}{d}.$$

Ориентирование линий в маркшейдерской съемке осуществляется по дирекционному углу и румбу. *Дирекционным углом* α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления осевого меридиана или линии параллельной ему до направления ориентируемой линии. Дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360°. Дирекционные углы двух смежных линий взаимосвязаны между собой

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{л}} - 180^\circ = \alpha_i - \beta_{\text{п}} + 180^\circ,$$

где α_{i+1}, α_i - дирекционные углы соответственно предыдущей и последующих линий; $\beta_{\text{л}}$ и $\beta_{\text{п}}$ - горизонтальные углы между смежными линиями соответственно левый и правый по направлению хода.

Румбы имеют значения от 0 до 90°, образованные ближайшими северным или южным концом осевого меридиана и направлением ориентируемой линии. Угловая величина румба называется *табличным углом*.

При выполнении маркшейдерских съемок измеряют в

основном линейные и угловые величины.

Длины линий выражают в метровой мере за единицу длины, в которой считается 1 метр (м), длина которого с 1960 г. принята равной 1650763,73 длины излучения спектра атома криптона – 86 в вакууме:

$$1 \text{ м} = 100 \text{ см}, 1 \text{ см} = 10 \text{ мм}, 1000 \text{ м} = 1 \text{ км}.$$

Углы выражаются в градусной, радиальной и десятичной мерах. В градусной мере единицей угла принят 1 градус, равный 1/90 части прямого угла.

$$1^\circ = 60' \text{ (минут)} = 360'' \text{ (секунд)}; 1' = 60'' \text{ (секунд)}.$$

В радиальной мере единицей угла принято считать 1 радиан, равный соотношению длины дуги в один радиус к величине соответствующего радиуса:

$$1 \text{ рад} = 1 \text{ при } \alpha = 57^\circ 17' 45'', \text{ т. е.}$$

$$\alpha^r = \alpha^0 / 57,3^\circ = \alpha' / 3138'' = \alpha'' / 206265''.$$

$$\text{Для малых углов, близких } 0^\circ, \alpha^r = \sin \alpha^0 = \text{tg} \alpha^0.$$

В десятичной мере единицей угла принято считать 1 градус, равный 1/100 части прямого угла: 1 град = 100^c (градусных минут); 1^c = 100^{cc} (градусных секунд).

1.3. Теодолитная съемка в шахте

Подземная теодолитная съемка выполняется с целью определения плановых координат системы пунктов, расположенных в горных выработках, и является плановой основой горизонтальных маркшейдерских съемок, а также используется для аналитического решения задач, возникающих в процессе работы горного предприятия (задание направления горных выработок, проведение сбоек и др.) Теодолитная съемка осуществляется путем проведения теодолитных ходов по горным выработкам.

Теодолитная съемка в шахте включает выполнение следующих операций: рекогносцировка участка съемки и закрепление вершин пунктов теодолитного хода; измерения горизонтальных и вертикальных углов; измерения длин сторон хода; съемки контуров горных выработок и других объектов; камеральная обработка результатов съемки.

При выполнении лабораторных работ по данному разделу студенты выполняют: измерение углов и длин теодолитного хода, съемку подробностей (контуров), камеральную обработку

результатов измерений.

1.3.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Перед началом измерения углов обязательно проводятся проверки теодолита. Теодолит должен удовлетворять следующим основным условиям:

1. Подъемные винты подставки, закрепительные и наводящие винты горизонтального лимба и алидады, а также зрительной трубы должны вращаться плавно без люфтов и качки.

2. Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна, а ось круглого уровня – параллельной вертикальной оси вращения инструмента.

3. Оптические системы зрительной трубы, оптического центрира и отсчетного микроскопа должны обеспечивать качественное фокусирование на визирные цели.

4. Одной из основных проверок теодолита является определение коллимационной погрешности, т. е. определение величины отклонения визирной оси трубы от перпендикуляра к горизонтальной оси ее движения. Коллимационную погрешность вычисляют по формуле

$$c = \frac{(a_{л1} - a_{п1} \pm 180^\circ) + (a_{л2} + a_{п2} \pm 180^\circ)}{4},$$

где $a_{л1}, a_{л2}, a_{п1}, a_{п2}$ - отсчеты по лимбу горизонтального круга, взятые при наведении прибора на одну и ту же точку соответственно при круге слева (КЛ) и круге справа (КП).

В случае превышения коллимационной погрешности допустимой величины (для теодолитов технического класса точности 1') условие перпендикулярности оси считается несоблюденным. Для выполнения данного условия вычисляют правильные отсчеты

$$a = a_{л} - c;$$

$$a = a_{п} - c,$$

и производят юстировку прибора.

При измерении горизонтального угла полным приемом (КЛ и КП) коллимационная погрешность на точность полученного

значения угла не влияет.

Измерение горизонтальных углов проводится способом приемов и круговых приемов.

В качестве визирных целей на закрепленные в кровле (в потолке) маркшейдерские точки подвешивают шнуровые отвесы, в почве (в полу) устанавливаются центры-шляпки дюбелей. На каждой точке производится центрирование теодолита с точностью до 1 мм.

При измерении угла способом приемов необходимо соблюдать следующий порядок действий:

1. В точке C (рис. 2) устанавливается (центрируется и горизонтируется) теодолит. В точках A и B подвешиваются отвесы или устанавливаются сигналы. Точность центрирования теодолита и сигналов 1 - 2 мм.

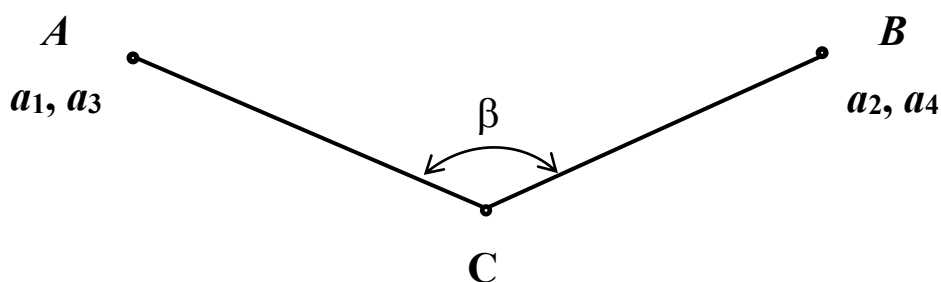


Рис. 2. Измерение горизонтального угла теодолитного хода

2. Визируют (наводят теодолит) при КЛ на заданную точку A и берут отсчет по горизонтальному кругу лимба a_1 . Отсчет a_1 устанавливают юстировочным винтом несколько более 0° ($2 - 5'$).

3. Визируют на переднюю точку B и берут отсчет a_2 .

4. Переводят зрительную трубу через зенит, визируют на заднюю точку A при КП и берут отсчет a_3 .

5. Визируют на переднюю точку B при КП и берут отсчет a_4 .

Значение угла из одного полуприема вычисляют по формулам:

$$\beta_{\text{её}} = a_2 - a_1; \quad \beta_{\text{еі}} = a_4 - a_3.$$

Значение угла и коллимационная погрешность теодолита из одного приема равны:

$$\beta = \frac{\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}}}{2} = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2},$$
$$c = \frac{\beta_{\text{КЛ}} - \beta_{\text{КП}}}{2},$$

где $\beta_{\text{кл}}$, $\beta_{\text{кл}}$ - значения угла при круге слева и справа, соответственно, c – коллимационная погрешность.

При измерении угла n приемами значение угла определяется как среднее арифметическое из n приемов. Каждый последующий прием выполняется аналогичным образом. Начальный отсчет второго и последующих приемов устанавливается несколько более величины

$$\dot{a} = \frac{180^0}{n}$$
, где n – число приемов. В лабораторных работах на точках с

двумя направлениями выполняется 2 приема, а на примычных точках (3и направления) – 3 круговых приема.

При измерении углов способом круговых приемов порядок действий повторяется, как и при измерении способом приемов, с дополнительным визированием на заднюю точку. Пример записи измерений и расчеты углов приведены в табл. 1.

Вертикальные углы (углы наклона сторон) подземного теодолитного хода определяются с целью определения горизонтальных проложений сторон и превышения смежных вершин. В условиях выполнения лабораторных работ вертикальные углы не измеряются.

1.3.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов

Линейные измерения в теодолитных ходах, как правило, выполняют одновременно с угловыми измерениям. Длины сторон измеряют стальными, тесьмянными рулетками или светодалномерами, обеспечивающими необходимую точность [1, 2].

Стальные рулетки и светодалномеры применяются для измерения длин сторон опорных и съёмочных сетей, а тесьмянные – при выполнении съёмок очистных выработок и различных замеров.

Измерение линий опорных и съёмочных сетей выполняют при постоянном натяжении рулетки, равном 10 кг. Силу натяжения фиксируют пружинным динамометром.

Отчеты при измерении интервалов линий берут с точностью до 1 мм. Каждый интервал измеряют не менее двух раз. Второе и последующие измерения интервала выполняют при смещении рулетки. Расхождение между двумя измерениями интервала не должно превышать ± 2 мм, что соответствует точности опорный сетей. Каждая сторона теодолитного хода должна быть измерена

независимо дважды в прямом и обратном направлениях. Разность между прямым и обратным направлениями не должна превышать 1:3000 длины измеренной стороны. За окончательный результат принимают в начале среднее арифметическое значение из двух измерений интервала, и за тем среднее арифметическое из прямого и обратного направлений.

Длины сторон в подземных теодолитных ходах чаще всего измеряют рулеткой на весу. Например, между точками A , B и C требуется измерить расстояние (рис. 3).

Вертикальная проекция

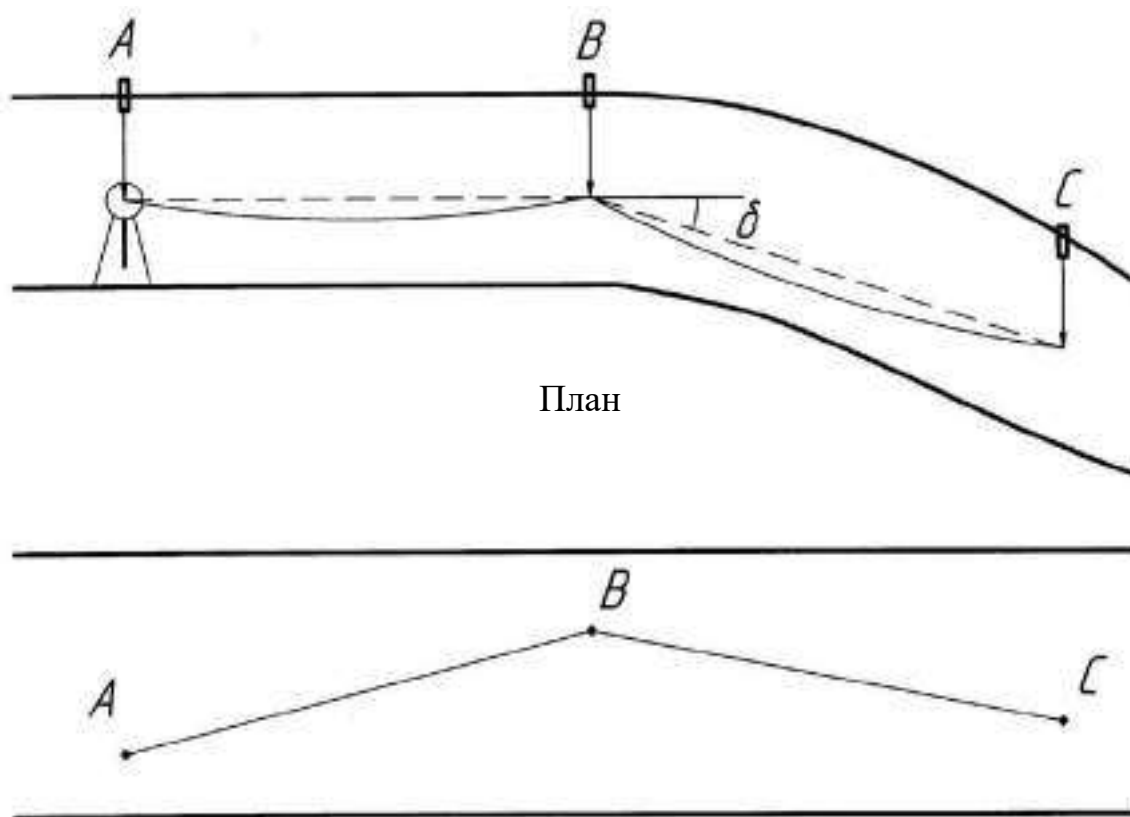


Рис. 3. Измерение длин сторон теодолитного хода рулеткой на весу

Для этого в точке A устанавливается теодолит, в точке B подвешивают шнуровой отвес. Если сторона горизонтальна, то удобно на отвесе отметить горизонт инструмента. Если сторона наклонная, то на шнуре отвеса в точке C отмечают точку визирования (C) при измерении угла наклона стороны. Результаты измерений записываются в полевой журнал (см. табл. 1).

1.3.3. Съёмка подробностей (контуров)

Съёмка подробностей в шахте производится от пунктов и сторон теодолитного хода. Объектами съёмки являются контуры горных выработок, инженерные сооружения, геологические особенности, другие подробности, связанные с технологией допроходки горных выработок.

Съёмка подробностей проводится способом ординат, полярным способом, ультрозвуковым, способом светопрофиля и лазерным сканированием.

В программе лабораторных работ предусмотрен способ ординат и полярный способ для съёмки стен коридоров.

1.4. Лабораторная работа № 1

Подземная теодолитная съёмка

Лабораторная работа включает:

- прокладку теодолитного хода (замкнутый полигон) по точкам в почве (в полу) и по точкам в кровле (в потолке) (рис. 4);
- определение угловой и линейной невязок, уравнивание хода и расчет координат вершин теодолитного хода по точкам в почве (в полу) и по точкам в кровле (в потолке);
- съёмка подробностей.

Исходные данные - дирекционные углы начальной стороны и координаты (точки) в почве:

Полигон № 1

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'' + N^{\circ} N' N''; X_I = 640720,200; Y_I = 6125312,050.$$

Полигон № 2

$$\alpha_{VI-VII} = 70^{\circ}30'30'' + N^{\circ} N' N''; X_{VI} = 640710,100; Y_{VI} = 6125350,040,$$

N – номер варианта (выдается преподавателем).

Требуется измерить - по точкам в почве и в кровле:

Полигон № 1

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$ - горизонтальные углы;

d_1, d_2, \dots, d_5 - горизонтальные линии;

Полигон № 2

$\beta_6, \beta_7, \dots, \beta_{10}$ - горизонтальные углы;

d_6, d_7, \dots, d_{10} - горизонтальные линии;

Методика измерений:

- горизонтальные углы измеряются двумя приемами. Допустимое расхождение между приемами 10";

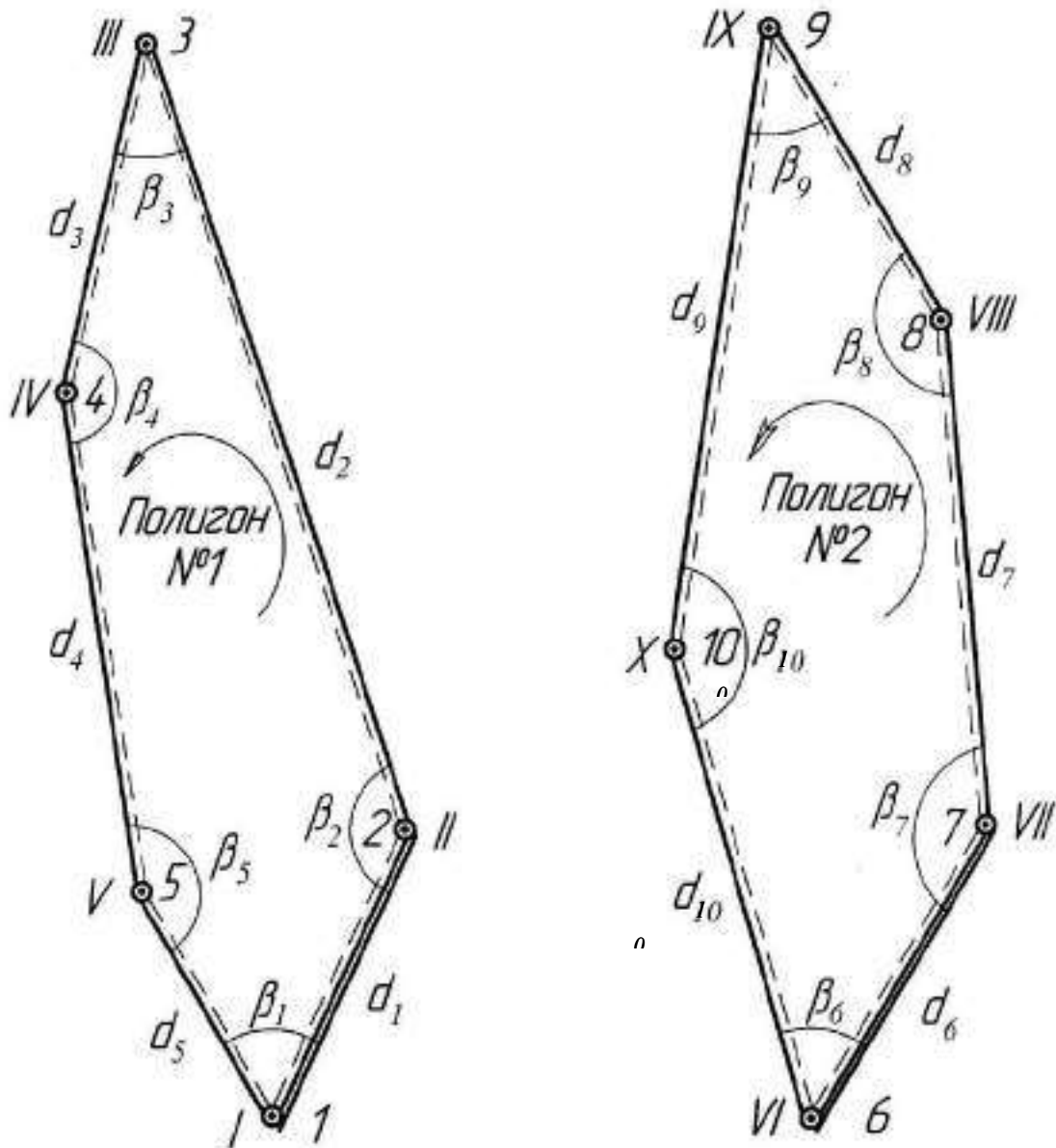


Рис. 4. Замкнутый полигон теодолитного хода:

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- теодолитный ход в шахте, точки в кровле (в потолке);
- ===== исходные стороны, точки в почве (в полу);

β – горизонтальные углы;
 d – горизонтальные линии

- горизонтальные линии измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм, дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. Допустимое расхождение между измерениями ± 2 мм. Направление хода указано стрелкой (см. рис. 4).

В расчеты принимаются среднеарифметические значения углов и длин.

Камеральная обработка результатов измерений.

Требуется определить: координаты вершин точек теодолитного хода, расположенных в почве.

$X_{II}, Y_{II}, X_{III}, Y_{III}, X_{IV}, Y_{IV}, X_V, Y_V$ - полигон № 1;

$X_{VII}, Y_{VII}, X_{VIII}, Y_{VIII}, X_{IX}, Y_{IX}, X_X, Y_X$ - полигон № 2;

в кровле

$X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4, X_5, Y_5$ - полигон № 1;

$X_7, Y_7, X_8, Y_8, X_9, Y_9, X_{10}, Y_{10}$ - полигон № 2.

Методика вычислений:

1) рассчитывается угловая невязка хода

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}};$$

$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^{\circ}(n - 2)$ - внутренние углы;

$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^{\circ}(n + 2)$ - внешние углы;

$$f_{\beta} \leq f_{\text{доп}};$$

$$f_{\text{доп.}} = m_{\beta} \sqrt{n},$$

где n – число измеренных углов в полигоне,

m_{β} - среднеквадратическая погрешность измерения горизонтальных углов (20");

2) при соблюдении условия $f_{\beta} \leq f_{\text{доп}}$ угловая невязка f_{β} распределяется с обратным знаком во все углы полигона поровну;

3) после распределения угловой невязки рассчитываются дирекционные углы всех сторон полигона, приращения координат точек вершин хода и линейные невязки:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad f_{\text{отн.}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d_i}; \quad f_{\text{отн.}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000},$$

где f_x, f_y - линейные невязки хода; P – периметр полигона;

$f_{\text{отн.}}, f_{\text{доп}}$ - относительная и допустимая невязки хода;

4) при соблюдении условия $f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{3000}$, линейные невязки f_x, f_y распределяются в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон

$$f_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i; \quad f_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i;$$

5) после уравнивания (распределения линейной невязки) выполняется расчет координат всех вершин полигона. Вычисление дирекционных углов и координат вершин проводится по известным из курса геодезии формулам (решение прямой геодезической задачи). Формулы приведены в разделе 1.2.

Пример расчета координат точек вершин полигона приведен в табл. 2.

1.5. Компарирование рулетки

Металлические рулетки, предназначенные для измерения длин сторон теодолитных ходов опорных и съемочных сетей должны быть прокомпарированы. Компаратор представляет собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах, заделанных в стену. Относительная погрешность компарирования не должна превышать 1:15000 [1].

Компарирование это сравнение длины рулетки с эталонной длиной контрольной линейки или длиной полевого компаратора, длина которых определена с высокой точностью не ниже 1:50000.

Для выполнения лабораторных работ компарирование рулетки выполняется на стационарном компараторе, представляющем собой металлическую балку, укрепленную на кронштейнах в стене учебного здания.

1.5.1. Лабораторная работа № 2 Компарирование рулетки

Приборы и оборудование: компаратор, рулетка, контрольная линейка, градусник.

Методика выполнения компарирования.

Рулетка укладывается на компаратор, один конец ее закрепляется при помощи струбины, а к другому концу при

ПОМОЩИ ПРОВО-

локи, пропущенной через блок, подвешивается груз, равный 10 кг. Контрольная линейка укладывается на полотно рулетки, начиная с начального метрового интервала. Отсчеты берутся по контрольной линейке относительно штрихов метрового интервала рулетки с точностью отсчитывания до 0,1 наименьшего деления. Наименьшая цена деления контрольной линейки равна 0,02 мм, т. е. точность отсчета равна 0,02 мм.

Наблюдатели фиксируют отсчеты по правому срезу метровых штрихов рулетки в целых миллиметрах и долях наименьшего деления контрольной линейки (табл. 3).

Затем делают сдвиг контрольной линейки и берут вторую пару отсчетов. Длина метрового интервала рулетки вычисляется для каждого положения контрольной линейки. Разность в длине интервала из двух положений не должна превышать 0,06 мм. При большей величине вышеуказанной разности отсчеты повторяются при новом сдвиге контрольного метра. Компарирование проводится в прямом и обратном направлениях.

Таблица 3

Компарирование рулетки № 57 контрольно-измерительной линейкой
завода "Аэрогеоприбор" » № 1061
Уравнение линейки $L = 1000 + 0,02 + 0,0185 (t - 20^\circ)$
Наблюдатели: 1) Ларионова Л. А. 2) Мулин В. И.,
записывающий Кремлев В. Г.

| Интервалы рулетки | Правый конец | | | Левый конец | | | Разность отсчетов, мм | Средняя длина интервала, мм | Температура, град |
|-------------------|------------------|-----------------|------|------------------|-----------------|------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| | целые миллиметры | доли | | целые миллиметры | доли | | | | |
| | | деления линейки | мм | | деления линейки | мм | | | |
| 0 - 1 | 1003 | 2,4 | 0,48 | 3 | 1,8 | 0,36 | 1000,12 | 1000,11 | 22 |
| | 1005 | 4,4 | 0,88 | 5 | 3,9 | 0,78 | 1000,10 | | |
| 1 - 2 | 1001 | 3,3 | 0,66 | 1 | 4,2 | 0,84 | 999,82 | 999,84 | |
| | 1006 | 2,5 | 0,50 | 6 | 3,2 | 0,64 | 999,86 | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 - 30 | 1004 | 2,4 | 0,48 | 4 | 1,8 | 0,36 | 1000,12 | 1000,11 | 22 |
| | 1006 | 2,4 | 0,88 | 6 | 3,9 | 0,78 | 1000,10 | | |

В процессе компарирования измеряют температуру воздуха с точностью до 0,1° С. Измерение температуры производится в начале, середине и конце прямого хода, в середине и конце обратного хода.

Обработка результатов компарирования рулетки производится в последовательности, указанной в табл. 4. В колонки 2 и 3 выписывают из полевого журнала (см. табл. 3) средние значения метровых интервалов из прямого и обратного ходов, а в колонку 4 - среднюю температуру компарирования. Рассчитывается средняя

длина каждого

интервала (колонка 5), вводятся поправки (колонки 6 - 9), исправленная длина интервала (колонка 10), длина рулетки от начального интервала (колонка 11) и поправка за компарирования (колонка 12).

Далее определяют точность компарирования рулетки, для чего находят разность в длине рулетки из прямого ($\sum l_{\text{пр}}$) и обратного ($\sum l_{\text{обр}}$) ходов.

$$\Delta l = \sum l_{\text{пр}} - \sum l_{\text{обр}} = 30003,0 - 30001,5 = 1,5 \text{ м.}$$

Эта разность, отнесенная к длине рулетки, определит точность компарирования, которая должна быть более 1:15000.

$$f_k = \frac{1,5}{30000} = \frac{1}{20000} < \frac{1}{15000}.$$

В противном случае полевые работы переделываются. Поправку за контрольную линейку берут из уравнения контрольной линейки. Уравнение контрольной линейки № 1061 следующее:

$$L = 1000,02 + 0,0185 (t^\circ - 20^\circ) \text{ мм.}$$

Длина контрольной линейки, определенная на заводе при температуре 20°C , равна 1000,02 мм. Поправка за контрольную линейку равна +0,02 мм. Поправку за температуру компарирования (колонка 7, табл. 4) вычисляют по формуле:

$$\Delta l_t = 0,0185 (t^\circ - 20^\circ) \text{ мм,}$$

где 0,0185 – коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлена контрольная линейка; t° – температура компарирования рулетки из колонки 4, град; 20° – температура, при которой определена длина контрольной линейки на заводе.

Поправку за приведение рулетки к 20° (колонка 8) вычисляют по формуле:

$$\Delta l_{20} = 0,0125 (20^\circ - t^\circ) \text{ мм,}$$

где $0,0125$ – коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена рулетка; t° – температура компарирования рулетки, град.

В колонке 9 определяют суммарные поправки в средние длины метровых интервалов рулетки.

В колонке 10 производят вычисление исправленных длин метровых интервалов рулетки.

В колонке 11 определяют длину рулетки от начального штриха.

В колонке 12 вычисляют поправки за компарирование, округленные до десятых долей мм.

2. ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Цель работы – ознакомление с основными видами полевых работ и камеральной обработки результатов измерений, при производстве ориентирования подземных маркшейдерских опорных сетей.

Ориентирно-соединительная съемка – это комплекс специальных работ, выполняемых для осуществления геометрической связи между маркшейдерскими съемками, проводимых на земной поверхности и в шахте.

По результатам ориентирно-соединительной съемки в шахте, на ориентируемом горизонте, получают плановые координаты начального пункта и дирекционный угол начальной стороны подземных опорных сетей в системе координат, принятой на земной поверхности.

В маркшейдерской практике наиболее распространены *два вида ориентирно-соединительных съемок: геометрическое и гироскопическое.*

В зависимости от схемы вскрытия месторождения выполняют ориентирно-соединительные съемки через один, через два вертикальных ствола, через наклонный ствол или штольню.

В программе лабораторных работ предусмотрено выполнение ориентирно-соединительной съемки геометрическим способом через один и через два вертикальных ствола.

Производство данных видов ориентировок *включает три основных этапа:* проектирование точек с земной поверхности на ориентируемый горизонт в шахту; примыкание (измерение) к

проектируемым точкам на земной поверхности и к их проекциям в шахте; вычисление ориентировки.

Проектирование точек, т. е. проектирование плановых координат и дирекционного угла на ориентируемый горизонт в шахту осуществляется с использованием вертикальной плоскости, которая создается с помощью двух отвесов, опущенных с земной поверхности через вертикальный ствол на ориентируемый горизонт в шахту.

При ориентировании через один вертикальный ствол в качестве контроля качества ориентировки предусмотрено проведение двух независимых ориентировок. Это достигается путем двойного примыкания к отвесам после их смещения между первым и вторым примыканием. В результате получают два значения плановых координат начальной точки и два значения дирекционного угла начальной стороны опорной сети в шахте. Расхождение в координатах начальной точки, полученных по результатам первого и второго примыкания, не должно превышать 5 см при $H < 500$ м или величины $0,01H$, см, при $H > 500$ м, где H - глубина ствола в метрах. Разница в дирекционных углах не более $3'$ [1].

2.1. Лабораторная работа № 3 **Ориентирно-соединительная съемка** **через одну вертикальную выработку**

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета на специально оборудованном полигоне с закрепленными маркшейдерскими точками в почве (в полу) и в кровле (в потолке) горной выработки (здания).

При ориентировании через одну вертикальную выработку (ствол) необходимо руководствоваться следующими положениями:

- 1) расстояние между отвесами должно быть максимальным;
- 2) соединительный треугольник для решения задачи примыкания к отвесам должен быть наиболее выгодной формы, при которой неизбежные ошибки измерений оказывают минимальное влияние на точность решения задачи примыкания.

На рис. 5 и 6 приведены схемы ориентировки через один вертикальный ствол.

Исходные данные:

Схема 1 (см. рис. 5)

$$X_I = 640723,255; Y_I = 6125312,051;$$

$$\alpha_{I-II} = 75^{\circ}55'55'' + N^{\circ} + N' + N'',$$

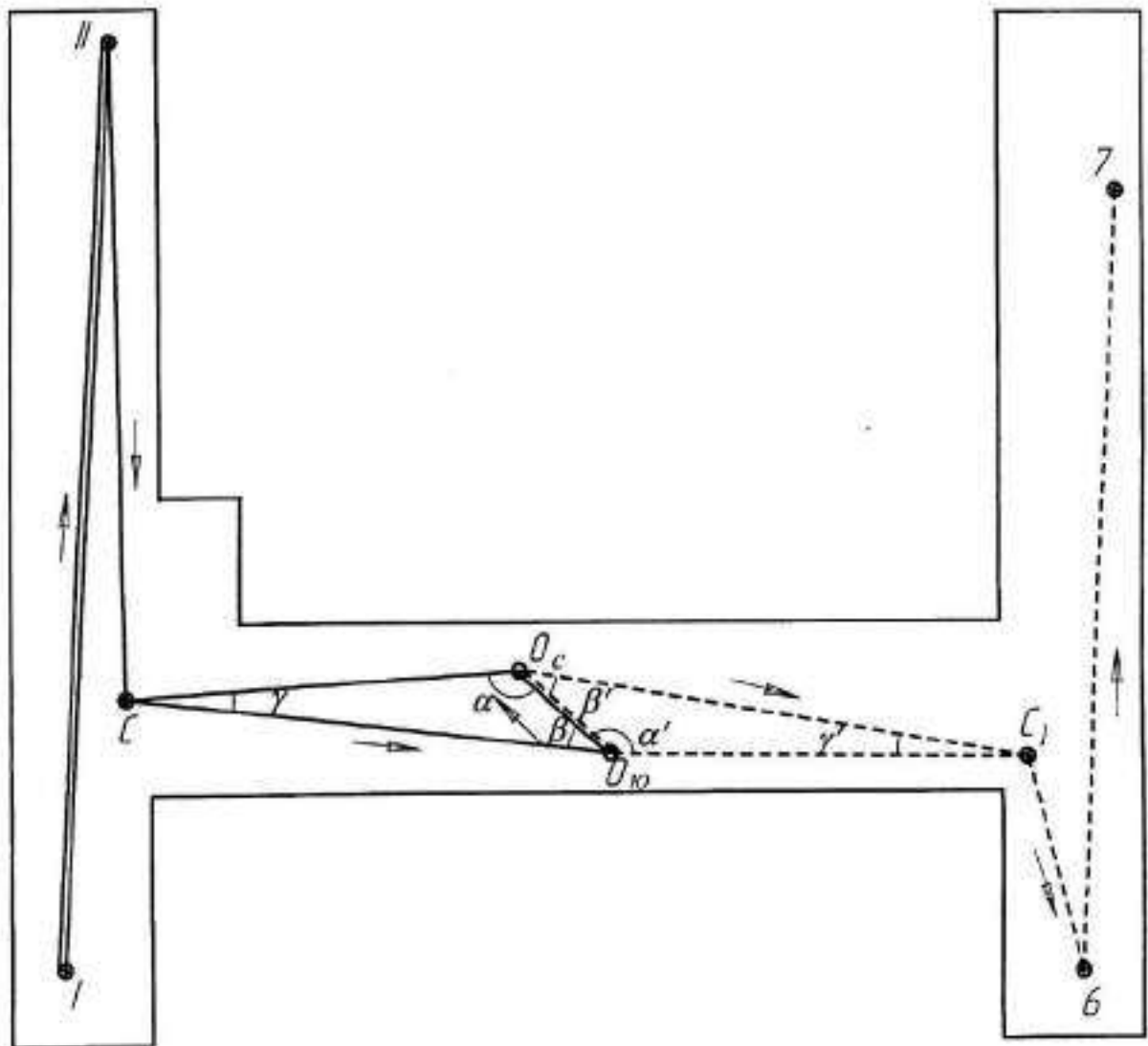


Рис. 5. Схема 1. Ориентировка через одну вертикальную выработку:

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - - - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- направление вычисления ориентировки

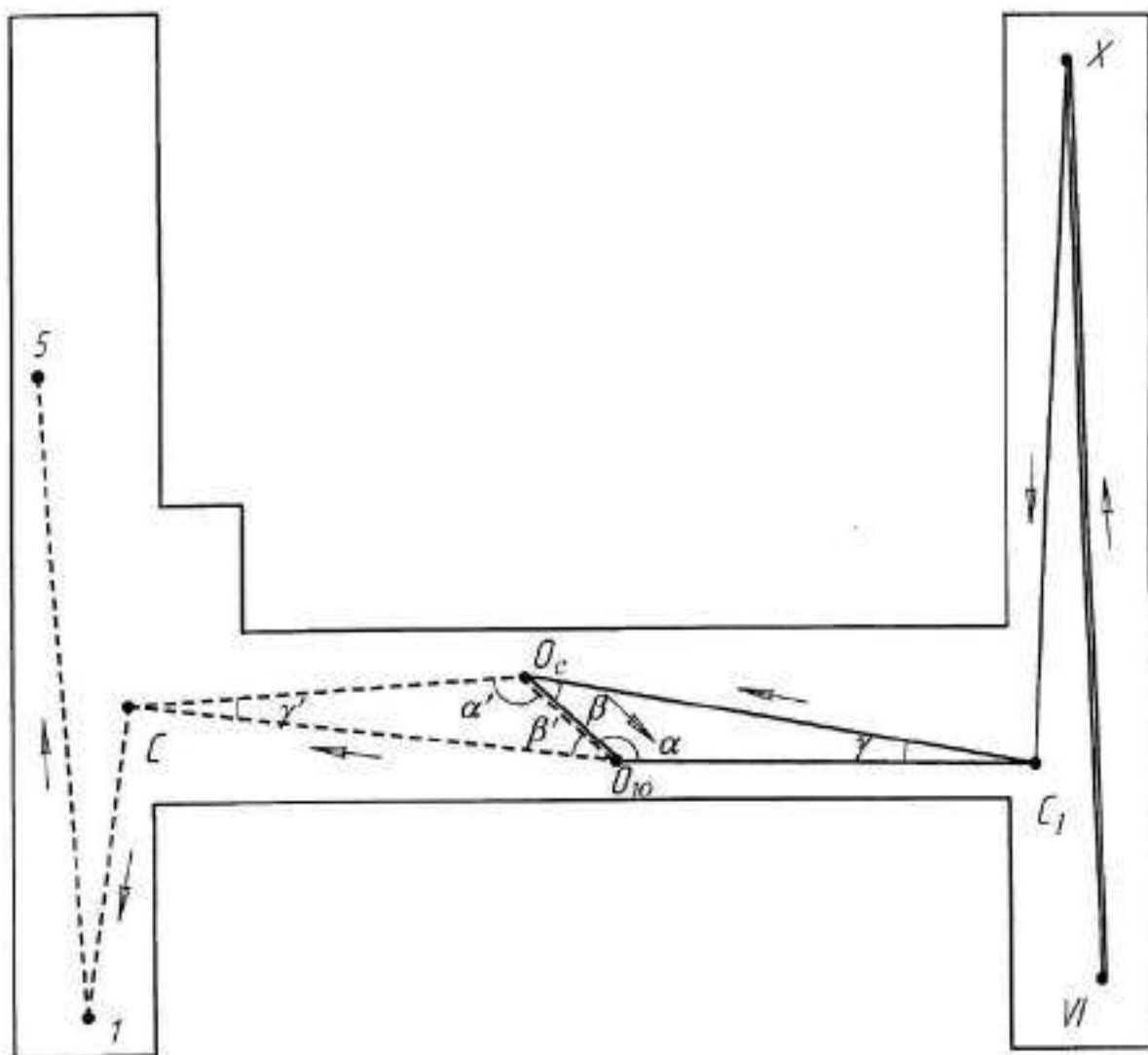


Рис. 6. Схема 2. Ориентировка через одну вертикальную выработку:

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - - - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- направление вычисления ориентировки

Схема 2 (см. рис.б)

$$X_{VI} = 640710,100; Y_I = 6125350,040;$$

$$\alpha_{VI-X} = 65^\circ 30' 30'' + N^\circ + N' + N'',$$

где N - номер варианта.

Методические указания для выполнения лабораторной работы

Для решения задачи примыкания измеряются: на земной поверхности в точке C – схема 1, в точке C_1 – схема 2 и в шахте в точке C_1 – схема 1, в точке C - схема 2, все три стороны (a, b, c) соединительного треугольника и углы $\gamma, \delta, \varepsilon$ при точке C и C_1 (рис. 7, 8).

Стороны соединительного треугольника измеряются компарированной стальной рулеткой по горизонтальному лучу визирования не менее пяти раз с точностью отсчитывания ± 1 мм при постоянном натяжении 10 кгс. Разность между отдельными измерениями длины допускается до ± 2 мм. За окончательный результат измерения принимают среднее арифметическое значение из пяти.

Измерение углов производится тремя круговыми приемами, допустимая невязка между приемами $\pm 10''$. Разность углов ($\varepsilon - \delta - \gamma$) не должна превышать $\pm 10''$. Углы при точке C и C_1 должны быть уравнены ($\varepsilon - \delta - \gamma = 0$). В расчеты принимают среднеарифметическое значение углов из трех приемов.

Контроль правильности измерения сторон соединительного треугольника осуществляется сравнением измеренного расстояния между отвесами (C) и вычисленного по формуле:

$$C_{\text{выч}}^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma.$$

Разность между вычисленным значением ($C_{\text{выч}}$) стороны и ее непосредственно измеренным ($C_{\text{изм}}$) не должна превышать ± 3 мм,

$$\Delta C = C_{\text{выч}} - C_{\text{изм}} \leq \pm 3 \text{ мм}$$

Проектирование точек выполняется с помощью двух отвесов

O_c и $O_{ю}$ (см. рис. 5, 6).

На земной поверхности для определения координат примычных точек X_c, Y_c – схема 1, X_{c_1}, Y_{c_1} – схема 2 приходится теодолитный ход от исходной стороны I – II схема 1 и VI - X - схема 2. Исход-

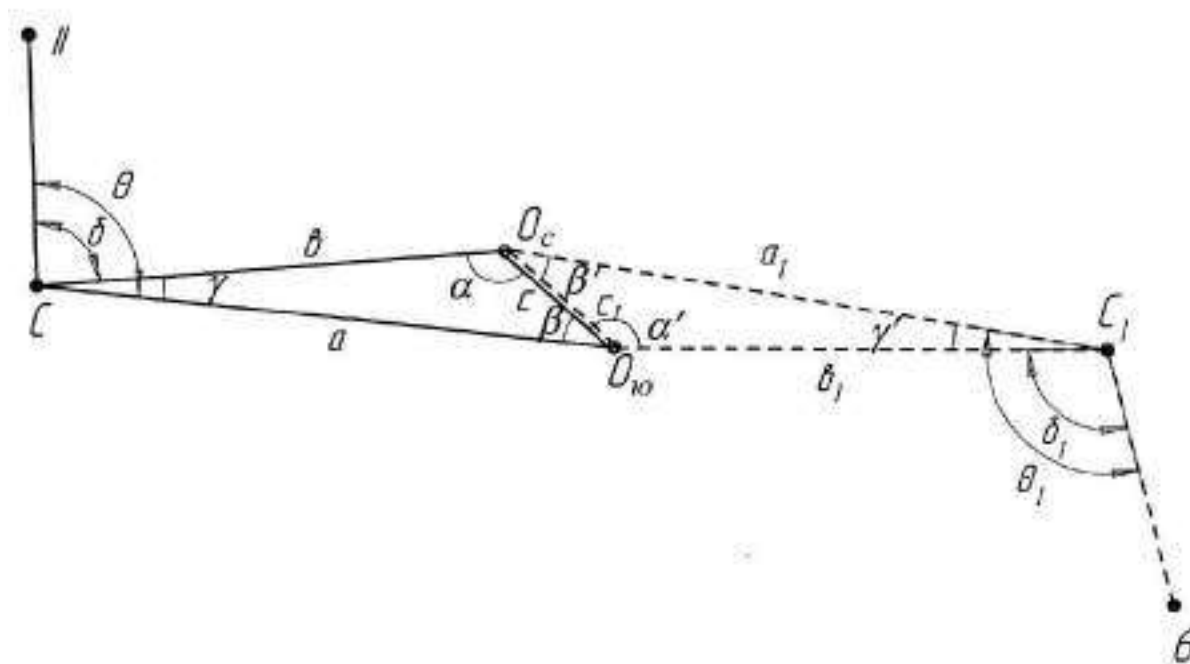


Рис. 7. Схема 1. Соединительный треугольник:

————— теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
 - - - - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке)

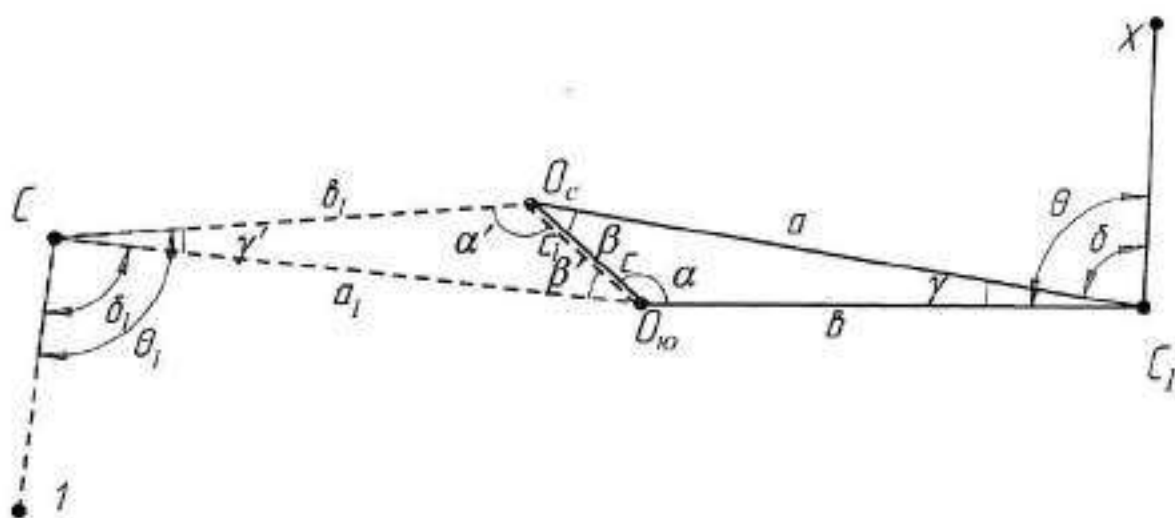


Рис. 8. Схема 2. Соединительный треугольник:

————— теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
 - - - - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле
 (в потолке)

ные данные выдаются каждому студенту в соответствии с его вариантом.

На ориентируемом горизонте проходится теодолитный ход от линии створа отвесов O_c , $O_{ю}$ до ориентируемой стороны 6 - 7 схемы 1, 1 - 5 – схема 2. Углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый по направлению теодолитного хода. Допустимые невязки $\pm 10''$.

Длины сторон теодолитных ходов на земной поверхности и на ориентируемом горизонте измеряются дважды металлической рулеткой при постоянном натяжении ее 10 кгс. Отсчеты берутся с точностью 1 мм, допустимое расхождение в двух измерениях ± 2 мм. За окончательный результат принимается среднеарифметическое значение углов и длин.

Вычисление ориентировки начинаются с проверки полевых журналов (ведомостей) и расчета средних значений углов и длин. Проверяющий расписывается на странице журнала и ставит дату проверки. При обработке длин (табл. 5) в среднее арифметическое их значение вводятся поправки за компарирование рулетки Δl_k , за разность температуры при компарировании рулетки и измерении длины Δl_t .

Поправки за превышение Δl_h и за провес рулетки Δl_f не вводятся, в связи с особыми условиями измерений. Поправки вычисляют до 0,1 мм, а средние значения длин - до 1 мм.

Таблица 5

Ведомость обработки длин

| Но-
ме-
ра
ста-
нов | Измеренная
длина, мм | | Сред-
няя
длина
интер-
вала,
м | $t_{\text{ср}}^0$ | Поправки, мм | | | | | Исправ-
ленная
длина
интер-
вала,
мм | Оконча-
тельная
длина
интервала
, м |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------|---|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|---|---|
| | прямой
ход | обрат-
ный
ход | | | Δl_k | Δl_k | Δl_n | Δl_f | $\Sigma \Delta l$ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 |
| 1 - 2 | 20,006 | 20,010 | 20,008 | 21 ⁰ | -3,2 | 0 | 0 | 0 | -3,2 | 20004,8 | 20,005 |

Вычисление углов α и β , α' и β' при отвесах O_c и $O_{ю}$ (см. рис. 7, 8) производится по формуле синусов

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma;$$

$$\sin \alpha' = \frac{a_1}{c_1} \sin \gamma'; \quad \sin \beta' = \frac{b_1}{c_1} \sin \gamma',$$

при этом угловая невязка в соединительном треугольнике не должна превысить $\pm 10''$. Допустимая угловая невязка (менее $10''$) в треугольнике распределяется во все углы поровну, т. е. $(\gamma + \alpha + \beta = 180^\circ)$.

Вычисление дирекционных углов сторон и координат пунктов полигонометрического хода на ориентируемом горизонте производится по схеме (см. рис. 5, 6) в направлении, указанном стрелками. При этом передача дирекционного угла с исходной стороны на створ отвесов на земной поверхности и от створа отвесов на ориентируемый горизонт выполняется через длинную сторону соединительных треугольников.

Дирекционные углы, приращения координат и координаты вычисляются по известным формулам прямой геодезической задачи

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{л} - 180^\circ;$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - \beta_{п} + 180^\circ;$$

$$\Delta x = l \cdot \cos \alpha; \quad \Delta y = l \cdot \sin \alpha;$$

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x; \quad y_n = y_{n-1} + \Delta y,$$

где $\beta_{л}$ и $\beta_{п}$ - измеренные горизонтальные углы левый и правый, соответственно; d - горизонтальное проложение измеренных длин сторон.

Точность вычисления координат до ± 1 мм.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку. Схема 1 (см. рис. 5, 7).

Результаты измерений:

$$a=14,380 \text{ м, } b=11,351 \text{ м, } \gamma=2^\circ 04' 11'';$$

$$a_1=13,650 \text{ м}, \quad b_1=10,622 \text{ м}, \quad \gamma=2^\circ 16' 52''.$$

Расстояние между отвесами:

$$\text{на земной поверхности } C_{\text{изм}} = 3,063 \text{ м}$$

$$C_{\text{выч}} = \sqrt{14,380^2 + 11,351^2 - 2 \cdot 14,380 \cdot 11,351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3,064 \text{ м}.$$

$$\Delta C = 3,064 - 3,063 = 0,001 \text{ м},$$

на ориентируемом горизонте $C_{\text{изм}} = 3,063 \text{ м}$.

$$C_{\text{выч}} = \sqrt{14,380^2 + 11,351^2 - 2 \cdot 14,380 \cdot 11,351 \cdot \cos 2^\circ 04' 11''} = 3,066 \text{ м};$$

$$\Delta C = 3,066 - 3,063 = 0,003 \text{ м}.$$

Разность между расстояниями вычислениями ($C_{\text{выч}}$) и измеренными ($C_{\text{изм}}$) в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin \alpha = a/c \sin \gamma, \quad \sin \beta = b/c \sin \gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin \alpha = \frac{14,380}{3,063} \sin 02^\circ 04' 11'' = 0,16955; \quad \alpha = 170^\circ 14' 17'';$$

$$\sin \beta = \frac{11,351}{3,063} \sin 02^\circ 04' 11'' = 0,13384; \quad \beta = 07^\circ 41' 29'';$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 14' 17'' + 07^\circ 41' 29'' + 02^\circ 04' 11'' = 179^\circ 59' 57''.$$

Угловая невязка в треугольнике $179^\circ 59' 57'' - 180^\circ = -3''$ в пределах допустимой.

Полученную невязку $3''$ распределяем поровну во все углы с обратным знаком

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 170^{\circ}14'17'' + 1'' = 170^{\circ}14'18''; \\ \beta &= 07^{\circ}41'29'' + 1'' = 07^{\circ}41'30''; \\ \gamma &= 02^{\circ}04'11'' + 1'' = 02^{\circ}04'12''; \end{aligned} \right\}$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^{\circ}14'18'' + 07^{\circ}41'30'' + 02^{\circ}04'12'' = 180^{\circ}.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin \alpha' = \frac{13,650}{3,063} \sin 02^{\circ}16'52'' = 0,17773; \quad \alpha' = 169^{\circ}47'00'';$$

$$\sin \beta' = \frac{10,622}{3,063} \sin 02^{\circ}16'52'' = 0,13803; \quad \beta' = 07^{\circ}56'02'';$$

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = 169^{\circ}47'00'' + 07^{\circ}56'02'' + 02^{\circ}16'52'' = 179^{\circ}59'54''.$$

Угловая невязка в треугольнике $180^{\circ} - 179^{\circ}59'54'' = -6''$ в пределах допустимой.

Полученную невязку $-6''$ распределяем поровну во все углы с обратным знаком

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 169^{\circ}47'00'' + 2'' = 169^{\circ}47'02''; \\ \beta &= 07^{\circ}56'02'' + 2'' = 07^{\circ}56'04''; \\ \gamma &= 02^{\circ}16'52'' + 2'' = 02^{\circ}16'54''; \end{aligned} \right\}$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^{\circ}47'02'' + 07^{\circ}56'04'' + 02^{\circ}16'54'' = 180^{\circ}.$$

Вычисления плановых координат X , Y начального пункта (6) и дирекционного угла начальной стороны (α_{6-7}) подземных опорных сетей (см. рис. 5) приведены в табл. 6.

Пример вычисления ориентировки через одну вертикальную выработку. Схема 2 (см. рис. 6).

Результаты измерений:

$$a = 13,585 \text{ м}, \quad b = 10,554 \text{ м}, \quad \gamma = 2^{\circ}17'48'',$$

$$a_1 = 14,385 \text{ м}, \quad b_1 = 11,348 \text{ м}, \quad \gamma_1 = 2^{\circ}05'02''.$$

Расстояние между отвесами:
на земной поверхности $C_{\text{изм}} = 3,072$ м.

$$C_{\text{выч}} = \sqrt{10,554^2 + 13,585^2 - 2 \cdot 10,554 \cdot 13,585 \cdot \cos 2^\circ 17' 48''} = 3,069 \text{ м};$$

$$\Delta C = 3,069 - 3,072 = -0,003 \text{ м.}$$

На ориентируемом горизонте $C_{\text{изм}} = 3,072$ м.

$$C'_{\text{выч}} = \sqrt{14,385^2 + 11,348^2 - 2 \cdot 11,348 \cdot 14,385 \cdot \cos 2^\circ 05' 02''} = 3,072 \text{ м.}$$

$$\Delta C = 3,072 - 3,072 = 0.$$

Разность между вычисленными ($C_{\text{выч}}$) и измеренными ($C_{\text{изм}}$) расстояниями в пределах допустимой не более 3 мм.

Вычисление углов при отвесах соединительного треугольника

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma.$$

На земной поверхности:

$$\sin \alpha = \frac{13,585}{3,072} \sin 2^\circ 17' 48'' = 0,17721; \quad \alpha = 169^\circ 47' 33''.$$

$$\sin \beta = \frac{10,554}{3,072} \sin 2^\circ 17' 48'' = 0,13767; \quad \beta = 7^\circ 54' 48''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47' 33'' + 7^\circ 54' 48'' + 2^\circ 17' 48'' = 180^\circ 00' 09''.$$

Угловая невязка в треугольнике $180^\circ 00' 09'' - 180^\circ = +9''$ в пределах допустимой.

Полученную невязку $+9''$ распределяем поровну во все углы с обратным знаком.

$$\alpha = 169^\circ 47' 33'' - 3'' = 169^\circ 47' 30'';$$

$$\beta = 7^\circ 54' 48'' - 3'' = 7^\circ 54' 45'';$$

$$\gamma = 2^\circ 17' 48'' - 3'' = 2^\circ 17' 45''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 169^\circ 47' 30'' + 7^\circ 54' 45'' + 2^\circ 17' 45'' = 180^\circ.$$

На ориентируемом горизонте в шахте:

$$\sin \alpha' = \frac{14,385}{3,072} \sin 2^\circ 05' 02'' = 0,17027; \quad \alpha' = 170^\circ 11' 48''.$$

$$\sin \beta' = \frac{11,348}{3,072} \sin 2^\circ 05' 02'' = 0,13432; \quad \beta' = 7^\circ 43' 10''.$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 170^\circ 11' 48'' + 7^\circ 43' 10'' + 2^\circ 05' 02'' = 180^\circ.$$

Угловая невязка в треугольнике равна 0.

Вычисления плановых координат X , Y начального пункта (1) и дирекционного угла начальной стороны (α_{1-5}) подземных опорных сетей (см. рис. 6) приведены в табл. 7.

2.2. Лабораторная работа № 4

Ориентирно-соединительная съемка через две вертикальные выработки

Ориентирно-соединительная съемка через два вертикальных ствола проводится в учебном корпусе университета на специальном полигоне. Схемы ориентировки приведены на рис. 9 и 10.

На земной поверхности (пункты теодолитного хода закрепляются в почве) и на ориентируемом горизонте (пункты закреплены в кровле) проходятся теодолитные ходы.

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряются двумя приемами или одним приемом левый и правый угол по направлению теодолитного хода. Допустимая невязка в измеренных углах между приемами $\pm 10''$. Длины измеряются металлической рулеткой дважды с точностью отсчитывания 1 мм, допустимое расхождение между двумя измерениями не более 2 мм.

В точках примыкания к отвесам углы измеряются тремя круговыми приемами с допустимой невязкой между приемами $10''$, длины измеряются металлической рулеткой с точностью отсчитывания 1 мм пять раз с допустимым расхождением между всеми измерениями 2 мм. Для расчетов принимается среднеарифметическое значение измеренных углов и длин.

Пример вычисления ориентировки через две вертикальные выработки.

Исходные данные:

Схема № 3

$$X_I = 640723,255; \quad Y_I = 6125312,051;$$

$$\alpha_{I-II} = 75^\circ 55' 55'' + N^\circ N' N'',$$

где N – номер варианта студента.

Вычисление ориентировки начинается с обработки результатов измерений – вычисления среднеарифметических значений горизонтальных углов и длин линий теодолитных ходов.

В ведомости расчета координат записывается: порядок расчета ориентировки, среднеарифметические значения горизонтальных проложений длин линий, горизонтальных углов, координаты исходных пунктов и дирекционный угол исходной линии с учетом варианта студента.

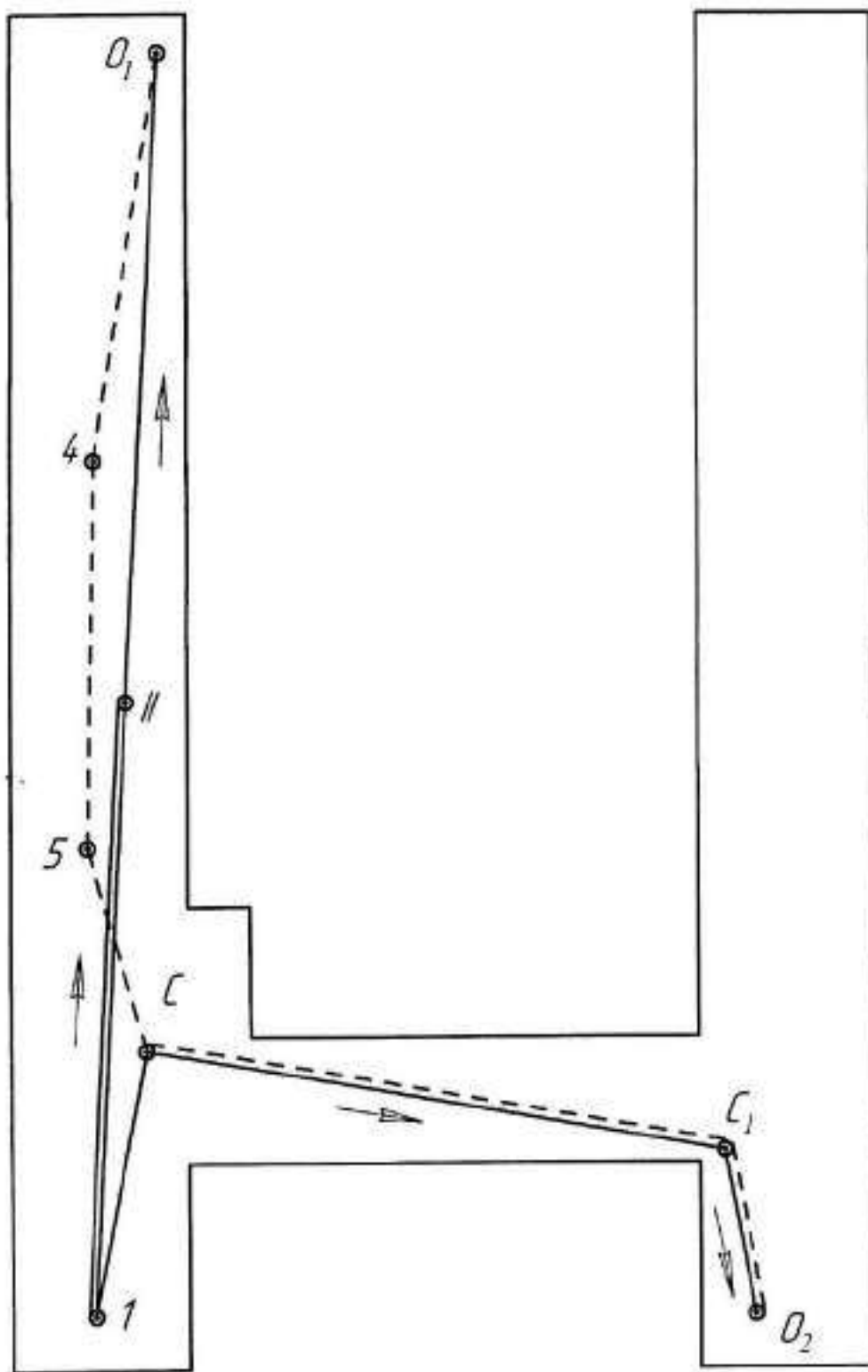


Рис. 9. Схема 3. Ориентировка через две вертикальные выработки:

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- направление вычисления ориентировки

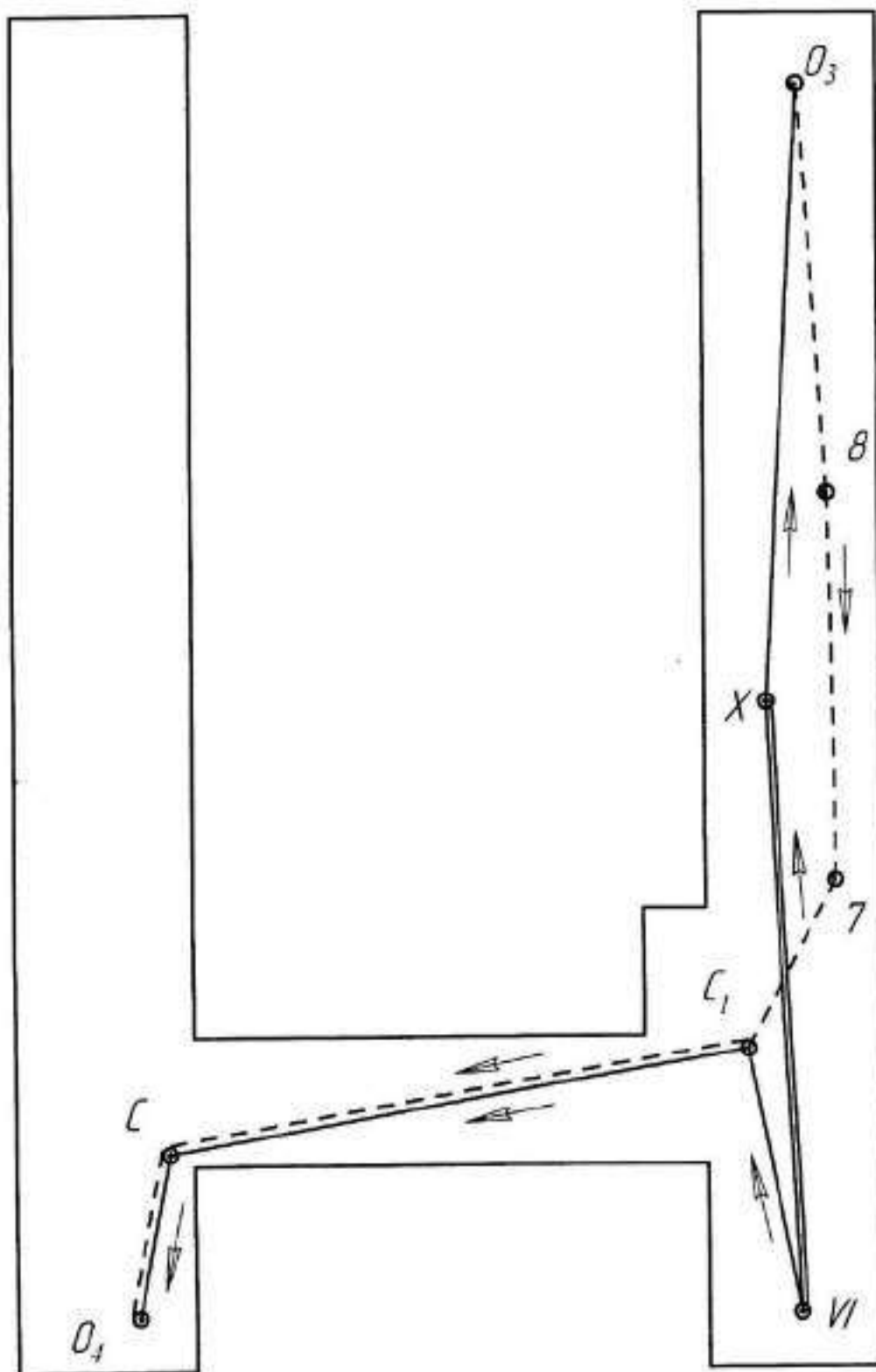


Рис. 10. Схема 4. Ориентировка через две вертикальные выработки:

- теодолитный ход на земной поверхности, точки в почве (в полу);
- - - - - теодолитный ход на ориентируемом горизонте, точки в кровле (в потолке);
- направление вычисления ориентировки.

Расчет ориентировок ведется в следующей последовательности:

1. На земной поверхности (точки в почве) от исходной стороны I – II – схема 3 (см. рис. 9) и VI – X – схема 4 (см. рис. 10) вычисляются координаты отвесов O_1 и O_2 – схема 3, O_3 и O_4 – схема 4 в системе координат, принятой на земной поверхности. Пример расчета приведен в табл. 8 – схема 3, табл. 9 - схема 4.

2. По вычисленным координатам отвесов на земной поверхности (точки в почве), решая обратную геодезическую задачу, определяем дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами.

Схема 3

$$\arctg \alpha_{o_1o_2} = \frac{Y_{o_2} - Y_{o_1}}{X_{o_2} - X_{o_1}} = \frac{6125320,046 - 6125362,882}{640697,048 - 640736,053} = \frac{-42,836}{-39,005} = 1,098;$$

$$\alpha_{o_1o_2} = 227^{\circ}40'47'';$$

$$C_{o_1o_2} = \frac{Y_{o_2} - Y_{o_1}}{\sin \alpha_{o_1o_2}} = \frac{X_{o_2} - X_{o_1}}{\cos \alpha_{o_1o_2}} = \frac{42,836}{\sin 227^{\circ}40'47''} = \frac{39,005}{\cos 227^{\circ}40'47''} = 57,934 \text{ м}$$

Схема 4

$$\arctg \alpha_{o_3o_4} = \frac{Y_{o_4} - Y_{o_3}}{X_{o_4} - X_{o_3}} = \frac{6125339,513 - 6125397,2850}{640734,089 - 640729,769} = \frac{-58,337}{4,320} = 13,504;$$

$$\alpha_{o_3o_4} = 274^{\circ}14'07'';$$

$$C_{o_3o_4} = \frac{Y_{o_4} - Y_{o_3}}{\sin \alpha_{o_3o_4}} = \frac{X_{o_4} - X_{o_3}}{\cos \alpha_{o_3o_4}} = \frac{58,337}{\sin 274^{\circ}14'07''} = \frac{4,32}{\cos 274^{\circ}14'07''} = 58,497 \text{ м}$$

3. На ориентируемом горизонте (точки в кровле) вычисляем координаты всех точек теодолитного хода и отвесов в условной системе координат.

За начало координат принимаем:

1. *Схема 3* (см. рис. 9) отвес O_1 , в этом случае $Y'_{O_1} = 0$; $X'_{O_1} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, т. е. $\alpha'_{O_1-4} = 0^\circ 0' 0''$.

2. *Схема 4* (см. рис. 10) отвес O_4 , в этом случае $Y'_{O_4} = 0$; $X'_{O_4} = 0$; ось x' направляем по первой стороне подземного теодолитного хода, т. е. $\alpha'_{O_4-8} = 0^\circ 0' 0''$.

Пример расчета координат точек подземного теодолитного хода и отвесов в условной системе координат приведен в табл. 10 (схема 3) и табл. 11 (схема 4).

3. По вычисленным координатам отвесов (на ориентируемом горизонте (точке в кровле)) в условной системе координат, решая обратную геодезическую задачу, определяем дирекционный угол линии створа отвесов и расстояние между отвесами в условной системе координат.

Схема 3

$$\operatorname{arctg} \alpha'_{O_1 O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{X'_{O_2} - X'_{O_1}} = \frac{-30,173}{49,454} = 0,610;$$

$$\alpha'_{O_1 O_2} = 328^\circ 36' 42'';$$

$$C'_{O_1 O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{\sin \alpha'_{O_1 O_2}} = \frac{X'_{O_2} - X'_{O_1}}{\cos \alpha'_{O_1 O_2}} = \frac{30,173}{\sin 328^\circ 36' 42''} = \frac{49,454}{\cos 328^\circ 36' 42''} = 57,932 \text{ м}$$

Схема 4

$$\operatorname{arctg} \alpha'_{O_3 O_4} = \frac{Y'_{O_4} - Y'_{O_3}}{X'_{O_4} - X'_{O_3}} = \frac{27,393}{51,695} = 0,530;$$

$$\alpha'_{O_3 O_4} = 27^\circ 55' 08'';$$

$$C'_{o_3o_4} = \frac{Y'_{o_4} - Y'_{o_3}}{\sin \alpha'_{o_3o_4}} = \frac{X'_{o_4} - X'_{o_3}}{\cos \alpha'_{o_3o_4}} = \frac{27,393}{\sin 27^\circ 55' 08''} = \frac{51,695}{\cos 27^\circ 55' 08''} = 58,504 \text{ м}$$

4. Контроль результатов вычислений и измерений:

Схема 3

$$\Delta C = C - C' = 57,934 - 57,932 = 0,002$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{2}{57934} = \frac{1}{28967} < 1:2000.$$

Схема 4

$$\Delta C = C - C' = 58,497 - 58,504 = 0,007$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{7}{58497} = \frac{1}{8357} < 1:2000.$$

5. Вычисляем угол поворота осей условной системы координат относительно системы координат на земной поверхности, т. е. определяем дирекционный угол первой стороны теодолитного хода на ориентируемом горизонте:

Схема 3

$$\Delta \alpha = \alpha_{o_1o_2} - \alpha'_{o_1o_2} = \alpha_{o_1-4} = 227^\circ 40' 47'' - 328^\circ 36' 42'' = 259^\circ 04' 05'';$$

$$\alpha_{o_1-4} = 259^\circ 04' 05''.$$

Схема 4

$$\Delta \alpha = \alpha_{o_3o_4} - \alpha'_{o_3o_4} = \alpha_{o_3-8} = 227^\circ 14' 07'' - 27^\circ 55' 08'' = 246^\circ 18' 59'';$$

$$\alpha_{o_3-8} = 246^\circ 18' 59''.$$

6. Вычисляем координаты пунктов теодолитного хода и отвеса O_2 (схема 3) и отвеса O_4 (схема 4) на ориентируемом горизонте в системе координат, принятой на земной поверхности.

Расчет ведется от отвеса O_1 (схема 3) и от отвеса O_3 (схема 4).

Координаты отвесов O_1 и O_3 принимаются равными координатам, полученными на земной поверхности (см. табл. 8, 9).

Результаты вычислений приведены в табл. 12 (схема 3) и табл. 13 (схема 4).

7. Вычисляем линейную невязку, т. е. разницу в координатах отвеса O_2 (схема 3) и от отвеса O_4 (схема 4), полученных на земной поверхности (см. табл. 8, 9) и на ориентируемом горизонте (см. табл. 12, 13).

Схема 3

$$f_x = X_{o_2}^{\text{III}} - X_{o_2}^{\text{II}} = 640697,049 - 640697,048 = 0,001 \text{ м};$$

$$f_y = Y_{o_2}^{\text{III}} - Y_{o_2}^{\text{II}} = 6125320,046 - 6125320,046 = 0,000 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{1^2 + 0} = 1 \text{ мм.}$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{1}{57934} \leq \frac{1}{5000}.$$

Схема 4

$$f_x = X_{o_4}^{\text{III}} - X_{o_4}^{\text{II}} = 640734,090 - 640734,089 = 0,001 \text{ м};$$

$$f_y = Y_{o_4}^{\text{III}} - Y_{o_4}^{\text{II}} = 6125339,506 - 6125339,513 = 0,007 \text{ м};$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{1^2 + 7^2} = 7,1 \text{ мм.}$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{C} = \frac{7,1}{58497} = \frac{1}{8239} \leq \frac{1}{5000}.$$

8. Производится распределение линейной невязки в приращении координат теодолитного хода на ориентируемом горизонте с обратным знаком пропорционально длинам сторон и вычисляются координаты пунктов теодолитного хода в системе координат, принятой на земной поверхности. В приведенных расчетах (см. табл. 12 и 13) линейные невязки практически отсутствуют. В случае получения $f_{\text{отн}} > \frac{1}{5000}$, ориентирование переделывается.

3. ПОДЗЕМНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СЪЕМКА

Вертикальная съемка горных выработок – это комплекс измерений и вычислений, в результате которых определяют высотные отметки (координаты Z) отдельных точек.

Определение высотных отметок в подземных горных выработках необходимо для пространственной увязки горных выработок между собой и с земной поверхностью в вертикальной плоскости.

Вертикальная съемка включает: геометрическое нивелирование на земной поверхности от пунктов государственной сети (не ниже IV класса точности) до устья ствола шахты, передачу высотной отметки в шахту, геометрическое или тригонометрическое нивелирование в горных выработках.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения передача высотной отметки в шахту выполняется: через наклонный ствол или штольню; через вертикальную выработку (ствол, шурф, восстающий).

В программе лабораторных работ предусмотрено выполнение передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки и геометрическое нивелирование горных выработок.

3.1. Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки

Передача высотной отметки через вертикальные выработки производится тремя способами: длинномером (глубиномером) ДА-2, длинной лентой (рулеткой), светодальномером (лазерной рулеткой).

Высоты в подземные горные выработки передают независимо дважды. Разность в превышениях из двух независимых значений ($\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2$) не должна превышать величины [1] $\Delta Z \leq 0,0003H$, м, где H – глубина вертикальной выработки в м.

При выполнении геометрического нивелирования расхождения между двумя превышениями допускается не более 4 мм. За окончательный результат принимается среднеарифметическое значение.

3.1.1. Лабораторная работа № 5 Передача высотной отметки длинномером ДА-2

Длиномер (глубиномер) маркшейдерский, предназначен для измерения глубины вертикальных горных выработок. Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: дальномер ДА-2, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения. На земной поверхности (верхний этаж) (рис. 11) на временном полке устанавливается дальномер ДА-2. На уровне визирного луча инструмента (нивелира), установленного на верхнем этаже, подвешивается груз-рейка. На репер R_{II} устанавливается нивелирная рейка. Фиксируются отсчеты с точностью до миллиметров по груз-рейке n_{II} , нивелирной рейке a_{II} и по счетчику мерного диска ДА-2 N_{II} .

Далее, груз-рейку опускают вниз примерно на 1 м и на уровне визирного луча нивелира закрепляют контрольную рейку. Фиксируются отсчеты по контрольной рейке n_{II} , нивелирной рейке a_{II} и по счетчику мерного диска ДА-2 N_{II} .

После этого груз-рейку опускается на нижний этаж до уровня визирного луча нивелира, установленного на нижнем этаже. На репер R_{III} на нижнем этаже устанавливается нивелирная рейка. Фиксируются отсчеты с точностью до миллиметра по груз-рейке n_{III} , нивелирной рейке a_{III} и по счетчику мерного диска ДА-2 N_{III} .

Затем, груз-рейка опускается вниз и на уровне визирного луча нивелира устанавливается контрольная рейка. Фиксируются отсчеты по контрольной рейке n_{III} , нивелирной рейке a_{III} и по счетчику мерного диска ДА-2 N_{III} .

Второй прием передачи высотной отметки проводится при подъеме груз-рейки и контрольной рейки в обратном направлении снизу вверх. Перед выполнением второго приема предварительно изменяют положение контрольной рейки по высоте или устанавливают другой горизонт нивелира с целью получения нового отсчета.

Запись результатов измерений производится в полевом журнале (табл. 14).

При выполнении каждого приема измеряется температура воздуха на каждом этаже t_{II} , t_{III} с точностью до 1°C .

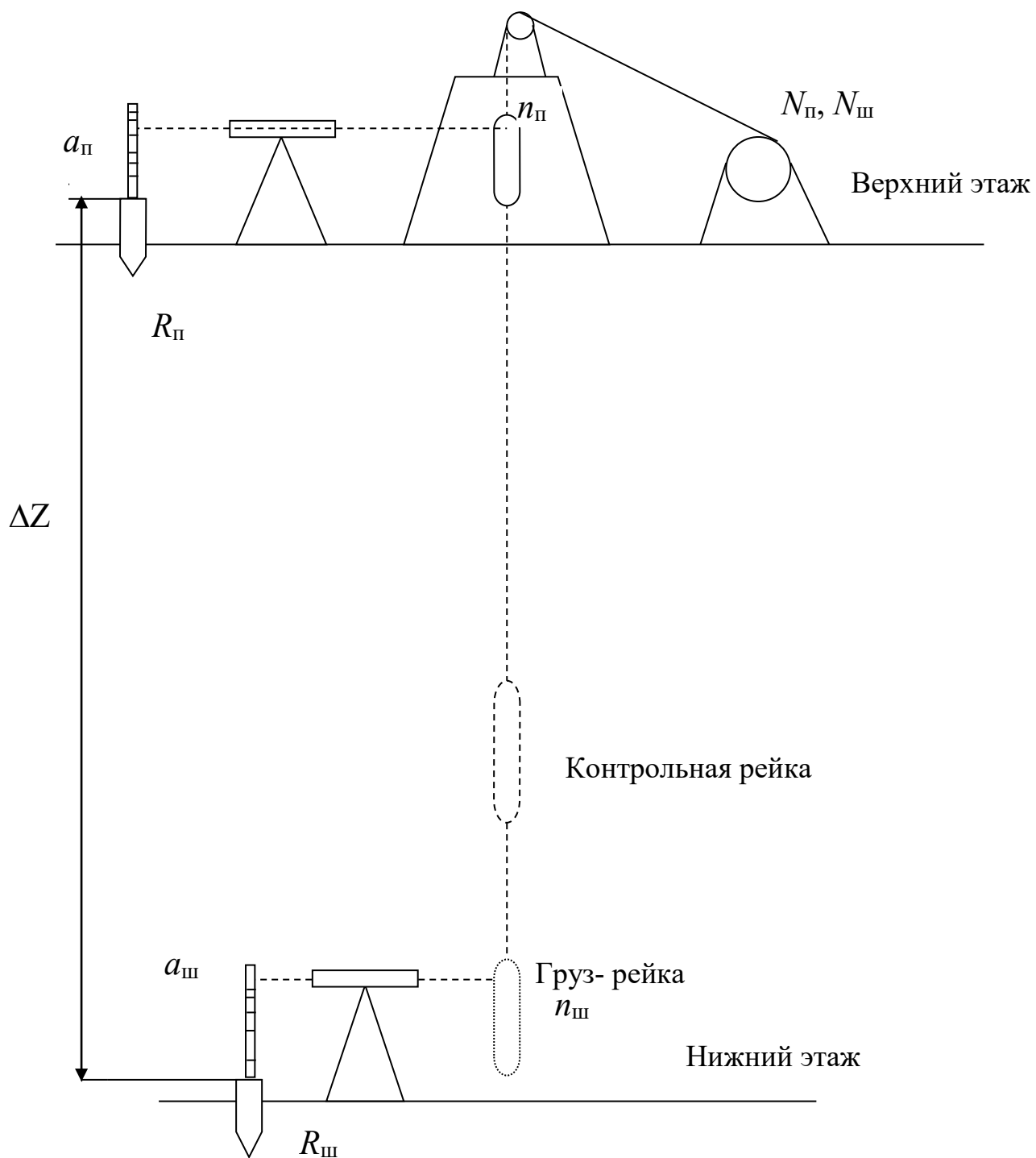


Рис. 11. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку дальномером (глубомером) ДА-2

Полевой журнал для записей измерений длиномерами ДА-2

| Наименование операций | Отсчеты, мм | | | | | | $t_{\text{П}}$, град | $t_{\text{Ш}}$, град |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| | $N_{\text{П}}$ | $n_{\text{П}}$ | $a_{\text{П}}$ | $N_{\text{Ш}}$ | $n_{\text{Ш}}$ | $a_{\text{Ш}}$ | | |
| <u>Спуск</u>
груз-рейка
контр. рейка | | | | | | | | |
| <u>Подъем</u>
груз-рейка
контр. рейка | | | | | | | | |

Отсчеты по нивелирным рейкам и груз-рейке фиксируются до миллиметров.

Камеральная обработка результатов измерений

Превышение ΔZ в каждом полуприеме определяется (раздельно для груз-рейки и контрольной рейки) по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}) + (a_{\text{П}} - a_{\text{Ш}}) + (\lambda_{\text{Ш}} - \lambda_{\text{П}}).$$

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) за диаметр проволоки

$$\Delta L_d = 0,001\pi d(N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}), \text{ м},$$

где d - диаметр проволоки, мм (0,8 мм); $N_{\text{П}}, N_{\text{Ш}}$ - отсчеты по мерному диску ДА-2, м; $\pi = 3,1416$;

2) за разность температуры проволоки в вертикальной выработке и на земной поверхности

$$\Delta L_t = \alpha(N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}})(t_{\text{ср}} - t_{\text{П}}); t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{П}} + t_{\text{Ш}}}{2},$$

где α - температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали $\alpha = 0,0000115$); $t_{\text{П}}, t_{\text{Ш}}$ - температура воздуха на земной поверхности на ориентируемый горизонт, соответственно, град. Для лабораторных работ $t_{\text{П}} = t_{\text{Ш}}$ и

поправки ΔL_t не вводятся;

3) за разность температуры мерного диска при измерении и компарировании

$$\Delta L_D = \alpha_D (N_n - N_{III})(t - t_0),$$

где α_D - коэффициент линейного расширения металла мерного диска; t, t_0 - температура мерного диска при измерении и компарировании, соответственно;

4) за компарирование мерного диска

$$\Delta L_K = (N_{II} - N_{III})(l - 1),$$

где l - длина окружности мерного диска по паспорту завода, м.

Исправленное превышение ΔZ_{II} вычисляется для каждого полуприема, т. е. по груз-рейке и контрольной рейке по формуле:

$$\Delta Z_{II} = \Delta Z + \Delta L_d + \Delta L_t + \Delta L_D + \Delta L_K.$$

Расхождение между превышениями ΔZ_{II} , определении по груз-рейке ($\Delta Z'_{II}$) и контрольной рейке ($\Delta Z''_{II}$)

$$\Delta Z'_{II} - \Delta Z''_{II} \leq 0,0003H, \text{ м},$$

где H - глубина вертикальной выработки ($H = N_{II} - N_{III}$) в м;

$$\Delta Z_{cp} = \frac{\Delta Z'_{II} + \Delta Z''_{II}}{2}, \text{ м}.$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$Z_{III} = Z_{II} + \Delta Z_{cp}, \text{ м},$$

где Z_{III}, Z_{II} - высотная отметка реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности.

3.1.2. Лабораторная работа № 6

Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)

Длинная лента – это лебедка, на барабан которой (диаметром 30 мм) намотана лента. Длина ленты может быть от 100 до 500 м. При передаче высотной отметки на глубину до 100 м используется рулетка.

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: длинная лента (рулетка), металлическая линейка с миллиметровыми делениями длиной 50 мм, нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний этаж) (рис. 12) на временной полке устанавливается лебедка с лентой.

Лента опускается на ориентируемый горизонт (нижний этаж), где на ее конце подвешивается груз Q по массе, равной грузу, при котором производится компарирование ленты Q_0 . На земной поверхности (верхний этаж) и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) устанавливаются нивелиры, так чтобы через трубу нивелира были видны лента и нивелирная рейка, установленная на репере R_n и $R_{ш}$ (см. рис 12).

При измерениях по визирной оси нивелира берут отсчеты: с точностью до миллиметра по ленте, используя металлическую линейку, на земной поверхности (верхний этаж) N_n и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $N_{ш}$; по нивелирным рейкам, установленным на реперах, соответственно на земной поверхности (верхний этаж) a_n , на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $a_{ш}$. Измеряется температура воздуха на земной поверхности (верхний этаж) t_n и на ориентируемом горизонте (нижний этаж) $t_{ш}$.

Передача высотной отметки должна быть выполнена дважды. При втором измерении меняется высота инструментов (нивелиров) или положение ленты. В этом случае лента должна быть приподнята или опущена на 10 - 20 см.

Запись результатов измерений производится в полевой журнал (табл. 15).

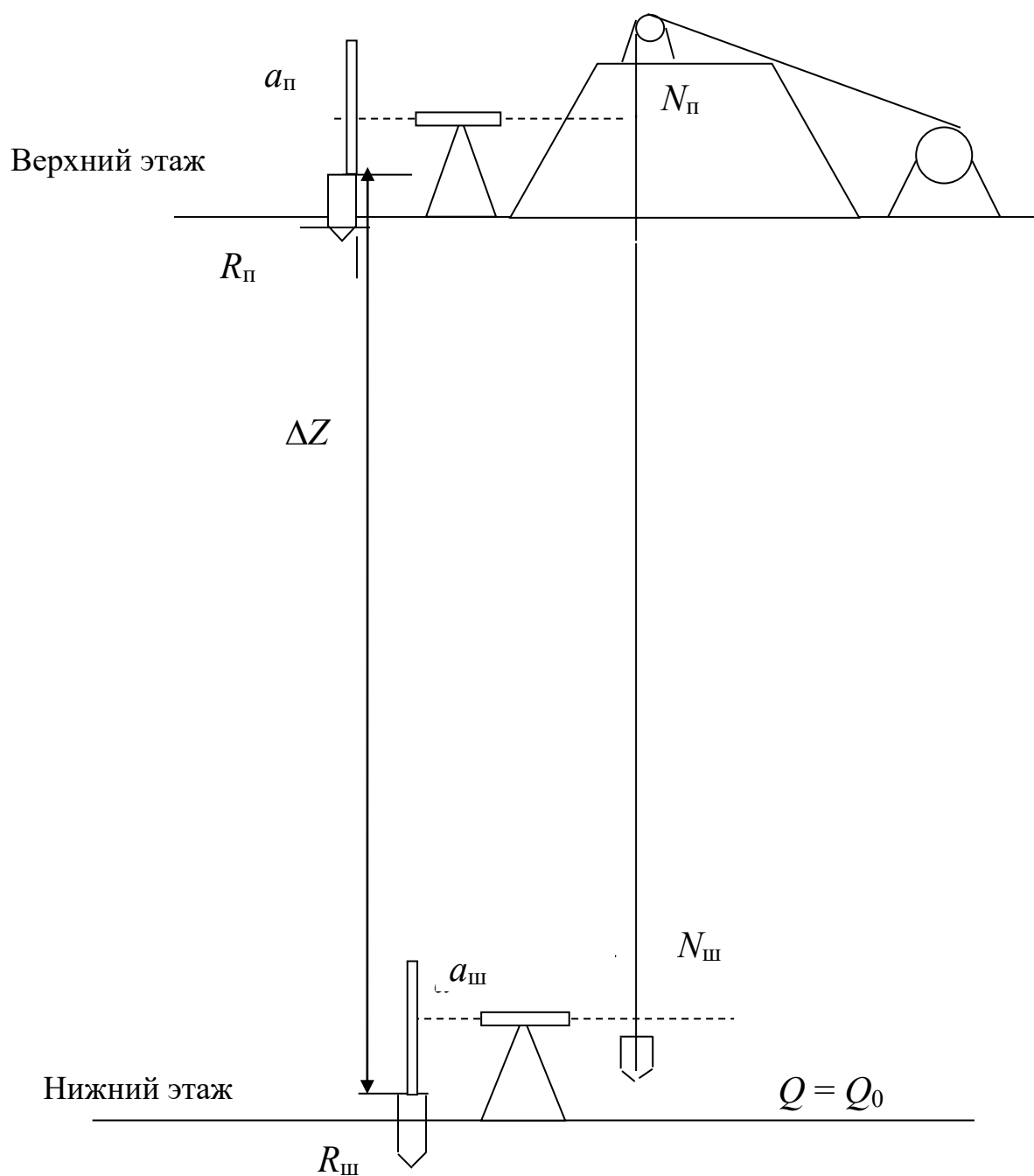


Рис. 12. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку длинной лентой (рулеткой)

Полевой журнал для записей длинной лентой (рулеткой)

| Положение ленты | Отсчеты, мм | | | | Температура, град | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--|
| | $n_{\text{П}}$ | $n_{\text{Ш}}$ | $a_{\text{П}}$ | $a_{\text{Ш}}$ | | |
| 1 | | | | | $t_{\text{П}}$ | |
| | | | | | $t_{\text{Ш}}$ | |
| 2 | | | | | $t_{\text{П}}$ | |
| | | | | | $t_{\text{Ш}}$ | |

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом положении ленты определяется по формуле:

$$\Delta Z = (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}}) + (a_{\text{П}} - a_{\text{Ш}}).$$

В вычисленное превышение вводят поправки, м:

1) поправка за расстояние ленты от собственного веса

$$\Delta L_Q = \frac{L^2 \cdot \gamma \cdot q}{2E},$$

где $L = (N_{\text{П}} - N_{\text{Ш}})$ - длина ленты на измеренном участке: γ - плотность металла ленты (7874 кг/м^3), $q = 9,81 \text{ м/с}^2$, E - модуль упругости стали, $E = 2,5 \cdot 10^{11} \text{ Па}$, $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$;

2) поправка за температуру

$$\Delta L_t = \alpha L (t_{\text{ср}} - t_0),$$

где α - коэффициент линейного расширения металла (для стали $\alpha = 0,0000115$), температура воздуха, соответственно, $t_{\text{ср}}$ - средняя (верхний и нижний этаж), t_0 - при компарировании ленты;

3) поправка за компарирование ΔL_k .

Исправленное превышение $\Delta Z_{и}$ вычисляется для каждого положения ленты

$$\Delta Z_{и} = \Delta Z + \Delta L_Q + \Delta L_t + \Delta L_k.$$

Расхождение между превышениями $\Delta Z_{и}$, определенными при первом положении ленты $\Delta Z'_{и}$ и вторым $\Delta Z''_{и}$, не должно превышать величины

$$\Delta Z'_{и} - \Delta Z''_{и} \leq 0,003H, \text{ м,}$$

где H - глубина вертикальной выработки ($H = N_{II} - N_{III}$), м,

$$\Delta Z_{ср} = \frac{(\Delta Z'_{и} + \Delta Z''_{и})}{2}, \text{ м.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$\Delta Z_{III} = Z_{II} + \Delta Z_{ср}, \text{ м,}$$

где Z_{III}, Z_{II} - высотная отметка реперов соответственно на ориентируемый горизонте и на земной поверхности.

3.1.3. Лабораторная работа № 7 **Передача высотной отметки** **светодальномером (лазерной рулеткой)**

Лабораторная работа выполняется в учебном здании университета и состоит в передаче высотной отметки с этажа на этаж (с земной поверхности на ориентируемый горизонт).

Приборы и оборудование: светодальномер (лазерная рулетка), нивелир, нивелирная рейка.

Методика выполнения: на земной поверхности (верхний этаж) (рис. 13) на временной полке устанавливается светодальномер (лазерная рулетка) на ориентируемом горизонте (нижний этаж) отражатель.

При измерениях берут отсчеты в нивелиры на земной поверхности (верхний этаж) по рейке, установленной на

светодальномере

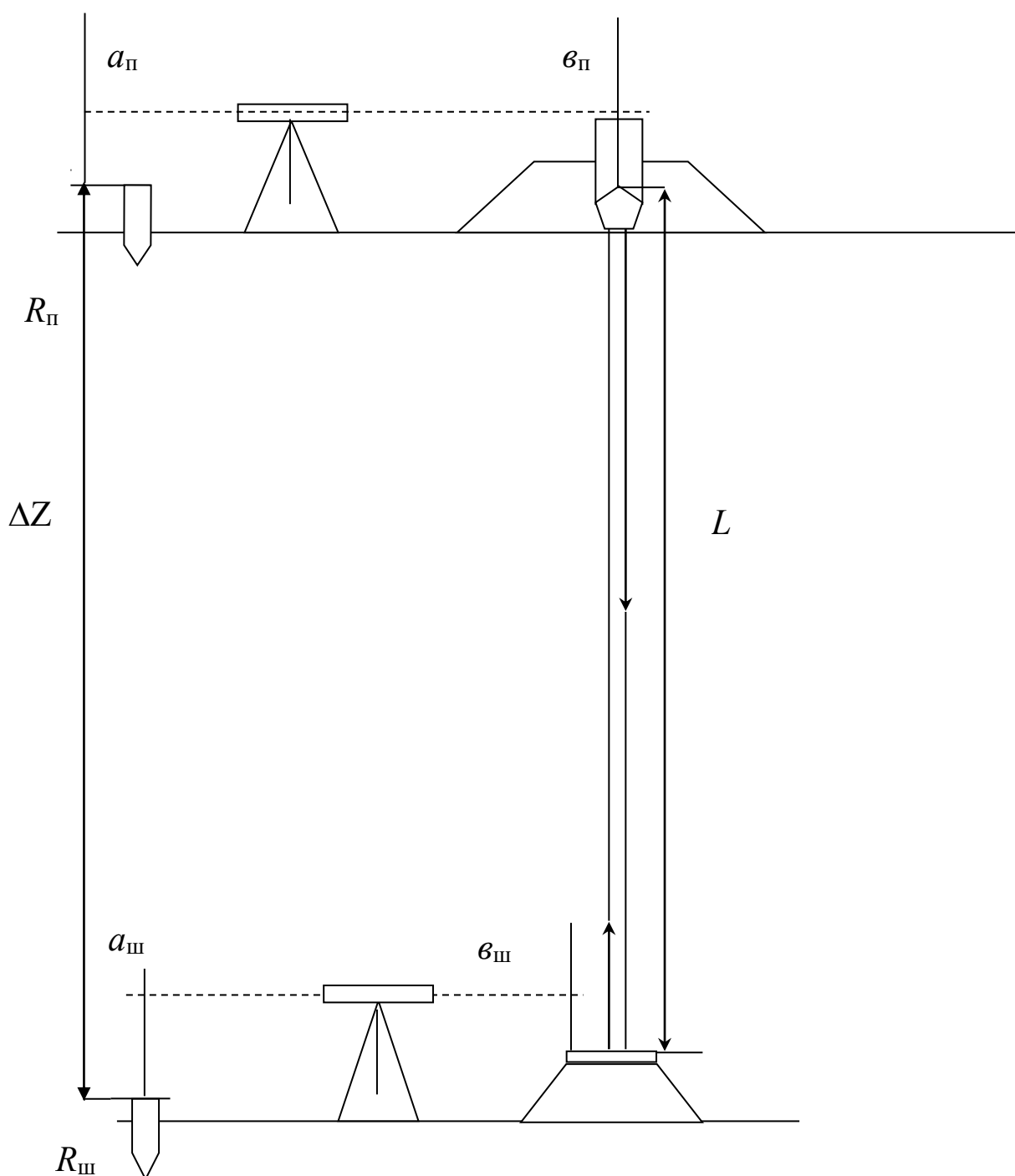


Рис. 13. Схема передачи высотной отметки через вертикальную выработку светодальномером (лазерной рулеткой)

(лазерной рулетке) (b_{Π}) и на репере (n_{Π}); на ориентируемом горизонте (нижний этаж) по рейке, установленной на отражателе ($b_{\text{Ш}}$) и на репере ($n_{\text{Ш}}$). Записывают измеренное светодальномером (лазерной рулеткой) расстояние (L).

Измерения повторяют, не менее двух приемов, изменив высоту нивелира, светодалномера и отражателя.

Запись результатов измерений ведут в полевом журнале (табл. 16).

Таблица 16

**Полевой журнал для записей измерений светодалномером
(лазерной рулеткой)**

| Номера измерений (приемов) | Отсчеты, мм | | | | | Температура, t , град | Атмосфер. давл., P | Примечание |
|----------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------------|----------------------|------------|
| | L | v_{II} | a_{II} | v_{III} | a_{III} | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |

Камеральная обработка

Превышение ΔZ при каждом приеме определяется по формуле:

$$\Delta Z = L - (a_{II} - v_{II}) + (a_{III} - v_{III}).$$

В вычисленные превышения вводятся поправки, м:

- поправка за температуру воздуха ΔL_t ,
- поправка за атмосферное давление ΔL_p ,
- постоянная поправка светодалномера ΔL_c .

Исправленное превышение $\Delta Z_{И}$ вычисляется для каждого приема

$$\Delta Z_{И} = \Delta Z + \Delta L_t + \Delta L_p + \Delta L_c.$$

Расхождение между превышениями, определенными в каждом приеме, не должно превышать величины $\Delta Z'_{И} - \Delta Z''_{И} \leq 0,003L$, м.

Окончательно принимается среднеарифметическое значение

$$\Delta Z_{ср} = \frac{(\Delta Z'_{И} + \Delta Z''_{И})}{2}, \text{ м.}$$

Высотная отметка репера на ориентируемом горизонте равна

$$\Delta Z_{\text{ш}} = Z_{\text{п}} + \Delta Z_{\text{ср}}, \text{ м},$$

где $Z_{\text{ш}}$, $Z_{\text{п}}$ - высотные отметки реперов соответственно на ориентируемом горизонте и на земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ, серия 07.* Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерского контроля. М.: 2003. – 118 с.
2. *ОГЛОБЛИН Д. Н. и др.* Маркшейдерское дело. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| 1. Подземные маркшейдерские съемки..... | 3 |
| 1.1. Общие сведения..... | 3 |
| 1.2. Основные понятия ориентирования и единиц мер измерения..... | 5 |
| 1.3. Теодолитная съемка в шахте..... | 9 |
| 1.3.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов..... | 9 |
| 1.3.2. Измерения длин сторон теодолитных ходов..... | 12 |
| 1.3.3. Съемка подробностей (контуров)..... | 15 |
| 1.4. Лабораторная работа № 1. Подземная теодолитная съемка..... | 15 |
| 1.5. Компарирование рулетки..... | 18 |
| 1.5.1. Лабораторная работа № 2. Компарирование рулетки..... | 18 |
| 2. Ориентирно-соединительные съемки..... | 24 |
| 2.1. Лабораторная работа № 3. Ориентирно-соединительные съемка через одну вертикальную выработку..... | 25 |
| 2.2. Лабораторная работа № 4. Ориентирно-соединительные съемка через две вертикальные выработки..... | 37 |
| 3. Подземная вертикальная съемка..... | 50 |
| 3.1. Передача высотной отметки через вертикальные горные выработки..... | 50 |
| 3.1.1. Лабораторная работа № 5. Передача высотной отметки длиномером ДА-2..... | 50 |
| 3.1.2. Лабораторная работа № 6. Передача высотной отметки длинной лентой (рулеткой)..... | 55 |
| 3.1.3. Лабораторная работа № 7. Передача высотной отметки светодальномером (лазерной рулеткой)..... | 57 |
| Список литературы..... | 62 |
| Содержание..... | 63 |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Голубко Б.П.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

« ____ » _____ 2019 г.

МАРКШЕЙДЕРИЯ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П.Голубко; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальность 21.05.04 Горное дело по дисциплине «Маркшейдерия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

© Голубко Б.П.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 6 |
| 2. Содержание Курса. Контрольные вопросы и задачи по темам дисциплины | 7 |
| Рекомендуемая литература | 11 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 288 часов или 8 зачетных единиц. Из них 149 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерия» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; решение и защита типовых маркшейдерских задач по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерия». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется учебное пособие для решения типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом [2]. Эта учебное пособие программа может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] изучите каждую тему дисциплины, используйте указанную дополнительную литературу[2]. Консультацию можете получить у преподавателя.
3. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные задачи. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
4. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
5. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в конце каждого раздела учебного пособия [2]. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание курса

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, курсовая работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стре-

миться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служит опрос.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

2.2. Контрольные вопросы

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Каковы задачи маркшейдерской службы?
2. Где зародилась специальность маркшейдерское дело?
3. Задачи, решаемые маркшейдерской службой на действующих шахтах.
4. Каковы виды и принципы маркшейдерских съемок в плане и по высоте?
5. Какими приборами пользуются маркшейдеры для измерения углов, расстояний?

Тема 2: Маркшейдерские опорные сети на земной поверхности

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?

3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?
6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

Тема 3: Геометрический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи геометрического способа ориентирования.
2. Практическое значение геометрического способа ориентирования.
3. Какие способы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схемы ориентирования через наклонный ствол или штольню.
5. Схема ориентирования через один вертикальный ствол.
6. Схема ориентирования через два вертикальных ствола.
7. Оценка точности геометрических способов ориентирования.

Тема 4: Гироскопический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи гироскопического способа ориентирования.
2. Практическое значение гироскопического способа ориентирования.
3. Какие схемы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схема ориентирования через один вертикальный ствол.
5. Методика и схема ориентирования через два вертикальных ствола.
6. Основные понятия теории гироскопического ориентирования.

Тема 5: Вертикальная соединительная съемка подземных горных выработок

1. Цель и задачи вертикальной соединительной съемки.
2. Практическое значение вертикальной соединительной съемки.
3. Какие методы и схемы передачи высотной отметки в шахту?
4. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту глубиномером ДА-2.
5. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой или рулеткой.
6. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту светодальномером.
7. Оценка точности вертикальной соединительной съемки.

Тема 6: Маркшейдерские подземные опорные сети

1. Цель и задачи маркшейдерских подземных опорных сетей.
2. Способы создания опорных подземных сетей.
3. Основные требования при создании и реконструкции подземных опорных сетей.
4. Закрепление пунктов подземных опорных сетей.
5. Методика и требования при измерении углов и длин подземных опорных сетей.

6. Методика и способы определения высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.
7. Оценка точности определения плановых координат и высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.

Тема 7: Маркшейдерская съемка в подземных горных выработках

1. Цель и задачи маркшейдерской съемки подземных горных выработок.
2. Способы создания и реконструкции маркшейдерских съемочных сетей.
3. Закрепление пунктов подземных съемочных сетей.
4. Методика и требования при измерении углов и длин съемочных сетей.
5. Цель и задачи маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
6. Схемы и методика производства маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
7. Камеральная обработка и оценка точности съемочных сетей и съемки контуров подземных горных выработок.

Тема 8: Маркшейдерский контроль проходки подземных горных выработок

1. Цель и задачи маркшейдерского контроля проходки подземных горных выработок.
2. Исходные данные для задания направления на проходку горных выработок.
3. Задание направления в горизонтальной плоскости.
4. Задание направления в вертикальной плоскости.
5. Использование лазерных указателей направления.
6. Замер проходки горных выработок.
7. Замер остатков полезного ископаемого и горной массы на складах и отвалах.

Рекомендуемая литература

- 1.Оглоблин Д.Н. и другие. «Маркшейдерское дело»: Учебник.- М. Недра,1981г.-704 с.
- 2.Голубко Б.П., Земских Г.В., Раева О.С. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 96с.

Маркшейдерия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Б.П. Голубко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: 2019. – 12 с.

Автор

Голубко Борис Павлович

Корректурa кафедры маркшейдерского дела

Подписано к печати

Формат бумаги 60x84 1/16

Печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА

620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР

Специальность

21. 05. 04 «Горное дело»

Специализация «Маркшейдерское дело»

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Леонтьев А.Т., доцент, к.т.н.

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 от 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| 1.Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся | 5 |
| 2.Содержание курса | 7 |
| 3.Перечень вопросов для проведения самопроверки и подготовки к зачету, экзамену | 8 |
| 4.Содержание расчетно-графических работ | 11 |
| 5.Курсовая работа | 17 |
| 6.Перечень рекомендуемой литературы | 19 |

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированным видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы обучающихся является закрепление знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у обучающихся творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний обучающихся, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у обучающихся таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей, обучающихся);
- информационно-обучающую (учебная деятельность обучающихся на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы обучающихся должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития обучающихся;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню обучающихся.

Содержание самостоятельной работы обучающихся представляет собой совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить обучающийся в процессе обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы для обучающихся по дисциплине «Рациональное использование и охрана недр» обращают внимание обучающегося на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы*, сдаче теста зачета экзамена и выполнения курсовой работы.

Настоящие методические указания позволяют студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Рациональное использование и охрана недр» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету и экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы обучающегося преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы обучающихся используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен.

Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы обучающегося по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7 (РПД). Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы обучающихся, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма це-

лесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, обучающимся следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи рационального использования и охраны недр.

Тема 2: Нормативно- правовая база законодательства РФ о недрах

Дается понятие «Недр». История формирования законодательства о недрах в Российской Империи, в советское время и в настоящий период. Закон Российской Федерации «О недрах». Федеральный закон «О драгоценных металлах и драгоценных камнях». Положение о лицензировании деятельности по производству маркшейдерских работ и другие законодательные акты, направленные на повышение эффективности использования полезных ископаемых из недр.

Тема 3: Понятие о запасах п.и. Принципы их разведки и оконтуривания

Понятие запасов п.и. Единицы их измерений. Геологические, промышленные, балансовые, забалансовые запасы. Категории запасов. Предварительная, детальная, эксплуатационная стадии разведки месторождений. Виды контуров тел полезных ископаемых. Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок и морфологическим принципам. Геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы экстраполяции при оконтуривании тел п.и.

Тема 4: Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых п.и. по степени их геологической изученности, для проектирования горных предприятий и степени их подготовленности к добыче

История создания классификации запасов «ресурсов» твердых п.и. Классификация запасов п.и. в СССР (России). Понятие балансовых, забалансовых запасов и ресурсов. Рамочная классификация энергетических и минеральных ресурсов ООН. Процентное соотношение балансовых запасов различных категорий, используемых при проектировании предприятий по добыче твердых п.и. в СССР (России). Группы месторождений по сложности геологического строения. Подготовленность месторождений для промышленного освоения. Градация промышленных запасов по степени подготовленности к добыче (вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы).

Тема 5: Определение исходных данных для подсчета запасов. Методы подсчета запасов. Оценка точности подсчета запасов

Общие сведения о параметрах подсчета запасов. Способы определения площадей залежей в пределах контура подсчета запасов (графический, механический, аналитический). Определение мощности тела п.и. Определение содержания полезного компонента. Определение плотности горных пород. Общая характеристика и применимость методов подсчета запасов: метод геологических блоков; эксплуатационных блоков; многоугольников; треугольников; геологических разрезов; изолиний и объемной палетки проф. П.К. Соболевского; комбинированный способ подсчета запасов. Факторы, влияющие на точность определения запасов в недрах. Погрешность подсчета запасов. Учет состояния и движения запасов п.и.

Тема 6: Показатели полноты и качества извлечения п.и. из недр. Классификация потерь твердых полезных ископаемых, методы их определения и нормирования.

Основные понятия и термины: балансовые запасы; забалансовые запасы; добытая рудная масса; бортовое содержание; минимально промышленное содержание; потери запасов п.и.; потери полезного компонента; разубоживание полезного ископаемого. Условные обозначения основных терминов и понятий. Обзор и анализ различных показателей полноты и качества извлечения п.и. при их добыче. Требования предъявляемые к классификации потерь п.и. при разработке месторождений. Классификационные признаки

потерь. Единая классификация потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений. Методы определения потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых (прямой; косвенный). Оценка экономических последствий потерь п.и. при разработке месторождений. Методы нормирования потерь: статистический; конструктивный; расчетный; экспериментальный; метод аналогии.

Тема 7: Маркшейдерский учет объемов горных работ и их движение при добыче п.и.

Общие положения. Подсчет объемов горных пород по маркшейдерской съемке. Определение объемов горных пород по результатам взвешивания транспортных сосудов. Определение остатков п.и. на складах и бункерах. Учет запасов: первичный учет; отчетность. Оперативный учет добычи п.и. Маркшейдерский контроль оперативного учета добычи п.и.

Тема 8: Задачи, этапы и виды планирования развития горных работ

Задачи планирования горных работ. Периоды планирования горных работ: генеральный; перспективный; текущий. Годовые планы развития горных работ. Порядок их рассмотрения и согласования. Требования к их составлению. Подготовка исходной информации. Расчет параметров добычи п.и., расчет потерь и разубоживания при добыче. Составление пояснительной записки и графических материалов.

Примерный перечень вопросов для проведения самопроверки и подготовки к зачету, экзамену

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Назовите основные задачи предмета «Рациональное использование и охрана недр».
2. Дайте определение понятия «недр».
3. Что относится к недрам и в чем заключается их ценность.
4. Основные экологические и другие функции недр.
5. Экологические последствия разработки недр.
6. Основное природное богатство недр.
7. Раскройте понятие- рациональное использование и охрана недр.
8. В чем заключается связь полезных ископаемых с недрами.
9. С какими видами маркшейдерских работ связана изучаемая дисциплина?

Тема 2: Нормативно правовая база законодательства РФ о недрах

1. Назовите основные этапы развития горного права Российской Империи (1700-1917гг.).
2. Раскройте понятие указов: «Об учреждении приказа Рудокопных дел», «Берг- привилегии»; Устава Горного Российской Империи.
3. Что составляло основу законодательства о недрах периода РСФСР и СССР.
4. Какой порядок недропользования устанавливался Горным положением Союза ССР (1927г.) и Горным законом РСФСР (1928г.)?
5. Назовите основные разделы «Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (1975г.).
6. Какую роль играл Кодекс РСФСР о недрах, утвержденный в 1976г.?
7. Что послужило причиной разработки нового закона РФ «О недрах».
8. Назовите основные разделы закона РФ «О недрах».
9. Раскройте перечень статей «Раздела III. Рациональное использование и охрана недр» закона РФ «о недрах».
10. Что понимают под термином рациональное использование недр?
11. Что понимают под понятием охрана недр?
12. Дайте полное определение понятия недр.
13. Как вопрос о недрах звучит в Конституции РФ 1993года?

Тема 3: Понятие о запасах п.и. Принципы их разведки и оконтуривания

1. Что понимается под оконтуриванием тел полезных ископаемых?
2. Виды контуров тел полезных ископаемых.
3. Определение контуров тел п.и. в пределах отдельных разведочных выработок.
4. Оконтуривание тел п.и. по совокупности разведочных выработок.
5. Определение контуров тел п.и. за пределами разведочных выработок.
6. Какие приемы экстраполяции используются при оконтуривании тел п.и.?
7. Что понимается под геологическими приемами экстраполяции тел п.и.?
8. Морфологические приемы проведения внешнего контура рудной залежи.
9. Статистические приемы оконтуривания рудных залежей.
10. Геометрические приемы оконтуривания тел п.и. и их три основные группы.
11. Оконтуривание балансовых запасов по кондиционной мощности.
12. Построение контура балансовых запасов по бортовому содержанию.
13. Как производится оконтуривание рудных тел при совместном учете естественных границ, кондиций по мощности и содержанию?
14. Назовите стадии разведки месторождений полезных ископаемых?
15. Дайте определение понятию «запасы полезных ископаемых».
16. Дайте определение понятию «балансовые и забалансовые запасы».
17. Что понимается под понятием «геологические и промышленные запасы»?

Тема 4: Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых п.и. по степени их геологической изученности, для проектирования горных предприятий и степени их подготовленности к добыче

1. Суть и назначение классификации запасов полезных ископаемых.
2. В какой стране появилась первая классификация запасов?
3. Этапы создания классификаций запасов в нашей стране.
4. Что означает понятие «разведанные и предварительно оцененные запасы»?
5. В классификации какого года появилось понятие балансовых и забалансовых запасов?
6. Что такое прогнозные ресурсы полезных ископаемых?
7. Дайте определение понятию категорий запасов «А, В, С1, С2».
8. Назовите критерии, по которым месторождения отнесены по сложности строения на четыре группы?
9. Назовите группы месторождений по размерам тел полезных ископаемых?
10. Назовите группы месторождений по характеру непрерывности орудинения?
11. На сколько групп поделены месторождения по изменчивости морфологии тел полезных ископаемых?
12. Какие группы месторождений существуют по степени равномерности распределения полезного компонента?
13. Назовите группы месторождений по сложности геологического строения для металлических и нерудных п.и. и углей и горючих сланцев?
14. Дайте процентное соотношение категорий запасов для всех групп сложности при их проектировании?
15. Раскройте сущность классификации запасов по степени подготовленности к добыче.
16. Дайте определение вскрытым, подготовленным и готовым к выемке запасам при открытом и подземном способах отработки месторождений.

Тема 5: Определение исходных данных для подсчета запасов. Методы подсчета запасов. Оценка точности подсчета запасов

1. Приведите общую формулу подсчета запасов и полезного компонента.
2. Раскройте параметры, входящие в формулы подсчета запасов и полезного компонента.
3. Назовите способы определения площадей рудных тел (залежей)?
4. Графический способ определения площадей рудных залежей.

5. Сущность механического способа определения площадей рудных залежей.
6. Аналитический способ определения площадей рудных залежей.
7. Как определить мощность рудного тела, имеющего четкие геологические границы?
8. Как определить истинную мощность тел полезных ископаемых по скважине?
9. Какие существуют способы определения средней мощности п.и?
10. Лабораторный способ определения содержания полезного компонента.
11. Какие показатели используются при средневзвешанном способе определения содержания полезного компонента?
12. Назовите методы определения плотности горных пород?
13. Метод пробной вырубki при определении плотности горных пород.
14. На чем основан лабораторный способ определения плотности горных пород?
15. Сущность аналитического метода определения плотности горных пород.
16. Как подсчитать запасы п.и. «методом геологических блоков»?
17. Как подсчитать запасы п.и. «методом эксплуатационных блоков»?
18. Как подсчитать запасы п.и. «методом многоугольников»?
19. Как подсчитать запасы п.и. «методом треугольников»?
20. Как подсчитать запасы п.и. «методом геологических разрезов»?
21. Как подсчитать запасы п.и. «методом изолиний и объемной палетки проф. П.К. Со-
болевского»?
22. Какие факторы влияют на точность определения запасов в недрах?
23. Напишите формулу общей погрешности запасов руды и металла.
24. Дайте определение грубым, систематическим и случайным ошибкам измерений.
25. В чем заключается учет состояния и движения запасов полезных ископаемых?

Тема 6: Показатели полноты и качества извлечения п.и. из недр. Классификация потерь твердых полезных ископаемых, методы их определения и нормирования.

1. Назовите основные понятия и термины, применяемые при расчете показателей полноты и качества извлечения запасов из недр.
2. Каким показателем характеризуется полнота извлечения запасов из недр?
3. Что характеризуется коэффициентом изменения качества?
4. Напишите формулы вычисления показателей полноты и качества извлечения запасов из недр для рудных нерудных и угольных месторождений.
5. Что понимается под понятием «потери» и «разубоживание» руды?
6. Каким условиям должна удовлетворять классификация потерь полезных ископаемых?
7. Назовите классификационные признаки потерь?
8. Дайте единую классификацию потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений.
9. Какие группы методов определения потерь существуют в настоящее время?
10. На чем основаны прямые и косвенные методы определения потерь?
11. Назовите причины возникновения потерь и разубоживания руды.
12. Напишите формулы вычисления показателей потерь и разубоживания косвенным методом.
13. Какие виды потерь подлежат нормированию?
14. Назовите методы нормирования потерь.
15. Какими принципами и обще методическими указаниями по нормированию потерь и разубоживания руководствуются при добыче запасов?

Тема 7: Маркшейдерский учет объемов горных работ и их движение при добыче п.и.

1. Основные принципы учета состояния и движения запасов.
2. Какова схема разделения запасов и добытой горной массы?
3. Что понимается под понятием «кондиции» на п.и. и кто их устанавливает?
4. Из чего складывается учет запасов, задачи учета запасов?
5. Принципы нормирования подготовленных и готовых к выемке запасов.

6. Что называется, оперативным учетом добычи полезного ископаемого?
7. Как производится маркшейдерский контроль оперативного учета добычи п.и.?
8. Как ведется подсчет объемов горных пород по маркшейдерской съемке?
9. Как определяются объемы горных пород по результатам взвешивания?
10. Как ведется маркшейдерский контроль добычи и вскрыши?
11. Как определяются остатки полезного ископаемого на складах?

Тема 8: Задачи, этапы и виды планирования развития горных работ

1. Перечислите основные задачи планирования горных работ.
2. Назовите периоды планирования горных работ.
3. Раскройте содержание годового плана развития горных работ?
4. Каков порядок рассмотрения и согласования годовых планов развития горных работ?
5. Какие требования предъявляются к составлению годового плана горных работ?
6. Какие исходные материалы являются основой для составления планов горных работ?
7. Какие показатели горного предприятия подлежат планированию?
8. Для чего проводится анализ состояния горных работ на начало планируемого периода?
9. Состав пояснительной записки плана развития горных работ?
10. Какие графические и табличные материалы содержит пояснительная записка плана развития горных работ?

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические занятия, согласно учебного плана дисциплины «Рациональное использование и охрана недр», включают в себя выполнение пяти расчетно- графических работ (РГР) по подсчету запасов участка железорудного месторождения методами:

1. Геологических блоков.
2. Горизонтальных сечений.
3. Геологических разрезов.
4. Треугольников
5. Ближайших районов.

Исходными данными, для выполнения пяти расчетно-графических работ, служат результаты разведки участка железорудного месторождения, представленные в виде таблицы, в которой приведены координаты (x,y,z) восьми скважин и отметки висячего и лежащего боков залежи, а также приведен пример фрагмента плана с координатной сеткой масштаба 1:2000. Обучающемуся необходимо нанести скважины на план, выписать около каждой скважины ее мощность, методом интерполирования установить контур рудной залежи по изолинии нулевого метра и подсчитать запасы руды пятью методами.

Таблица исходных данных для подсчета запасов

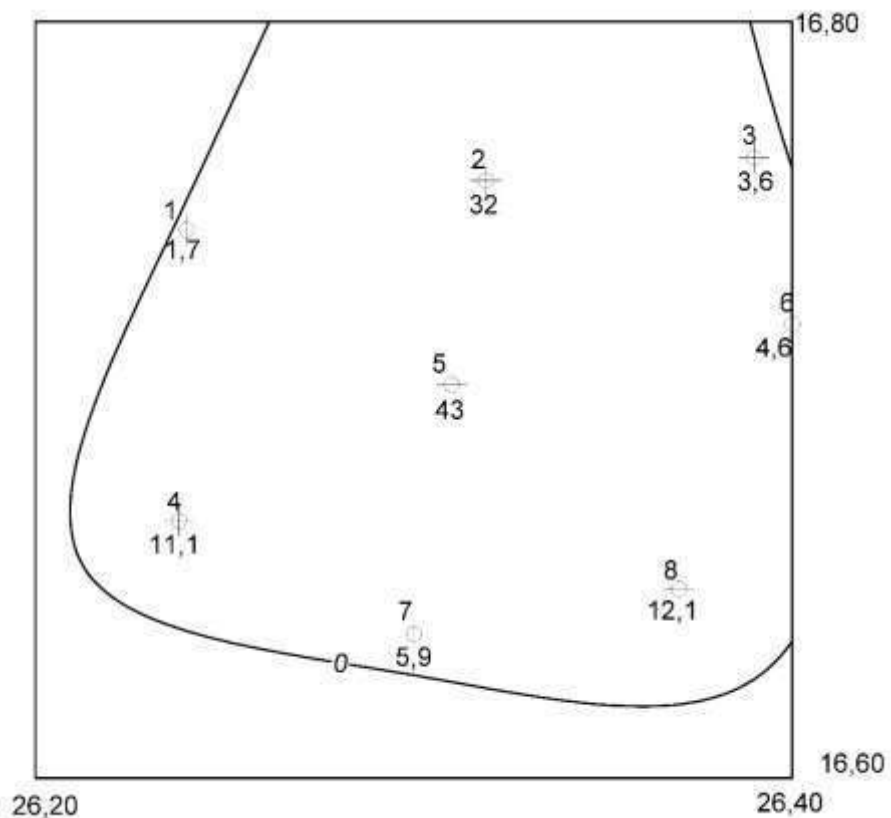
| № скв | X, м | Y, м | Z | | m, м |
|-------|-----------|-----------|----------|----------|------|
| | | | вис. бок | леж. бок | |
| 1 | 16745,000 | 26240,000 | 233,5 | 231,8 | 1,7 |
| 2 | 16758,000 | 26319,000 | 263,0 | 231,0 | 32,0 |

| | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-------|-------|------|
| 3 | 16764,000 | 26390,000 | 236,8 | 233,2 | 3,6 |
| 4 | 16668,000 | 26238,000 | 239,2 | 228,1 | 11,1 |
| 5 | 16704,000 | 26310,000 | 269,3 | 226,3 | 43,0 |
| 6 | 16720,000 | 26400,000 | 236,6 | 232,0 | 4,6 |
| 7 | 16638,000 | 26300,000 | 236,8 | 230,9 | 5,9 |
| 8 | 16650,000 | 26370,000 | 241,0 | 228,9 | 12,1 |
| Среднее | | | | | 14,3 |

$\gamma=3,2 \text{ т/м}^3$

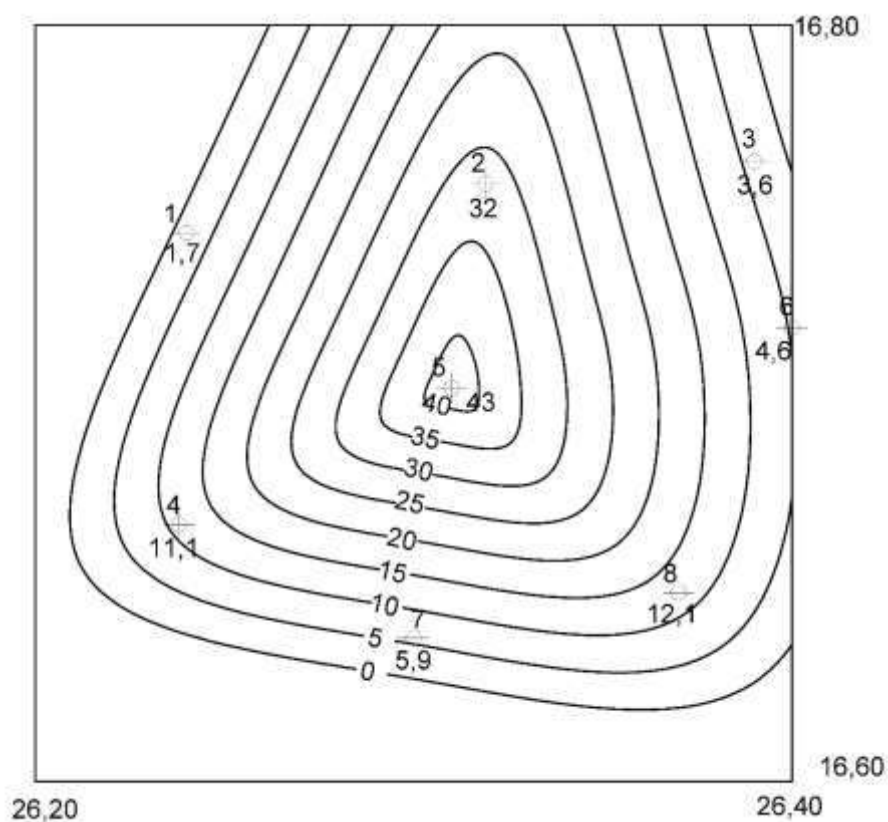
Примеры заданий для расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа- 1. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом геологических блоков

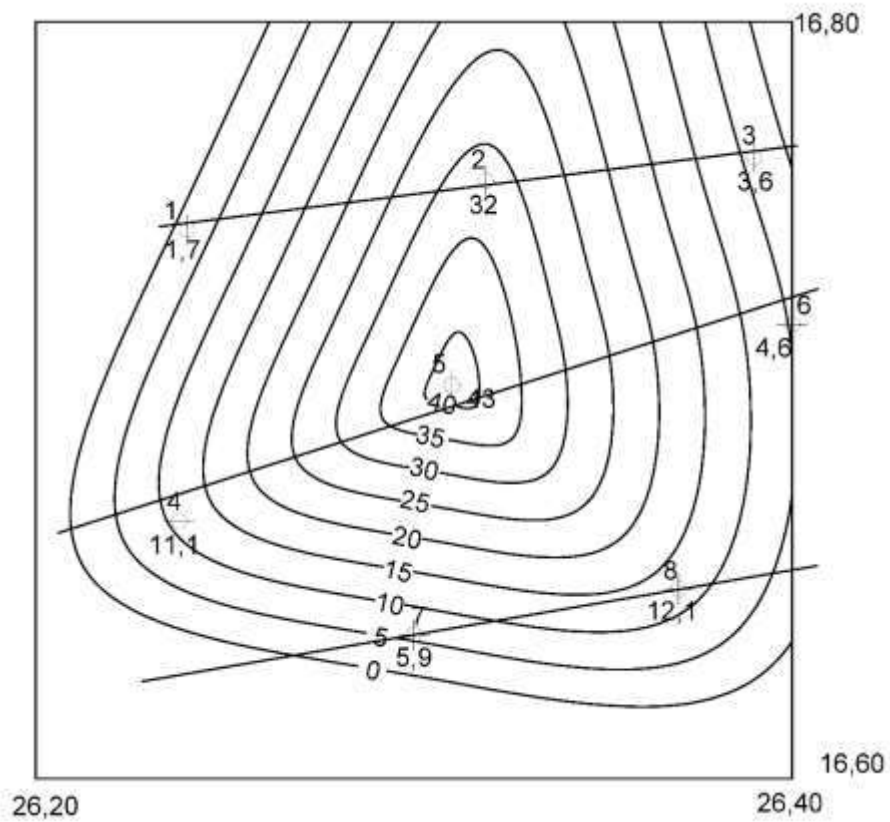


Расчетно-графическая работа- 2. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом горизонтальных сечений

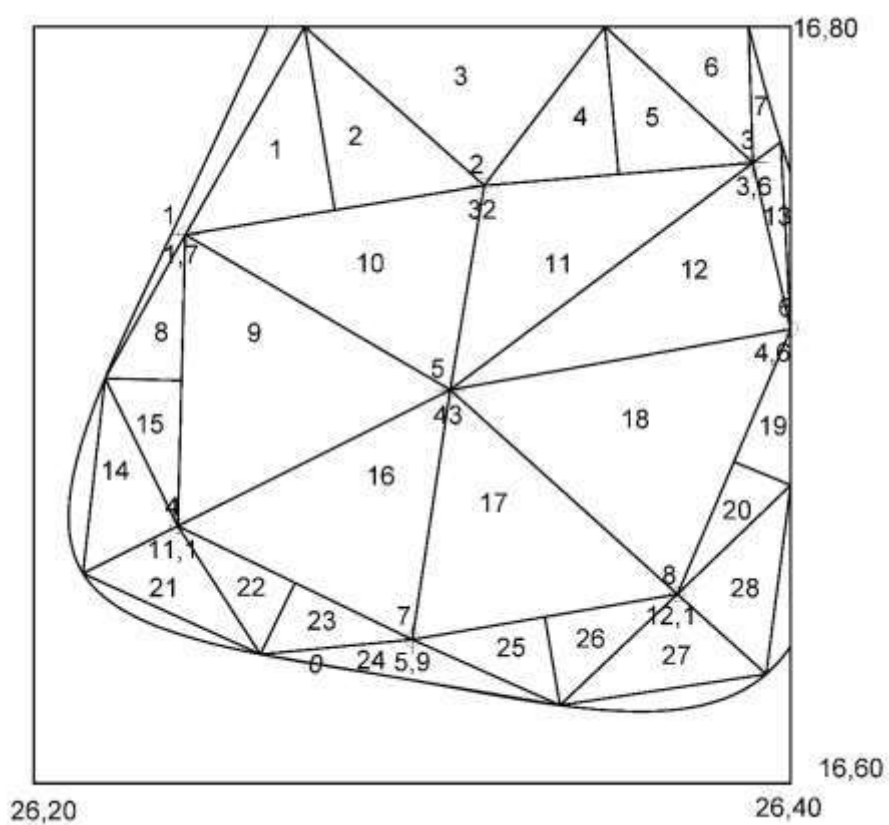
В качестве горизонтальных сечений используются изолинии мощности с величиной сечения 5 метров.



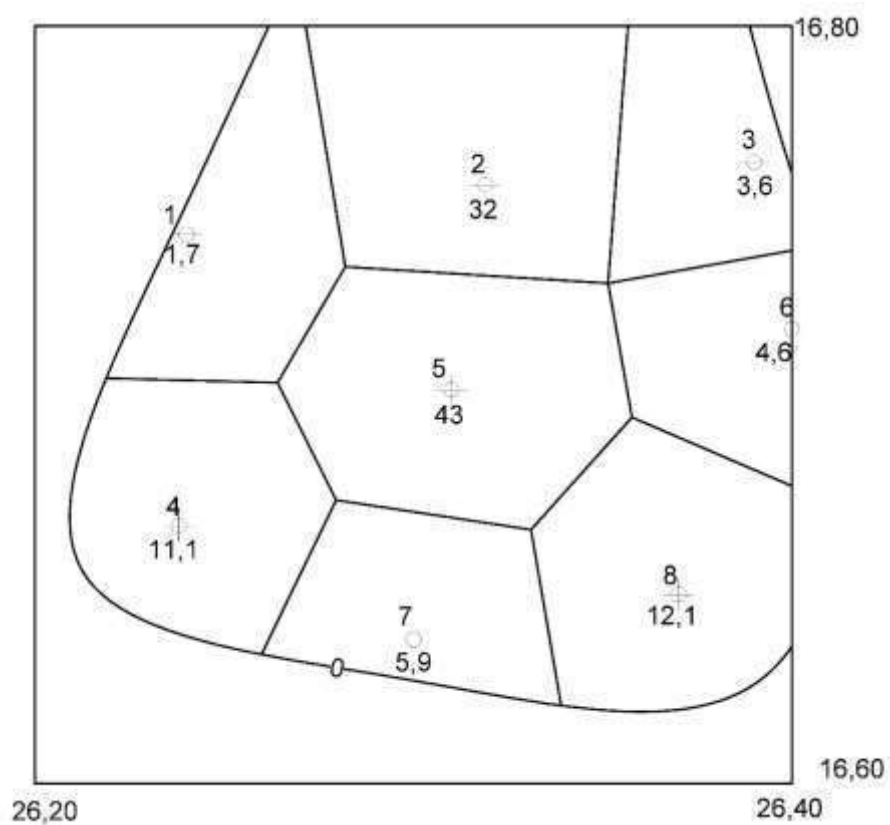
Расчетно-графическая работа- 3. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом вертикальных сечений
Вертикальные сечения строятся вдоль разведочных линий.



Расчетно-графическая работа-4. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом треугольников



Расчетно-графическая работа-5. Подсчет запасов участка железорудного месторождения методом ближайших районов



КУРСОВАЯ РАБОТА

Количество заданий курсовой работы соответствует количеству обучающихся в группе. Тема курсовой работы для всех заданий имеет одно название «Составление плана развития горных работ на участке железорудного месторождения, разрабатываемого открытым способом» но выполняется, каждым обучающимся, по индивидуальному заданию.

Курсовая работа по составлению годового плана развития горных работ включает проведение расчетов, составление пояснительной записки и оформление графического материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- краткая горно-геологическая характеристика участка;
- анализ состояния горных работ на начало планового периода (остатки балансовых, вскрытых и готовых к выемке запасов);
- основные плановые показатели по добыче руды и горно-подготовительным работам;
- составление годового плана развития горных работ;
- заключение.

Графический материал включает:

- сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;
- погоризонтные планы горных работ;
- поперечный и продольный разрезы;
- сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

Индивидуальное задание курсовой работы включает в себя, краткую горно-геологическую характеристику участка месторождения и графический материал-план горных работ на начало планируемого периода.

Для выполнения курсовой работы обучающийся пользуется учебным пособием [2].

Пример задания для курсовой работы

Задание № 1.

Краткая горно-геологическая и технологическая характеристика участка месторождения

В этом разделе приводится информация о геометрических параметрах и элементах залегания залежи полезного ископаемого (форма залежи, ее падение, простирание, мощность, глубина залегания), качественных показателях полезного ископаемого (среднее содержание полезного компонента, плотность рудной массы), указываются характеристики условий разработки (система разработки залежи, оборудование, с помощью которого осуществляется погрузка и транспортировка руды и пустой породы).

Северный участок железорудного месторождения представлен залежью неправильной формы. На верхних горизонтах она залегает вертикально, а с глубины 50 м наблюдается ее восточное падение. Залежь простирается в меридианальном направлении, мощность колеблется от 100 до 300 м. Залежь разведана до глубины 500 м. Среднее содержание железа на верхних горизонтах составляет 25-27 %. Плотность рудной массы – 3,2 т/м³, вмещающие породы скальные, их плотность 2,8 т/м³. На поверхности залежь покрыта наносами мощностью 3 м. Эти рыхлые отложения имеют плотность 2 т/м³.

Разработка залежи ведется открытым способом.

Северный участок вскрыт системой железнодорожных съездов, расположенных на юго-западном борту карьера. Оработка залежи ведется горизонтальными слоями высотой 15 м, с применением буровзрывных работ. Погрузка руды и пустой породы осуществляется

три экскаватора ЭКГ -4,6 м³. Транспортировка горной массы осуществляется железнодорожным транспортом нормальной колеи.

Положение горных работ на участке на начало планового периода, представляется на сводном и погоризонтных планах горных работ (Рис. 1.1).

Для выполнения курсовой работы каждому обучающемуся выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 1.1).

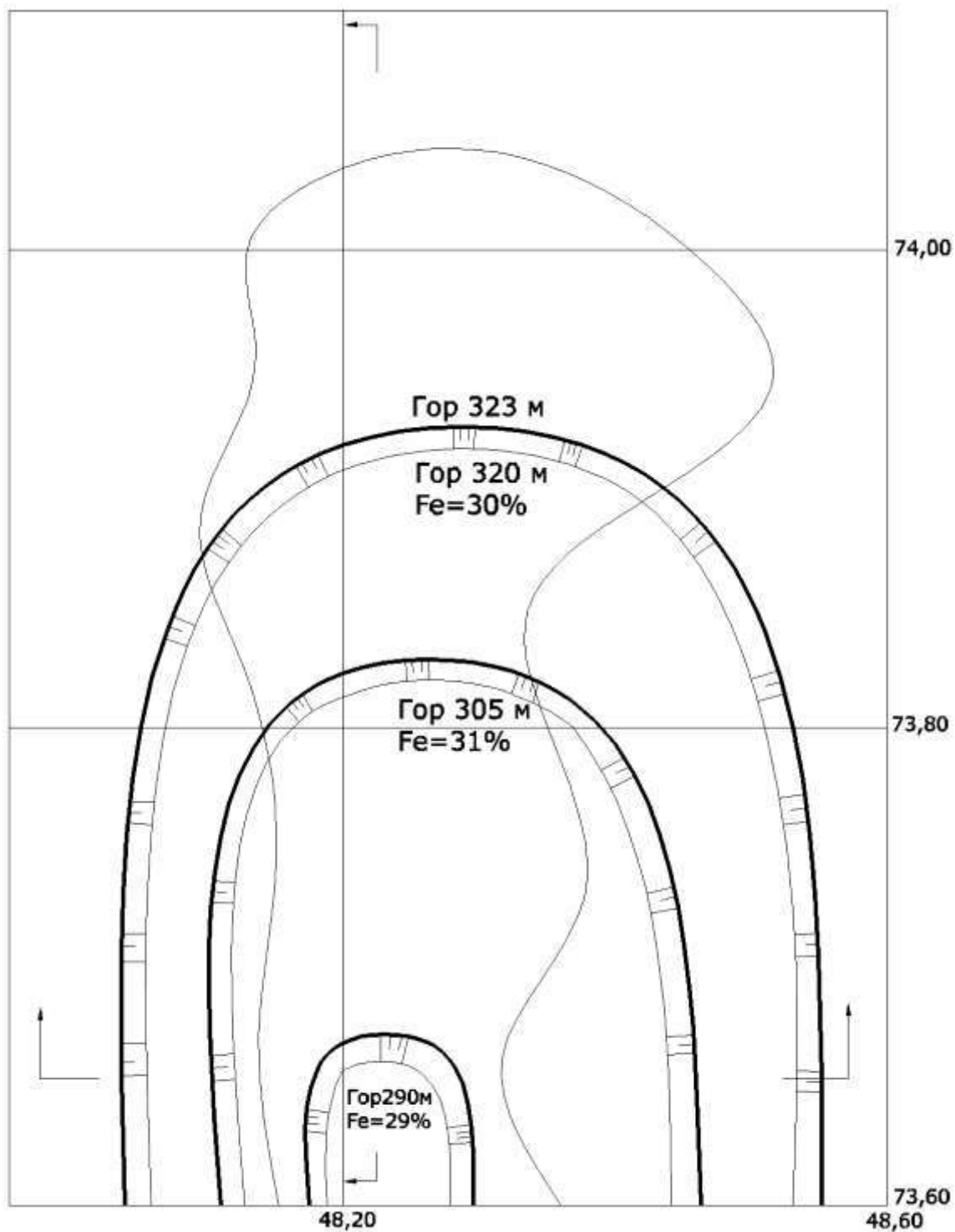


Рис. 1.1. План горных работ на начало планируемого периода

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букринский В.А. Геометрия недр: учеб. Для вузов. -4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. -550 с.
2. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА НЕДР. Планирование развития горных работ: учебное пособие / А.Т.Леонтьев; Урал. гос. Горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 80с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Т. Леонтьев

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
И
ОХРАНА НЕДР

Учебное пособие

к курсовой работе

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ
ГОРНЫХ РАБОТ | 7 |
| 1.1. Задачи планирования горных работ | 10 |
| 1.2. Периоды планирования горных работ | 11 |
| 1.3. Годовые планы горных работ | 13 |
| 1.3.1. Порядок рассмотрения и согласования
годовых планов горных работ | 14 |
| 1.3.2. Требования к составлению годового плана
горных работ | 19 |
| 1.3.3. Графические материалы планов горных работ | 21 |
| 1.3.4. Табличные материалы планов горных работ.. | 26 |
| 1.3.5. Пояснительная записка планов горных работ | 27 |
| 2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ
НА УЧАСТКЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ,
РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ | 30 |
| 2.1. Общие сведения | 30 |
| 2.2. Краткая горно-геологическая характеристика
участка месторождения | 31 |
| 2.3. Анализ состояния горных работ и обеспеченности
запасами на начало планового периода | 35 |
| 2.4. Расчет основных плановых показателей, планирование
направления развития, объемов и календарных сроков | |

| | |
|---|----|
| производства горных работ | 38 |
| 2.5. Состояние горных работ и обеспеченность запасами
на конец планового периода | 47 |
| 3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ
НА УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ,
РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ | 51 |
| 3.1. Общие сведения. | 51 |
| 3.2. Краткая горно-геологическая и технологическая
характеристика участка месторождения
. | 52 |
| 3.3. Анализ состояния горных работ на начало
планового периода | 55 |
| 3.4. Основные плановые показатели по добыче полезного
ископаемого | 57 |
| 3.5. Распределение объемов добычи горной массы по гори-
зонтам | 58 |
| 3.6. Составление графика работы экскаваторов. | 70 |
| 3.7. Движение запасов. | 72 |
| 3.8. Расчет величины плановых потерь и разубоживания. | 73 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 78 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 80 |

ВВЕДЕНИЕ

Целью планирования развития горных работ является обеспечение разработки месторождения в соответствии с проектом, рациональное и комплексное использование полезного ископаемого, охрана недр и окружающей среды.

Планирование развития горных работ в процессе разработки месторождения полезных ископаемых осуществляется в строгом соответствии с законодательством о недрах, действующими нормативными документами.

Маркшейдерская служба горного предприятия принимает непосредственное участие в планировании развития горных работ.

В процессе подготовки и составления годового плана развития горных работ маркшейдерская служба выполняет съемку фактического состояния горных работ и пополняет графический материал, рассчитывает ожидаемый объем вскрышных, подготовительных и добычных работ, составляет календарный план ведения горных работ, рассчитывает показатели движения запасов при добыче, определяет плановые величины потерь и разубоживания полезного ископаемого. Анализ состояния горных работ, который проводится при планировании, позволяет учесть все отклонения от плана текущего года и принять их во внимание при составлении плана на следующий год.

Учебное пособие содержит основные требования законодательных и нормативных документов по вопросам составления и согласования планов развития горных работ, а также

два практических задания по составлению годовых планов развития горных работ на участке угольного месторождения, разрабатываемого подземным способом, и участке железорудного месторождения, обрабатываемого открытым способом. В практических заданиях рассмотрены лишь основные этапы разработки планов горных работ, в которых непосредственное участие принимает маркшейдерская служба горного предприятия.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Вопросы составления планов развития горных работ регламентируются Законом РФ «О недрах», Законом РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», нормативными документами «Правила охраны недр», «Инструкция по согласованию годовых планов развития горных работ».

Требования законов и инструкций являются обязательным для всех организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также для индивидуальных предпринимателей, осуществляющих пользование недрами на территории РФ и в пределах её континентального шельфа и морской исключительной экономической зоны РФ.

В соответствии со статьей 22 Закона РФ «О недрах» пользователь недр обязан обеспечить:

- соблюдение требований законодательства, а также утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил) по технологии ведения работ, связанных с использованием недрами, и при первичной переработке минерального сырья;
- соблюдения требований технических проектов, планов и схем, развития горных работ, недопущение сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых;

- ведение геологической, маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами и ее сохранность;

- безопасное ведение работ, связанных с использованием недрами;

- соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил), регламентирующих условия охраны недр, атмосферного воздуха, земель, лесов, вод, а также зданий и сооружений от вредного влияния работ, связанных с использованием недрами;

- приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования;

- сохранность разведочных горных выработок и буровых скважин, которые могут быть использованы при разработке месторождений и (или) в иных хозяйственных целях; ликвидацию в установленном порядке горных выработок и буровых скважин, не подлежащих использованию;

- выполнение условий, установленных лицензий или соглашением о разделе продукции.

В соответствии со статьей 23 указанного Закона к основным требованиям по рациональному использованию и охране недр относятся:

- обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр;

- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождения полезных ископаемых;
- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку;
- предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с использованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод;
- соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- предупреждение самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых с соблюдением установленного порядка использования этих площадей в иных целях;

– предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого или промышленного водоснабжения.

В соответствии со статьей 24 указанного Закона к основным требованиям по обеспечению безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, относятся:

– проведение комплекса геологических, маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременное определение и нанесение на планы горных работ опасных зон;

– осуществление специальных мероприятий по прогнозированию и предупреждению внезапных выбросов газов, прорывов воды, полезных ископаемых и пород, а также горных ударов;

– управление деформационными процессами горного массива, обеспечивающее безопасное нахождение людей в горных выработках;

– разработка и проведение мероприятий, обеспечивающих охрану работников предприятий и населения от вредного влияния горных работ в их нормальном режиме и при возникновении аварийных ситуаций.

1.1. Задачи планирования горных работ

Основными задачами планирования развития горных работ являются:

- обеспечение выполнения плана по добыче полезного ископаемого за данный отрезок времени;
- планомерное развитие горных работ за счет правильного соотношения и распределения объемов добычи и подготовительных выработок;
- рациональное использование запасов шахтного поля, всемерное сокращение потерь полезного ископаемого при его разработке;
- обеспечение непрерывного восполнения запасов, пригодных к выемке с целью обеспечения бесперебойной и ритмичной работы горного предприятия;
- определение перспективы дальнейшего развития горного предприятия за счет своевременного вскрытия новых горизонтов, шахтного строительства и ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей;
- обеспечение правил технической эксплуатации, техники безопасности и охраны труда при ведении горных работ.

1.2. Периоды планирования горных работ

По продолжительности планового периода планы бывают: генеральные, перспективные и текущие.

Генеральный план развития горных работ – общетехнический план, определяет основные направления развития горных работ на

весь срок существования предприятия. Он устанавливает технические границы горного предприятия, промышленные запасы, схему и порядок вскрытия, систему разработки, энергосбережение, водоотлив, вентиляцию, пропускную способность каждого звена производственного процесса и производственную мощность горного предприятия.

Перспективный план развития горных работ составляется на пятилетний период. Он должен предусматривать:

- осуществление доразведки месторождения и эксплуатационной разведки;
- планомерность отработки месторождения, обеспечивающую достижение оптимального уровня извлечения полезных ископаемых из недр при добыче;
- совершенствование применяемых и внедрение новых прогрессивных способов и систем разработки, а также технологии добычи с целью повышения уровня извлечения полезных ископаемых из недр и улучшения безопасности труда, охраны зданий и сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок;
- выполнение заданий государственного плана по охране недр и рациональному использованию минеральных ресурсов;
- восполнение вскрытых подготовленных и готовых к выемке запасов в соответствии с установленными предприятию нормами;

- сохранение забалансовых запасов и ранее законсервированных балансовых запасов полезных ископаемых или вовлечение их в отработку;
 - использование вскрышных и вмещающих пород;
 - меры по технике безопасности и охране месторождения или его частей от затоплений, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождения или осложняющих отработку;
 - порядок и сроки погашения пустот;
 - меры по охране зданий, сооружений земной поверхности и водных объектов от вредного влияния горных разработок;
 - применение селективной выемки запасов полезных ископаемых с оставлением пустых пород в выработанном пространстве, если такая выемка повышает извлечение из недр или снижает разубоживание полезных ископаемых;
 - решение вопросов усреднения руд;
 - рекультивацию земель, нарушенных горными работами.
- Текущее планирование ведется на год, квартал, месяц.

1.3. Годовые планы горных работ

Под годовым планом развития горных работ или годовой программой работ (далее – годовой план) понимается документ, составленный пользователем недр и определяющий направления развития горных работ, объемов добычи полезных ископаемых, объемов производства геологоразведочных, рекультивационных,

вскрышных, горно-подготовительных и добычных работ. Годовой план содержит сведения о подготовке (обработке) и переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), иных работах, предусмотренных условиями лицензий на пользование недрами, техническим проектом, проектными технологическими документами, а также нормативах потерь полезных ископаемых при их добыче и нормативах потерь полезных ископаемых при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств). В годовом плане также отмечаются мероприятия по охране недр, рациональному, комплексному использованию минерального сырья, промышленной безопасности, предотвращению вредного влияния горных работ на окружающую среду, здания и сооружения.

Годовые планы составляются на основании утвержденного проекта, в соответствии с законодательными и нормативными требованиями в области охраны недр, промышленной безопасности и охраны окружающей среды, условиями лицензии на пользование недрами, соглашений о разделе продукции с учетом рекомендаций государственных контролирующих органов, научных и проектных организаций.

1.3.1. Порядок рассмотрения и согласования годовых планов горных работ

Согласование годовых планов государственными органами горного надзора осуществляется в целях обеспечения рационального

и безопасного ведения горных работ, соблюдения законодательных и нормативных требований, условий лицензий на пользование недрами, проектных решений по отработке запасов полезных ископаемых и их переработке, установления оптимальных величин нормативов потерь полезных ископаемых, недопущения сверхнормативных потерь, выборочной отработки месторождений полезных ископаемых и их порчи от неправильного ведения горных работ, своевременного восстановления нарушенных горными работами земель, охраны подрабатываемых зданий и сооружений, опережающего геологического изучения недр, а также выполнения мероприятий по охране недр, промышленной безопасности и предотвращению вредного влияния горных работ на окружающую среду.

Годовые планы рассматриваются и согласовываются управлением округа (управлением) Ростехнадзора или, по его поручению, отделом управления округа (управления). Полномочия по согласованию годовых планов распределяются согласно приказу по управлению округа (управлению).

Рассмотрение годовых планов осуществляется по графику. Графиком должно устанавливаться рассмотрение годовых планов в период не ранее 1 сентября и не позднее 15 декабря года, предшествующего планируемому. Допускается включение в график более поздних дат рассмотрения годовых планов при сезонном характере добычных работ, но не позднее, чем за две недели до начала добычного сезона.

Годовой план рассматривается в присутствии представителей недропользователя, включая одного из руководителей организации,

главного маркшейдера и главного геолога. Местом рассмотрения плана может являться управление округа (управления) или его отдела, а также местонахождение недропользователя.

При рассмотрении годового плана территориальным органом Ростехнадзора обращается внимание:

- на соответствие планируемых направлений и объемов горных работ техническому проекту и проектным технологическим документам;

- планомерность разработки месторождения полезных ископаемых или его части, исключая выборочную отработку наиболее богатых по минеральному составу участков;

- соответствие предусмотренных годовым планом основных технических и технологических параметров разработки месторождения фактическим геологическим и горнотехническим условиям, их эффективность в части рационального извлечения полезных ископаемых и промышленной безопасности;

- предотвращение сверхнормативных потерь;

- соответствие нормативов потерь при добыче полезных ископаемых и при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств) проектным показателям и условиям лицензии на пользование недрами;

- наличие лицензии на пользование недрами и выполнение условий ее действия;

- наличие горного и земельного отвода;

- причины образования временных неактивных запасов и порядок их отработки;

- ликвидацию (консервацию) горных выработок, участков, блоков, горизонтов на отработанных участках месторождения полезных ископаемых;
- техническую обоснованность расчетов платежей при пользовании недрами;
- обоснованность технико-экономическими расчетами нормативов потерь и разубоживания по каждой выемочной единице;
- обеспечение рационального использования и сохранности попутно добываемых полезных ископаемых, а также горных пород, пригодных для производства строительных материалов;
- эффективность мероприятий по рациональному использованию и охране недр;
- ожидаемые деформации подрабатываемых зданий, сооружений и природных объектов, планируемые меры по охране;
- соблюдение требований промышленной и экологической безопасности;
- правильность определения опасных зон и наличие вокруг них утвержденных границ безопасного ведения горных работ, эффективность мероприятий по безопасному ведению работ вблизи опасных зон;
- соответствие планируемых объемов эксплуатационной разведки, вскрышных и горно-подготовительных работ планируемой добыче полезных ископаемых;
- соответствие планируемых работ по рекультивации нарушенных горными работами земель проектным направлениям и

заданиям, а также условиям лицензий на пользование недрами, договору аренды земельных участков.

Результаты рассмотрения годового плана оформляются протоколом, в котором указываются представители территориального органа Госгортехнадзора России и пользователя недр, принявшие участия в его рассмотрении.

По результатам рассмотрения может быть принято решение по согласованию годового плана, либо по отказу в согласовании, либо по переносу даты рассмотрения. Решение включается в протокол, куда также могут включаться условия согласования и рекомендации. В случаях переноса даты рассмотрения годового плана или отказа в его согласовании в протоколе указываются причины.

Протокол рассмотрения годового плана подписывается начальником территориального органа Ростехнадзора или его заместителем или по их поручению начальником отдела. На графических материалах в случае согласования ставится специальный штамп с надписью «СОГЛАСОВАНО» (наименование территориального органа Ростехнадзора), а также указываются номер и дата протокола. Один экземпляр протокола годового плана в срок не позднее 7 дней направляется пользователю недр.

В решении о согласовании годового плана указываются:

- перечень согласованных нормативов потерь и разубоживания при добыче по выемочным единицам;
- перечень нормативов потерь при переработке полезного ископаемого по каждому из компонентов, извлечение которых предусмотрено лицензий на пользование недрами и проектом

перерабатывающего производства (при наличии перерабатывающих производств);

- условия по устранению выявленных недостатков годового плана;

- рекомендации по повышению уровня рационального и комплексного использования запасов полезных ископаемых, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и геолого–маркшейдерского обслуживания горных работ.

Согласованию не подлежат годовые планы в случаях выявления в них существенных нарушений законодательных и нормативных требований, а также условий лицензий на пользование недрами, отклонений от проектов, систематического нарушения пользователем недр установленных правил пользования недрами и норм безопасности, невыполнения условий согласования годовых планов за предыдущий период.

Производство горных работ без согласованного с территориальными органами Ростехнадзора годового плана, а также с отступлениями от согласованного годового плана не допускается.

При выявлении в процессе ведения горных работ изменений геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения или отработки отдельных выемочных единиц, строительства подземных сооружений, необходимые изменения вносятся в годовой план по согласованию с территориальным органом Ростехнадзора.

1.3.2. Требования к составлению годового плана

горных работ

Годовые планы должны предусматривать:

- рациональное ведение горных работ, исключаящее выборочную отработку более богатых участков, порчу других полезных ископаемых и обеспечивающее правильность разработки месторождений полезных ископаемых;
- оптимальные показатели нормативов потерь и разубоживания при добыче, установленные по выемочным единицам, и нормативов потерь при переработке минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), а также нормативов потерь попутного (растворенного) газа и нефти при их подготовке;
- оптимальную концентрацию горных работ, исключаящую их разбросанность и многогоризонтность при разработке месторождений твердых полезных ископаемых;
- применение технологий, повышающих извлечение запасов;
- восполнение вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых при разработке месторождений твердых полезных ископаемых;
- меры по охране зданий, сооружений и природных объектов, расположенных на земной поверхности в зоне вредного влияния горных разработок;
- горные меры по охране подземных объектов, сооружений и горных выработок;
- безопасное ведение горных работ и мероприятия по промышленной безопасности;

- системы наблюдений за вредным влиянием горных работ на окружающую среду (горно–экологический мониторинг);
- геологическое изучение недр, включая реализацию рекомендаций ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ), МПР России и ЦКР (ТКР) Минтопэнерго России;
- мероприятия по охране недр, рациональному и комплексному использованию минерального сырья;
- предотвращение подработки барьерных целиков;
- ликвидацию (консервацию) отработанных горных выработок, блоков, горизонтов;
- установление границ опасных зон и порядка ведения работ вблизи них;
- рекультивацию нарушенных горными работами земель;
- предотвращение образования сверхнормативных потерь в результате неправильного ведения горных работ, включая случаи подработки или надработки запасов полезных ископаемых;
- сохранность попутно добываемых полезных ископаемых, а также горных работ, пригодных для производства строительных материалов.

Годовой план подписывается руководителем (главным инженером), главным маркшейдером и главным геологом горнодобывающей организации, подписи скрепляются печатью.

1.3.3. Графические материалы планов горных работ

Графические материалы годовых планов должны быть представлены планами горных работ (проекциями на вертикальную или горизонтальную плоскость) с разбивкой по кварталам и необходимыми поперечными разрезами. Они составляются в соответствии с установленными требованиями условных обозначений для горной графической документации.

На графические материалы наносят:

- контуры балансовых запасов, утвержденных ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ) МПР России, запасов, уточненных по результатам последующей доразведки и разработки месторождения, запасов, уже погашенных и намечаемых к погашению на планируемый год с разбивкой по кварталам, временно неактивных запасов;
- участки нормируемых потерь;
- участки опасных зон по всем факторам опасности и границы безопасного ведения работ;
- схема вентиляции, виды механизации выемки, типы крепи, способ управления кровлей в подготовительных и очистных забоях, расположение водоотливных станций и дренажных выработок;
- границы барьерных и предохранительных целиков;
- участки постоянно затопленных выработок;
- участки с заложенным выработанным пространством и погашенные горные выработки;
- геологические нарушения;
- вынимаемая мощность полезного ископаемого (фактическая и планируемая);

- местоположение других полезных ископаемых, попадающих в зону влияния горных работ;
- скважины различного назначения;
- положение забоев подземных горных выработок, уступов карьеров и разрезов на начало и конец планируемого периода;
- границы горного отвода;
- границы земельного отвода (на планах поверхности и планах открытых горных работ);
- проектные границы разноса бортов карьера или разреза как в плане, так и на глубину разработки;
- границы участков нарушенных, отработанных и рекультивированных земель (на планах поверхности и планах открытых горных работ);
- границы отвалов, хвосто- и шламохранилищ, складов плодородного слоя почвы;
- технологическая схема движения (транспортирования) минерального сырья от места добычи до выпуска готовой продукции;
- надписи, ориентирующие по сторонам света.

На топографических планах поверхности (обзорных) в масштабе не мельче 1:25000 показываются жилые и промышленные здания и сооружения, объекты наземных и подземных коммуникаций, водоемы, устья действующих и ликвидированных выработок, границы горного и земельного отводов, контуры разведанных запасов.

На схемах вскрытия месторождения показываются:

- пересеченные вскрывающими выработками пласты, рудные тела, залежи и вмещающие породы;
- основные выработки, определяющие характер вскрытия месторождения (стволы, штольни, квершлагги, уклоны, гезенки и др.);
- абсолютные отметки устьев стволов шахт и скважин, околоствольных дворов и горизонтов, сетки высот (на вертикальной проекции).

На погоризонтных планах горных работ показываются:

- контуры пласта, рудного тела, углы его падения и простирания;
- технические границы по проекту;
- границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;
- границы блоков, камер, целиков с указанием их номеров и среднего содержания или зольности полезного ископаемого, мощности пласта, контуры очистной выемки и погашенных участков, границы безопасного ведения работ;
- устья выработок, вскрывающих месторождение, капитальные, подготовительные, нарезные и погашенные выработки;
- линии разрезов, прилагаемых к планам.

На сводных планах горных работ показываются:

- технические границы по проекту;
- границы горного и земельного отводов;
- границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;

- основные формы рельефа земной поверхности на площади горного отвода и основные элементы ситуации поверхности;
- охраняемые здания, сооружения и объекты, контуры предохранительных целиков, границы зон вредного влияния горных работ на земную поверхность;
- главные разведочные, горнокапитальные и другие выработки, дающие общую картину горных работ;
- основные тектонические нарушения, линии разрезов и проекций, а также отметки горизонтов горных работ;
- способы погашения выработок;
- места образования провалов на земной поверхности и прорыва пльвунов.

На вертикальных разрезах показываются:

- технические границы по проекту;
- границы горного и земельного отводов;
- границы отработки на планируемый период и фактические границы отработки;
- стволы шахт и скважин, штольни, квершлагги, восстающие, а также основные выработки отдельных горизонтов, рудных тел, залежей;
- номера эксплуатационных блоков, лав, камер, целиков и характеризующих их данные;
- контуры пласта, рудного тела, углы их падения и углы падения выработок, контуры очистной выемки и погашенных участков, границы безопасного ведения горных работ, отметки устьев выработок и др.

На геологические планы и разрезы наносятся основные горные выработки и скважины, характеризующие направление геологоразведочных работ и эксплуатационной разведки.

При наличии перерабатывающих производств прилагается схема переработки минерального сырья (проектная и фактическая), схема цепи аппаратов, схема опробования и контроля технологических процессов по переработке минерального сырья (при отдельной переработке – по каждому сорту или виду сырья).

1.3.4. Табличные материалы планов горных работ

Материалы годовых планов включают таблицы:

- состояния и движения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых по состоянию на начало планируемого периода и ожидаемого на конец этого периода (при добыче твердых полезных ископаемых);
- основных показателей по плану горных работ на планируемый период и ожидаемых на конец текущего года (план-факт);
- потерь и разубоживания за текущий год (план-факт) и на планируемый период по выемочным единицам (при добыче твердых полезных ископаемых);
- потерь минерального сырья при переработке (при наличии перерабатывающих производств);
- состояние и движение отходов добычи и переработки минерального сырья;

- пустот выработанного пространства при добыче с закладкой выработанного пространства и план погашения (закладки) их на планируемый период;
- объемов (бурения, проходки) эксплуатационно–разведочных работ (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);
- объемов заказчика (агентов) в системах поддержания пластового давления по каждой залежи (при добыче нефти);
- движения фонда скважин (при добыче нефти и газа).

1.3.5. Пояснительная записка планов горных работ

В пояснительной записке годового плана приводятся сведения:

- о новых геологических данных, обеспеченности запасами на начало планируемого периода, а при разработке месторождения твердых полезных ископаемых – запасами по их подготовленности к отработке (вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке по норме и фактически);
- наличии временно неактивных запасов, причинах их образования и намечаемых сроках их погашения (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);
- применяемых системах разработки, их удельном весе в объеме годовой добыче;
- выполнении ранее согласованных годовых планов по извлечению запасов полезных ископаемых, а также мероприятий по охране недр, промышленной и экологической безопасности;

- технико–экономических расчетах показателей планируемых нормативов потерь при добыче и переработке минерального сырья;
- состоянии вентиляционного хозяйства и обеспеченности отдельных участков и в целом рудника или шахты требуемым количеством воздуха на начало и конец планируемого периода (при подземных работах);
- мероприятиях по улучшению использования и охраны недр в планируемом году, а также по промышленной и экологической безопасности;
- состоянии горных работ, в том числе горно-капитальных;
- наличии опорного и съемочного обоснования, видах и сроках работ по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ;
- фактической обеспеченности планируемых горных работ маркшейдерскими и геологическими кадрами и их техническом оснащении;
- выполненных и намечаемых направлениях и объемах рекультивации нарушенных горными работами земель;
- технической обоснованности расчетов платежей при пользовании недрами;
- выполненных и намечаемых направлениях и объемах геологоразведочных работ и эксплуатационной разведки (при разработке месторождений твердых полезных ископаемых);
- выполненных и намечаемых мерах охраны подрабатываемых зданий, сооружений и объектов;

- намечаемых мероприятиях по безопасному ведению работ вблизи опасных зон;
- наличии у недропользователя лицензии на право ведения горных работ, связанных с повышенной опасностью, и на пользование недрами;
- выполнении условий лицензии на пользование недрами, включая внесение платежей при пользовании недрами, рекомендаций ГКЗ (ЦКЗ, ТКЗ) МПР России, ЦКР (ТКР) Минтопэнерго России;
- состоянии авторского надзора проектной организации за реализацией проекта, наличии у нее лицензии на право проектирования горных производств и объектов, дате составления проекта разработки месторождения и дополнений к нему;
- мероприятиях по совершенствованию технологического процесса переработки минерального сырья, обеспечивающих оптимальное извлечение полезных компонентов (при наличии перерабатывающих производств);
- организации учета количества и качества минерального сырья, поступающего на переработку и потребителю.

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

2.1. Общие сведения

Основными этапами разработки плана развития горных работ, в которых непосредственное участие принимает маркшейдерская служба горного предприятия, являются:

- анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода;
- расчет плановых показателей, определение направления развития и объемов вскрышных, подготовительных, добычных и рекультивационных работ на основе планового задания по добыче полезного ископаемого и с учетом принятой технологии ведения работ;
- определение календарных сроков производства горных работ;
- определение плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого;
- анализ ожидаемого состояния горных работ и обеспеченности запасами на конец планового периода.

Результаты этих работ оформляются в виде пояснительной записки, графического и табличного материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- краткая горно-геологическая характеристика участка;

- анализ состояния горных работ на начало планового периода;

- основные плановые показатели;

- заключение.

Табличный материал включает:

- обеспеченность запасами по лавам на начало планового периода;

- характеристику работы лав;

- график ввода и вывода лав (фронт работ);

- плановые эксплуатационные потери;

- подсчет запасов на конец планового периода.

Графический материал включает:

- сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;

- календарный план ведения горных работ;

- сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

Расчетная, графическая и пояснительная части плана развития горных работ выполняются совместно.

2.2. Краткая горно-геологическая характеристика участка месторождения

В пояснительной записке приводится краткая горно-геологическая характеристика участка месторождения, в которой указывают сведения о форме и условиях залегания угольных пластов,

мощности пласта, содержании золы, объемной массе угля, структурных показателях пласта и вмещающих пород, тектонических нарушениях.

Объемная масса угля γ , мощность пласта m и производительность пласта P определяются как средние величины для отдельно взятых участков шахтного поля, где предполагаются горные работы.

Значение объемной массы угля принимают по данным лабораторного определения.

Мощность угольных пластов в районе будущих горных работ может быть определена на основании:

- замеров мощности пласта по уже пройденным очистным и подготовительным выработкам;
- известных мощностей при отработке пласта на верхних горизонтах и экстраполяции их на нижележащие не вскрытые горизонты;
- данных по геологоразведочным скважинам в районе будущих работ.

Различают общую, полезную и товарную (вынимаемую) мощности угольного пласта. Полезная мощность пласта равна общей мощности за вычетом мощности прослоек «пустых» пород в пласте угля. Товарная мощность это мощность угольного пласта, извлекаемая при добыче (зависит от технических характеристик средств механизации горных работ).

По разнице общей и товарной мощностей пласта определяют мощность оставляемых угольных пачек, которые относятся впоследствии к потерям по мощности.

Производительность пласта это количество угля в тоннах, которое можно получить при разработке с одного квадратного метра площади пласта. Ее подсчитывают по формуле

$$P_i = m_T * \gamma, \quad (2.1)$$

где m_T – товарная мощность пласта (слоя), м; γ – объемный вес угля, т/м³.

Исходные данные к выполнению практического задания

Для практического задания по планированию развития подземных горных работ в качестве примера взят участок угольного месторождения, представляющего собой одиночный пласт угля со следующими параметрами:

- угол падения пласта – 40-45°;
 - зольность товарного угля – 39 %;
 - мощность пласта: общая – 1,5 м; полезная – 1,4 м; товарная – 1,3 м;
- объемная масса - 1,5 т/м³.

Тектонических нарушений на участке месторождения не отмечено.

При планировании развития горных работ на участке в параметры угольного пласта необходимо внести индивидуальные поправки из табл. 2.1.

Например, Иванов Петр получает следующие поправки: в мощность угольного пласта – $\Delta m = +0,6$; в объемный вес угля $\Delta \gamma = 0$.

Поправки в параметры угольного пласта

| Начальная буква
фамилии, имени | Фамилия | Имя |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|
| | Δm , м | $\Delta \gamma$, т/м ³ |
| А | +1,1 | 0 |
| Б | +1,4 | +0,1 |
| В | +1,2 | +0,1 |
| Г | 0 | -0,1 |
| Д | +0,5 | -0,1 |
| Е | +0,4 | +0,1 |
| Ж | +0,8 | -0,1 |
| З | +1,2 | +0,1 |
| И | +0,6 | 0 |
| К | 0 | -0,1 |
| Л | 0,2 | +0,1 |
| М | +1,4 | +0,1 |
| Н | +1,1 | -0,1 |
| О | +0,6 | +0,1 |
| П | +0,7 | 0 |
| Р | +0,8 | +0,1 |
| С | 0 | -0,1 |
| Т | +0,2 | -0,1 |
| У | -0,1 | +0,1 |
| Ф | +1,1 | +0,1 |
| Х | +0,5 | -0,1 |
| Ц | +0,3 | 0 |
| Ч | -0,2 | -0,1 |
| Ш | +0,4 | +0,1 |
| Щ | +0,5 | +0,1 |
| Э | -0,1 | 0 |
| Ю | 0 | +0,1 |
| Я | +0,6 | -0,1 |

Например, Иванов Петр получает следующие поправки: в мощность угольного пласта – $\Delta m = +0,6$; в объемный вес угля $\Delta \gamma = 0$.

2.3. Анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода

На этапе анализа состояния горных работ на начало планового периода составляется маркшейдерский план участка в проекции на наклонную плоскость. На план наносится фактическое положение горно-подготовительных и очистных выработок на начало планового периода.

Для выполнения практического задания выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 2.1).

Состояние горных работ на начало планового периода на участке следующее.

Разработка участка пласта угля ведется на двух горизонтах (100 и 200 м). На каждом горизонте отрабатываются по две лавы (№ № 114, 115 и 217, 218 соответственно). По проекту отработка лав 115 и 218 производится после завершения работ в лавах 114, 217 и проходки разрезных печей и штреков в лавах 115 и 218.

Для нашего примера параметры охранных целиков откаточных штреков приняты следующие: ширина - 20 м, длина - 80 м, высота - по общей мощности пласта. Размеры целиков у наклонных выработок (ходок, бремсберг): ширина – 10 м, длина – по всей длине выработки.

Обеспеченность предприятия запасами полезного ископаемого на данном участке представляется в виде табличного материала. Учет

запасов ведется по степени их подготовленности к выемке на начало планового периода для каждой лавы (табл. 2.2).



Рис.2.1. План горных работ по пласту «Новый» на начало года

Таблица 2.2

Обеспеченность запасами по лавам на начало года

| Горизонт | Лава | Балансовые запасы, тыс. т | Промышленные запасы, тыс. т | Подготовленные запасы, тыс. т | Готовые к выемке запасы, тыс. т |
|----------|------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 200 | 217 | 64,9 | 47,4 | 47,4 | 47,4 |
| | 218 | 237,6 | 165,4 | 52,4 | 0 |
| Итого | | 302,5 | 212,8 | 99,8 | 47,4 |
| 100 | 114 | 81,0 | 44,9 | 44,9 | 44,9 |
| | 115 | 225,2 | 156,0 | 49,9 | 0 |
| Итого | | 306,2 | 200,9 | 94,8 | 44,9 |
| Всего | | 608,7 | 413,7 | 194,6 | 92,3 |

Балансовые запасы (БЗ) определяются как произведение общей площади пласта в границах лавы S (например, S_{1234} для лавы 218 на рис. 2.1), общей мощности пласта $m_{\text{общ}}$ и объемного веса угля γ .

Промышленные запасы (ПрЗ) это часть балансовых запасов, подлежащих добыче по проекту, определяются как произведение площади пласта в границах, подлежащих отработке S (например, S_{5678} для лавы 115 на рис. 2.1), товарной мощности пласта $m_{\text{тов}}$ и объемного веса угля γ .

Подготовленные к выемке запасы (ПВЗ) это часть промышленных запасов, определяемая как произведение площади участка, где пройдены все подготовительные выработки S (например, S_{abvg} для лавы 218 на рис. 2.1), товарной мощности $m_{\text{тов}}$ и объемного веса угля γ .

Готовые к выемке запасы (ГВЗ) это часть подготовленных к выемке запасов, определяемая как произведение площади участка лавы, где пройдены все необходимые подготовительные и нарезные выработки S (например, $S_{ABVГ}$ для лавы 217 на рис.2.1), товарной мощности $m_{\text{тов}}$ и объемного веса угля γ .

2.4. Расчет основных плановых показателей, планирование направления развития, объемов и календарных сроков производства горных работ

Все планируемые работы должны быть увязаны в объемах, во времени и пространстве.

Для рассматриваемого примера приняты следующие исходные данные:

- выемка угольной массы осуществляется узкозахватным комбайном 1К101У с шириной захвата 0,8 м;
- режим работы шахты – 6 - дневная рабочая неделя, число рабочих дней в году – 305.

Результаты расчета основных плановых показателей сводят в таблицы «Характеристика работы лав» (табл. 2.3) и «График ввода и вывода лав (фронт работ)» (табл. 2.4).

Необходимые геометрические параметры горных выработок на участке планирования горных работ определяются непосредственно по маркшейдерским чертежам (см. рис. 2.1).

Линия забоев

При разработке угольных месторождений в отчетных и плановых показателях различают очистную и подготовительную линии забоев или фронт работ.

К очистным забоям относятся забои лав, уступов, полос, заходок, коротких столбов, камер, щитовые забои и забои горизонтальных и поперечнонаклонных слоев.

К подготовительным угольным забоям относят забои выработок, проводимых по углю: бремсберги, уклоны, штреки, ходки, просеки, разрезные и вентиляционные печи и гезенки.

Линия забоев определяется только по угольным забоям.

Под очистной линией забоев понимают длину лав в плоскости пласта (расстояние вдоль забоя между выработками или целиками, оконтуривающими забой).

Талица 2.3

Характеристика работы лав

| 1 | 2 | 3 | Мощность пласта, м | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|-----------------|------------|---------------------|--------------------|----------|----------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|---------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| | | | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | |
| Год, число дней | Номер лавы | Угол падения пласта | общая | полезная | товарная | Зольность, % | Объемный вес, т/м ² | Производительность пласта, т/м | Ср. длина лавы, м | Линия забоя, м | Площадь выемки, м | Подвигание, м | Среднесут. добыча, т | Добыча за год, т | Кол-во раб. дней | Среднегод. кол-во забоев |
| | | | | | | | | 6*8 | | 10*17 | 15:9 | 12:10 | | 14*16 | | 16:1 |
| 2005 | 217 | 40-45 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 39 | 1,5 | 2,0 | 160 | 65,6 | 28272 | 177 | 456 | 56544 | 124 | 0,41 |
| 305 | 218 | | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 39 | 1,5 | 2,0 | 160 | 94,4 | 41268 | 258 | | 82536 | 181 | 0,59 |
| | Итого | | | | | | | | | | 69540 | 435 | | 139080 | 305 | 1,00 |
| | 114 | 40-45 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 39 | 1,5 | 2,0 | 160 | 57,6 | 24852 | 155 | | 49704 | 109 | 0,36 |
| | 115 | | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 39 | 1,5 | 2,0 | 160 | 102,4 | 44688 | 279 | | 89376 | 196 | 0,64 |
| | Итого | | | | | | | | | | 69540 | 435 | | 139080 | 305 | 1,00 |
| | Всего | | | | | | | | | | 139080 | 869 | | 278160 | | |

Таблица 2.4

График ввода и вывода лав (фронт работ)

| Номера лав | Фронт работ | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | на 01.02.05 | на 01.03.05 | на 01.04.05 | на 01.05.05 | на 01.06.05 | на 01.07.05 | на 01.08.05 | на 01.09.05 | на 01.10.05 | на 01.11.05 | на 01.12.05 | на 01.01.06 |
| 217 | 36 | 36 | 36 | 36 | 28 | | | | | | | |
| 218 | (60+80) | (60+80) | (60) | | 8 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 114 | 36 | 36 | 36 | 36 | 16 | | | | | | | |
| 115 | (60+80) | (60+80) | (60) | | 20 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |

Примечание: 36 п.м./ месяц – среднедействующая очистная линия забоя (произведение суточного подвигания забоя на количество рабочих дней в месяце). Скорость проходки разрезной печи принимается 80 п.м./месяц, а штрека – 60 п.м./месяц.

Подготовительная линия угольных забоев определяется как ширина поперечного сечения выработок по углю, работающих в течение планового периода.

Например, по лаве 217:

| | |
|------------------------------|--------|
| действующая очистная линия | 1/160, |
| действующая подготовительная | 0/0, |
| всего | 1/160. |

В числителе указывается общее количество забоев по углю, в знаменателе их длина в метрах.

При планировании составляют график ввода лав с указанием количества и длины среднедействующих очистных и подготовительных забоев.

Плановая скорость подвигания очистных и подготовительных забоев

Подвигание забоя за один цикл определяется средствами механизации и организации работ. Например, в забое работает комбайн – 1К101У с захватом шириной 0,8 м. Организация работ – два цикла в сутки. Подвигание забоя за один цикл $l_{ц} = 0,8$ м.

Суточное плановое подвигание очистного забоя определяют по формулам

$$L_{сут} = N_{ц} \cdot l_{ц}, \quad (2.2)$$

где $N_{ц}$ – норматив цикличности.

Норматив цикличности это плановое число циклов, подлежащее выполнению в плановом периоде в конкретных горно-геологических условиях. Величину его определяют по формуле

$$N_{ц} = k_{ц} \cdot t_{y} \cdot n_{ц}, \quad (2.3)$$

где $k_{ц}$ – коэффициент цикличности; учитывает горно-геологические и технические условия работы и принимается не более 0,9 (чем труднее геологические условия и больше длина забоя, тем меньше $k_{ц}$); t_y – продолжительность планового периода или число рабочих дней ($t_y = 1$, т. е. одни сутки); $n_{ц}$ – число циклов в сутки, которое может быть выполнено в данном забое ($n_{ц} = 2$).

$$N_{ц} = 0,9 \cdot 1 \cdot 2 = 1,8;$$

$$L_{сут} = 1,8 \cdot 0,8 = 1,44 \text{ м.}$$

Площадь выемки за сутки рассчитывается как произведение суточного подвигания забоя $L_{сут}$ на среднедействующую длину линии забоя за сутки $a_{ср.д}$.

$$F = a_{ср.д} \cdot L_{сут}, \quad (2.4)$$

где $a_{ср.д}$ – среднедействующая длина лавы; $L_{сут}$ – суточное подвигание забоя, м.

$$F = 160 \times 1,44 = 230,4 \text{ м}^2.$$

Тогда плановую добычу угля из очистного забоя за сутки определяют по формуле

$$D_{сут} = F \cdot p \cdot c, \quad (2.5)$$

где F – площадь выемки пласта, м^2 ; p – производительность пласта, $\text{т}/\text{м}^2$; c – коэффициент извлечения, учитывающий потери отбитого угля в забое ($c = 0,99$).

$$D_{сут} = 230,4 \cdot 2,0 \cdot 0,99 = 456,2 \text{ т.}$$

Таким образом, добыча за год составит:

$$D_{год} = D_{сут} \cdot N_{раб}, \quad (2.6)$$

где $D_{сут}$ – суточная добыча, т; $N_{раб}$ – количество рабочих дней в году.

$$D_{\text{год}} = 456,2 \cdot 305 = 139141 \text{ т.}$$

Расчет показателей по подготовительному забою производится аналогично очистному забою.

Общая добыча вычисляется по формуле

$$D_{\text{общ}} = D_{\text{o}} + D_{\text{п}}. \quad (2.7)$$

Все полученные данные заносятся в табл. 2.3 и составляется Календарный план горных работ (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Календарный план горных работ по пласту «Новый»

На графическом материале участки производства горных работ планируемого года наносятся и затушевываются красным цветом с разбивкой по месяцам. Планируемые потери запасов в целиках штрихуются линиями желтого цвета.

Расчет плановых эксплуатационных потерь

В плановые эксплуатационные потери включаются:

- потери от системы разработки:

а) по площади (оставляемые в недрах целики у подготовительных выработок и очистном пространстве);

б) по мощности (теряемый при разработке уголь в почве и кровле пластов и между слоями при слоевой выемке);

- потери в охранных и барьерных целиках, если в последующем не будет производиться их выемка;

- потери по геологическим и гидрогеологическим условиям;

- потери отбитого угля (образуются вследствие неполной зачистки угля в очистных и подготовительных забоях и рассыпания угля при транспортировании от забоя до склада готовой продукции).

Потери от неправильного ведения горных работ включают: потери в целиках и пачках угля, оставляемых сверх нормативов, установленных для данной системы разработки; потери в целиках, пачках и слоях, оставленных из-за пожаров, а также потери в недоработанных участках у границ и в середине шахтного поля; потери в подработанных пластах. Такие потери проектом не планируются. Их учет ведется уже в процессе разработки.

Расчет плановых потерь ведется по пластам, участкам и шахте, причем отдельно по системам разработки. Для этого используются

планы горных работ, структурные колонки по пластам, геологические разрезы. Рассчитанные данные заносятся в таблицу (2.5).

На планах горных работ теряемые целики у подготовительных выработок обычно закрашиваются желтым цветом. Потери по площади вычисляются по формуле

$$P_{\text{п}} = S_{\text{ц}} \cdot m_{\text{тов}} \cdot \gamma, \quad (2.8)$$

где $S_{\text{ц}}$ – площадь всех целиков, м²; $m_{\text{тов}}$ – товарная мощность угля, м; γ – объемный вес угля, т/м³;

Потери по мощности

$$P_{\text{м}} = S \cdot (m_{\text{общ}} - m_{\text{тов}}) \cdot \gamma, \quad (2.9)$$

где S – площадь добытых запасов, м²; $m_{\text{тов}}$ – товарная мощность угля, м; $m_{\text{общ}}$ – общая мощность угля, м; γ – объемный вес угля, т/м³;

Потери отбитого угля принимаются 0,3 % от добычи.

Эксплуатационные потери определяются как сумма всех видов потерь. Потери по геологическим и гидрогеологическим причинам, а также потери в охранных и барьерных целиках в данной работе не предусмотрены.

2.5. Состояние горных работ и обеспеченность запасами на конец планового периода

В завершающем этапе планирования горных работ заполняют таблицу обеспеченности запасами (табл. 2.6) план состояния горных работ на конец планового периода (рис. 2.3).

Таблица 2.5.

Плановые эксплуатационные потери

| Лава | Добыча,
т | Эксплуатационные
потери | | в том числе | | | | | | | | |
|-------|--------------|----------------------------|------|-----------------------|--------|------------------|--|---|--------------------------------------|---|-------------------------|-----|
| | | | | от системы разработки | | | по геологически
м и
гидрогеологи
ческим
причинам | | в охранных и
барьерных
целиках | | потери
отбитого угля | |
| | | | | всего | из них | | | | | | | |
| | | т | % | | т | по площади,
т | по
мощности,
т | т | % | т | % | т |
| 217 | 56544 | 14752 | 26,1 | 14582 | 6100 | 8482 | - | | - | | 170 | 0,3 |
| 218 | 82536 | 21528 | 26,1 | 21280 | 8900 | 12380 | - | | - | | 248 | 0,3 |
| 114 | 49704 | 32905 | 66,2 | 32756 | 25300 | 7456 | - | | - | | 149 | 0,3 |
| 115 | 89376 | 33974 | 38,0 | 33706 | 20300 | 13406 | - | | - | | 268 | 0,3 |
| Всего | 278160 | 103159 | 37,1 | 102324 | 60600 | 41724 | - | | - | | 835 | 0,3 |

Таблица 2.6.

Подсчет запасов на конец планового периода

| Горизонт | Лава | Балансовые запасы, тыс. т | Промышленные запасы, тыс. т | Подготовленные запасы, тыс. т | Готовые к выемке запасы, тыс. т |
|----------|------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 200 | 217 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 218 | 131,7 | 91,8 | 91,8 | 91,8 |
| Итого | | 131,7 | 91,8 | 91,8 | 91,8 |
| 100 | 114 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 115 | 118,8 | 75,5 | 75,5 | 75,5 |
| Итого | | 448,8 | 75,5 | 75,5 | 75,5 |
| Всего | | 250,5 | 167,3 | 167,3 | 167,3 |



Рис. 2.3. План горных работ по пласту «Новый» на конец года

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

3.1. Общие сведения

Работа по составлению годового плана развития горных работ включает проведение расчетов, составление пояснительной записки и оформление графического материала.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- краткая горно-геологическая характеристика участка;
- анализ состояния горных работ на начало планового периода (остатки балансовых, вскрытых и готовых к выемке запасов);
- основные плановые показатели по добыче руды и горно-подготовительным работам;
- составление годового плана развития горных работ;
- заключение.

Графический материал включает:

- сводный план с контурами горных работ на начало планируемого года;
- погоризонтные планы горных работ;
- поперечный и продольный разрезы;
- сводный план с контурами горных работ на конец планируемого года.

В процессе подготовки и составления годового плана развития горных работ маркшейдерская служба предприятия выполняет следующие основные работы:

- подготавливает материалы о выполнении плана горных работ на текущий год и делает их анализ;
- выполняет съемку фактического состояния горных работ и пополняет графический материал;
- на оставшееся время, в соответствии с планом, рассчитывает ожидаемые объемы добычи полезного ископаемого и горно-подготовительных работ;
- наносит на планы ожидаемое выполнение объемов добычи рудной массы и горно-подготовительных работ;
- отстраивает на погоризонтных планах ожидаемые контуры горных работ на 1 января планируемого года.

Перечисленные мероприятия являются исходной информацией для целей планирования горных работ.

3.2. Краткая горно-геологическая и технологическая характеристика участка месторождения

В этом разделе приводится информация о геометрических параметрах и элементах залегания залежи полезного ископаемого (форма залежи, ее падение, простирание, мощность, глубина залегания), качественных показателях полезного ископаемого (среднее содержание полезного компонента, плотность рудной массы), указываются характеристики условий разработки (система

разработки залежи, оборудование, с помощью которого осуществляется погрузка и транспортировка руды и пустой породы).

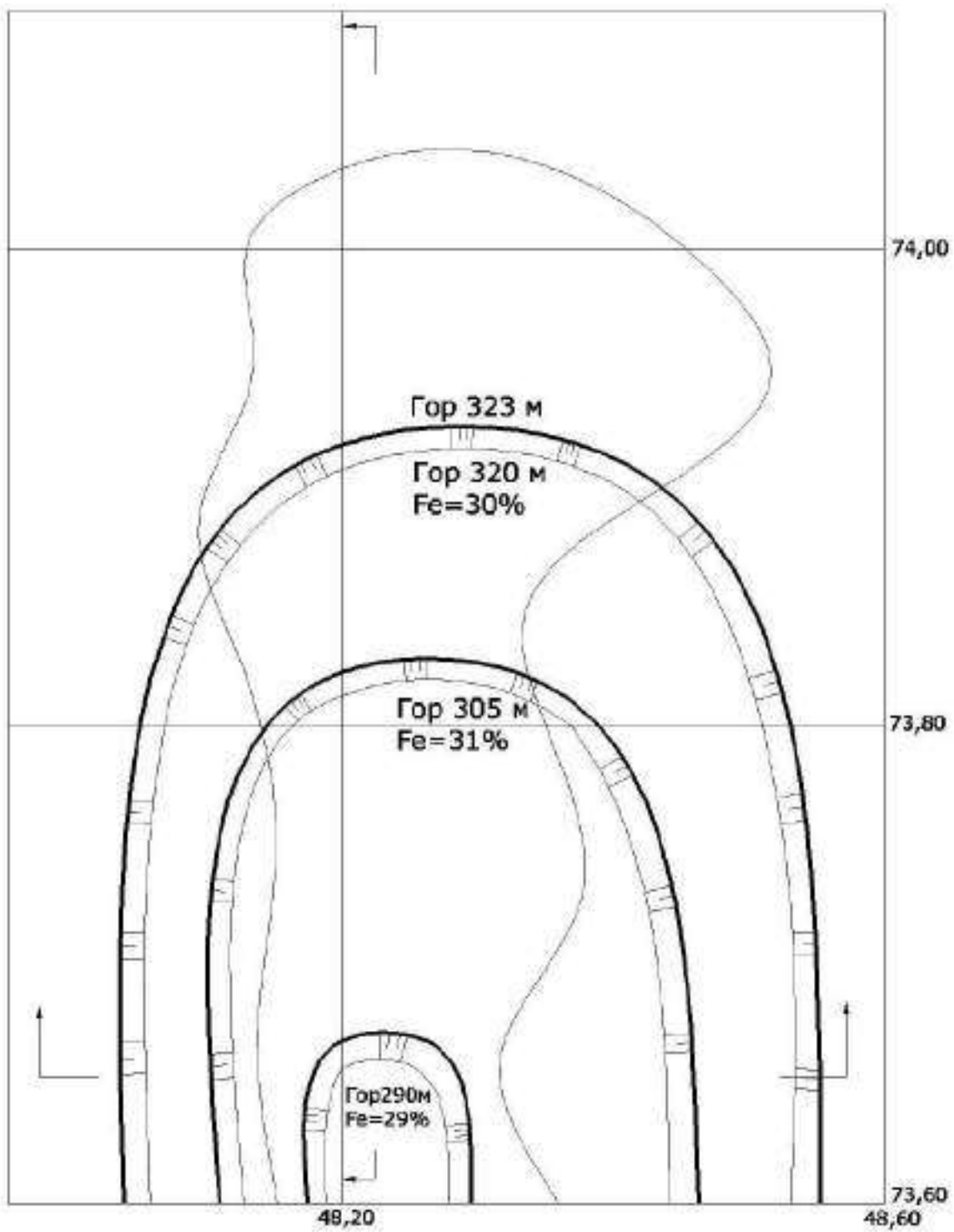
Северный участок железорудного месторождения представлен залежью неправильной формы. На верхних горизонтах она залегает вертикально, а с глубины 50 м наблюдается ее восточное падение. Залежь простирается в меридианальном направлении, мощность колеблется от 100 до 300 м. Залежь разведана до глубины 500 м. Среднее содержание железа на верхних горизонтах составляет 25-27 %. Плотность рудной массы – 3,2 т/м³, вмещающие породы скальные, их плотность 2,8 т/м³. На поверхности залежь покрыта наносами мощностью 3 м. Эти рыхлые отложения имеют плотность 2 т/м³.

Разработка залежи ведется открытым способом.

Северный участок вскрыт системой железнодорожных съездов, расположенных на юго-западном борту карьера. Отработка залежи ведется горизонтальными слоями высотой 15 м, с применением буровзрывных работ. Погрузка руды и пустой породы осуществляется тремя экскаваторами ЭКГ -4,6 м³. Транспортировка горной массы осуществляется железнодорожным транспортом нормальной колеи.

Положение горных работ на участке на начало планового периода, представляется на сводном и погоризонтных планах горных работ (Рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4).

Для выполнения практического задания выдается индивидуальный графический материал (пример представлен на рис. 3.1).



**Сводный план горных работ на 01.01.17г.
1:2000**

Рис. 3.1. Состояние горных работ на начало планируемого периода

3.3. Анализ состояния горных работ на начало планового периода

Состояние горных работ определяется наличием горно-транспортного оборудования, фронтом работы и количеством запасов, подготовленных для промышленного освоения на планируемый год (остатки балансовых, промышленных, вскрытых, подготовленных к добыче). Табл.3.3.

Балансовые (экономические) запасы, это запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам, экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

Промышленные запасы – часть балансовых запасов, которая подлежит извлечению из недр по проектам или планам развития горных работ. Определяются путем исключения из балансовых запасов проектных потерь. В нашем примере все балансовые запасы являются и промышленными.

Вскрытые запасы – часть промышленных запасов предприятия, освобожденные от покрывающих пустых пород или обнаженные в следствие естественных условий залегания, для разработки которых пройдена въездная траншея для транспорта, скипового подъемника, конвейера и выполнены горно-капитальные работы, предусмотренные техническим проектом. Вскрытые запасы ограничены: сверху – поверхностью полезного ископаемого,

обнаженной в следствие выполненных горных работ или естественных условий залегания; снизу – горизонтом, на который пройдена въездная траншея; со стороны добычных работ – обнаженными поверхностями откосов уступов; со стороны массива полезного ископаемого – поверхностями, построенными от границ верхней обнаженной поверхности залежи под углами откосов уступов и с учетом размеров предохранительных берм, предусмотренных техническим проектом.

Подготовленные запасы – запасы уступов (из числа вскрытых) с обнаженной верхней и боковой поверхностями, для разработки которых выполнены горно-подготовительные работы, предусмотренные техническим проектом или планом развития горных работ. Подготовленные запасы ограничены: сверху – верхней обнаженной поверхностью уступа; снизу горизонтом подошвы уступа; со стороны добычных работ – обнаженной поверхностью откоса уступа; со стороны массива полезного ископаемого – поверхностью, построенной от границ предохранительной бермы вышележащего уступа под углом откоса, предусмотренным техническим проектом.

Роль вскрытых запасов заключается в обеспечении независимости добычных и вскрышных работ, подготовленные запасы обеспечивают независимое подвигание смежных уступов, готовые к выемке запасы обеспечивают независимость отдельных процессов по добыче полезного ископаемого.

Для расчета подготовленных запасов предохранительные бермы принимаются для верхнего рудного горизонта 3 м, для нижних рудных – 30 м.

Границы вскрытых (ВЗ) и подготовленных запасов (ПЗ) отмечаются на погоризонтных планах и разрезах.

Подсчет запасов ведется на погоризонтных планах одним из методов:

- геологических блоков;
- эксплуатационных блоков;
- геологических разрезов;
- объемной палетки Соболевского.

Обеспеченность предприятия остатками вскрытых и подготовленных запасов (N_B , N_{Π}) в месяцах определяется по формулам

$$N_B = (PM_{ВЗ}/D) \cdot 12; \quad (3.1)$$

$$N_{\Pi} = (PM_{ПЗ}/D) \cdot 12, \quad (3.2)$$

где $PM_{ВЗ}$, $PM_{ПЗ}$ – остатки вскрытых и подготовленных запасов на начало планируемого года;

D – годовой план добычи в пересчете на балансовые запасы;

12 – число месяцев в году.

Например.

На начало планового периода Северный участок обеспечен запасами

$$N_B = 1896 / 2300 \cdot 12 = 10 \text{ мес.};$$

$$N_{\Pi} = 1547 / 2300 \cdot 12 = 8 \text{ мес.}$$

3.4. Основные плановые показатели по добыче полезного ископаемого

Исходя из потребности в минеральном сырье, состояния горных работ, наличия горно-транспортного оборудования, его производительности и остатков запасов, подготовленных для промышленного освоения, руководство предприятия определяет основные плановые показатели для годового планирования горных работ. В рассматриваемом примере план по добыче рудной массы (РМ) берется в пределах 50-60% от объема остатков балансовых запасов (табл. 3.3).

Плановые показатели по объемам горно-подготовительных работ получают в результате расчетов при планировании (табл.3.1).

Например, для данного участка основные плановые показатели по добыче составляют:

рудная масса (РМ) – 2300 тыс.т.;

горно-подготовительные работы [ГПР] – 2955 тыс.т.;

горная масса (ГМ = РМ + ГПР) – 5255 тыс.т.

Количество подготовленных запасов на конец планового периода должно обеспечить работу предприятию на определенное количество месяцев; это число рассчитывается по формуле (3.2).

Основные направления развития горных работ должны соответствовать направлениям, принятым в техническом проекте.

При отработке приконтактной зоны норма потерь на 1 пог.м. должна составлять не более 3,5 %, разубоживания – 2,5 %.

3.5. Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам

Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам производят с учетом остатков подготовленных запасов, производительности экскаваторов их количества и качества руды. Сначала распределяют объемы в целом по горизонтам, а затем, после составления графика работы экскаваторов, по блокам горизонта.

Для нашего примера горные работы на участке ведутся в северном направлении на горизонтах 320, 305 и 290 м. На верхнем горизонте 323 м лежит слой рыхлых наносов мощностью 3 м, которые необходимо снять без взрывных работ в летний период. Нижние горизонты сложены скальными породами и рудой.

На участке имеются три экскаватора ЭКГ -4,6 м³. Производительность экскаваторов с учетом коэффициента их использования составляет на горизонтах 320, 305 м – 1800 тыс. т, на нижнем горизонте 290 м – 1600 тыс. т.

В плане развития горных работ принимается, что на горизонте 290 м целый год будет работать экскаватор № 1, два экскаватора № 2 и 3 на горизонте 305 м. Для снятия наносов экскаватор № 2 в летний период переводится на горизонт 320 м.

Нарезка объемов выемки руды и горно-подготовительных работ на погоризонтных планах должна вестись с таким расчетом, чтобы обеспечить: выполнение планового задания; фронт работы

экскаваторов (с учетом их производительности) и подготовку запасов на начало работы следующего года.

Рассмотрим последовательность планирования горных работ на примере, приведенного участка железорудного месторождения:

1. Планирование горных работ, по выполнению плана по добыче и вскрыше (горно-подготовительные работы), начинают вести с нижнего горизонта до верхнего вскрышного горизонта. Подготавливают графический материал по каждому планируемому горизонту – планы горных работ, на которых отображают фактическое состояние горных работ, границы вскрытых и подготовленных запасов, для дальнейшего подсчета их остатков (табл. 3.3).

2. Нарезку объемов добычи рудной массы (РМ), горно-подготовительных работ (ГПР) и горной массы (ГМ) начинаем с нижнего горизонта – 200 м. Принимая во внимание, что на данном горизонте в течение года будет работать один экскаватор с производительностью 1600 тыс. т по горной массе и имеющиеся остатки подготовленных запасов (табл. 3.3) намечают плановый контур горных работ на конец планируемого года так, чтобы максимально выполнить план по добыче руды. В пределах установленного контура подсчитывают объемы по рудной массе (РМ), вскрыше (ГПР) и суммарный баланс горной массы (ГМ), который должен соответствовать производительности экскаватора на данном горизонте-1600 тыс. т. Поскольку планируемый контур устанавливается методом приближения, то возможно отклонение

величины ГМ от производительности в сторону увеличения или уменьшения не более чем на 5%.

3. Аналогичный порядок планирования производится на следующем вышележащем горизонте 305 м. В отличие от нижнего горизонта (290 м.) объем добычи на гор. 305 м. будет равен разнице принятого планом объема добычи на год- 2300 тыс.т. и запланированным объемом добычи рудной массы нижележащего горизонта-1000 тыс.т., т.е. объем добычи на этом горизонте будет известен заранее и будет равен-1300 тыс.т.. Остается подсчитать объемы вскрышных работ (ГПР) при разносе бортов и подсчитать объемы добычи горной массы (ГМ). Поскольку на данном горизонте работают два экскаватора, то и объемы (ГМ) расписываются по каждому отдельно. При этом один из экскаваторов №3 нагружается полностью до его производительности 1800 тыс. т, а второй №2 по остаточному принципу. Цифры по объемам добычи выписывают на план данного горизонта.

4. При планировании горных работ верхнего рудного горизонта (в нашем случае гор. 305 м), контур отработки «залезет» под границы существующего вскрышного горизонта. Для обеспечения плана добычи на гор. 305 м необходимо будет произвести вскрышные работы на гор.320 м. высота наносов, которых составляет 3 м. Объемы вскрышных работ (ГПР) должны обеспечить прирост рудной массы на величину, равную необходимой добыче на данном горизонте и имеющихся остатков подготовленных запасов, но не более остатков объемов производительности экскаватора №2 горизонта 305 м, т.е. объемы по вскрыше гор. 320 м

будут \leq остатку производительности экскаватора №2, осуществляющего добычу на гор. 305 м. В нашем примере эта цифра по ГПР не должна превышать величины 355 тыс. т, что соответствует остатку производительности экскаватора № 2. Все результаты по планированию рудной массы (РМ), горно-подготовительных работ (ГПР) и горной массы (ГМ) фиксируются на погоризонтных планах и заносятся в соответствующие таблицы 3.1, 3.2.

5. Графическая часть процесса планирования заканчивается созданием сводного плана горных работ на планируемый период (год), а также построением продольных и поперечных разрезов с фиксацией на них состояния горных работ на начало и конец планируемого года. Все результаты промежуточных расчетов заносятся в табл. 3.3 – «Движение запасов...» с окончательным расчетом их остатков на конец планируемого года (или на начало следующего за годом планирования), что одно и то же.

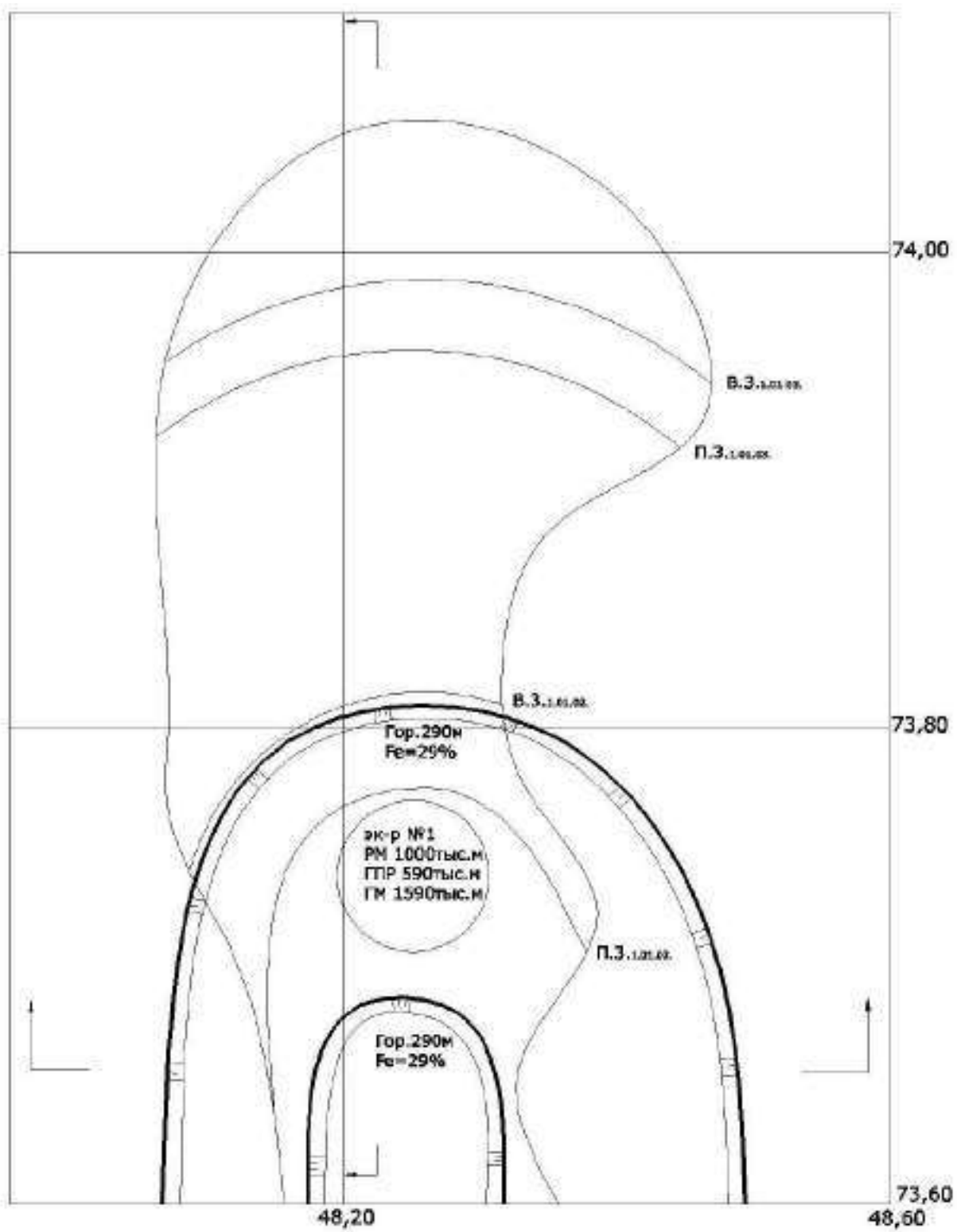
Объемы добычи руды и горно-подготовительных работ по горизонтам подсчитываются методом горизонтальных сечений (площади сечений измеряются планиметром).

Распределение объемов добычи горной массы по горизонтам и блокам заносят в таблицу 3.1, и в график работы экскаваторов(табл.3.2).

Таблица 3.1

Распределение горной массы по блокам

| №
п/п | Наименование блока | Горизонт | Рудная масса, тыс.т. | | | Горно-
подготовительные
работы, тыс. т. | Горная масса,
тыс. т |
|----------|--------------------------|----------|----------------------|----|-----|---|-------------------------|
| | | | РМ | % | М | | |
| 1 | Северный борт | 320 | | | | 355 | 355 |
| 2 | Северо-западный
борт | 305 | 635 | 31 | 197 | 810 | 1445 |
| 3 | Северо-восточный
борт | 305 | 665 | 31 | 206 | 1200 | 1865 |
| 4 | Итого | 305 | 1300 | 31 | 403 | 2010 | 3310 |
| 5 | Северный борт | 290 | 1000 | 29 | 290 | 590 | 1590 |
| | Итого | | 2300 | 30 | 693 | 2955 | 5255 |



"План горизонта 290м"
масштаб 1:2000

Рис. 3.2. Планирование горных работ на горизонте 290 м

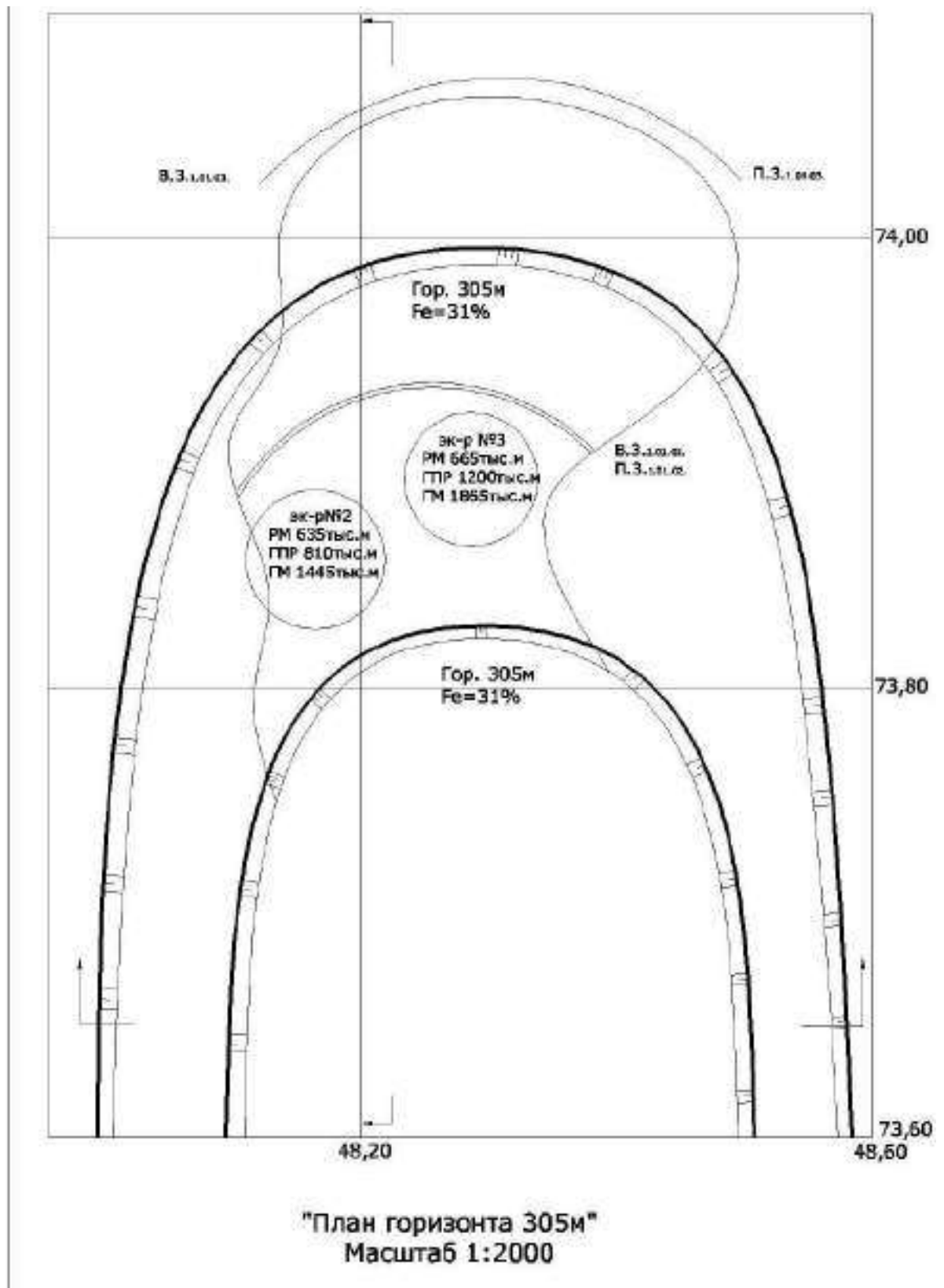


Рис. 3.3. Планирование горных работ на горизонте 305 м

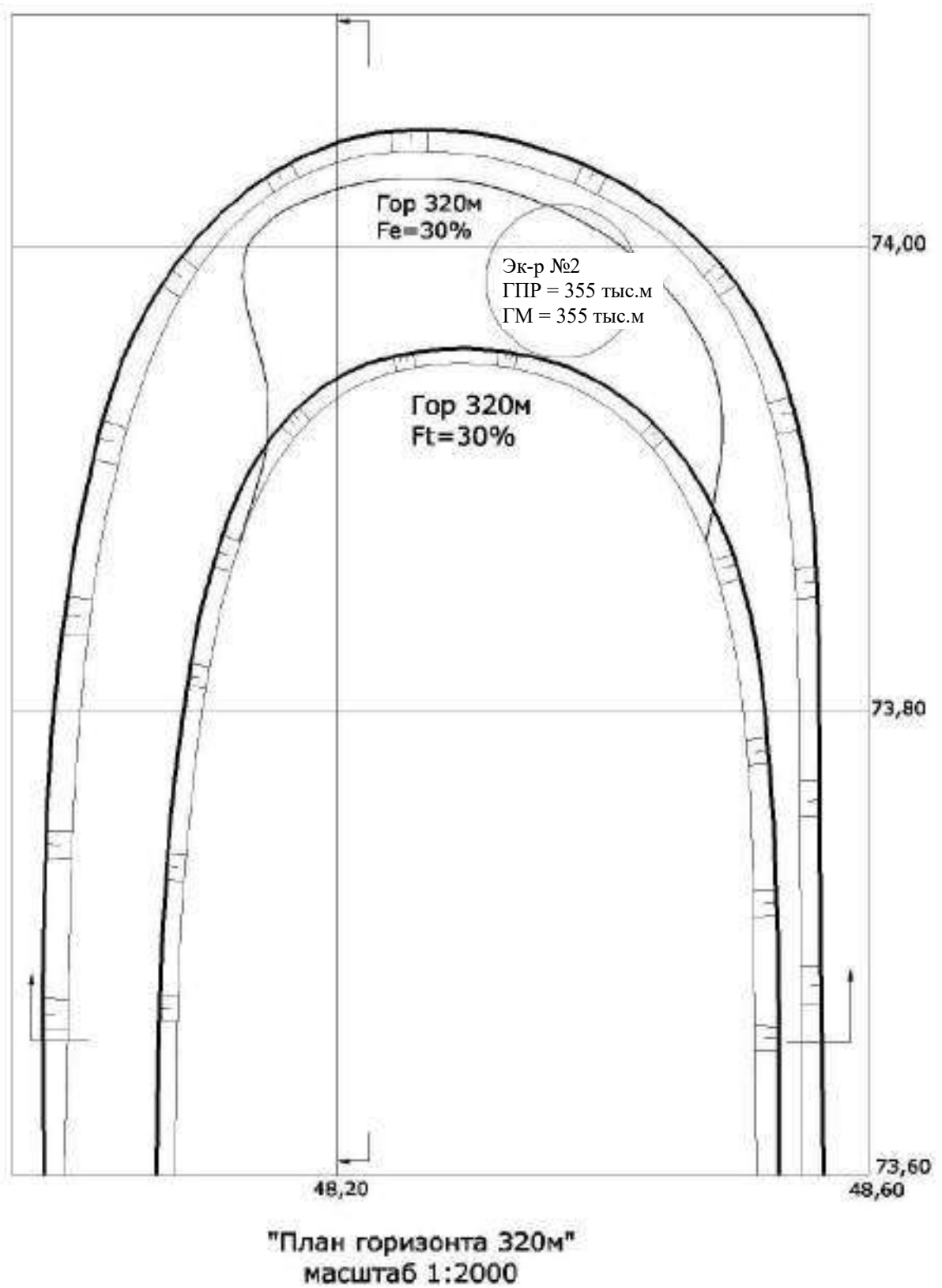
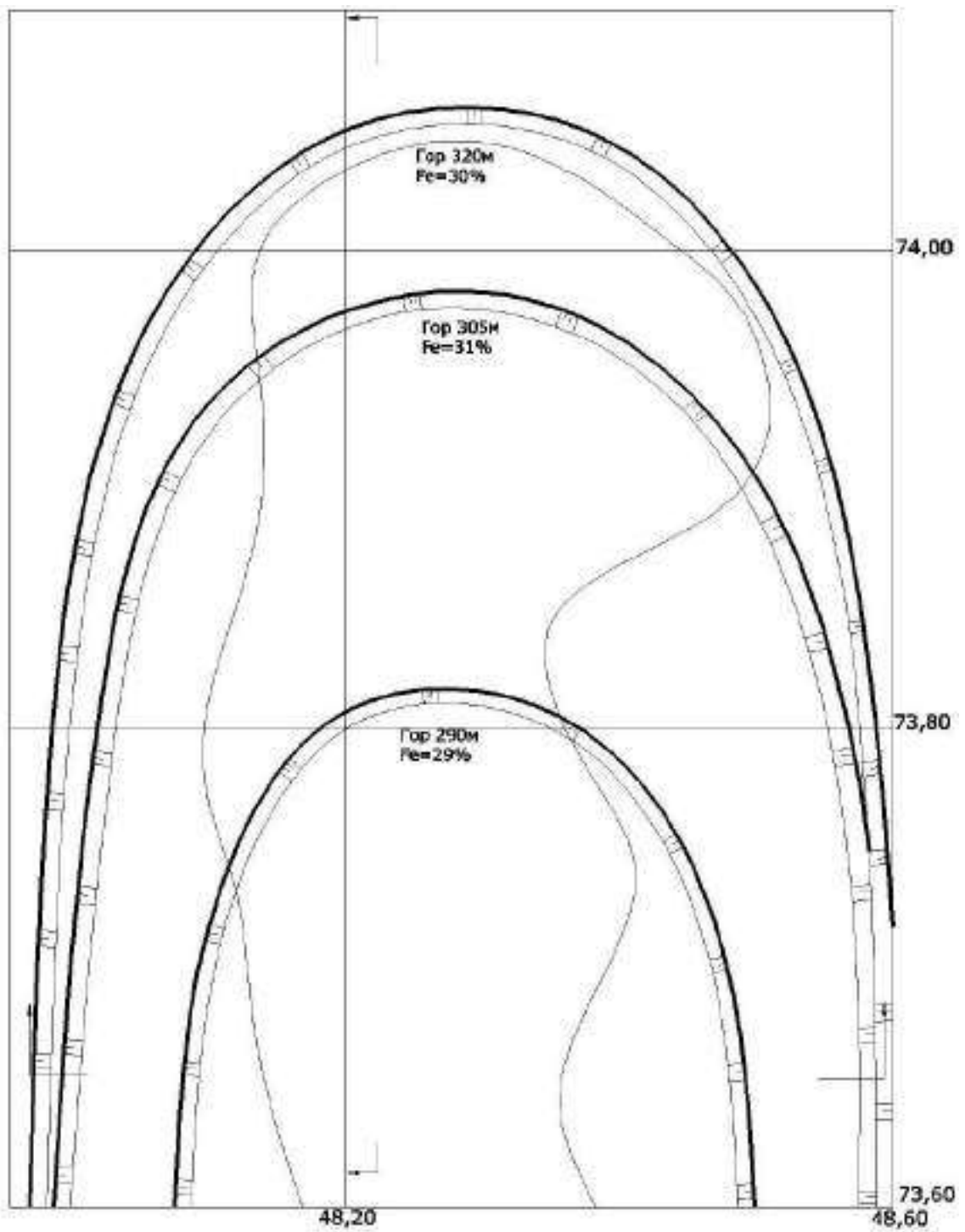


Рис. 3.4. Планирование горных работ на горизонте 320 м



Сводный план горных работ на 01.01.18г.

1:2000

Рис. 3.5. Состояние горных работ на конец планового периода

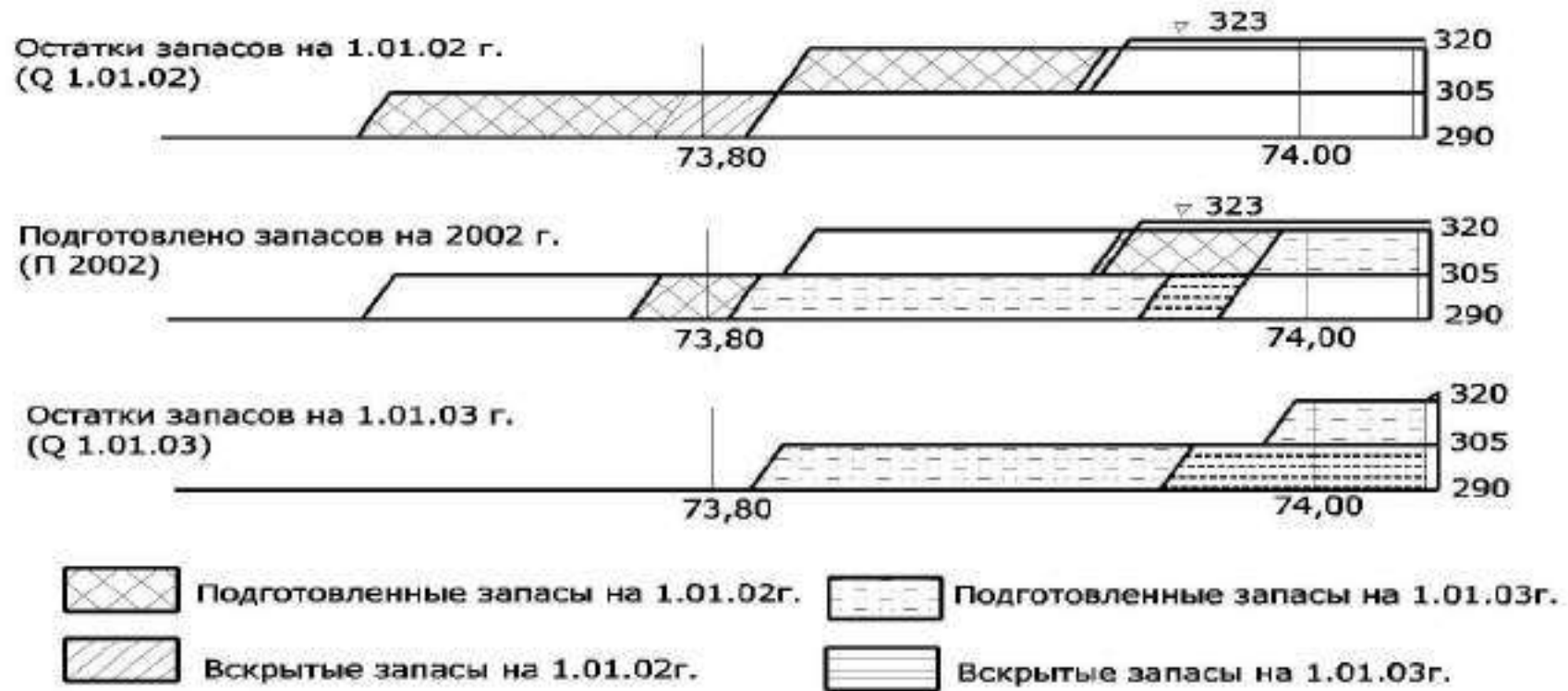
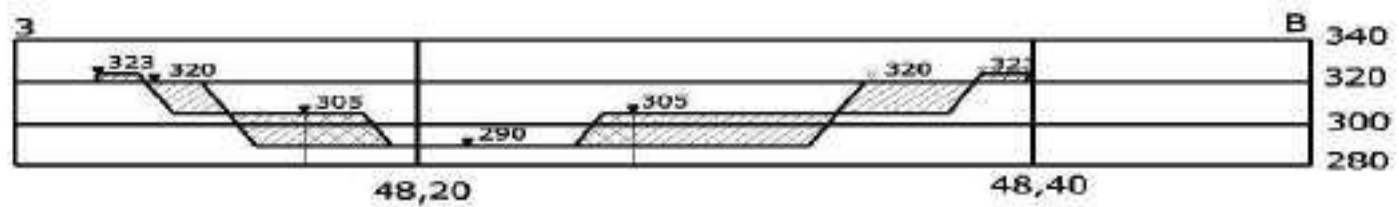


Рис. 3.6. Продольный разрез



Запланированные к выемке блоки на 2002 г

 Руда
  Скальные породы
  Наносы

Рис. 3.7. Поперечный разрез

3.6. Составление графика работы экскаваторов

Условиями для составления графиков работы экскаваторов являются:

- обеспечение ритмичной добычи руды и проведения горно-подготовительных работ по кварталам;
- выполнение квартальной и годовой производительности каждым экскаватором;
- выполнение запланированных объемов добычи руды и горно-подготовительных работ на каждом горизонте;
- минимальная перестановка экскаваторов по горизонтам и блокам.

Графики работы экскаваторов будут составлены правильно при условии обеспечения выполнения плановых объемов по кварталам, экскаваторам, горизонтам и блокам.

Пример графика работы экскаваторов представлен в табл. 3.2.

Объемы, выполняемые экскаваторами, выписываются на погоризонтных планах (см. рис. 3.2, 3.3, 3.4). После составления графика работы экскаваторов вычерчивается сводный план горных работ с контурами на конец планового периода (см. рис. 3.5) и продольный и поперечный разрезы (см. рис. 3.6, 3.7). Затем делается подсчет остатка балансовых, вскрытых и подготовительных запасов, обеспечивающих добычу руды в следующем году.

Таблица 3.2

График работы экскаваторов

| Наименование блока | Горизонт | Номер экскаватора | Кварталы | | | | Итого по экскаваторам | | |
|---|----------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------|------|
| | | | I | II | III | IV | PM | ГПР | ГМ |
| Северный борт | 320 | 2 | | | [320] 320 | [35] 35 | | 355 | 355 |
| Северо-западный борт | 305 | 2 | (215) [260]
475 | (215) [290]
505 | | (205) [260]
465 | 635 | 810 | 1445 |
| Северо-восточный борт | 305 | 3 | (120) [300]
420 | (118) [310]
428 | (309) [290]
599 | (118) [300]
418 | 665 | 1200 | 1865 |
| Северный борт | 290 | 1 | (240) [205]
445 | (242) [170]
412 | (266) [50]
316 | (252) [165]
417 | 1000 | 590 | 1590 |
| Итого по участку | | | | | | | | | |
| Рудная масса (PM), тыс. т | | | 575 | 575 | 575 | 575 | 2300 | | |
| Горно-подготовительные работы [ГПР], тыс. т | | | 765 | 770 | 660 | 760 | | 2955 | |
| Горная масса (ГМ), тыс. т | | | 1340 | 1345 | 1235 | 1335 | | | 5255 |

3.7. Движение запасов

Состояние горных работ, как на начало, так и на конец планового периода характеризуется наличием вскрытых и подготовленных запасов. Для этого от ожидаемых на конец планового периода контуров на погоризонтных планах отстраиваются предохранительные бермы и подсчитываются остатки вскрытых и подготовительных запасов на конец планируемого года.

Движение запасов наглядно видно из уравнения

$$O_k = O_n + \Pi_r - D_r, \quad (3.3)$$

где O_k , O_n – остатки запасов на конец и начало плановых периодов;

Π_r – вскрытые или подготовленные запасы в течение планируемого года; D_r – руда, запланированная к добыче в планируемом году.

Балансовые запасы определяются по результатам разведки и их пересчета

$$O_k = O_n - D_r. \quad (3.4)$$

Величины подготавливаемых запасов в течение года можно замерить на планах или сосчитать по формуле

$$\Pi_r = O_k + D_r - O_n. \quad (3.5)$$

Расчет количества металла в блоках ведется по формуле

$$M = (PM \cdot C)/100, \quad (3.6)$$

где M – количество металла, тыс. т.; PM – рудная масса, тыс. т.; C – содержание металла, %.

Среднее содержание металла на горизонте или участке определяется как среднее взвешенное значение, пропорциональное количеству добываемой руды. Все результаты подсчетов записываются в таблицу (табл. 3.3).

Запасы руды и металла считаются подсчитанными верно, если соблюдается условие формулы $O_k = O_n + \Pi_r - D_r$.

3.8. Расчет величины плановых потерь и разубоживания

Нормативные показатели величин потерь и разубоживания руды устанавливаются на основе технико-экономических расчетов, возможных вариантов обработки участков месторождения. Например, нормы плановых потерь в приконтактной зоне установлены 110 т, разубоживания – 70 т на 1 пог. м контакта.

Величины потерь и разубоживания и их проценты определяются по формулам

$$\Pi = N_n \cdot l; \quad (3.7)$$

$$R = N_p \cdot l, \quad (3.8)$$

где Π – количество теряемой руды, т; R – разубоживающая порода, т; N_n, N_p – нормы потерь и разубоживания, т/пог. м контакта; l – длина контакта на горизонте в контурах обработки планируемого года, м.

Таблица 3.3

Движение запасов на Северном участке месторождения

| Наименование блока | Горизонт,
м | Остаток запасов на
01.01.02г. | | | Подготовлено за
2002г. | | | Добыто за 2002г. | | | Остаток запасов на
01.01.03г. | | |
|------------------------------|----------------|----------------------------------|------|------|---------------------------|------|-----|------------------|------|-----|----------------------------------|------|-----|
| | | РМ | % | М | РМ | % | М | РМ | % | М | РМ | % | М |
| Балансовые запасы | | | | | | | | | | | | | |
| Северный участок | 305 | 1725 | 31 | 535 | | | | 1300 | 31 | 403 | 425 | 31 | 132 |
| Северный участок | 290 | 2798 | 29 | 811 | | | | 1000 | 29 | 290 | 1798 | 29 | 521 |
| Итого по залежи | | 4523 | 29,8 | 1346 | | | | 2300 | 30,1 | 693 | 2223 | 29,4 | 653 |
| Вскрытые запасы | | | | | | | | | | | | | |
| Северный участок | 305 | 825 | 31 | 256 | 926 | 31 | 287 | 1300 | 31 | 403 | 451 | 31 | 140 |
| Северный участок | 290 | 1071 | 29 | 311 | 1297 | 29 | 376 | 1000 | 29 | 290 | 1368 | 29 | 397 |
| Итого по залежи | | 1896 | 29,9 | 567 | 2223 | 29,8 | 663 | 2300 | 30,1 | 693 | 1819 | 29,5 | 537 |
| Подготовленные запасы | | | | | | | | | | | | | |
| Северный участок | 305 | 803 | 31 | 249 | 948 | 31 | 294 | 1300 | 31 | 403 | 451 | 31 | 140 |
| Северный участок | 290 | 744 | 29 | 216 | 1302 | 29 | 378 | 1000 | 29 | 290 | 1046 | 29 | 303 |
| Итого по залежи | | 1547 | 30,0 | 465 | 2250 | 29,8 | 672 | 2300 | 30,1 | 693 | 1497 | 29,6 | 443 |

$$\Pi = (\Pi/PM) \cdot 100\%; \quad (3.9)$$

$$R = [R/(PM - \Pi + R)] * 100\% , \quad (3.10)$$

где PM – количество добытой руды за планируемый период для каждого горизонта.

Результаты расчета величин плановых потерь и разубоживания оформляются в табличной форме (табл. 3.4).

Таблица 3.4.

Результаты расчета плановых потерь и разубоживания

| Горизонт, м | Длина контакта, м | Потери, тыс. т | Разубоживание, тыс. т | Потери, % | Разубоживание, % |
|------------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------|------------------|
| 305 | 398 | 43,8 | 27,9 | 3,4 | 2,2 |
| 290 | 328 | 36,1 | 23,0 | 3,6 | 2,3 |
| Итого по участку | | 79,9 | 50,9 | 3,5 | 2,2 |

В заключение приводятся следующие сведения:

- 1) состояние горных работ на начало планирования;
- 2) условия выполнения плана развития горных работ на планируемый год и их объемы;
- 3) горно-геологические особенности и состояние сырьевой базы на конец планируемого периода с анализом работы участка уже на последующий год.

Например.

На начало планового периода Северный участок обеспечен вскрытыми запасами на 10 месяцев, подготовленными – на 8 месяцев.

Плановым заданием установлены следующие объемы горных работ:

добыча рудной массы – 2300 тыс. т;

проведение горно-подготовительных работ – 2960 тыс. т.

Разработка участка месторождения ведется с использованием трех экскаваторов:

на горизонте 290 м – ЭКГ № 1, с производительностью 1600 тыс. т;

на горизонте 320 м – ЭКГ № 2, 3, с производительностью 1800 тыс. т.

В плановый период на горизонте 290 м будет добыто 1000 тыс. т рудной массы и выполнено горно-подготовительных работ в объеме 590 тыс. т; на горизонте 305 м соответственно 1300 тыс. т и 2010 тыс. т. На горизонте 320 метров будут проведены вскрышные работы в объеме 355 тыс. т.

При отработке приконтактной зоны плановые потери составят 3,47 %, а разубоживание – 2,24 %.

На конец планового периода остатки вскрытых запасов на Северном участке составят 1819 тыс.т.; подготовленных – 693 тыс. т.

Остатки вскрытых запасов обеспечат работу участку при плановой производительности в течение 8 месяцев, а подготовленных – в течение 6 месяцев.

Развитие горных работ соответствует направлениям, принятым в техническом проекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части учебного пособия приведены основные требования к составлению, согласованию и утверждению годовых планов развития горных работ. Вторая часть учебного пособия представляет собой методические указания по планированию горных работ на участке угольного месторождения, отрабатываемого подземным способом, и на участке железорудного месторождения, отрабатываемого открытым способом.

Планирование горных работ на различных месторождениях имеет определенные особенности, но можно выделить и общие методические основы составления годовых планов развития горных работ, к которым относятся:

- анализ состояния горных работ и обеспеченности запасами на начало планового периода;
- расчет плановых показателей, определение направления развития и объемов вскрышных, подготовительных, добычных и рекультивационных работ на основе планового задания по добыче полезного ископаемого и с учетом принятой технологии ведения работ;
- определение календарных сроков производства горных работ;
- определение плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого;
- анализ ожидаемого состояния горных работ и обеспеченности запасами на конец планового периода.

Годовой план является важнейшей составляющей горного производства, т. к. он определяет направление развития горных работ, объемы добычи полезного ископаемого, объемы производства геологоразведочных, рекультивационных, вскрышных и горно-подготовительных работ, а также рассматривает мероприятия по охране недр, охране окружающей среды, рациональному и комплексному использованию полезного ископаемого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Маркшейдерская документация: Учебное пособие по курсу «Маркшейдерское дело» / Н. В. Кортев, А. Т. Леонтьев, А. В. Самарин; УГГГА. Екатеринбург, 2001. 68с.

Омельченко А. Н. Справочник по маркшейдерскому делу. М.: «Недра», 1973. 487с.

Планирование горных работ при подземном способе разработки: Методические указания по курсу «Маркшейдерское дело» / И. И. Попов; Карагандинский политехнический институт. Караганда, 1980. 21с.

Правила охраны недр (ПБ 07 – 601 – 03). Серия 07. Выпуск 11. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. 64с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А.Упоров
« _____ » 20 _____ г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Б1.Б.1.29 ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;

- выполнить расчетно-графические работы;

- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся (СРО) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРО, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса обучающимся необходимо: самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.
2. Свойства горных пород и массивов
3. Естественное напряженное состояние горного массива
4. Методы изучения горного давления
5. Математические модели горного массива
6. Методы решения задач механики сплошной среды
7. Управление горным давлением
8. Опорное давление
9. Расчет нагрузок на крепь
10. Динамические проявления горного давления
11. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Основы горной геомеханики» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-5]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающийся предварительно не поработает над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.

1. Содержание и задачи дисциплины.
2. Теоретическое и практическое значение геомеханики для маркшейдеров и горняков.
3. Связь курса с другими дисциплинами.
4. Предмет, объекты изучения.
5. Задачи геомеханики.

Тема 2: Свойства горных пород и массивов

1. Классификация свойств горных пород.
2. Плотностные, прочностные и деформационные характеристики горных пород.
3. Роль трещиноватости в формировании свойств горных массивов.
4. Методы определения свойств горных массивов.
5. Коэффициент структурного ослабления.
6. Исходные физико-механические характеристики горных пород и массивов

Тема 3: Естественное напряженное состояние горного массива

1. Напряженное состояние нетронутого массива горных пород как упругой среды.
2. Напряженное состояние массива раздельно-зернистых пород.
3. Влияние тектонических сил при оценке напряженного состояния массивов горных пород.
4. Методы определения естественных напряжений на малых базах.
5. Методы определения естественных напряжений на больших базах.

Тема 4: Методы изучения горного давления

1. Общие сведения о методах изучения горного давления.
2. Методы измерений в натурных условиях.
3. Предметное моделирование.
4. Метод эквивалентных материалов.
5. Поляризаторно-оптический метод.
6. Математическое моделирование.
7. Аналитические методы исследования напряженно-деформированного состояния и прочности горных пород.
8. Применение моделей сплошных и дискретных сред

Тема 5: Математические модели горного массива

1. Математические модели горного массива: упругая.
2. Математические модели горного массива упругопластическая.
3. Математические модели горного массива жесткопластическая.

Тема 6: Методы решения задач механики сплошной среды

1. Аналитические методы решения.
2. Задача Кирша, Буссинеска, Фламана.
3. Бигармоническое уравнение и его приложения.
4. Теорема Леви-Митчела.
5. Приближенные методы решения задач теории упругости.
6. Метод конечных элементов.
7. Метод граничных интегральных уравнений.

Тема 7: Управление горным давлением

1. Общие сведения об управлении горным давлением.
2. Способы, повышающие устойчивость выработок.
3. Параметры управления горным давлением, снижающие нагрузку.
4. Расчет опорных целиков.
5. Расчет закладочных смесей.

Тема 8: Опорное давление

1. Опорное давление.
2. Теории горного давления.

Тема 9: Расчет нагрузок на крепь

1. Общие сведения о расчете нагрузок на крепь.
2. Методы расчета нагрузок на крепь горизонтальных горных выработок.
3. Методы расчета нагрузок на крепь наклонных горных выработок
4. Методы расчета нагрузок на крепь вертикальных горных выработок.
5. Методы механики подземных сооружений.

Тема 10: Динамические проявления горного давления

1. Общие сведения о динамических проявлениях горного давления.
2. Классификация динамических явлений.
3. Причины возникновения и механизм горных ударов.
4. Условия возникновения внезапных выбросов и представление о их механизме.

Тема 11: Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

1. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.
2. Прогнозирование динамических проявлений горного давления на основе локального геофизического резонанса.
3. Опыт разработки удароопасных месторождений.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «*Основы горной геомеханики*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы горной геомеханики*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Туринцев Ю.И., Яковлев В.Н. Горная геомеханика ч. 2. Горное давление при подземной разработке месторождений: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 192 с..
2. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.
3. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.
4. Учебное пособие “Горная геомеханика. Ч.2. Горное давление при подземной разработке месторождений” по специальности 21.05.04 «Горное дело».
5. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине “Основы горной геомеханики” для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело» (МД), Сост.: В.Н.Яковлев, УГГУ, Екатеринбург, 2019. 63 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А.Упоров
« » 20 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**Б1.Б.2.03 МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ**

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

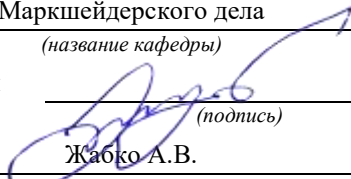
Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой


(подпись)

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 10.03.2020 г.

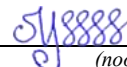
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;

- выполнить расчетно-графические работы;

- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обоб-

щение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо: самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Сдвигание горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок, карстогенеза и т.д.
2. Условия безопасной подработки зданий, сооружений и природных объектов.
3. Меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.
4. Построение предохранительных целиков.
5. Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).
6. Проект наблюдательной станции. Горно-экологический мониторинг сдвижений на подрабатываемых территориях.
7. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности с применением моделей сплошных сред и традиционными методами.
8. Сдвигание горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.
9. Опасные зоны
10. Особенности процесса сдвижения горных пород при разработке месторождений углеводородов. Геодинамические полигоны. Техногенные землетрясения.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-7]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям обучающемуся невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающиеся предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок, карстогенеза и т.д

1. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок.
2. Термины, определения, основные понятия, цели и задачи науки (дисциплины).
- 3.. Параметры процесса сдвижения горных пород.
4. Влияние трещиноватости на угловые параметры процесса сдвижения.

Тема 2: Условия безопасной подработки зданий, сооружений и природных объектов.

1. Условия безопасной подработки зданий, сооружений.
2. Допустимые и предельные деформации земной поверхности подрабатываемых объектов.

Тема 3: Меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.

1. Горные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.
2. Конструктивно-строительные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.

Тема 4: Построение предохранительных целиков.

1. Способы построения предохранительных целиков.

Тема 5: Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).

1. Наблюдения за сдвижением горных пород, земной поверхностью и подработанными объектами (зданиями и сооружениями).
2. Методы изучения сдвижения толщи горных пород.

Тема 6: Проект наблюдательной станции.

1. Проект наблюдательной станции.
2. Горно-экологический мониторинг сдвижений на подрабатываемых территориях.

Тема 7: Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности.

1. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности от отдельной очистной выработки.
2. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности от нескольких выработок.
3. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций на рудных месторождениях.

Тема 8: Сдвигение горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.

1. Сдвигение горных пород при строительстве метрополитенов, особенности.

Тема 9: Опасные зоны.

1. Опасные зоны. Классификация.
2. Порядок ведения горных работ в опасных зонах.
3. Роль маркшейдерской службы предприятия в установлении, расчете, выносе границ опасных зон и разработке проектов ведения горных работ в опасных зонах.

Тема 10: Особенности процесса сдвигения горных пород.

1. Особенности процесса сдвигения горных пород при разработке месторождений углеводородов.
2. Геодинамические полигоны.
3. Техногенные землетрясения.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «*Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины *Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ*. Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с. (Минтопэнерго РФ РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ).
2. Туринцев Ю.И., Самарин В.П. Горная геомеханика ч. 1. Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием подземных разработок: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 150 с.
3. Борщ-Компониец В.И., Батугина И.М., Варлашкин В.М., и др. Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках. – М.: Недра, 1984. – 247 с.
4. Учебно-методическое пособие по дисциплине ” Маркшейдерское обеспечение безопасности горных работ ” для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело».
5. РД-07-113-96. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок (с изм. 1 - РДИ 07-471(113)-02). Госгортехнадзор России, 2002 г.
6. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. - М.: Недра, 1988. – 112 с. (Разраб. ВНИМИ, введ. 03.07.1986 г.).
7. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. - СПб., 2008. – 95 с. (согл. Ростехнадзором 30.04.2008 г.).



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Земских, Н. В. Кортев

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Производство маркшейдерских работ связано с выполнением большого объема пространственных измерений.

Для обеспечения достаточной точности маркшейдерских измерений, наряду со строгим соблюдением положений инструкции по производству маркшейдерских работ, требуется и высокий уровень квалификации исполнителя. Не выявленные своевременно дефекты прибора или недостаточное знание особенностей его работы может привести к отрицательным результатам, а в отдельных случаях к значительному материальному ущербу. В этой связи основное внимание в пособии уделено процессам формирования инструментальных погрешностей и способам уменьшения их влияния на результаты измерений, теоретическим вопросам по цифровым методам измерений и обработки информации, а также рассмотрению устройства принципиальных схем и узлов, которые составляют основу современных маркшейдерских приборов.

Основное содержание пособия посвящено электронно-цифровым маркшейдерским приборам, которые уверенно вытесняют оптико-механические приборы из практической маркшейдерии. В то же время при выполнении маркшейдерских работ в определенных условиях открытых и подземных горных разработок продолжают эффективно применяться механические средства измерений, простейшие инструменты и оптико-механические приборы технической точности, которым также уделено достаточное внимание.

Авторы считают, что данное пособие будет полезно студентам, работникам маркшейдерских служб, работникам организаций, ведущих мониторинг геомеханических процессов, и геодезистам, эксплуатирующим маркшейдерско-геодезические приборы.

1. ПРОСТЕЙШИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ПРИБОРЫ

Многовековая история производства маркшейдерских съемок в горных выработках связана с применением разнообразных приборов для пространственных линейных и угловых измерений. Конструктивная сложность приборов и их функциональные возможности постепенно возрастали. Особенно стремительно этот процесс развивается в последние 30 лет. Механические и оптико-механические приборы в основном вытеснены из практической маркшейдерии электронно-оптическими приборами, приборами спутниковой геодезии и цифровой фотограмметрии.

В то же время при подземной разработке месторождений полезных ископаемых и при строительстве в подземном пространстве объектов различного назначения продолжается эффективное использование таких инструментов, как магнитная буссоль, висячий полукруг, длинномер, длинная шахтная лента, курвиметр, планиметр, отвесы шнуровые и оптические, шаблоны и др.

Магнитная подвесная буссоль для определения магнитных азимутов направлений в подземных горных (нарезных или очистных) выработках (рис. 1.1) имеет стандартный диаметр и цену деления лимба, позволяющие брать отсчет с точностью 30'. Подвесная буссоль (рис. 1.1) состоит из корпуса с магнитной стрелкой, подвешиваемого на шнур при помощи подвески, обеспечивающей горизонтальность корпуса при любом угле наклона шнура.

Натянутым шнуром закрепляется направление, например, между маркшейдерскими точками или по оси выработки, на который и подвешивается буссоль. Азимут направления измеряется при подвешивании буссоли вблизи двух концов шнура, и берется среднее из двух значений.



Рис. 1.1. Подвесная магнитная буссоль БК

Висячий полукруг (рис. 1.2) предназначен для измерения углов наклона тех же линий, азимут которых определяется с помощью подвесной буссоли.

Полукруг снабжен отвесом, по нити которого возможно взять отсчет, соответствующий углу наклона шнура с точностью 30'.

Рулетки предназначены, как правило, для измерения длин коротких (до 40 м) сторон полигонометрии в нарезных или очистных выработках с относительной точностью не выше 1:10000, для измерений в шурфах и других вертикальных горных выработок глубиной до 100 м, а также для разнообразных разбивочных и контрольных замеров.

Современные маркшейдерские рулетки представлены окрашенными металлическими лентами длиной 30 м, 40 м, 50 м и 100 м, градуированными делениями. Ленты рулеток могут быть помещены на вилке (РВ), на крестовине (РК) или в закрытом корпусе (рис. 1.3).

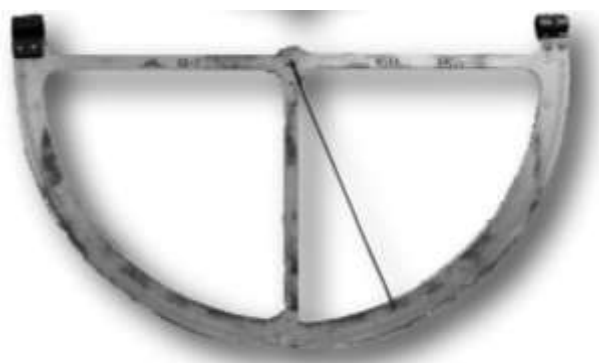
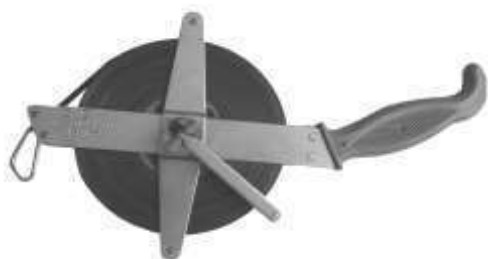


Рис. 1.2. Висячий полукруг



РК



РВ

Рис. 1.3. Рулетки

Длинная шахтная лента (до 1000 м) и *длиномеры* (*глубиномеры*) используются для передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки (стволы, шурфы и др.) от пунктов высотных сетей на земной поверхности и на верхних горизонтах на пункты сетей нижерасположенных горных выработок.

Современные лазерные дальномеры, как правило, не способны измерить глубину ствола в 100 и более метров. Основной причиной

большей эффективности механических средств передачи высотных отметок в шахту является неоднородность атмосферной среды в стволах по температуре, влажности и прозрачности.

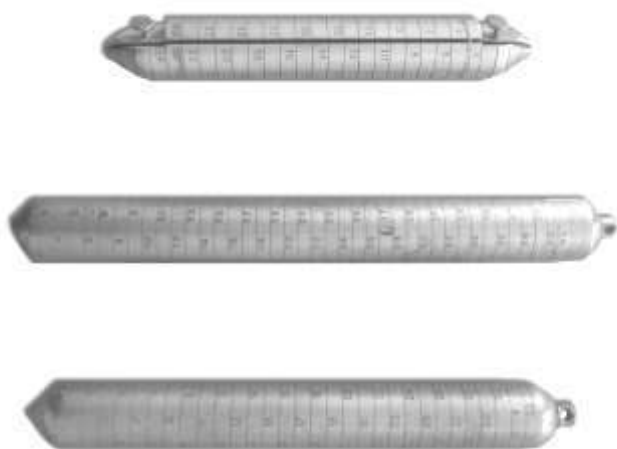


Рис. 1.4. Рейки длинномера ДА-2



Рис. 1.5. Дальномер ДА-2

Длинная шахтная лента – это цельное стальное полотно длиной до 1000 м, размещенное на барабане лебедки. Каждый метр на ленте отмечен отверстием и пронумерован. Сантиметры и миллиметры определяются по линейке, прикладываемой нулевым штрихом к младшему делению ленты на земной поверхности и на подземном горизонте.

Длинномер позволяет передавать высотные отметки на подземные горизонты путем определения длины стальной проволоки, опущенной в ствол практически любой глубины.

Длинномер снабжен мерным диском с длиной окружности 1 м и счетчиком его оборотов. На поверхности и на подземном горизонте отсчеты берутся нивелиром по рейкам цилиндрической формы, закрепленными на конце проволоки опускаемой в ствол (рис. 1.4).

Внешний вид наиболее распространенного длинномера ДА-2 приведен на рис. 1.5.

Курвиметр и планиметр используются при работе с масштабированными графическими документами (планами, профилями, раз-

резами и др.). Курвиметры и планиметры предлагаются пользователям в механическом и электронном вариантах.

На рис. 1.6 представлен механический курвиметр, предназначенный для измерения длин линий.

Основой данного инструмента является мерное колесико и счетчик его оборотов. Перед началом измерений проверяется коэффициент курвиметра. Колесико прокатывается по линии известной длины, и решением пропорции определяется коэффициент перевода количества и долей оборотов колеса в метрическую систему.

Планиметр, так же как и курвиметр, в своей конструктивной основе имеет мерное колесо, которое прокатывается по замкнутой линии, ограничивающей определяемую площадь (рис. 1.7).



Рис. 1.6. Механический курвиметр



Рис. 1.7. Планиметр

Электронный планиметр, предназначенный для измерения площадей графических построений, представлен на рис. 1.8.

Одна из точек планиметра фиксируется вблизи определяемой площади, а мерное колесо прокатывается по линии, ограничивающей эту площадь.

Поскольку положение мерного колеса при обводе площади зависит от взаимного расположения рычагов планиметра, то его вращение может замедляться или даже менять направление.

Коэффициент планиметра (коэффициент перевода показаний счетчика оборотов мерного колеса в величину площади с размерностью – m^2) устанавливается в виде круглого числа (множителя) путем изменения длины рычагов планиметра.



Рис. 1.8. Электронный планиметр

Погрешность измерения площади зависит от ее конфигурации, и в случае, если угол между рычагами планиметра при обводе периметра не превышает 120° , составляет не более 0,5 %.

2. ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Геометрическая оптика как раздел физики посвящена вопросам, связанным с прохождением лучей света в оптических системах.

Оптические системы маркшейдерско-геодезических приборов, а именно визирные зрительные трубы, отсчетные микроскопы, оптические отвесы, опто-волоконные каналы лазерных приборов рассчитываются, конструируются и функционируют в соответствии с законами геометрической оптики.

Теория геометрической оптики основывается на следующих законах, установленных экспериментально:

- закон прямолинейного распространения света в однородной среде;
- закон независимого распространения света;
- закон отражения света;
- закон преломления лучей света на границе двух прозрачных сред.

Пользуясь принятым понятием светового луча и перечисленными законами распространения света, можно значительно проще, чем при помощи законов волновой теории представить принцип действия оптических систем. В этой связи геометрическая оптика имеет важное значение для маркшейдерско-геодезического инструментоведения.

Закон прямолинейного распространения света. В однородной среде свет от светящейся точки распространяется с одинаковой скоростью и прямолинейно по всем направлениям.

Закон независимого распространения света. В сложном световом потоке отдельные лучи не влияют друг на друга и распространяются так, как будто других лучей не существует.

Закон отражения света. Луч света S (рис. 2.1), падающий на полированную поверхность, нормаль ON к этой поверхности, в точке падения O и луч отраженный S' находятся в одной плоскости, а угол падения i и угол отражения i' равны, но противоположны по знаку.

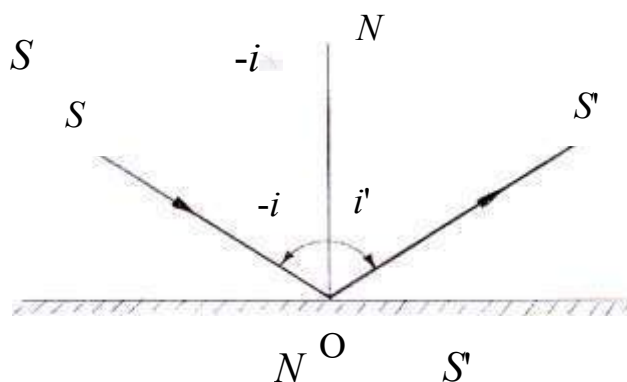


Рис. 2.1. Отражение светового луча

Закон преломления лучей света на границе двух прозрачных сред. Луч света S (рис. 2.2), падающий на поверхность, разделяющую две прозрачные среды, нормаль NN' к этой поверхности в точке падения O и луч преломленный S' , находятся в одной плоскости, а углы падения i и преломления i' для данных двух сред подчиняются условию: $\sin i / \sin i' = \text{const}$.

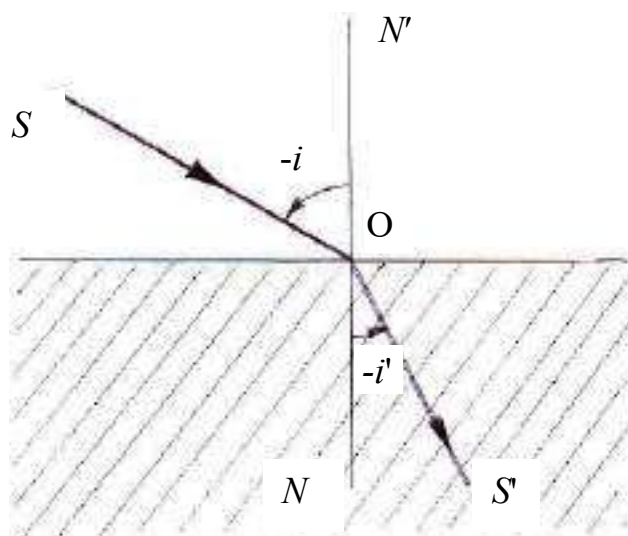


Рис. 2.2. Преломление светового луча

Световые лучи, переходящие из воздуха в другую прозрачную среду (тело), тем больше отклоняются от своего первоначального направления, чем более наклонно они падают на преломляющую поверхность. В точке перехода из одной среды в другую скорость распространения света скачкообразно падает (или, наоборот, возрастает).

Величина отношения скорости света в воздухе (C_B) к скорости света в другой среде (C_C) называется показателем преломления $n_{B,C}$ данного вещества по отношению к воздуху. Этот показатель равен частному от деления синуса угла падения (i) на синус угла преломления (i') и для данной пары веществ является величиной постоянной, т. е.

$$n_{B,C} = \frac{C_B}{C_C} = \frac{\sin i}{\sin i'} = \text{const.} \quad (2.1)$$

Показатель преломления для среды по отношению к пустоте называется абсолютным показателем преломления. Абсолютный показатель преломления воздуха при $+20^\circ\text{C}$ равен 1,00028. Оптическое стекло, используемое для изготовления деталей маркшейдерско-геодезических приборов, имеет показатели преломления в пределах 1,5...1,8 (для легкого крона этот показатель равен 1,5153, а для тяжелого флинта – 1,7515).

Оптически более плотной среде соответствует больший показатель преломления.

Из формулы (2.1) следует:

$$\frac{\sin i}{\sin i'} = \frac{1}{n}. \quad (2.2)$$

Если начиная от нуля постепенно увеличивать угол падения, то при некотором его значении наступит такой момент, после которого лучи не будут проникать в оптически менее плотную среду, весь пучок отразится полностью.

На рис. 2.3 видно, что при угле i_{\max} угол $i' = 90^\circ$ луч будет скользить по преломляющей поверхности; тогда

$$\sin i_{\max} = \frac{1}{n}, \quad (2.3)$$

откуда $i_{\max} = \arcsin \frac{1}{n}$.

Угол i_{\max} называется *критическим углом падения*. При $i > i_{\max}$ все лучи будут возвращаться в более плотную среду, отражаясь от разделительной поверхности. Это явление, открытое в 1604 г. Кеплером, получило название *явления полного внутреннего отражения*.

Явление полного внутреннего отражения используется в волоконной оптике и в рефрактометрии.

В маркшейдерско-геодезических приборах применяют разнообразные призмы полного внутреннего отражения. Для достижения большего эффекта отражающие грани таких призм покрывают слоем серебра или алюминия.

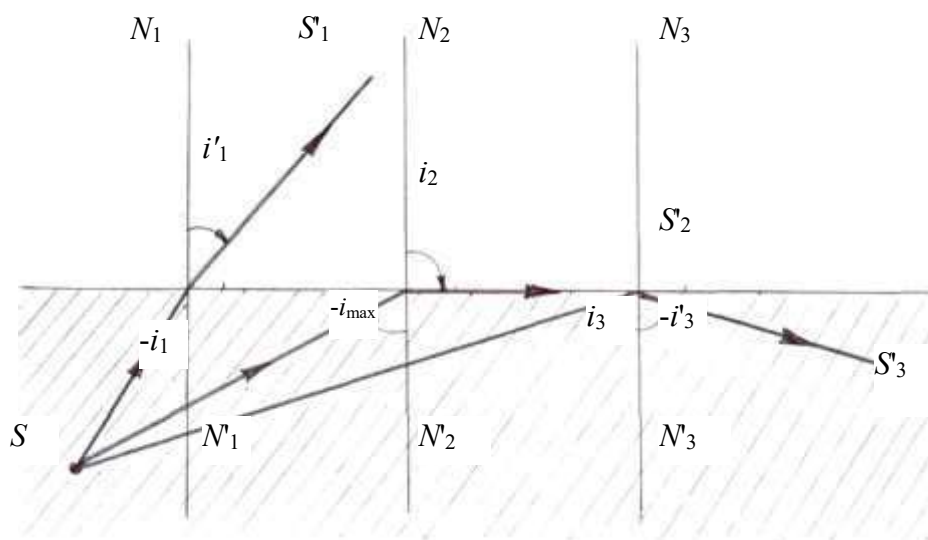


Рис. 2.3. Полное внутреннее отражение

В табл. 2.1 приведены показатели преломления и критические углы падения для некоторых прозрачных сред.

Таблица 2.1

Показатели преломления n и критические углы падения i_{\max} для некоторых прозрачных сред

| Прозрачная среда | n | i_{\max} |
|------------------|---------|------------|
| Алмаз | 2,47 | 23°53' |
| Стекло флинт | 1,77 | 34°51' |
| Стекло крон | 1,53 | 40°04' |
| Стекло оконное | 1,50 | 42° |
| Вода | 1,33 | 48°45' |
| Лед | 1,31 | 49°46' |
| Воздух | 1,00027 | 88°40' |

Следует отметить, что для конструирования высококачественных оптических систем маркшейдерско-геодезических приборов гос-

ударственными стандартами регламентируется выпуск более десяти сортов оптических стекол с различными оптическими характеристиками, о необходимости которых будет упомянуто в данном пособии.

3. ОПТИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Плоское зеркало – тело, плоская полированная поверхность которого способна оптически отражать световые лучи в соответствии с законом отражения.

Чтобы построить изображенные точки в плоском зеркале, достаточно продлить отраженные лучи в пространство изображений до их пересечения (рис. 3.1).

Изображение в плоском зеркале является мнимым, равным предмету по размерам, одинаковым по форме, цвету и симметрично расположенным относительно зеркальной поверхности. Зеркальное изображение линий или тел является полуобращенным.

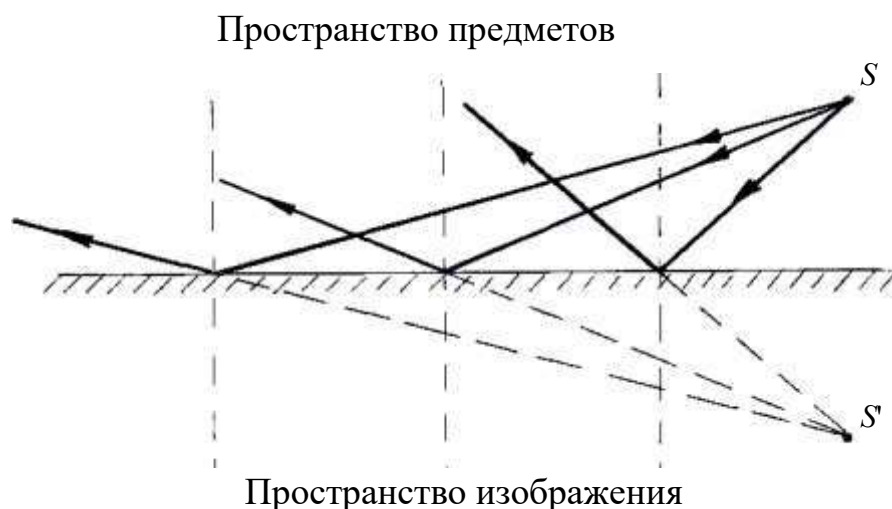


Рис. 3.1. Образование изображения в плоском зеркале

В маркшейдерско-геодезических приборах применяют отдельные плоские зеркала и системы зеркал для изменения направления луча, оборачивания изображения, параллельного смещения луча, для подсветки шкал, в компенсаторах наклона, для построения прямых и других углов.

На рис. 3.2...3.5 представлены случаи применения плоских зеркал.

Плоские зеркала имеют небольшой вес и не искажают изображения, в то же время их сравнительно трудно фиксировать в оптических системах приборов. Применение зеркал связано также с боль-

шими потерями света. Поверхность, амальгамированная алюминием, отражает до 95 % света, кроме того, металлические покрытия быстро тускнеют.

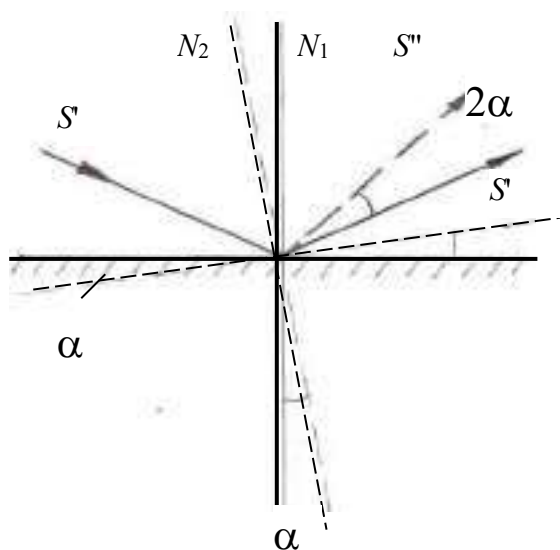


Рис. 3.2. Изменение направления луча при повороте отражающего зеркала

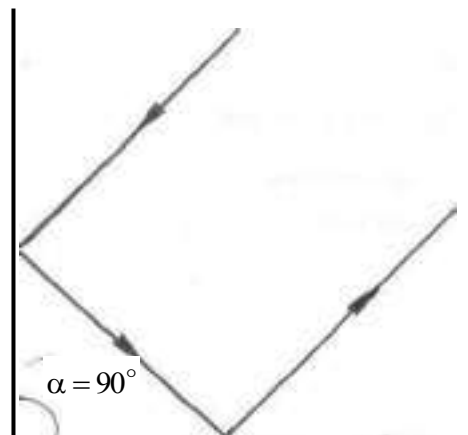


Рис. 3.3. Оборачивание луча системой двух зеркал

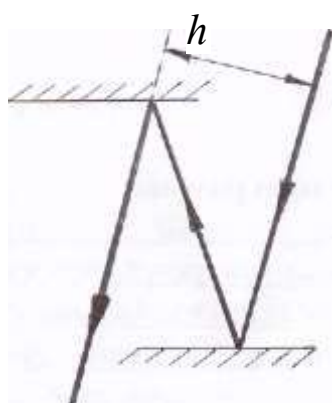


Рис. 3.4. Смещение луча двумя параллельными зеркалами

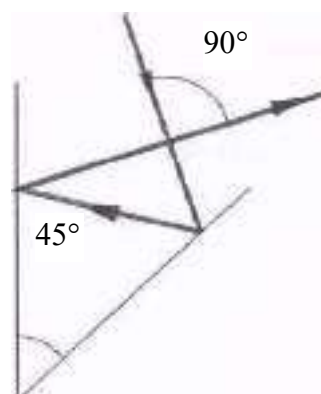


Рис. 3.5. Построение прямых углов эккером

Вследствие перечисленных факторов в оптических системах приборов чаще применяют призмы полного внутреннего отражения.

Плоскопараллельная пластинка – прозрачное тело, ограниченное двумя параллельными полированными гранями.

Луч света, падающий на грань, преломляется и идет к противоположной грани, после встречи с которой под углом падения преломляется в воздух, т. е. происходит параллельное перемещение луча на величину u и удлинение хода луча (рис. 3.6).

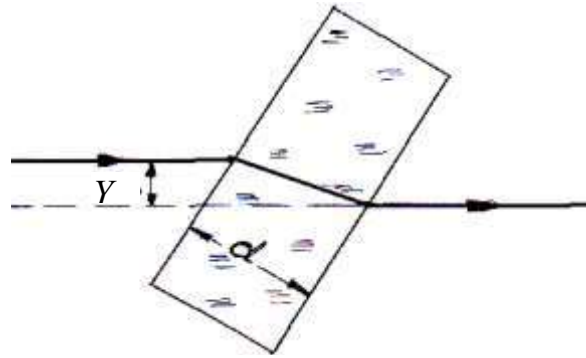


Рис. 3.6. Ход луча через плоскопараллельную пластину

Плоскопараллельные пластины применяют в микрометрах маркшейдерско-геодезических приборов для точного отсчитывания по шкалам, путем измерения малых интервалов. Плоскопараллельными пластинами являются лимбы приборов и различные защитные стекла.

Преломляющая призма – прозрачное тело с плоскими преломляющими гранями, расположенными под некоторым углом друг к другу.

В маркшейдерско-геодезических приборах используют призмы с малыми преломляющими углами ($\Theta < 6^\circ$), называемые оптическими клиньями (рис. 3.7).

На рис. 3.7 видно, что оптический ахроматический клин состоит из двух склеенных призм (флинт и крон), имеющих разные показатели преломления.

Склежкой ахроматического клина из двух стекол добиваются уничтожения дисперсии (разложение белого цвета на составляющие цвета). Пучок лучей, выходящий из склеенного клина, будет снова белым, так как лучи, вышедшие из клина, параллельны (см. рис. 3.7).

Оптические клинья широко применяли в ранее выпускавшихся оптических дальномерах и дальномерных насадках, а в настоящее время используют в оптических микрометрах отсчетных микроскопов теодолитов.

Отражательные призмы имеют отражательные грани и отличаются от преломляющих тел тем, что угол падения любого луча на входную грань равен углу преломления этого луча на выходной грани.

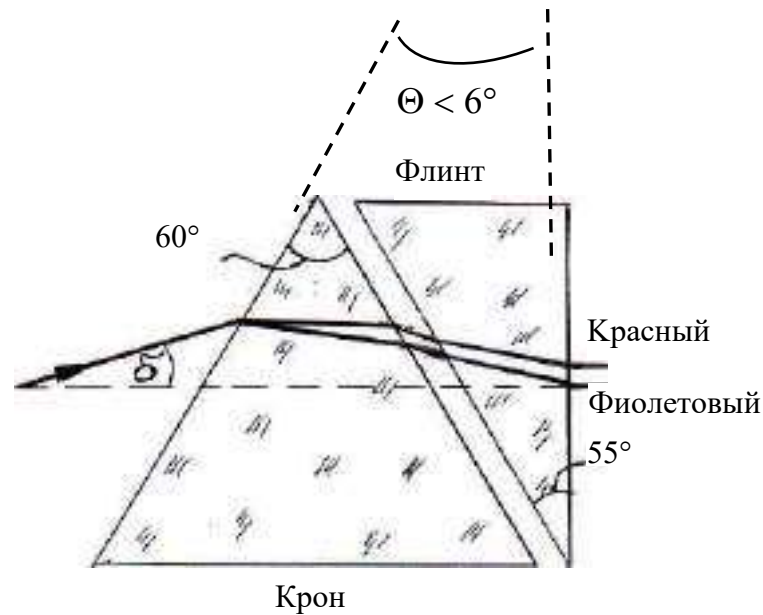


Рис. 3.7. Преломление луча оптическим ахроматическим клином

В маркшейдерско-геодезических приборах, как правило, используют призмы полного внутреннего отражения. Они предназначены для изменения направления светового луча и оборачивания изображения объекта, рассматриваемого через оптические системы приборов, удлинения габаритного хода луча, разделения пучков лучей.

По сравнению с плоскими зеркалами призмы обладают следующими преимуществами:

- угол между отражающими гранями строго постоянен;
- отражающие поверхности не соприкасаются с воздухом, поэтому не подвергаются порче;
- изображения получаются ясными и четкими;
- при помощи одной призмы можно получить многократное отражение луча;
- призмы надежно устанавливаются и фиксируются в приборах;
- в призмах отсутствует двоение изображения.

Существенным недостатком призм полного внутреннего отражения являются потери света в связи с частичным преломлением лучей на отражающих поверхностях. По этой причине отражательные грани, как правило, амальгамируются.

На рис. 3.8 представлены некоторые призмы с одной (а, б), двумя (а, г, д, е) и тремя (ж, з, и) отражающими гранями.

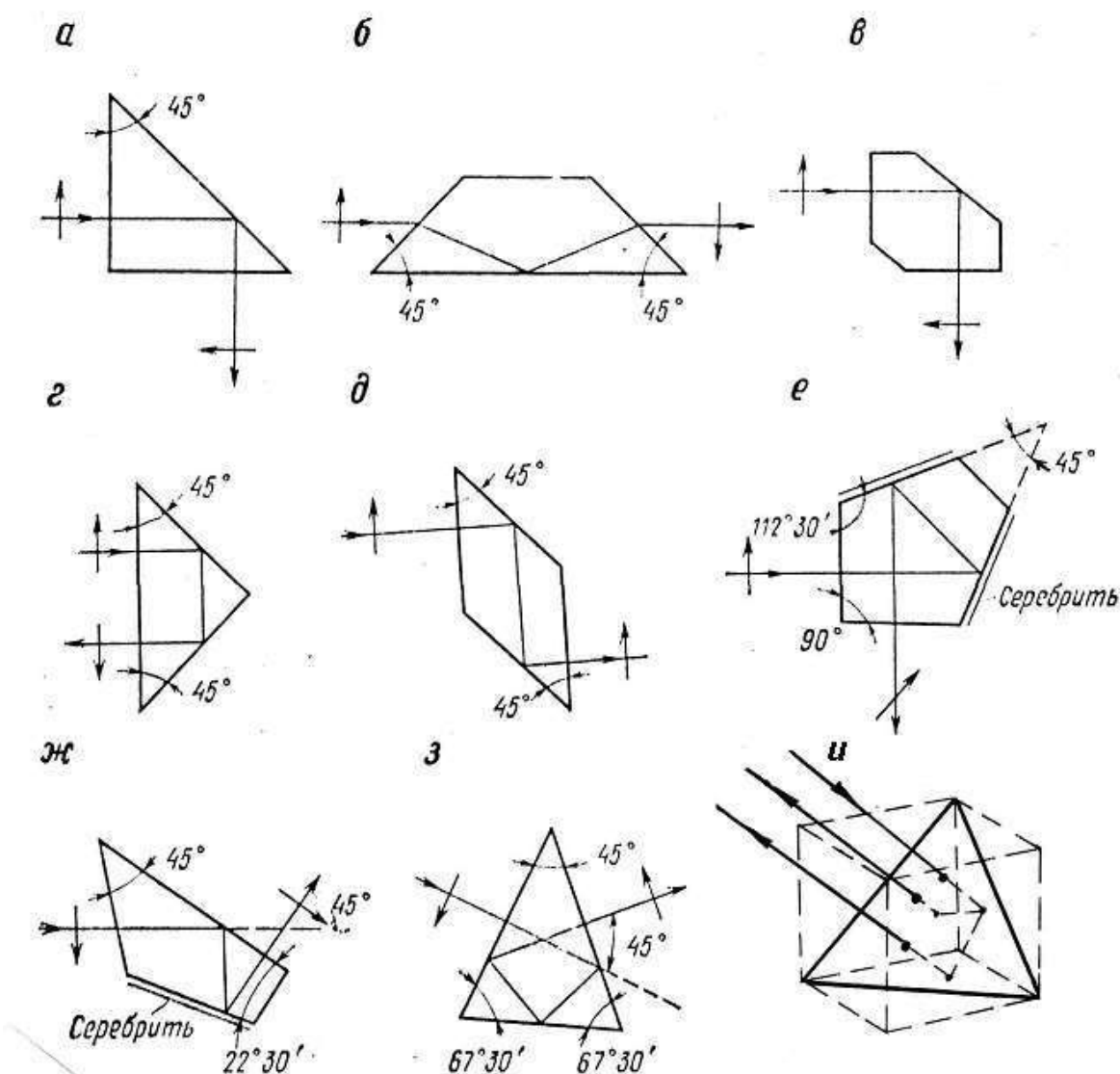


Рис. 3.8. Ход лучей в призмах полного внутреннего отражения

Стрелками на входящих лучах показано положение предмета, а на выходящих – положение его изображения. Призма, изображенная на рис. 3.8, и называется зеркальной трипель-призмой (тройное зеркало) и предназначена для использования в качестве отражателя электрооптических дальномеров.

На рис. 3.9 представлены составные призмы, дающие зеркальное (полуобращенное) изображение (а – куб-призма, б – призма Аббе). В зрительных трубах с прямым изображением, как правило, используется призма Аббе.

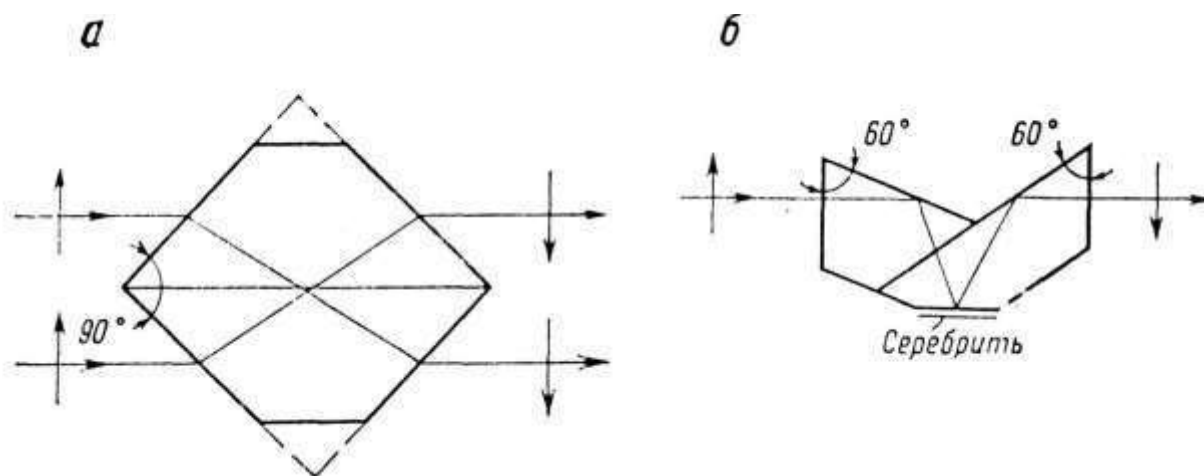


Рис. 3.9. Ход лучей в составных призмах

Наряду с оптическими деталями, ограниченными плоскими отражающими и преломляющими поверхностями, в маркшейдерско-геодезических приборах широко применяют детали со сферическими преломляющими поверхностями. Как правило, они объединены в центрированные оптические системы линз и призм. В оптической центрированной системе центры кривизны всех преломляющих поверхностей оптических деталей располагаются на одной прямой, называемой *оптической осью системы*.

Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими или одной сферической и одной плоской поверхностями. Линзы и системы линз, как правило, предназначены для построения увеличенных или уменьшенных изображений наблюдаемых предметов.

В зависимости от того, больше или меньше толщина линзы в ее середине, чем у ее края, различают линзы собирательные и рассеивающие. Типы линз и схемы построения изображений приведены на рис. 3.10.

Линия, соединяющая центры кривизны обеих ограничивающих линзу сферических поверхностей, называется *оптической осью линзы*.

После прохождения через собирательную линзу лучи, идущие до этого параллельно оптической оси на малом от нее расстоянии (*параксиальные лучи*), пересекаются в одной точке, называемой *фокусом*. Фокус пространства изображений (задний фокус) F' является изображением бесконечно удаленной предметной точки, лежащей на оптической оси.

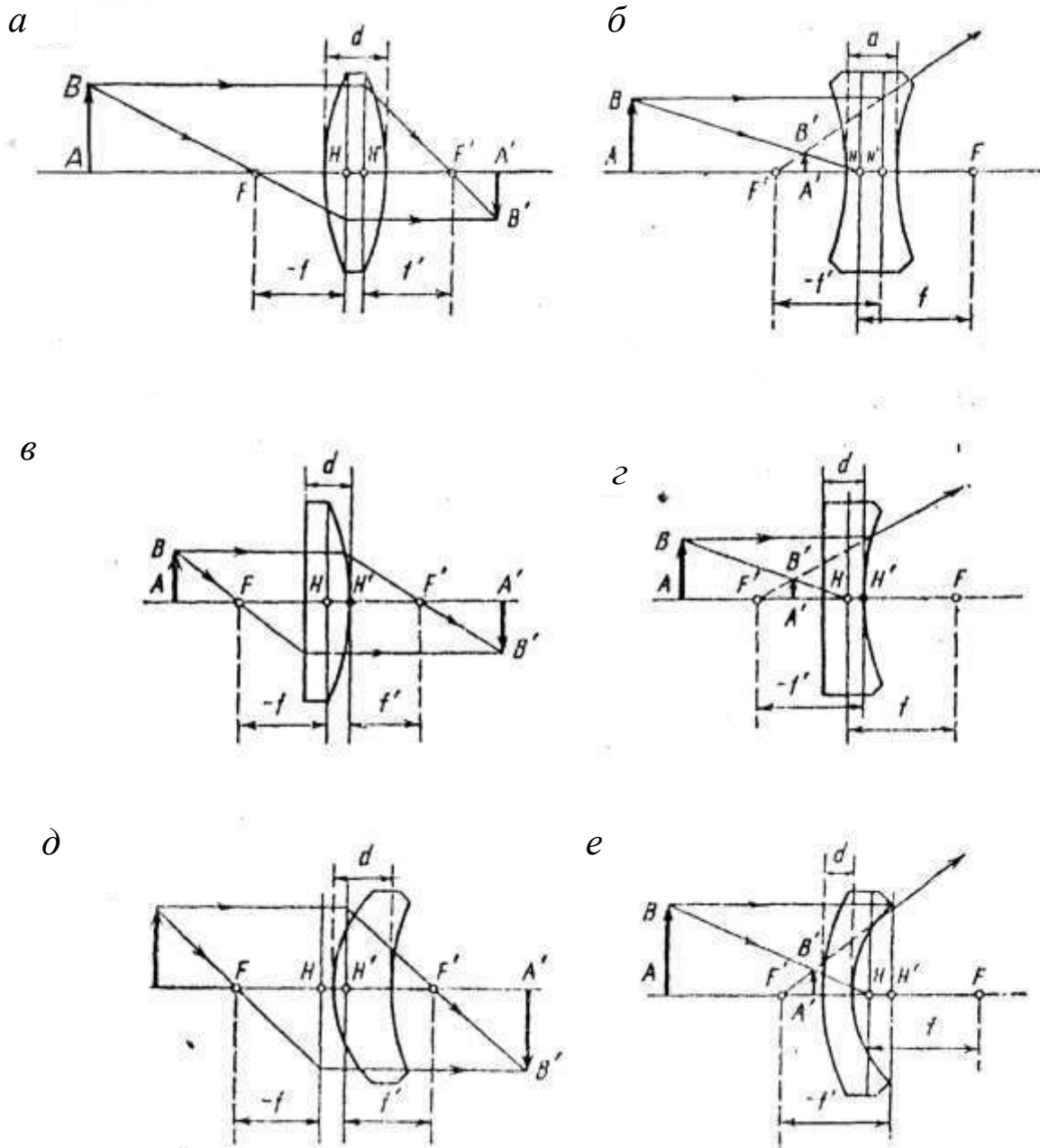


Рис. 3.10. Основные типы линз.

Ход лучей, построение изображений:

собирающие линзы: а – двояковыпуклая; б – плоско-выпуклая;

в – вогнуто-выпуклая (собирающий мениск);

рассеивающие линзы: з – двояковогнутая; д – плоско-вогнутая;

е – выпукло-вогнутая.

F, F' – передний и задний фокусы; $AB, A'B'$ – предмет и его изображение;

d – толщина линзы; f, f' – переднее и заднее фокусные расстояния

Расчеты конструктивных элементов оптических систем ведутся с линзами конечной толщины.

Применяя дважды формулу Аббе к первой и второй сферическим поверхностям линзы с радиусами r_1 и r_2 и учитывая толщину d линзы, получим формулу для линзы конечной толщины:

$$\Phi = \frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2}{n} \left(\frac{d}{r_1 r_2} \right), \quad (3.1)$$

где Φ – оптическая сила линзы, диоптрии (1 диоптрия – оптическая сила собирающей линзы с задним фокусным расстоянием 1 м); n – показатель преломления стекла.

По формуле (3.1) можно вычислить оптическую силу, фокусные расстояния по заданным или выбранным радиусам кривизны поверхностей, показателю преломления оптического стекла и толщине линзы. При этом фокусные расстояния и радиусы поверхностей линзы принимались положительными для направления слева направо, т. е. из пространства предметов в пространство изображений.

Например, для двояковыпуклой линзы имеем: $r_1 > 0$; $r_2 < 0$.

$$\Phi = (n-1) \left(\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|} \right) + \frac{(n-1)^2}{n} \left(\frac{d}{|r_1 r_2|} \right).$$

Оптическая сила двояковыпуклой линзы всегда больше нуля ($\Phi > 0$), линза собирающая, поскольку второе слагаемое формулы (3.1) меньше первого (для тонких линз, применяемых в маркшейдерско-геодезических приборах) в 20-60 раз.

Двояковогнутая линза имеет: $r_1 < 0$; $r_2 > 0$.

$$\Phi = (n-1) \left(\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|} \right) - \frac{(n-1)^2}{n} \left(\frac{d}{|r_1 r_2|} \right) < 0.$$

Оптическая сила линзы всегда отрицательная – линза рассеивающая.

В маркшейдерско-геодезических приборах, как правило, применяют системы из двух, трех линз и более, для которых рассчитывают суммарные (эквивалентные) фокусные расстояния и прочие параметры, характеризующие одиночную линзу.

4. ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

4.1. Недостатки (абберации) оптических систем

Для реальных оптических систем узкий (параксиальный) пучок лучей дает недостаточную освещенность изображения, поэтому на практике имеют дело с преломлением достаточно широких пучков лучей, в результате чего возникают различного рода искажения изображений, называемые *абберациями*. Для систем маркшейдерско-геодезических приборов наиболее опасными являются сферическая и хроматическая абберации, искажающие изображение объектов по всему полю зрения, в том числе в параксиальной области.

Сферическая абберация. Опытным путем установлено, что при прохождении через линзу широкого пучка лучей внешние и центральные лучи пересекаются не в одной и той же точке на оптической оси. Точка пересечения (фокус) внешних лучей находится ближе к положительной линзе, чем соответствующая точка для параксиальных лучей. Для отрицательной призмы ближе к ней расположен задний фокус параксиальных лучей. Благодаря этому каждая точка рассматриваемого объекта изображается не в виде точки, а в виде кружка рассеяния, а изображение предмета получается расплывчатым. Этот вид искажения изображения называется сферической абберацией.

Для уменьшения сферической абберации чаще применяют комбинации положительных и отрицательных линз.

Наименьшая сферическая абберация у положительной двояковыпуклой линзы с соотношением радиусов кривизны преломляющих поверхностей

$$\frac{|r_1|}{|r_2|} = 6.$$

Такая линза называется стеклом наилучшего вида (рис. 4.1):

$$|r_1| = 6|r_2|.$$

Параметрам стекла наилучшего вида приблизительно соответствуют параметры хрусталика человеческого глаза.

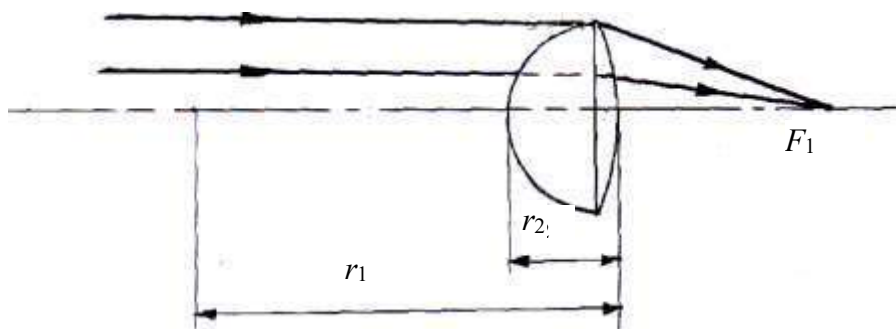


Рис. 4.1. Стекло наилучшего вида

Хроматическая aberrация (окрашивание изображения). Белый солнечный свет представляет собой сложное электромагнитное излучение, состоящее из волн различной длины, и после прохождения через призму луч света расходится веерообразно, образуя цветную полосу, называемую *спектром*. Аналогичное явление (хроматическая aberrация) имеет место при прохождении лучей белого света через оптические системы, состоящие из линз и призм.

Например, обыкновенная линза имеет большую оптическую силу (меньшее фокусное расстояние) для синих лучей, чем для красных, т. е. в силу указанного свойства сложный белый свет дает размытое и окрашенное по краям изображение.

Использование различных сортов стекла в сочетании с определенными фокусными расстояниями (кривизной преломляющих поверхностей) линз позволяет создать систему линз, называемую *ахроматом* (рис. 4.2).

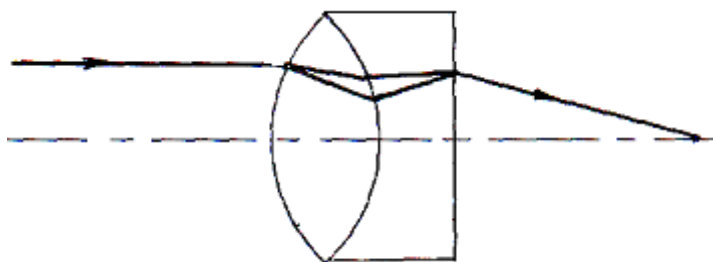


Рис. 4.2. Система линз с ослабленной хроматической aberrацией

Полное устранение хроматической aberrации практически возможно только для двух спектральных цветов, например красного и голубого. Для остальных цветов образуется так называемый вторичный спектр. Системы линз с уменьшенной интенсивностью вторичного спектра называются *апохроматическими системами* (апо-

хроматами). Апохроматами являются оптические системы зрительных труб теодолитов и тахеометров с погрешностью измерения углов менее 3".

Астигматизм (неточечность) и **кома** – это аберрации, которые обуславливают изображение точки, лежащей вне оптической оси, в виде овального пятна рассеяния. Данные виды оптических искажений практически несущественны, поскольку визирные системы маркшейдерско-геодезических приборов работают в области, близкой к параксиальной.

Дисторсия – это называется нарушение геометрического подобия между изображением и предметом. Причиной появления дисторсии является непостоянство поперечного увеличения по полю зрения. Изображение квадратной сетки получается искаженным в виде «подушки» (положительная дисторсия) или в виде «бочки» (отрицательная дисторсия) (рис. 4.3).

Дисторсия определяется в процентах по формуле

$$\Delta Y = \frac{Y - Y_0}{Y} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

где Y и Y_0 – величины изображений предмета соответственно на краю и в центре поля зрения системы.

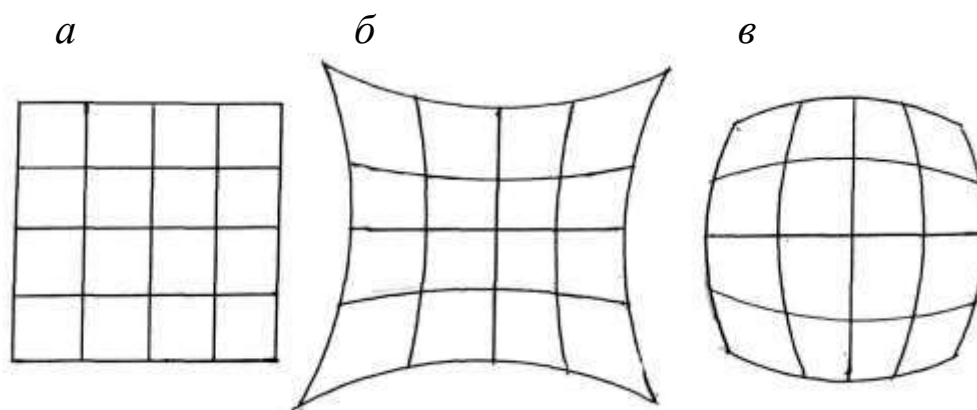


Рис. 4.3. Оптическое искажение, вызванное дисторсией:
 а – свободное от дисторсии изображение;
 б – положительная дисторсия; в – отрицательная дисторсия

Системы, свободные от дисторсии, называют *ортоскопическими*. К ортоскопическим системам относятся объективы фотограмметрических камер ($Y \leq 0,01\%$). Для объективов визирных зрительных труб маркшейдерско-геодезических приборов дисторсия не должна превышать 2%, для окуляров – 10%.

Качество изображения, ухудшаемое влиянием aberrаций, исследуется при рассмотрении правильных геометрических фигур, изображенных на белом фоне и окрашенных черной тушью, либо таблицы штрихов («миры»).

Искажения формы фигур свидетельствуют о наличии в оптической системе трубы астигматизма или дисторсии. Окраска краев или всей площади фигуры в красноватый цвет свидетельствует о хроматической aberrации, а расплывчатость краев фигуры – о сферической aberrации.

Результатирующее влияние aberrации на качество изображения характеризуется *разрешающей способностью* зрительных труб. Известно, что раздельное наблюдение двух близлежащих точек глазом или другой оптической системой возможно под углом не менее критерия Рэлея:

$$\psi'' = \frac{\rho'' \cdot 1,22\lambda}{D_{\text{вх}}}, \quad (4.2)$$

где $\rho'' = 206255''$; λ – длина световой волны (0,00055 мм); $D_{\text{вх}}$ – диаметр зрачка входа системы (внутренний диаметр оправы объектива).

Таким образом, предел разрешающей способности идеальной оптической системы составляет 3,5'' при $D = 40$ мм.

Разрешающая способность зрительных труб (предел разрешения) определяется по формуле

$$\text{Пр}'' = k \cdot 120 / D_{\text{вх}}, \quad (4.3)$$

где k – коэффициент, равный 1,4 – для труб прямого изображения.

Разрешающая способность, вычисленная по данной формуле, должна быть близка к определенной из результатов наблюдения «миры» по всему полю зрения зрительной трубы. В этом случае влияние aberrаций расценивается как допустимое. Уменьшения aberrаций добиваются повышением качества обработки преломляющих поверхностей, подбором линз с различными геометрическими и физико-химическими параметрами и применением различных диафрагм, ограничивающих периферийные лучи, поскольку максимум искажений дают края линз.

Обобщая положения, изложенные в данном разделе, следует отметить, что в реальных визуальных оптических системах допускаются aberrации, если они соответствуют назначению системы и условиям ее применения, т. е. должна быть обеспечена необходимая точность визирования на цели в нормальных атмосферных условиях;

при этом желательно, чтобы aberrации системы были ничтожны по сравнению с aberrациями нормального глаза.

4.2. Потери света в оптических системах

При прохождении света через оптическую систему имеют место *потери* за счет отражения при преломлении, поглощения световой энергии массой стекла и светорассеяния.

В оптической системе потери света за счет отражения зависят от марок оптических стекол линз и призм, а также от количества преломляющих поверхностей в системе.

Для оптического стекла «легкий крон» (ЛК-3) потери света, падающего на преломляющую поверхность параллельно оптической оси, составляет 5,8 %, для «тяжелого флинта» (ТФ-10) – 8,3 %. Уменьшение потерь света за счет отражения при преломлении в 3-5 раз достигается *просветлением оптики*. На преломляющую поверхность методом напыления наносят пленку из материала с показателем преломления:

$$n_{\text{пл}} = \sqrt{n_{\text{ср}} n_{\text{ст}}},$$

где $n_{\text{ср}}$ и $n_{\text{ст}}$ – соответственно показатели преломления среды и стекла толщиной $d = k\lambda/4$; k – целое нечетное число; λ – длина световой волны (0,00055 мм).

Потери света за счет поглощения энергии толщиной стекла (для современных сортов оптического стекла) составляют 1 % на 1 см хода луча. *Светопоглощение* обусловлено наличием в стекле непрозрачных частиц.

Светорассеяние – вредное воздействие на изображение отраженных при преломлении или рассеянных толщей стекла пучков лучей. Рассеяние света вызывает блики и снижает контрастность изображения.

Суммарные потери света в трубах современных маркшейдерско-геодезических приборов не должны превышать 55 %.

4.3. Оптические системы

Лупа – короткофокусная положительная линза, предназначенная для рассматривания с увеличением близко расположенных предметов. В маркшейдерско-геодезических приборах с помощью луп рассматривают штрихи шкал, лимбов, контактные уровни и т. д.

Построение мнимого увеличенного изображения предмета, даваемого лупой, показано на рис. 4.4.

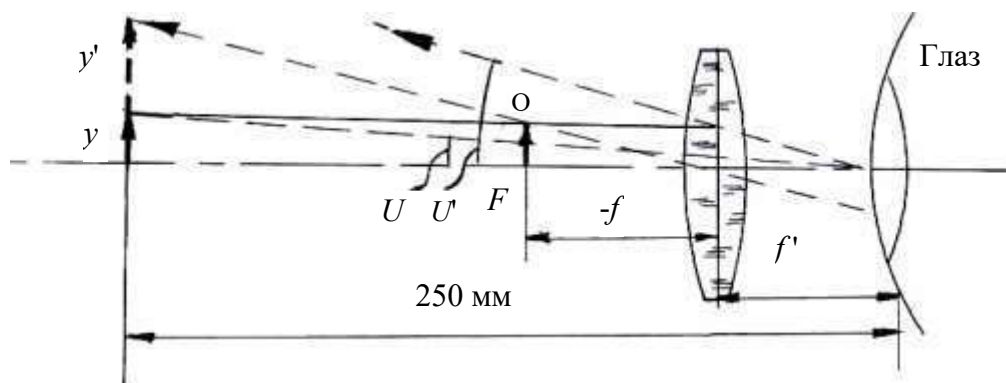


Рис. 4.4. Лупа. Построение изображения

Наблюдатель устанавливает глаз вблизи заднего фокуса F' , а предмет S – между передним фокусом и линзой так, чтобы расстояние до мнимого изображения S' было около 250 мм (расстояние наилучшего зрения нормального человеческого глаза). Видимое (угловое) увеличение лупы определяется по формуле

$$V = \operatorname{tg} U / \operatorname{tg} U', \quad (4.4)$$

где $\operatorname{tg} U = S / 250 \text{ мм}$; $\operatorname{tg} U' = S / f'$.

Таким образом,

$$V = 250 / f',$$

где f' – заднее фокусное расстояние лупы.

Увеличение лупы беспредельно повышать нельзя, так как при $V = 20^x$ фокусное расстояние составит лишь 12,5 мм. Таким образом, однолинзовые лупы дают качественное изображение при увеличении 4...6^x. Для улучшения качества изображений применяют многолинзовые лупы, увеличение которых достигает 20^x.

Микроскоп – оптическая система, предназначенная для рассматривания мелких предметов, в частности, делений шкал маркшейдерско-геодезических приборов.

Микроскоп как увеличительная оптическая система может действовать на порядок эффективнее луп.

Оптическая схема микроскопа и ход лучей в нем показаны на рис. 4.5.

Микроскоп состоит из двух собирательных систем (объектива и окуляра).

Рассматриваемый объект помещают между передним фокусом объектива $F_{об}$ и двойным фокусным расстоянием $2f_{об}$ объектива, который дает действительное обратное и увеличенное изображение, расположенное за двойным задним фокусным расстоянием объектива $2f_{об}$ вблизи переднего фокуса окуляра $F_{ок}$. При использовании микроскопа в качестве отсчетного устройства в этой же плоскости помещают измерительную шкалу, которую затем рассматривают совместно с изображением штрихов лимба.

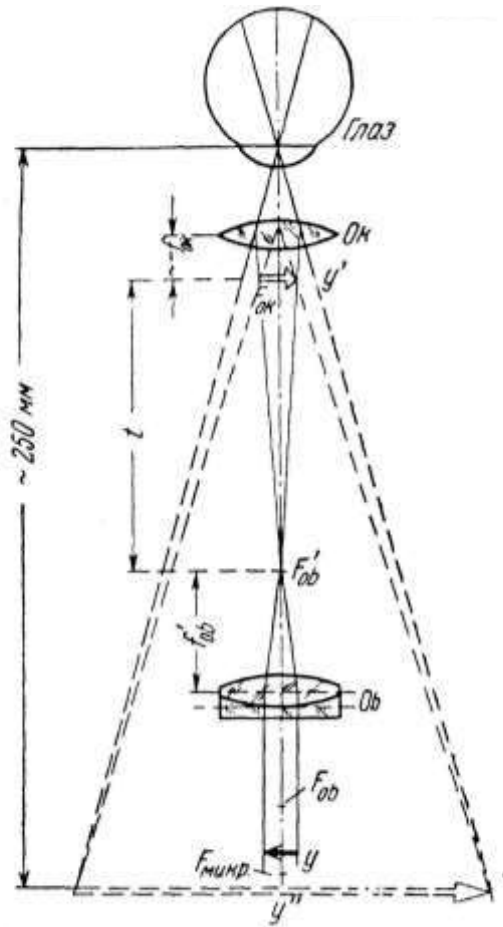


Рис. 4.5. Микроскоп

Окуляр микроскопа работает как лупа, при этом видимое изображение, даваемое микроскопом, в целом получится увеличенным, мнимым и обратным на расстоянии наилучшего зрения (250 мм) от глаза.

Отсчетные микроскопы применяют в современных приборах для того, чтобы иметь возможность различать весьма малые интервалы шкал, ширина которых измеряется десятными и сотыми долями микрометра. По сравнению с лупой они обладают, кроме того, тем

преимуществом, что расстояние до рассматриваемого при их помощи лимба может быть значительно больше, поэтому окуляр отсчетного приспособления можно расположить рядом с окуляром зрительной трубы, а на пути оптического луча от лимба до окуляра микроскопа установить шкалу либо призмы оптического микрометра, а также призмы компенсатора индекса вертикального круга.

В современных оптических теодолитах отсчетные приспособления устанавливаются внутри полых осей и стоек, поддерживающих зрительную трубу.

Отсчетные приспособления, главной частью которых является микроскоп:

для освещения шкал;

для сведения в поле зрения микроскопа изображений шкал обоих лимбов (по одному или по два отсчетных участка на горизонтальном и вертикальном кругах, с поочередным или одновременным их наблюдением);

для получения совмещенных изображений отдельных участков лимбов и шкал отсчетных приспособлений для взятия отсчетов.

Штриховой микроскоп (микроскоп-оценщик) – простейший отсчетный микроскоп с одним штрихом, нанесенным на сетке в качестве индекса, при помощи которого десятые доли интервалов шкал лимба определяют путем оценки на глаз (рис. 4.6).

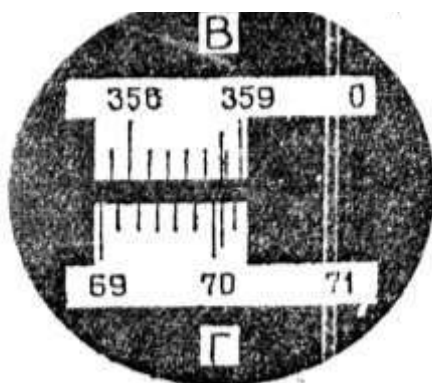


Рис. 4.6. Поле зрения штрихового микроскопа теодолита Т-30

Точность отсчитывания при таком способе сравнительно невысока, как правило, около 1'. При юстировке штрихового микроскопа добиваются резкого изображения шкал лимбов в плоскости штрихов сетки микроскопа. Штриховые микроскопы применяли в теодолитах малой точности (ТЗО), а также иногда в нивелирах, снабженных горизонтальным кругом для отсчитывания по лимбу.

Шкаловый микроскоп. У шкалового микроскопа на сетке наносят шкалу, длина которой, при надлежащей юстировке, должна соответствовать расстоянию между изображениями соседних штрихов лимба. Оцифровка этой шкалы направлена навстречу оцифровке шкалы лимба.

Шкаловыми микроскопами, как правило, оснащают точные теодолиты со средней квадратической ошибкой измерения горизонтального угла $m_{\beta} = 5'' \dots 20''$. Поле зрения отсчетных микроскопов теодолитов 4Т5КП и 4Т30П показано на рис. 4.7, а, б соответственно.

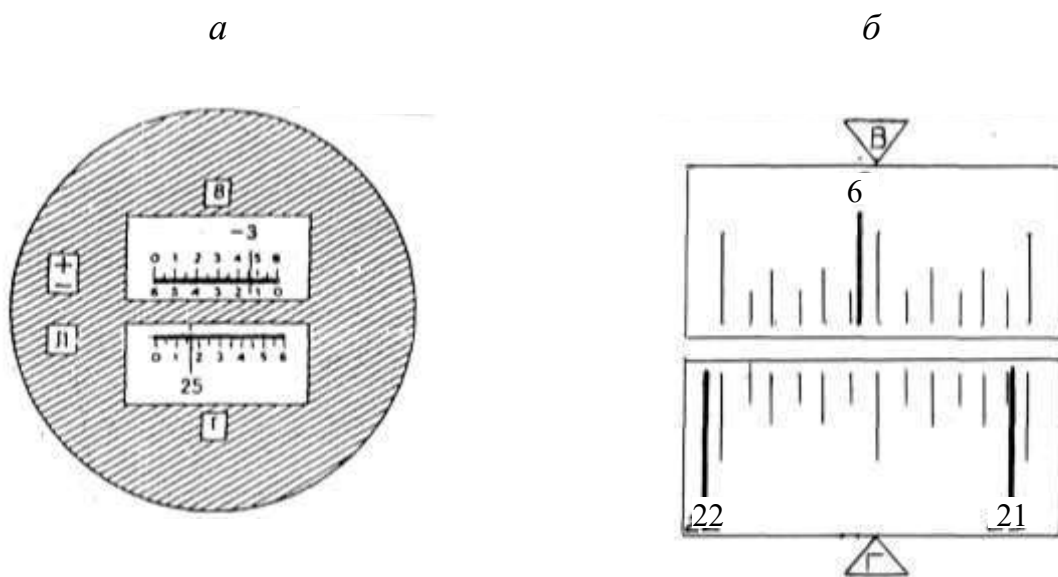


Рис. 4.7. Поле зрения микроскопа теодолитов:
 а – 4Т5КП (отсчет по вертикальному кругу – $3^{\circ}45'9''$;
 отсчет по горизонтальному кругу – $25^{\circ}17'1''$);
 б – 4Т30П (отсчет по ВК – $6^{\circ}26'00''$; отсчет по ГК – $21^{\circ}55'30''$)

Отсчетные микроскопы с оптическими микрометрами – наиболее точные отсчетные приспособления, широко применяемые в оптических приборах (теодолитах, нивелирах).

Схемы действия оптических микрометров отсчетных систем теодолитов и изображения поля зрения микроскопа представлены на рис. 4.8...4.11.

Основной частью оптических микрометров является оптическая система, содержащая, по меньшей мере, один подвижный отклоняющий элемент и снабженная шкалой для определения величины его перемещения. Подвижные детали оптического микрометра в поле зрения отсчетного микроскопа перемещают изображение участка (участков) шкалы лимбов. Поскольку шкалу микрометра наносят на

стекле, то ее изображение может быть воспроизведено в поле микроскопа рядом с изображением шкалы лимба.

В качестве подвижного отклоняющего элемента оптической системы отсчетного микроскопа могут служить:

плоскопараллельная пластинка, поворачивающаяся относительно некоторой неподвижной оси;

подвижный оптический клин, перемещающийся поступательно;

вращающийся оптический клин;

длиннофокусная линза, перемещающаяся перпендикулярно оптической оси.

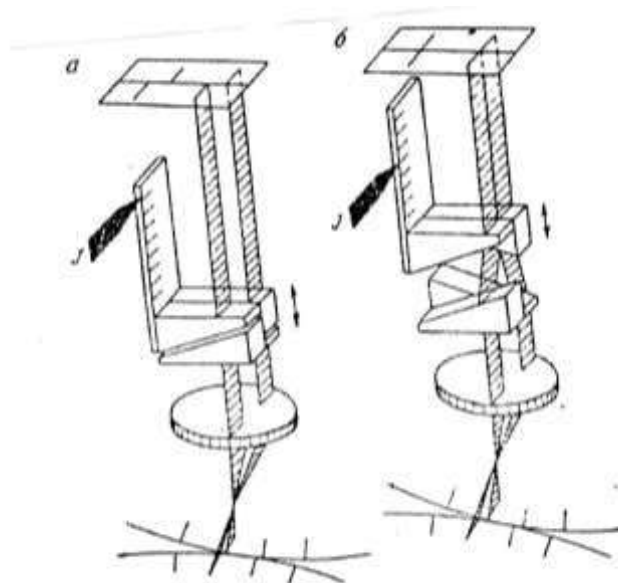


Рис. 4.8. Схема действия двухстороннего клинового оптического микрометра теодолитов 3Т2КП (Россия), Theo 010В (Германия), Wild T2 (Швейцария):
a – положение, соответствующее нулевому отсчету по шкале микрометра (изображения штрихов обеих шкал не совпадают);
б – положение, соответствующее рабочему отсчету по шкале микрометра (изображения штрихов обеих шкал лимба совмещены путем перемещения пары клиньев)

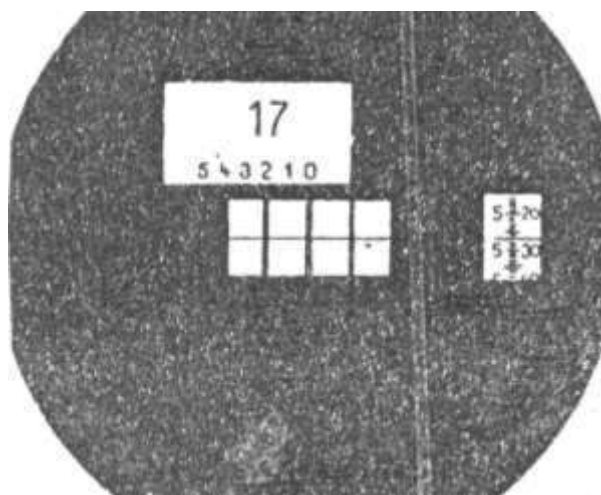


Рис. 4.9. Поле зрения отсчетного приспособления теодолита 3Т2КП. Отсчет по лимбу горизонтального круга равен $17^{\circ}25'27''$

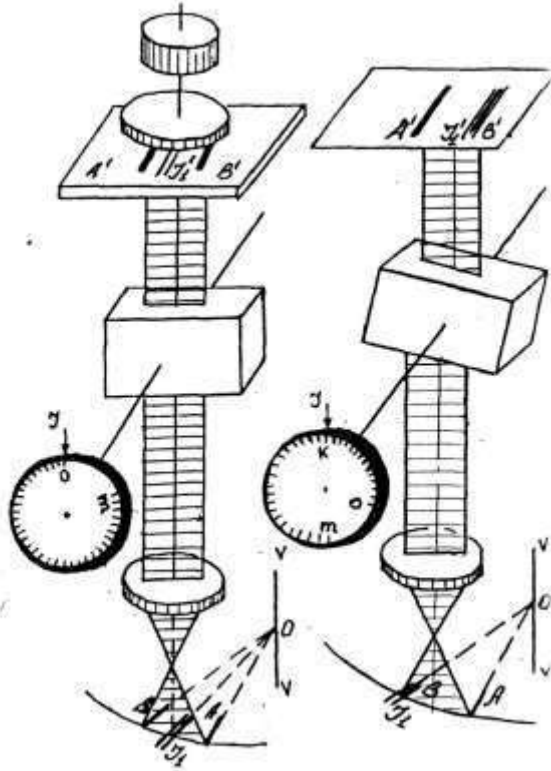


Рис. 4.10. Схема действия одностороннего оптического микрометра с плоскопараллельной пластинкой теодолитов ТТ-4 (Россия), Theo 015 В (Германия), Wild T1 (Швейцария)

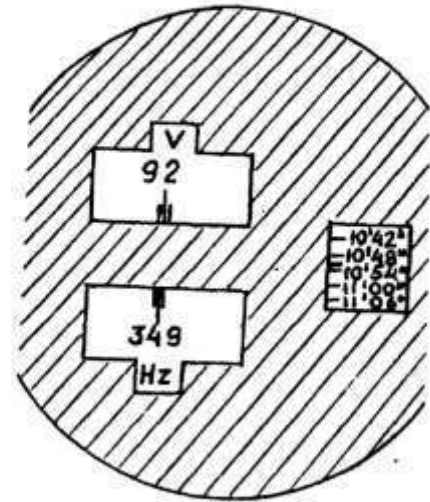


Рис. 4.11. Поле зрения одностороннего отсчетного приспособления теодолита Theo 015 В: отсчет по ГК=349°10'52"; отсчет по ВК=92°10'52"

Если отсчетная система двухсторонняя (двухканальная), т. е. отсчеты берутся одновременно на двух диаметрально противоположных участках лимба, то применяют две пары подвижных элементов. В отсчетных микроскопах оптических теодолитов чаще всего используют микрометры с подвижным клином (клиньями) или плоскопараллельной пластинкой (пластинками).

При исследовании и юстировке отсчетных приспособлений определяют и устраняют "рен" (несоответствие длины шкалы отсчетного приспособления длине деления лимба), а также добиваются резкого изображения шкал в поле зрения отсчетного микроскопа.

Визирные зрительные трубы в маркшейдерско-геодезических приборах служат для рассматривания удаленных предметов и визирования на цели, а также для отсчитывания по шкалам реек.

Схема принципиального устройства оптической системы зрительной трубы представлена на рис. 4.12.

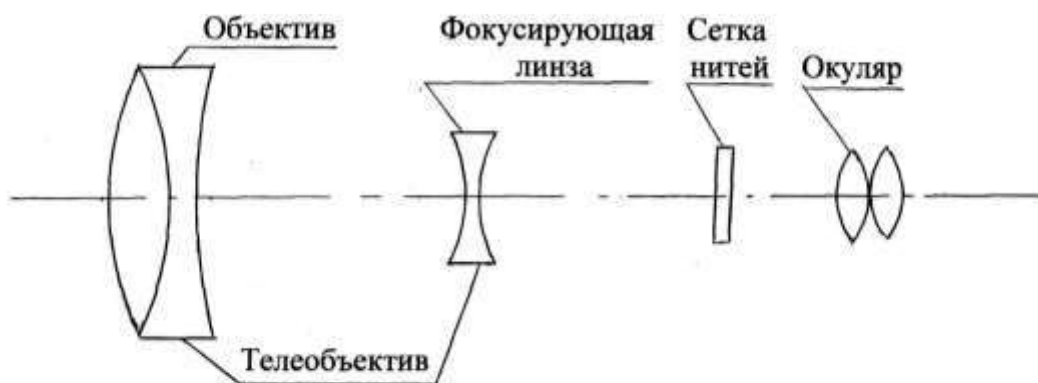


Рис. 4.12. Принципиальное устройство оптической системы зрительной трубы

Фокусировка трубы заключается в совмещении изображения наблюдаемого объекта, даваемого объективом, с плоскостью сетки нитей.

Сетка нитей – плоскопараллельная пластинка с нанесенным на ней перекрестием и другими штрихами.

В трубе с внутренней фокусировкой (см. рис. 4.12) сетка нитей закреплена на постоянном расстоянии от объектива в кольцевой оправе, играющей роль диафрагмы поля зрения трубы. Совмещение изображения предмета, даваемого объективом, с плоскостью сетки нитей достигается перемещением фокусирующей линзы, расположенной между объективом и сеткой нитей.

В современных трубах в качестве фокусирующей линзы, как правило, служит отрицательная линза.

Объектив трубы – многолинзовая оптическая система, дающая действительное обратное и уменьшенное изображение, которое рассматривается через окуляр.

Окуляр – многолинзовая положительная оптическая система, которая выполняет функцию лупы при рассматривании изображения, даваемого объективом.

Оправа объектива обычно является апертурной (световой) диафрагмой и *зрачком входа* трубы.

Изображение оправы объектива, видимое через окуляр, называется *зрачком выхода*.

К основным оптическим характеристикам трубы относятся: увеличение (V), угол поля зрения α , разрешающая способность (ψ) при установке трубы на бесконечность, коэффициент нитяного дальномера (при наличии дальномерных штрихов на сетке нитей).

Увеличение зрительной трубы показывает, во сколько раз увеличиваются видимые размеры предмета, рассматриваемого в трубу, по сравнению с размерами того же предмета, видимого невооруженным глазом.

Наиболее удобно определять увеличение зрительных труб из соотношения диаметров входного $D_{\text{вх}}$ и $D_{\text{вых}}$ выходного зрачков:

$$V = \frac{D_{\text{вх}}}{D_{\text{вых}}}. \quad (4.5)$$

В геодезических приборах технической точности применяют зрительные трубы с увеличением порядка 15... 20^x. В приборах точных и высокоточных увеличение зрительных труб составляет 25... 60^x.

Поле зрения зрительной трубы называется ограниченное конической поверхностью пространство, обозреваемое через трубу, установленную на «бесконечность».

Крайние лучи конической поверхности, вершина которой находится в центре объектива (входного зрачка), а основание ограничено оправой сетки нитей, образуют *угол поля зрения*. Угол действительного поля зрения маркшейдерско-геодезических приборов составляет 1...2°.

Понятие *разрешающей способности* труб описано в разделе 4.1 настоящего пособия, посвященном недостаткам оптических систем.

Величину *коэффициента дальномера* k конструкторы стремятся сделать равной какому-либо круглому числу, обычно 100; при этом длину зрительной трубы и расстояние между ее линзами подбирают с таким расчетом, чтобы эквивалентное фокусное расстояние f'_{∞} трубы с внутренним фокусированием в точности равнялось kp , где p – расстояние между дальномерными штрихами сетки нитей. Точность заводской установки коэффициента дальномера, как правило, составляет от 0,5 до 1 %.

Конструкции различных типов зрительных труб современных маркшейдерско-геодезических приборов представлены на рис. 4.13 ... 4.16.

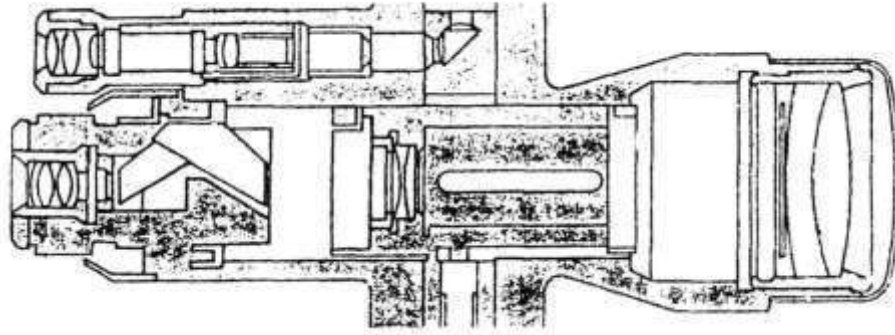


Рис. 4.13. Труба теодолита 4Т30П

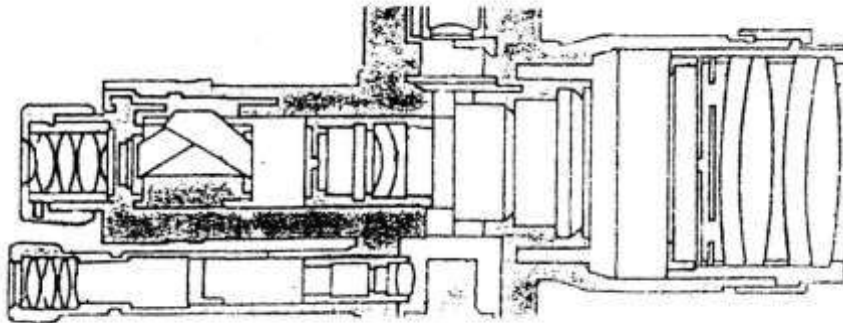


Рис 4.14. Труба теодолита 3Т5КП

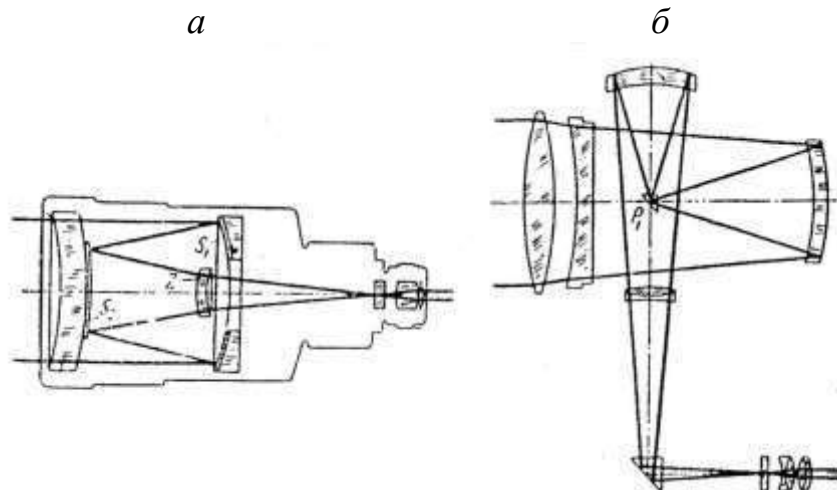


Рис. 4.15. Зеркально-линзовые зрительные трубы:
а – теодолит Theo-010 (Германия); *б* – теодолит ДКМ (Швейцария)

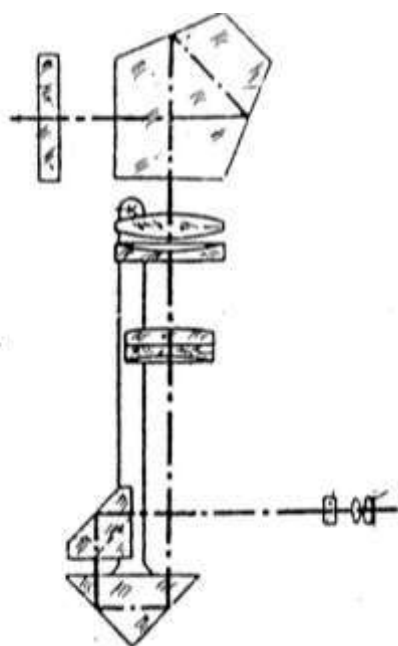


Рис. 4.16. Ломаная зрительная труба нивелира Ni-007

В процессе исследования трубы определяют описанные выше параметры и качество изображения, а также погрешность хода фокусирующей линзы.

Помимо отсчетного приспособления и зрительной трубы все современные теодолиты и тахеометры с точностью измерения горизонтального угла более $30''$ оснащены еще одной оптической системой – оптическим отвесом.

Оптический отвес – это ломаная зрительная труба с небольшим увеличением ($3...5^x$), встроенная в нижнюю часть теодолита (тахеометра). Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.

5. ОСИ ВРАЩЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

5.1. Вертикальные осевые системы теодолитов и электронных тахеометров

При рассмотрении конструкций осей вращения маркшейдерско-геодезических приборов любой теодолит условно можно разделить на четыре части: верхнюю (с алидадой), среднюю (с лимбом), нижнюю и трегер. Упомянутые части связаны между собой посред-

ством системы вертикальных осей таким образом, что верхняя и средняя части могут поворачиваться раздельно либо вместе. Раздельный либо совместный поворот лимбовой и алидадной частей теодолита вокруг вертикальной оси (главной оси теодолита) обеспечивается с помощью микрометрических (наводящих) и зажимных (закрепительных) винтов. Микрометрические винты через рычажные механизмы позволяют медленно вращать лимб и алидаду в пределах $2...3^\circ$.

Теодолиты, имеющие два микрометрических и два зажимных винта на вертикальной осевой системе, называются *повторительными*. Лимбовый закрепительный винт может быть заменен защелкой, скрепляющей лимб и верхнюю часть теодолита (алидаду), в этом случае также возможно измерение углов способом повторения.

Наряду с повторительными теодолитами, пригодными для измерения углов способами повторений и приемов, выпускаются приборы с *поворотным лимбом*, оснащенные винтом, предназначенным для вращения лимба. Для таких приборов совместное вращение лимба и алидады невозможно, т. е. для измерения углов может быть использован только более производительный «способ приемов», но при этом есть возможность в разных приемах использовать различные участки лимба.

Для обеспечения стабильности системы при необходимой легкости хода оси изготавливаются достаточно длинными (их длина обычно в 3-4 раза больше диаметра) и должны вставляться во втулки не плотно, а с небольшим зазором, порядка 0,5 мкм. Оси делают цилиндрическими, с кольцевыми выступами, воспринимающими осевую нагрузку.

Несколько десятков лет тому назад пользовались преимущественно *коническими осями*. Коническая форма позволяла легко осуществлять точную подгонку оси к втулке и получать осевые системы высокого качества (с малыми люфтами), несмотря на низкий технический уровень приборостроения того времени.

Изготовление цилиндрических осей стало возможно только тогда, когда была получена высокосортная сталь, обладающая большой поверхностной твердостью, и разработаны техника и технология ее обработки.

При цилиндрических осях вся нагрузка от массы верхней части теодолита воспринимается, как правило, через шарикоподшипник торцевой частью заплечника оси (рис. 5.1, б) или ее концом (рис. 5.1, в).

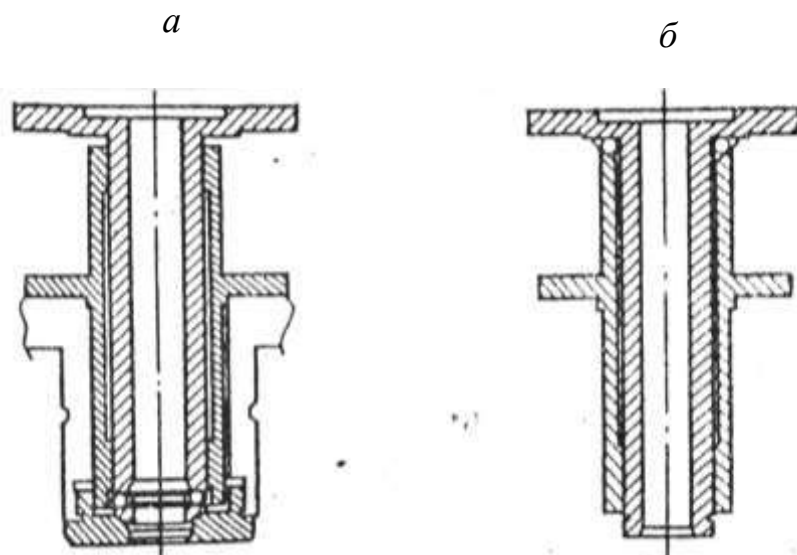


Рис. 5.1. Принципиальные схемы осей теодолитов:
2Т5КП (а), Theo 010В, 015В, 4Т5КП (б)

Наиболее распространенной в настоящее время является конструкция системы вертикальных осей, приведенная на рис. 5.1, б.

Для теодолитов технической точности ($m_{\beta} > 20''$) применяют упрощенную конструкцию вертикальных осей (рис. 5.2).

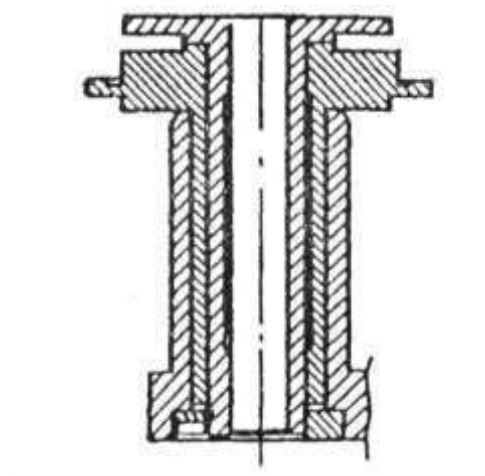


Рис. 5.2. Конструкция осей теодолитов технической точности (4Т3ОП)

Поскольку масса алидадной части теодолита технической точности сравнительно мала, то в качестве опоры могут быть использованы плоскости торцов осей и втулок.

5.2. Ось вращения визирной зрительной трубы

Основное требование, предъявляемое к оси вращения трубы, – неизменность, стабильность ее положения при вращении как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

Достаточная стабильность оси вращения обеспечивается в основном конструкцией лагера (втулок). Например, в нижней части лагера делают выборки глубиной 0,1-0,15 мм (рис. 5.3), ограниченные центральным углом 90° .

В этом случае цапфа горизонтальной оси лежит устойчиво на двух точках касания, а не на одной, если бы этой выборки не было.

Ось посадочного отверстия лагера делают смещенной относительно наружного диаметра (Δ), что дает возможность изменять наклон горизонтальной оси и устанавливать ее перпендикулярно к вертикальной оси прибора путем поворота лагера.

Если для изготовления оси применена бронза, то с целью устранения возможности заклинивания при малых зазорах одну из деталей (чаще цапфу) изготавливают из твердой бронзы, а вторую (лагеру) – из отпущенной менее твердой.

Если детали горизонтальной осевой системы изготовлены из легких сплавов (2Т30П, 4Т30П), то их трущиеся поверхности (или хотя бы одна из поверхностей) покрываются твердой оксидной пленкой.

Конструкции осевых систем нивелиров сравнительно просты. Они, как правило, не являются причиной погрешностей определения превышений и поэтому в данном учебном пособии не рассматриваются.

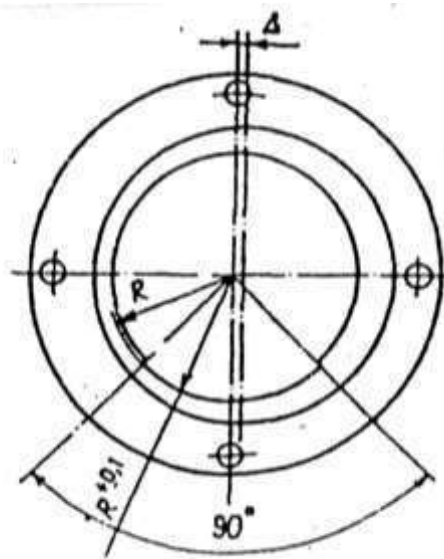


Рис. 5.3. Конструкция лагера вращения трубы теодолита (4Т5КП)

6. УРОВНИ И САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ КОМПЕНСАТОРЫ

Уровни предназначены для установки вертикальных (горизонтальных) осей приборов относительно отвесной линии.

Основными конструктивными частями уровней являются ампулы с легкоподвижной жидкостью и оправка.

Все маркшейдерско-геодезические приборы оснащаются, как правило, двумя типами уровней – *круглым* (установочным) и *цилиндрическим* (точным).

Круглый уровень состоит из заключенного в оправку стеклянного сосуда, верхняя часть которого отшлифована по сферической поверхности (рис. 6.1).

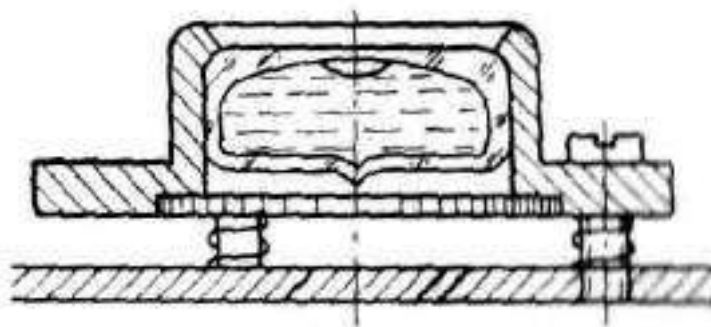


Рис. 6.1. Круглый уровень

Для установки пузырька уровня на верхней внешней поверхности ампулы наносят одну или несколько (с интервалом 2 мм) концентрических окружностей.

Юстировка круглого уровня выполняется с помощью специальных винтов и заключается в установлении нормали, пересекающей сферическую поверхность ампулы в центре концентрических окружностей, в отвесное положение, а пузырек уровня в этом случае при вращении прибора вокруг вертикальной оси будет всегда находиться в центре окружностей (нуль-пункте). Цена деления круглых уровней составляет $5' - 7'$.

Цилиндрический уровень состоит из стеклянной трубки, внутренняя поверхность которой отшлифована в виде бочкообразного тела вращения, установленной в металлическом корпусе. Ампулы цилиндрических уровней изготавливаются из твердого молибденито-

вого стекла и заполняются, как правило, этиловым спиртом, испаряющимся при температуре выше 50 °С.

Для того чтобы можно было наблюдать за перемещением пузырька и определять его положение, на наружную поверхность трубки с интервалом 2 мм наносят деления.

Касательная к внутренней поверхности трубки уровня, проведенная через среднюю точку шкалы в направлении его длины, называется *осью цилиндрического уровня*. Если середина пузырька уровня совпадает с серединой шкалы, это означает, что ось уровня горизонтальна.

Конструктивно цилиндрические ампулы делят на простые АЦП (рис. 6.2, а), камерные АЦР (рис. 6.2, в) и компенсированные АЦК (рис. 6.2, б).

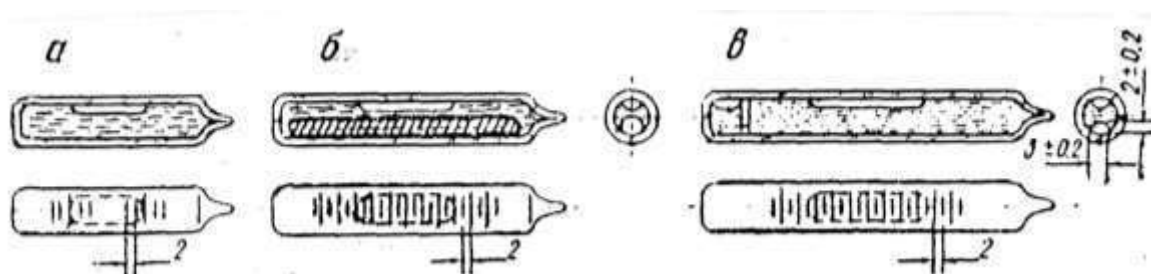


Рис. 6.2. Ампулы уровней

Изменение длины пузырька, связанное с температурным расширением жидкости, приводит к заметному изменению чувствительности уровня. В этой связи для ампул точных уровней (20" и менее) предпринимаются меры по стабилизации длины пузырька путем уменьшения количества жидкости в ампуле компенсированного уровня (внутри ампулы помещается стеклянный стержень) либо перемещением излишней части пузырька за перегородку в камерном уровне (в настоящее время не применяется).

В маркшейдерско-геодезических приборах уровни устанавливаются различным образом и служат для различных целей:

– уровни для установки вертикальной оси прибора в отвесное положение (горизонтирование прибора), укрепляемые в корпусе прибора параллельно оси вращения трубы (4Т5КП, 3Т2КП) электронные тахеометры или перпендикулярно к ней (4Т30П);

– уровни вертикального круга для контроля положения индекса вертикального круга относительно отвесного направления (2Т5, 2Т2);

– уровни при зрительной трубе, жестко связанные с нею; они служат для приведения визирной оси в горизонтальное положение, а также для нивелирования при помощи теодолита (4Т30П);

– нивелирные контактные уровни, укрепляемые на зрительной трубе параллельно ее визирной оси, предназначены для приведения этой оси в горизонтальное положение (нивелир 3Н5Л).

Для нивелиров и вертикальных кругов теодолитов используют так называемые «контактные уровни», в которых приведение пузырька на середину производится путем совмещения изображений его концов в специальном оптическом устройстве. Точность установки таких уровней примерно вчетверо выше, чем у уровней обычного типа, а при условии применения оптических устройств, увеличивающих изображения пузырька, она может быть еще повышена в 2-3 раза.

Погрешности шлифовки внутренней поверхности уровня выявляются при определении фактической цены деления правой и левой частей шкалы уровня и при исследовании его чувствительности. Практически отклонения цены деления уровней от их паспортного значения встречаются редко, но возможны. В связи с этим для точных цилиндрических уровней с ценой деления 20" и менее следует рекомендовать исследование их качества.

В современных точных и высокоточных теодолитах уровень при вертикальном круге заменен самоустанавливающимся маятниковым компенсатором. Погрешность компенсации составляет 1-2".

Особенно эффективным явилось использование компенсаторов наклона визирной оси в нивелирах. Зарубежные и отечественные оптико-механические заводы уже более сорока лет выпускают нивелиры различной точности с самоустанавливающейся осью визирования.

Для оптических компенсаторов маркшейдерско-геодезических приборов характерно конструктивное разнообразие, прецизионность монтажа, которая не позволяет выполнять их регулировку и тем более ремонт маркшейдеру, не имеющему специальной подготовки. Маркшейдеру, эксплуатирующему теодолит или нивелир, надлежит контролировать работоспособность компенсатора и симметричность диапазона его работы относительно положения при отвесной установке вертикальной оси прибора.

7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ

Даже при самом тщательном измерении углов результаты всегда содержат погрешности, причинами которых могут быть несовершенство инструмента (инструментальные погрешности), недостатки зрения наблюдателя (личные погрешности наблюдателя) или неблагоприятное состояние атмосферы (физическое состояние воздуха) в пространстве между инструментом и точкой визирования.

Причина инструментальных погрешностей может заключаться в том, что при изготовлении прибора не были строго соблюдены те или иные параметры конструкции, также упомянутые параметры могут изменяться в процессе эксплуатации прибора. Погрешности, обусловленные неправильным взаимным расположением геометрических элементов прибора (в частности, погрешности от неправильного расположения осей и погрешности от влияния эксцентриситетов в осевых системах), а также погрешности, вызванные неточностью нанесения делений на шкалах лимбов и отсчетных приспособлений, неправильным увеличением этих шкал в поле зрения отсчетного микроскопа, могут быть исключены или юстировкой прибора, или соответствующей методикой выполнения измерений.

Погрешности, обусловленные личными ошибками наблюдателя, возникают при наведении зрительной трубы на цель (визировании) и при взятии отсчетов по лимбам (отсчитывании).

Труднее всего учесть влияние погрешностей, вызванных физическим состоянием атмосферы (прежде всего ошибок за счет рефракции и неравномерной освещенности визирной цели). Поэтому при выполнении высокоточных работ следует выбирать благоприятные погодные условия. Таким образом, при достаточной квалификации наблюдателя, работающего с прибором на земной поверхности или в подземной горной выработке, в условиях отчетливой видимости визирных целей, основной причиной неточности измерений являются инструментальные погрешности.

Как было отмечено выше, влияние некоторых инструментальных погрешностей на результаты угловых измерений может быть исключено либо уменьшено при использовании специальных методик измерения. Большинство инструментальных погрешностей не влияют на точность результатов при измерении углов *полным приемом*.

Для электронных тахеометров данное утверждение справедливо не в полной мере. Измерения углов на каждой точке стояния электронного тахеометра следует начинать с фиксации «места зенита» (MZ) и «коллимации» (C) в памяти прибора для начального направления (измерения проводятся полным приемом). В последующие направления, которые, как правило рекомендуется измерять при одном положении вертикального круга (основное табло обращено к измерителю), зафиксированные значения MZ и C вводятся автоматически. В этом случае влияние ряда инструментальных погрешностей, которые рассмотрены в следующем разделе, будет ухудшать паспортную точность прибора, так как MZ и C для различных точек визирования могут отличаться от их значений, зафиксированных в памяти тахеометра для начального направления.

Влияние прочих погрешностей может быть уменьшено многократным отсчитыванием по лимбам (реализовано для всех типов электронных тахеометров) либо введением соответствующих поправок в результаты угловых измерений.

7.1. Инструментальные погрешности, исключаемые из результатов при измерении углов полным приемом

Данную группу инструментальных погрешностей объединяет то, что их величина может быть определена наличием и характером изменчивости *коллимации*.

Коллимационная погрешность – это погрешность от неперпендикулярности визирной оси (ZZ) к оси вращения трубы (HH) (рис. 7.1).

Коллимационная погрешность вычисляется по формуле (7.1) из отсчетов по горизонтальному лимбу теодолита (тахеометра) при вертикальном круге справа (КП) и слева (КЛ). *Наведение производится на одну и ту же визирную цель, находящуюся на горизонте теодолита:*

$$C = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (7.1)$$

Устранение коллимационной погрешности для большинства приборов производится смещением сетки нитей в горизонтальном направлении, т. е. путем разворота визирной оси относительно оси вращения трубы. Значительное изменение положения визирной оси

относительно заводской установки может вызвать ее нестабильность при перефокусировке, поэтому иногда теодолиты оснащаются фиксированной сеткой нитей (2Т5К), в последних модификациях теодолитов (4Т5КП, 3Т2КП) операция разворота визирной оси может быть выполнена как смещением сетки нитей, так и поворотом клинового кольца, расположенного между объективом и осью вращения трубы.

Рассмотрим влияние коллимационной погрешности на точность угловых измерений.

Обозначим через ε проекцию коллимационной погрешности C на плоскость лимба – отсчеты по лимбу будут в двух разных местах: m_1 (КЛ) и m_2 (КП) (рис. 7.2).

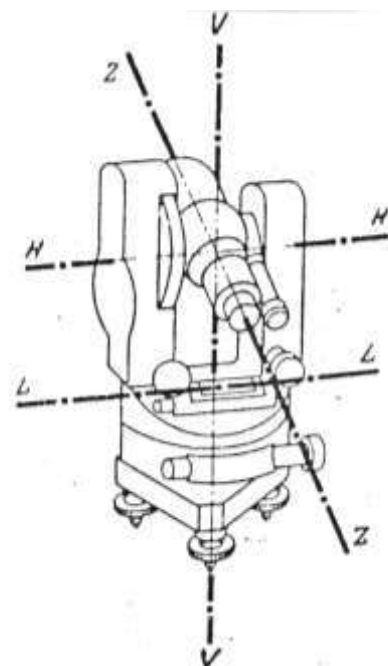


Рис. 7.1. Схема осей угломерного прибора:
VV – вертикальная ось;
LL – ось цилиндрического уровня;
HH – ось вращения трубы;
ZZ – визирная ось трубы

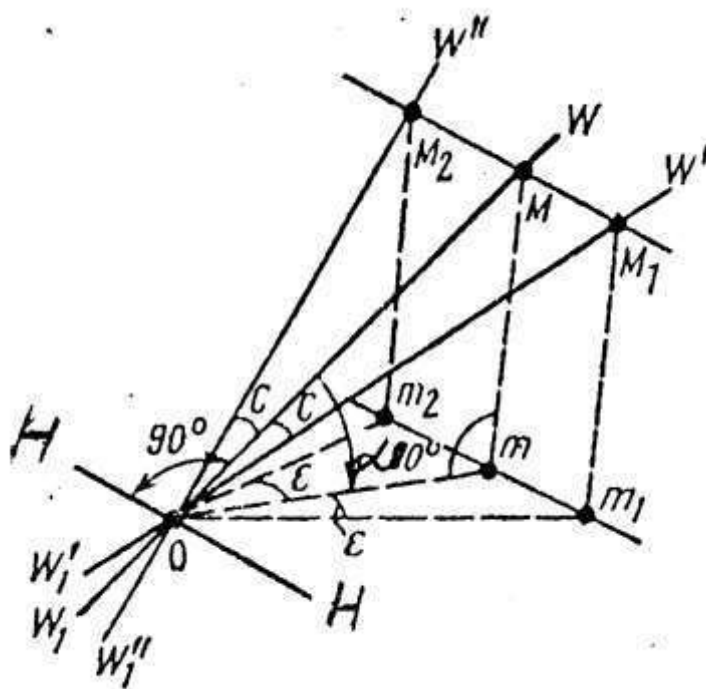


Рис. 7.2. Влияние коллимационной погрешности на отсчет по лимбу

Из треугольников $ОММ_1$ и $Оmm_1$:

$$\operatorname{tg}C = \frac{ММ_2}{ОМ}; \operatorname{tg}\varepsilon = \frac{mm_2}{Om}. \quad (7.2)$$

По построению $ММ_2 = mm_2$, тогда

$$\frac{\operatorname{tg}C}{\operatorname{tg}\varepsilon} = \frac{Om}{ОМ} \approx \frac{C}{\varepsilon}, \quad (7.3)$$

где ε – погрешность в отсчете по лимбу за счет коллимации.

Из треугольника $ОМm$:

$$\cos\alpha = \frac{Om}{ОМ},$$

где α – угол наклона визирной оси.

Следовательно,

$$\varepsilon = \frac{C}{\cos\alpha}. \quad (7.4)$$

Ошибка в угле, измеренном при одном положении круга:

$$\Delta C = C \left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2} \right). \quad (7.5)$$

Таким образом, при $\alpha_1 \approx \alpha_2$, когда точки визирования находятся приблизительно под одним углом к горизонту, $\Delta C \approx 0$.

Если $\alpha_1 \neq \alpha_2$, то значение C , полученное при другом круге, будет иметь противоположный знак, поэтому среднее значение угла, измеренного при двух кругах, будет свободно от влияния коллимационной погрешности, пока C будет постоянной. Положение визирной оси, а следовательно, и коллимация могут изменяться при перефокусировке трубы, поэтому при измерении углов стремятся обеспечить равенство сторон, чтобы сохранить $C = \text{const}$.

Погрешность хода фокусирующей линзы возникает в связи с колебаниями фокусирующей линзы при ее перемещении по направляющим в зрительных трубах и обуславливает изменение направления визирной оси, особенно при визировании внутри нескольких первых десятков метров, когда фокусирующая линза перемещается на значительную величину. Поэтому погрешность хода фокусирующей линзы оценивают по изменению значения коллимационной погрешности C и места зенита Z (места нуля $M0$) при перефокусировке трубы. Изменения значений определяют по следующим формулам:

$$\Delta C_i = C_i - C_\infty; \quad \Delta MZ = MZ_i - MZ_\infty,$$

где индексы при C и MZ относятся к конечному расстоянию (i) до визирной цели и к "бесконечности" (более 100 м).

Для определения C и MZ используют расстояния, указанные ниже:

| | |
|----------------------------|----------------|
| Типы теодолитов...Т2, Т5 | Т15, Т30 |
| Расстояние, м ...5; 10; ∞; | 1,5; 5; 10; ∞. |

Погрешность хода фокусирующей линзы не оказывает влияния на результаты угловых измерений, если наведения выполнялись при двух положениях вертикального круга КЛ и КП, т. е. при выполнении полного приема.

Погрешность от наклона оси вращения зрительной трубы (НН) возникает вследствие ее неперпендикулярности к вертикальной оси вращения теодолита (VV) (неравенство подставок) и погрешности установки последней в отвесное положение (негоризонтальность оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга).

Если ось вращения трубы ($НН$) не перпендикулярна к вертикальной оси теодолита (неравенство подставок), то при отвесном положении последней коллимационная плоскость будет наклонена, и в отсчете по лимбу при визировании на точку M появится погрешность ε_1 (рис. 7.3).

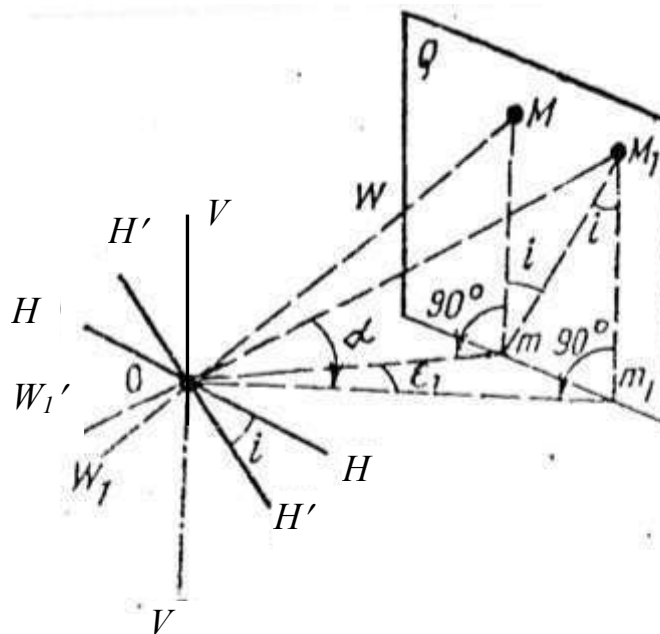


Рис. 7.3. Влияние наклона оси вращения трубы на отсчет по лимбу

На рис. 7.3 $НН$ и $Н'Н'$ – горизонтальное и наклонное положения оси вращения трубы соответственно.

При горизонтальном положении оси HH и угле наклона α визирная ось будет направлена на точку M , а точка t является ее горизонтальной проекцией на плоскость лимба. При наклонном положении $H'H'$ труба будет наведена на точку M_1 , горизонтальной проекцией которой будет точка m_1 .

Из прямоугольных треугольников Otm_1 и M_1tm_1 найдем:

$$\sin \varepsilon_1 = mm_1 / Om.$$

$$\operatorname{tgi} = mm_1 / M_1m, \text{ откуда } \sin \varepsilon_1 / \operatorname{tgi} = M_1m_1 / Om_1.$$

Из треугольника OM_1m_1 $\operatorname{tg}\alpha = M_1m_1 / Om_1$. Так как ε_1 и i малы, можно записать:

$$\varepsilon_1 = i \operatorname{tg}\alpha. \quad (7.6)$$

Погрешность в измерении угла Δi

$$\Delta i = i (\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2). \quad (7.7)$$

Если $\alpha_1 = \alpha_2$, то $\Delta i = 0$; при $\alpha_1 = -\alpha_2$ $\Delta i = 2i \operatorname{tg}\alpha$.

Если ось вращения теодолита VV отвесна, то среднее значение угла, полученного из двух полуприемов, будет свободно от этой погрешности.

Наличие наклона оси вращения трубы (неравенство подставок) определяется после устранения коллимационной погрешности проектированием высокорасположенной точки на шкалу линейки в горизонтальной плоскости при двух положениях круга. Разность отсчетов по линейке свидетельствует о наличии неравенства подставок. Ликвидация неравенства подставок производится только в условиях специализированной мастерской.

Конструкция и технология сборки современных теодолитов и тахеометров, как правило, гарантируют достаточно высокую точность и стабильность взаимного расположения оси вращения трубы и вертикальной оси прибора во время эксплуатации.

Эксцентриситет алидады – это несовпадение оси вращения алидады (VV) с точкой пересечения продолженных штрихов лимба.

Для определения эксцентриситета алидады теодолитов с односторонним отсчетом анализируют изменение коллимации при визировании на точки, расположенные через 30° по окружности вокруг теодолита, и на равных от него расстояниях 30-50 м (лимб неподвижен). При отсутствии эксцентриситета коллимация будет постоянной, а при его наличии график изменения величины коллимации будет иметь вид синусоиды.

В случае пользования теодолитами с односторонней отсчетной системой влияние эксцентриситета алидады можно исключить, вы-

числив среднее из отсчетов, взятых при двух положениях вертикального круга.

Двухсторонние оптические микрометры значительно снижают влияние эксцентриситета, т. е. каждый отсчет является средним из двух диаметрально противоположных отсчетов на лимбе.

Рассмотренные выше инструментальные погрешности теодолитов являются причиной определенных значений коллимации, которые могут носить переменный характер.

Величины отклонений значений коллимации и «места зенита», полученные при измерении углов, от их максимальных значений, определенных при исследовании инструментальных погрешностей теодолита, для качественных результатов измерения углов не должны превышать двойную точность (СКП измерения углов) прибора.

7.2. Погрешность от наклона оси вращения трубы (из-за невертикальности прибора)

Погрешность от наклона оси вращения трубы за счет невертикальности главной оси прибора (VV) – это погрешность, обусловленная неправильной установкой прибора по уровню при алидаде горизонтального круга.

При производстве угловых измерений на карьерах и в подземных горных выработках наклон линий визирования часто бывает значительным (5° и более). Именно в таких условиях погрешность в отсчетах по горизонтальному кругу за счет неотвесного положения оси VV теодолита (см. рис. 7.1) становится существенной, поскольку ее величина рассчитывается по формуле, аналогичной выражению (7.8):

$$\varepsilon_2 = i' \operatorname{tg} \alpha, \quad (7.8)$$

где ε_2 – поправка в отсчет по горизонтальному кругу за счет невертикальности прибора (c); i' – негоризонтальность оси цилиндрического уровня (c); α – угол наклона линии визирования.

Влияние наклона вертикальной оси прибора на точность угловых измерений, в отличие от рассмотренных выше инструментальных погрешностей, не может быть исключено наблюдением при двух положениях трубы, так как этот наклон при неизменном положении трегера (подставки) и визировании на любые точки остается неизменным.

7.3. Погрешность измерения углов за счет эксцентриситета лимба

Эксцентриситет лимба – это результат несовпадения центра вращения лимба с точкой пересечения продолженных штрихов лимба.

Уменьшение влияния эксцентриситета лимба достигается одновременным взятием диаметрально противоположных отсчетов по лимбу (двустороннее отсчетное приспособление) или работой на разных участках лимба в разных приемах (перестановка лимба для односторонних и двусторонних отсчетных приспособлений).

При исследовании эксцентриситета горизонтального круга положение алидады остается неизменным, а круг (лимб) переставляется через 30° или 45° . Наведения выполняются на две марки, расположенные по обе стороны от теодолита (через 180°) при одном положении вертикального круга.

Используя полученные измерения значений угла, составляют разности для каждой установки круга:

$$v_1 = \varphi_i - 180^\circ, \quad (7.9)$$

где φ_i – величина измеренного угла.

Изменение разностей v_1 , в зависимости от установки лимба, свидетельствует о наличии эксцентриситета горизонтального круга.

Все теодолиты имеют большую или меньшую погрешность центрирования вертикальной осевой системы. Поэтому отсчитанные по лимбу значения искажены влиянием практически всех элементов эксцентриситета, включая влияние качки вертикальной оси, из-за которой алидада может смещаться относительно центра деления лимба. В то же время в современных теодолитах эксцентриситеты, как правило, имеют незначительную величину.

7.4. Рен отсчетных приспособлений теодолитов

Несоответствие длины деления лимба длине шкалы микроскопа или микроскопа-микрометра называется *реном отсчетной системы*, величина которого зависит от увеличения микроскопа и эксцентриситетов алидады и круга. При исследовании рена производится сопоставление шкалы отсчетного приспособления с делениями лимбов, расположенными через 30° . Постоянная величина рена свидетельствует о недостаточном или избыточном увеличении микроскопа, которое может быть отрегулировано в специализированной мастер-

ской. Изменяющийся рен – следствие эксцентриситета, превышающего допустимую величину (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Некоторые нормативные метрологические характеристики
теодолитов**

| Характеристика | Тип теодолита | | | |
|--|---------------|----|-----|-----|
| | T2 | T5 | T15 | T30 |
| Коллимационная погрешность, с | 5 | 15 | 30 | 60 |
| Погрешность хода фокусирующей линзы, с | 2 | 3 | 6 | 20 |
| Место зенита (место нуля) вертикального круга, с | 10 | 15 | 60 | 120 |
| Угловой эксцент алидады, с | 30 | 30 | 30 | 30 |

Из вышеизложенного следует, что устранение рена отсчетной системы – достаточно сложная операция, не выполняемая в полевых условиях. Однако, если обстоятельства вынуждают использовать прибор, имеющий рены, то следует вводить поправки в отсчеты или иметь в виду, что точность измерения углов снизится приблизительно на величину рена.

На этом завершим рассмотрение основных инструментальных погрешностей теодолитов.

За пределами данного обзора осталась большая группа возможных неисправностей теодолитов, которые также ухудшают точность измерения углов либо делают прибор полностью непригодным к измерениям, например, разрушение или смещение деталей оптических систем, неисправности микрометрично-зажимных механизмов и т. д. Влияние такого рода неисправностей на точность измерения углов не может быть устранено методикой измерений, т. е. необходим ремонт прибора.

7.5. Инструментальные погрешности нивелиров

Гарантией безошибочного определения превышения между двумя точками с помощью оптико-механических нивелиров (в пределах паспортной точности) является горизонтальность визирной оси трубы и постоянство высоты прибора во время отсчитывания по рейкам.

Горизонтальность визирной оси обеспечивается при выполнении следующих технических требований, предъявляемых к нивелирам:

угол i нивелира (проекция на отвесную плоскость угла между визирной осью зрительной трубы и горизонтальной линией) должен быть не более $10''$ при температуре $20^{\circ} + 2^{\circ}\text{C}$;

при изменении температуры на 1°C изменение угла i нивелира должно быть не более $0'',5$ – для высокоточных, $0'',8$ – для точных и $1''$ – для технических нивелиров;

у нивелиров с компенсаторами характеристики компенсатора должны соответствовать указанным в табл. 7.2.

Исправление (юстировка) угла i выполняют путем изменения угла наклона ампулы уровня либо перемещением сетки нитей по вертикали (для нивелиров с компенсатором). Следует также помнить, что при соблюдении условия равенства расстояний от нивелира до реек (равноплечие) негоризонтальность визирной оси не влияет на точность определения превышения. Поэтому при выполнении высокоточного нивелирования (I, II, III классы) регламентируется строгое соблюдение условия равноплечия.

Таблица 7.2

**Нормативные характеристики компенсаторов нивелиров
(для приборов производства России)**

| Характеристика | Группа нивелиров | | |
|--|------------------|-----------|-------------|
| | высокоточные | точные | технические |
| Диапазон работы компенсатора, не менее | $\pm 8'$ | $\pm 15'$ | $\pm 30'$ |
| Систематическая погрешность работы компенсатора на $1'$ наклона оси нивелира (погрешность недокомпенсации), не более | $+ 0'',05$ | $+ 0'',3$ | $+ 0'',5$ |
| Время затухания колебаний подвесной системы, с, не более | 2 | 2 | 2 |

Исправление (юстировка) угла i выполняют путем изменения угла наклона ампулы уровня либо перемещением сетки нитей по вертикали (для нивелиров с компенсатором). Следует также помнить, что при соблюдении условия равенства расстояний от нивелира до реек (равноплечие) негоризонтальность визирной оси не влияет на точность определения превышения. Поэтому при выполнении высокоточного нивелирования (I, II, III классы) регламентируется строгое соблюдение условия равноплечия.

Основные характеристики наиболее распространенных на маркшейдерских работах оптико-механических приборов приведены в табл. 7.3 – 7.4.

Таблица 7.3

Основные технические характеристики теодолитов

| Тип прибора | Фирма-изготовитель | Увеличение трубы, крат | СКП гориз. углы / верт. углы | Тип отсчетного приспособления, (ОП) | Цена деления шкалы, ОП | Цена деления уровня при алидаде, с | Масса без футляра, кг |
|----------------|---------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 4Т30П | УОМЗ, Россия | 20 | 20/30 | Шкаловый микроскоп | 5' | 45 | 2,2 |
| 4Т15П | То же | 20 | 15/30 | Оптический микрометр | 10'' | 45 | 2,4 |
| 3Т5КП | – // – | 30 | 5/5 | Шкаловый микроскоп | 1' | 30 | 4,3 |
| 3Т2КП | – // – | 30 | 2/2,4 | Оптический микрометр (двухстор.) | 1'' | 15 | 4,7 |
| Theo 080 | Карл Цейс, Германия | 18 | 20/25 | Штриховой микроскоп | 5' | 45'' | 2 |
| Theo 020В | То же | 30 | 3/3 | Шкаловый микроскоп | 1' | 30'' | 4,5 |
| Theo 015В | – // – | 30 | 2,5/2,5 | Оптический микрометр (одностор.) | 6'' | 30'' | 4,8 |
| Theo 010В | – // – | 30 | 1/1 | Оптический микрометр (двухстор.) | 1'' | 15'' | 4,8 |
| ТМ 20Н | Sokkia, Япония | – | 20/25 | Шкаловый микроскоп | 5' | – | 3 |
| ТМ6 | То же | – | 6/6 | Оптический микрометр (одностор.) | – | – | 4,6 |
| ТМ1А | – // – | – | 1/1 | Оптический микрометр (двухстор.) | 1'' | – | 5,0 |
| Ada Prof X2/X6 | Китай | 30 | 2/6 | Оптический микрометр (двухсторон) | 1'' | 30'' | 4,3 |
| Ada Prof X15 | Китай | 28 | 15/15 | Шкаловый микрометр | 1' | 30'' | 3 |

Основные технические характеристики нивелиров

| Тип нивелира | Фирма-изготовитель | Увеличение трубы, крат | СКП на 1 км двойного хода, мм | Диапазон, чувствительность компенсатора, мин, с | Масса нивелира, кг |
|--------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|---|--------------------|
| 2Н-10КЛ | УОМЗ, Россия | 22 | 5 | ±30, 1 | 1,4 |
| 3Н-5Л | То же | 20 | 5 | Уровень | 1,2 |
| 3Н-3КЛ | – // – | 22 | 3 | ±15/0,5 | 1,3 |
| 4Н-2КЛ | – // – | 30 | 1,5 | ±15/0,5 | 1,8 |
| Н-05 | Россия | 42 | 0,5 | Уровень | 6 |
| FG-040 | Германия | 25 | 2,5 | ±30/1 | 1,6 |
| FG-L100 | – // – | 32 | 1 | ±10/0,5 | 2,0 |
| FG-007 | – // – | 32 | 0,5 | ±10/0,5 | 2,2 |
| FG-005 | – // – | 35 | 0,7 | ±10/0,3 | 2,2 |
| L232 | Trimble Германия | 32 | 1 | ±10/0,3 | 1,6 |
| С410 | Sokkia, Япония | 20 | 2,5 | ±15/0,5 | 1,0 |
| С320 | То же | 24 | 2,0 | ±10/0,5 | 1,8 |
| С300 | – // – | 28 | 2,0 | ±10/0,5 | 1,8 |
| В200 | – // – | 32 | 0,8 | ±15/0,3 | 1,85 |

Стоимость оптико–механических приборов, как правило, ниже их электронных аналогов, поэтому их производство продолжается, и при небольших объемах полевых работ оптико-механические приборы остаются актуальными и в современных условиях.

8. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ТАХЕОМЕТРЫ

Для тахеометрической съемки открытых горных разработок могут быть использованы теодолиты, сетки нитей которых имеют дальномерные штрихи, электронные тахеометры либо номограммные тахеометры.

В настоящее время номограммные тахеометры не производятся, но информация об этих приборах для основных маркшейдерских измерений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых может представлять определенный интерес.

Номограммные тахеометры отличаются от теодолитов тем, что позволяют отсчитывать по рейке горизонтальные проложения и превышения. Непосредственное определение горизонтальных расстояний и превышений обусловлено автоматически и закономерно изменяющимся расстоянием между дальномерными и высотмерными штрихами при вращении зрительной трубы.

Расстояния между штрихами можно изменять различными путями, например, с помощью специальных кулачков, кинематически связанных с осью вращения трубы (RTa 4 «Оптон» Германия). Наибольшее распространение получили устройства в виде дополнительного вертикального круга с номограммными кривыми, неподвижно закрепленного в подставке зрительной трубы. Изображение номограммных кривых, коэффициентов дальномера и высотмера передается в поле зрения трубы (рис. 8.1).

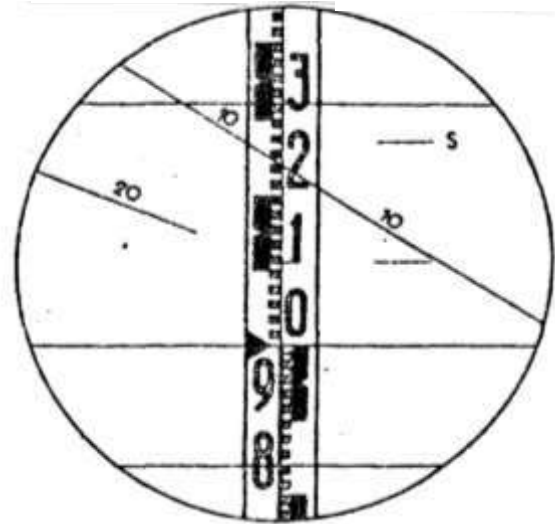


Рис. 8.1. Поле зрения зрительной трубы тахеометра ТаН

Маркшейдерские службы многих горнодобывающих предприятий России оснащены номограммными тахеометрами германского и отечественного производства, принципиальное устройство и точностные характеристики которых близки: 2ТН, ТаН (Уральский оптико-механический завод); Delta 010А, Delta 010В (Германия).

Отечественные тахеометры 2ТН и ТаН разработаны на базе теодолита 2Т5К. Средняя квадратическая погрешность измерения расстояний и превышений во многом зависит от используемого коэффициента номограмм и составляет:

для расстояния, равного 100 м при использовании коэффициента $K_s = 100 - 0,1$ м (1:1000), $K_s = 200 - 0,25$ м (1:400);

для превышения точки, удаленной на 100 м, при $K_h = 10 - 0,03$ м ($\alpha = 0^\circ \dots 9^\circ$), $K_h = 20 - 0,06$ м ($\alpha = 5^\circ \dots 11^\circ$),

$K_h = 50 - 0,12$ м ($\alpha = 11^\circ \dots 26^\circ$), $K_h = 100 - 0,2$ м ($26^\circ \dots 45^\circ$).

В тахеометре ТаН кривые горизонтальных проложений (100 и 200) расположены по обе стороны от основной окружности. Кривая с $K_S = 200$ расположена у нижнего края поля зрения (рис. 8.2).

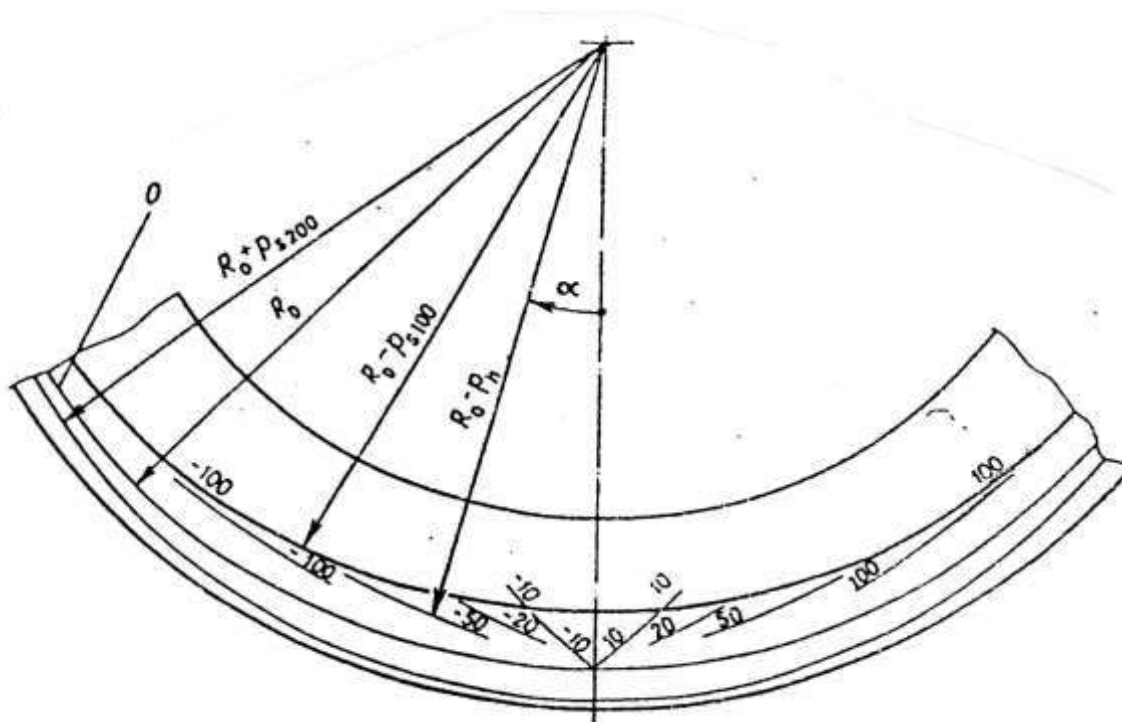


Рис. 8.2. Номограммный круг (ТаН)

Кривые превышений подписаны соответствующей цифрой значения коэффициента как для положительных, так и для отрицательных углов наклона.

При измерении горизонтального проложения или превышения сначала совмещают основную окружность с нулевой меткой рейки (высотой инструмента), после чего берут отсчет по рейке, используя ту или иную номограммную кривую.

Результатом измерения является произведение отсчета на коэффициент данной кривой.

Подготовка номограммных приборов заключается в следующем:

Определяют коэффициенты кривых по формулам:

$$K_S = K_{S_0} \frac{S_0}{S}; \quad K_h = K_{h_0} \frac{h_0}{h}, \quad (8.1)$$

где $K_{S_0} = 100$ и 200 – номинальные значения коэффициентов кривых горизонтальных проложений; $K_{h_0} = + 10; + 50; + 100$ – номинальные значения коэффициентов кривых превышений; S_0 и h_0 – точные (эта-

лонные) значения горизонтального проложения и превышения, определенные с погрешностями $m_s/S = 1/3000$; $m_h = 3$ мм; S и h – значения, измеренные по номограмме.

Базисы выбираются так, чтобы $S = 60... 100$ м; $\alpha \geq 3...5$.

Относительные погрешности определения K_S и K_h не должны превышать 0,1 %.

Таблица 8.1

Основные технические характеристики номограммных тахеометров

| Тип тахеометра | Фирма-изготовитель, страна | Увеличение трубы, крат | СКП гор. проложения | СКП превышения при $\alpha < 10^\circ$ | Отсчеты при способлении, ОП | Цена деления шкалы ОП, с | Цена деления уровня на 2 мм, с | Диапазон и погрешность компенсатора | Масса без футляра, кг |
|----------------|----------------------------|------------------------|---------------------|--|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| ТаН | УОМЗ, Россия | 27 | 100 мм на 100 м | 50 мм на 100 м | Шкаловый микроскоп | 60 | 30 | 3'2" | 4 |
| Dhalsa 010B | Карл Цейсс, Германия | 25 | То же | 50 мм на 100 м | То же | 60 | 30 | 4'1" | 4,9 |

Электронные тахеометры, сканеры и спутниковые системы являются более производительными средствами измерений, чем номограммные тахеометры и теодолиты, поэтому более широко применяются, в том числе маркшейдерами на современных горных предприятиях, несмотря на их сравнительно высокую стоимость.

9. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ГИРОТЕОДОЛИТЫ

9.1. Принцип работы гиротеодолитов

Гироскопические теодолиты служат для автономного определения азимутов направлений на земной поверхности и в подземных горных выработках. Конструктивно гиротеодолит является угломерным прибором, в котором объединены гироскоп как датчик направления меридиана и теодолит.

Большинство моделей гиротеодолитов, применяемых при геодезических и маркшейдерских работах, оснащены трехстепенными

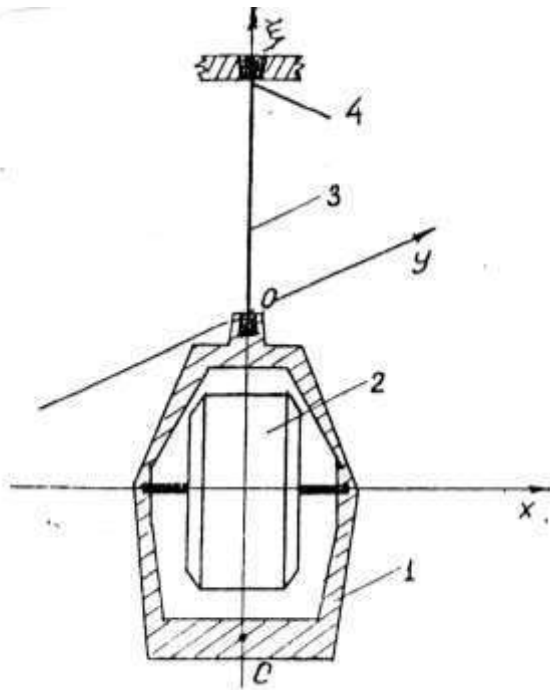


Рис. 9.1. Маятниковый гироскоп с торсионным подвесом чувствительного элемента (ЧЭ):

1 – ротор (гиромотор); 2 – вакуумированная гирокамера; 3 – торсион (металлическая лента); 4 – верхний зажим торсиона (вращающийся)

но перпендикулярно.

Ротором механического гироскопа в современных гиротеодолитах, как правило, служит ротор специального электрического двигателя переменного или постоянного тока (гиромотор).

Технические устройства, обеспечивающие свободу вращения ротора вокруг осей прецессии и чувствительности, составляют систему подвеса гироскопа. В гироскопах могут быть применены разнообразные по конструкции подвесы (например, карданов, жидкостный, электромагнитный, торсионный). Наибольшее распространение получил торсионный подвес гироскопа. Гирокамера 1 (см. рис. 9.1) с жестко укрепленным внутри нее гиромотором 2 подвешена на тонкой металлической ленточке 3 (торсионе), совмещенной при рабочем положении инструмента с вертикальной осью вращения угломерной части.

Точкой подвеса, вокруг которой происходит вращение гироскопа под действием внешних сил, является точка 0 закрепления нижнего конца торсионной ленты в теле гирокамеры.

маятниковыми гироскопами. При современном уровне развития приборостроения лишь эта схема допускает создание гиротеодолитов высокой точности.

Все без исключения модели гиротеодолитов, получившие практическое применение, имеют в своем составе механические гироскопы. Под механическим гироскопом с тремя степенями свободы понимают массивное быстро вращающееся вокруг центральной оси симметрии (главной оси X) тело (ротор), которое обладает возможностью одновременно поворачиваться вокруг двух других осей – оси чувствительности (Y) и оси прецессии (ξ) (рис. 9.1). Все три оси гироскопа располагаются взаимно

Центр тяжести чувствительного элемента в трехстепенных гироскопах, снабженных торсионным подвесом, располагается ниже точки подвеса, в результате чего главная ось гироскопа (X) приобретает постоянное стремление занимать горизонтальное положение. Такие гироскопы называются маятниковыми.

Будучи установленным на поверхности Земли, маятниковый гироскоп работает в режиме гироскопического компаса, главная ось которого независимо от своего первоначального положения начинает двигаться в сторону плоскости меридиана и, стремясь совместиться с этой плоскостью, совершает относительно ее колебания.

В основе действия гироскопических приборов лежат свойства трехстепенного гироскопа, которые заключаются в его способности сохранять неизменным направление своей главной оси в мировом пространстве и поворачиваться (прецессировать) под действием внешних сил вокруг точки подвеса в направлении, определенном суммарным вектором внешних сил, повернутым на 90° в сторону собственного вращения ротора. *Установленный на поверхности Земли маятниковый гироскоп, реагируя на суточное вращение плоскости горизонта в мировом пространстве, совершает азимутальное прецессионное движение, направленное в начальный момент в сторону плоскости меридиана.* Для наблюдателя, также участвующего в суточном вращении Земли, это прецессионное движение гироскопа будет суммироваться с суточным вращением плоскостей меридиана к горизонту, в результате чего видимое движение конца главной оси гироскопа будет происходить по эллипсу, малая ось которого совмещена с плоскостью меридиана, а большая расположена в плоскости, наклоненной к плоскости горизонта на некоторый малый угол $\beta_{\text{комп}}$, называемый компенсирующим углом (угол наклона главной оси, при котором прецессия маятникового гироскопа по азимуту равна скорости суточного вращения плоскости меридиана).

Ось симметрии вынужденных колебаний, которые совершает в своем видимом движении гироскоп с быстро вращающимся ротором, определяет положение динамического равновесия главной оси гироскопа X , совпадающее с плоскостью меридиана.

Если соединить в одном инструменте маятниковый гироскоп и теодолит, то, проецируя каким-либо образом на горизонтальный круг теодолита крайние точки 1 и 2 вынужденных колебаний главной оси (точки реверсии), можно определить отсчет N , соответствующий

проекции положения динамического равновесия главной оси гироскопа на горизонтальный круг (рис. 9.2).

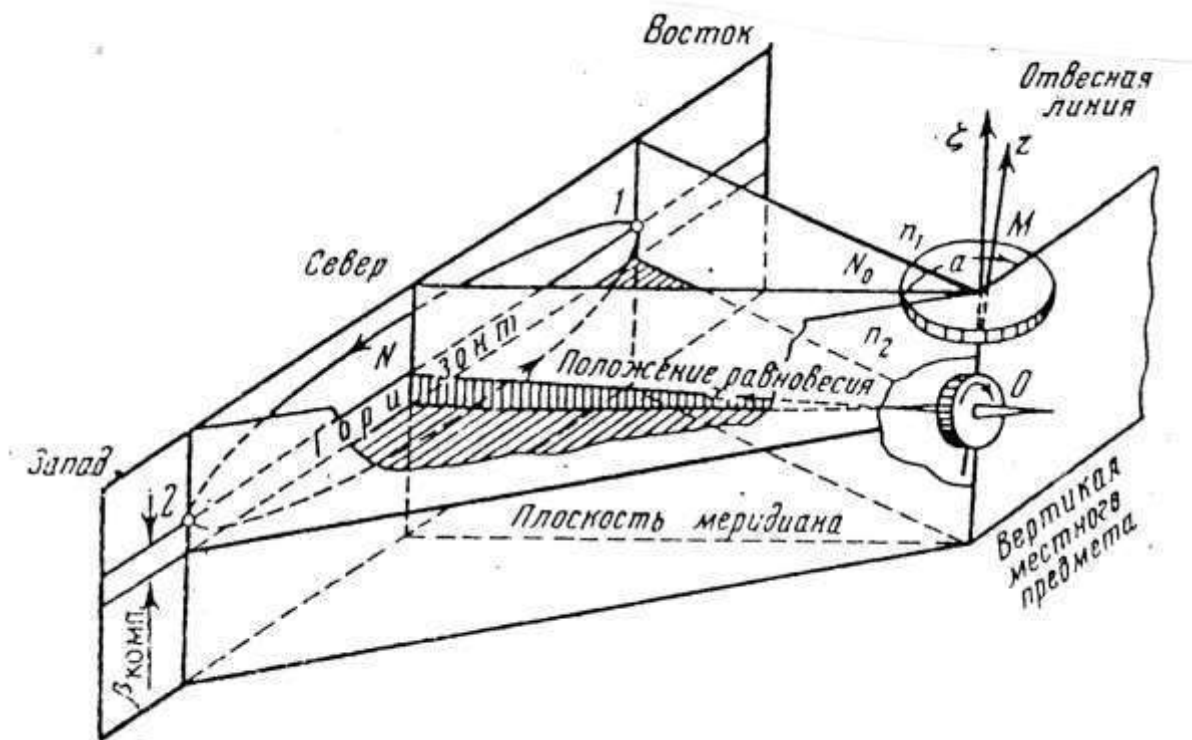


Рис. 9.2. Схема определения положения динамического равновесия главной оси гироскопа

Из наблюдений гиротеодолитом получают астрономический азимут, отнесенный к поверхности Земли, так как в основе действия такого прибора лежат суточное вращение плоскости горизонта, положение которой определяется направлением отвесной линии к точке наблюдений, и момент силы тяжести.

9.2. Принципиальная схема устройства гиротеодолита с маятниковым гироскопом

В комплект гироскопического теодолита, как правило, входят:

- съемный гироблок – чувствительный элемент (гироскоп) с системами подвеса, центрирования, токопровода, слежения, арретирования, магнитной защиты и кожуха взрывобезопасной защиты;
- угломерная часть с элементами следящей системы;
- блок питания с системами преобразования электроэнергии;
- штатив и соединительные кабели.

На рис. 9.3 показана принципиальная схема устройства гиротеодолитов МВТ2, МВТ4, Ги-Б2, Giroma + 300.

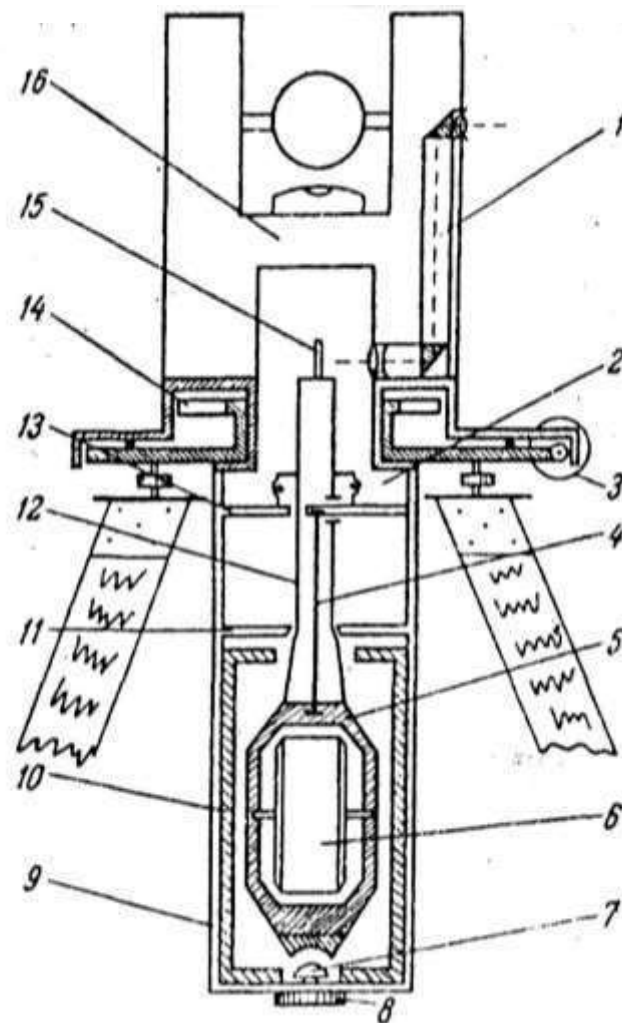


Рис. 9.3. Принципиальная схема устройства гиротеодолита с маятниковым гироскопом

Для подвеса ЧЭ 5 и его центрирования относительно вертикальной оси вращения алидады угломерной части 16 прибора используется торсионная лента 4. Подвод трехфазного тока к гироскопу 6 производится по двум источникам токопровода 2 и торсиону. Для наблюдения за движением чувствительного элемента и проектирования на горизонтальный круг 14 реверсионных точек его вынужденных колебаний служит следящая система, которая включает автоколлиматор 1 и зеркало 15, прочно укрепленное на штанге ЧЭ. ЧЭ размещен внутри гироблока, корпус 9 которого крепится винтами к корпусу алидады угломерной части. В прилив 13 корпуса гиробло-

ка вмонтированы концы ленточных токопроводов и верхний конец торсионной ленты.

Как и всякий гироскопический прибор, гиротеодолит должен иметь арретирующее устройство. Это устройство необходимо для скрепления ЧЭ с корпусом гироблока после окончания наблюдений. В схеме, изображенной на рис. 9.3, арретир имеет маховик δ и шток 7 с грибообразной головкой. При вращении маховика шток арретира поднимается вверх ЧЭ, приподнимает его к опорному кольцу 11 корпуса гироблока.

Если во время вынужденных азимутальных колебаний ЧЭ алидада прибора будет оставаться неподвижной, то эти колебания будут сопровождаться закручиванием торсионной ленты и ленточных токопроводов, что исказит показания гиротеодолита и может неблагоприятно отразиться на механической прочности торсиона и токопроводов. Поэтому оператор, наблюдая через окуляр автоколлиматора отраженные от зеркала чувствительного элемента изображения штрихов шкалы автоколлиматора, синхронно с азимутальным движением ЧЭ поворачивает с помощью редуктора червячной передачи алидаду угломерной части, а вместе с ней корпус гироблока. Вместе с корпусом гироблока будут поворачиваться связанные с ним концы токопроводов и верхний зажим торсионной ленты, предотвращая тем самым их закручивание при вращении ЧЭ. При



Рис. 9.4 Gyromat-3000
(Германия)

гироскопическом ориентировании (определении азимута стороны маркшейдерского опорного обоснования) отсчитывают по горизонтальному кругу положение проекции n_1 и n_2 на горизонтальный круг точек 1 и 2 (см. рис. 9.2) реверсий ЧЭ. По ним вычисляют отсчет N_0 положения динамического равновесия ЧЭ, соответствующего направлению меридиана.

Современные модели гиротеодолитов имеют специальную систему сопровождения, автоматически поворачивающую зажимы торсионной ленты и токопроводов синхронно с азимутальным движением ЧЭ. Для большинства современных зарубежных гиротеодолитов предусмотрена сравнительно точная (не более $2^\circ \dots 4^\circ$) предварительная

установка основной оси гироскопа в северном направлении. При этом определение положения динамического равновесия ЧЭ производится автоматически, например, фиксированием точки, которой соответствует максимальная скорость прецессии ЧЭ.

В России для маркшейдерских работ на шахтах и объектах подземного строительства наибольшее применение нашли венгерские теодолиты ГИ-Б2, ГИ-Б3 и отечественные маркшейдерские гиротеодолиты во взрывоопасном исполнении МВТ2, МВТ4, МВБ4, Меридиан 1М, основные технические характеристики которых приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Основные технические характеристики гиротеодолитов

| Характеристики | МВТ2
(1966) | МВТ4
(1974) | Мери-
диан 1М
(1986) | НГВ-2
(насад-
ка)
(1995) | GPJ-2A
Sokkia
(2001) | Gyromat-
3000
(2011) |
|--|----------------|----------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Средняя квад. ошибка измерения определения гироскопического азимута 1-м пуском (4 точки реверсии) на широте 60°, секунда | 30 | 30 | 20 | 30 | 20 | 3 |
| Продолжительность пуска, мин | 15...20 | 10...15 | 10...15 | 10...15 | 8 | 10...2 |
| Масса комплекта в рабочем состоянии, кг | 33 | 27,5 | 25 | 17 (с теодолитом) | 13,8 (без теодолита) | 11.5 (без теодолита) |

Современные полностью автоматизированные гиротеодолиты для маркшейдерских работ представлены ограниченным количеством модификаций приборов. Среди них Gyromat-2000, Gyromat-3000 (Германия (рис. 9.4)), GPJ-2A (Sokkia, Япония).

Отечественные маркшейдерские гиротеодолиты конструировались в лабораториях института ВНИМИ (С.- Петербург) и выпускались на его опытном заводе.

10. ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ

Применяемые для маркшейдерско-геодезических измерений светодальномеры, радиодальномеры, акустические дальномеры относятся к типу электронных средств измерений. В данном разделе рассмотрены общие теоретические вопросы, устройство и принцип действия отдельных дальномеров, наиболее удовлетворяющих требованиям маркшейдерских измерений. Значительное место уделено теории импульсных сигналов, которые применяются в современных электронных дальномерных приборах. Приведены примеры структурного построения дальномеров с непериодическим и периодическим режимом излучения сигнала. Проанализированы основные причины образования ряда систематических и случайных погрешностей измерений.

10.1. Измерительные сигналы дальномеров

Для измерений дальности в маркшейдерских и геодезических приборах используется свойство некоторых видов энергии распространяться в однородной среде с относительно постоянной скоростью и отражаться от встречных объектов. К таким видам энергии относят электромагнитные и акустические волны. В технической литературе данный метод измерений принято называть локационным (location – местонахождение).

К локационным средствам измерений могут быть отнесены и глобальные позиционные спутниковые системы (GPS) (Приложение 1). В данном пособии их устройство и технические возможности подробно не рассматриваются.

При локационном методе измерения дальность определяется по времени запаздывания (задержки) отраженного сигнала относительно излучаемого (опорного) сигнала.

Сигналом в общем понимании этого определения называют материальный носитель информации, представляющий собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой физической величиной. Такой параметр называют информативным.

Измерительный сигнал – это сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине. Сигналом в дальномерных приборах может служить любой вид энергии,

имеющей свойство распространяться в пространстве, временные параметры которой известны или изменяются во времени по известному закону и могут быть использованы для измерения времени распространения данной энергии в пространстве. Измерительные сигналы делят на аналоговые, дискретные и цифровые. Аналоговые и дискретные сигналы широко используют в дальномерных приборах – цифровые в кодовых угломерных устройствах, в электронных уровнях электронных тахеометров.

Аналоговый сигнал – это сигнал, описываемый непрерывной или кусочно-непрерывной функцией, причём её аргумент t может принимать любое значение на заданном интервале от t_{\min} до t_{\max} . Примером может служить кривая зависимости пройденного пути $L(t) = V_p \cdot t$ за время t равномерно движущимся телом (излучаемой энергией) с постоянной скоростью распространения V_p (рис. 10.1).

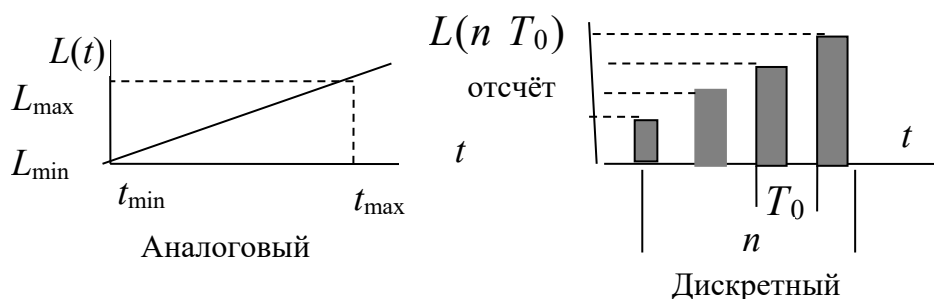


Рис. 10.1. Виды сигналов

Дискретный сигнал – это сигнал, дискретно изменяющийся во времени. Он может принимать в дискретные моменты времени $n \cdot T_0$, где $T_0 = \text{const}$ – интервал (период) дискретизации, $n = 0; 1; 2; \dots$ целое, любые значения $L(n T_0)$, называемые *отсчётами (выборками)*.

Следует заметить, что в технической литературе приборы, в которых применяют дискретные сигналы, часто для отличия их от аналоговых называют цифровыми.

Переменный сигнал – это сигнал, параметры которого изменяются во времени. Переменные сигналы могут быть непрерывными во времени и импульсными.

Самым распространенным видом переменного сигнала является гармоническое (синусоидальное) колебание $U(t) = U_m (\sin \omega t + \varphi_0)$, которое при постоянном значении круговой (угловой) частоты $\omega = \text{const}$ приобретает свойство периодического сигнала.

Импульсный сигнал – это сигнал конечной энергии, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени длительности импульса $\tau_{и}$ (рис. 10.2).

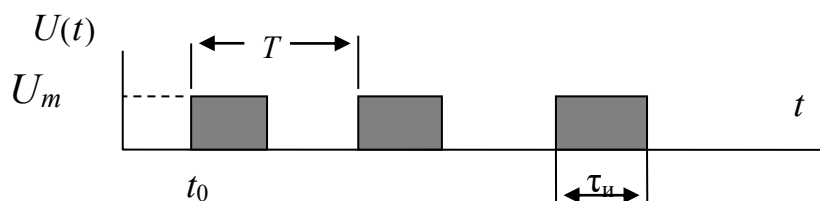


Рис. 10.2. Импульсный периодический сигнал

Идеальный прямоугольный импульс сигнала описывается уравнением

$$U(t) = U_m [1(t - t_0) - 1(t - t_0 - \tau_{и})].$$

Импульсный периодический сигнал есть сумма одиночных прямоугольных импульсов:

$$U(t) = \sum_{k=0}^{\infty} U_m [1(t - nT) - 1(t - nT - \tau_{и})],$$

мгновенные значения которых повторяются через постоянный интервал времени (период $T = \text{const}$).

Непериодический (апериодический) **сигнал** – сигнал с ненормированным значением периода (период $T \neq \text{const}$).

10.2. Измерение дальности

Отличие термина «дальность» от термина «расстояние» состоит в том, что расстояние – это длина между условной точкой дальномера, принятой за начало отсчёта, и объектом измерения. Для перехода от дальности к расстоянию необходимо в результате измерений внести поправки за систематические погрешности, геометрические параметры, зависящие от конструкции конкретного прибора. В общей теории, рассматривающей теоретические вопросы измерения расстояний, чаще используют термин «дальность».

В дальномерах основным параметром для определения дальности является время задержки сигнала $\tau_з = t_к - t_0$, затраченное на прохождение его по трассе измерения (рис. 10.3).

Время задержки с учетом двойного пути прохождения сигнала до объекта съемки и обратно

$$\tau_3 = \frac{2L}{V_p} = t_k - t_0, \quad (10.1)$$

где V_p – скорость распространения сигнала; L – длина пути, пройденная сигналом; t_0 – время регистрации момента начала излучения сигнала передатчиком; t_k – время регистрации момента возврата в приемник отраженного сигнала от объекта измерения. Измерение временных моментов t_k и t_0 относится к основным операциям измерений в дальномерах.

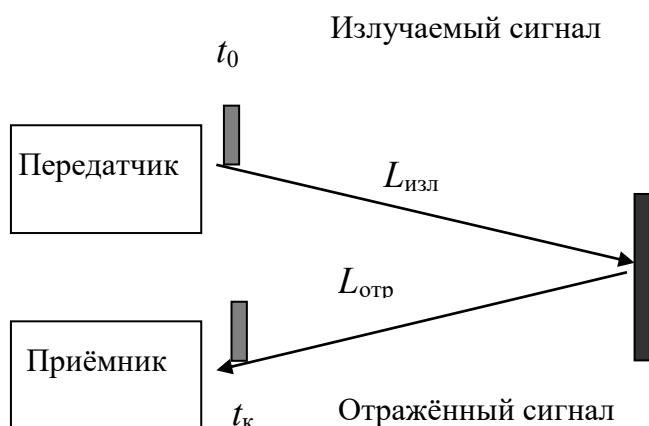


Рис. 10.3. Структурная схема локационного дальномера

Интервалу $\tau_3 = t_k - t_0$ на основании (10.1) однозначно соответствует дальность:

$$L = 0,5V_p \tau_3. \quad (10.2)$$

Скорость распространения сигнала в пространстве V_p зависит от типа носителя («несущей»), то есть от вида применяемой энергии. Электромагнитные волны распространяются со скоростью $V_p = V_c \approx 299792458$ м/с. Скорость распространения акустических (звуковых, ультразвуковых) волн в воздушной среде $V_p = V_{ак} \approx 331$ м/с.

По виду применяемой энергии дальномеры делят на светодальномеры (лазерные дальномеры), радиодальномеры, акустические дальномеры (эхолокаторы, эхолоты).

10.3. Светодальномеры и общие положения

Светодальномером стали называть первый дальномер с ламповым источником света академика А. А. Лебедева (1926), который имел точность порядка 2...3 м при дальности 3,5 км. В качестве источника света использовалась лампочка накаливания мощностью 4 Вт. Первоначально он предназначался для определения скорости света путём измерений известных длин. Идея измерения длин неизвестной величины с помощью света была очевидной. Однако внимание геодезистов из-за недостаточной точности данный светодальномер не привлёк. Первым светодальномером, с которого началась практическая реализация светодальномерных геодезических измерений, принято считать шведский геодиметр NASM-2 Э. Бергстранда (1949) с погрешностью измерений ± 2 см и дальностью до 40 км. Вскоре подобные приборы стали разрабатываться многими другими иностранными фирмами, отечественными предприятиями и институтами.

В 1968 г. Уральский оптико-механический завод (УОМЗ) приступил к серийному выпуску первых светодальномеров с полупроводниковым источником излучения КДГ-3, что расшифровывалось: «квантовый дальномер геодезический», открыв практически эпоху первых серийных отечественных **лазерных дальномеров** [1]. Одним из первых **цифровых дальномеров** можно назвать светодальномер 2СМ2 (1970) того же Уральского оптико-механического завода.

Название «цифровые» подчёркивало, что для измерений расстояний используется цифровая логика, цифровой метод обработки сигналов. Это было началом компьютеризации средств измерений расстояний. Развитие новой техники было столь стремительным, что возник определённый пробел в технической литературе по вопросам теории дальномерных систем. С поспешностью приспособлялась теория фазовых методов измерений к лазерным дальномерам с импульсным режимом излучения, появились новые термины, определения: лазерные дальномеры, импульсные дальномеры, электронно-оптические, квантовые, инфракрасные, фазовые, безотражательные, диффузные, импульсно-фазовые, время-импульсные и т. д. – вот далеко не полный перечень наименований светодальномеров. В связи с возникшей неопределённостью в классификации данных средств

измерений, в данном учебном пособии за основу принята классификация из теории сигналов.

Теория сигналов [2] делит все сигналы на два основных вида – непериодические (аперiodические) и периодические. Соответственно, и дальномеры по типу сигналов целесообразно разделить на два вида: дальномеры с непериодическим сигналом и дальномеры с периодическим сигналом.

10.4. Светодальномеры с непериодическим сигналом

Простейшим и самым распространенным видом такого сигнала является короткий одиночный световой импульс, излучаемый в течение короткого отрезка времени $\tau_{и}$. Дальномеры с данным видом сигнала называют **импульсными**.

Однако название «**импульсные**» не в достаточной мере отражает временные характеристики дальномеров данного класса. Более корректным будет название «**моноимпульсные**». «Моно» – в переводе с греческого – единственный. Необходимость замены термина «**импульсный**» на термин «**моноимпульсный**» заключается в том, что все современные светодальномеры с полупроводниковым источником излучения являются импульсными, включая и **фазовые**.

Отличаются они шкалой времени: в моноимпульсных дальномерах она является абсолютной, в импульсных с периодической последовательностью импульсов – периодической.

Принцип измерения дальности при моноимпульсном режиме излучения приведён на рис. 10.4.

Передачик имеет лазерный (полупроводниковый) источник излучения, на который в момент t_0 подаётся электрический импульс $e(t)$, вызывающий генерацию (излучение) светового импульса $\Phi(t)_0$.

Отражённый от объекта измерения световой импульс $\Phi(t)_к$ поступает на фоточувствительный приёмник, где преобразуется в электрический импульс с временным моментом $t_к = t_0 + \tau_з$.

В дальномерном блоке последовательно фиксируются временные моменты t_0 и $t_к$, через которые определяется время задержки импульса $\tau_з = t_к - t_0$.

Основным принципом измерения дальности моноимпульсным дальномером (см. рис. 10.4, *a*) является однократное ручное включение передатчика в момент t_0 оператором. Повторное включение производится только после регистрации результата измерения.

В ряде дальномеров применяют режим периодического повторного включения $T_{\text{п}} \gg \tau_{\text{м}}$, что уменьшает погрешность измерений путём вычисления среднего значения результатов измерений дальности и облегчает процесс измерений до движущегося объекта. В дальномерах с таким режимом измерений $T_{\text{п}}$ относится к управляющим, а не к измерительным сигналам.

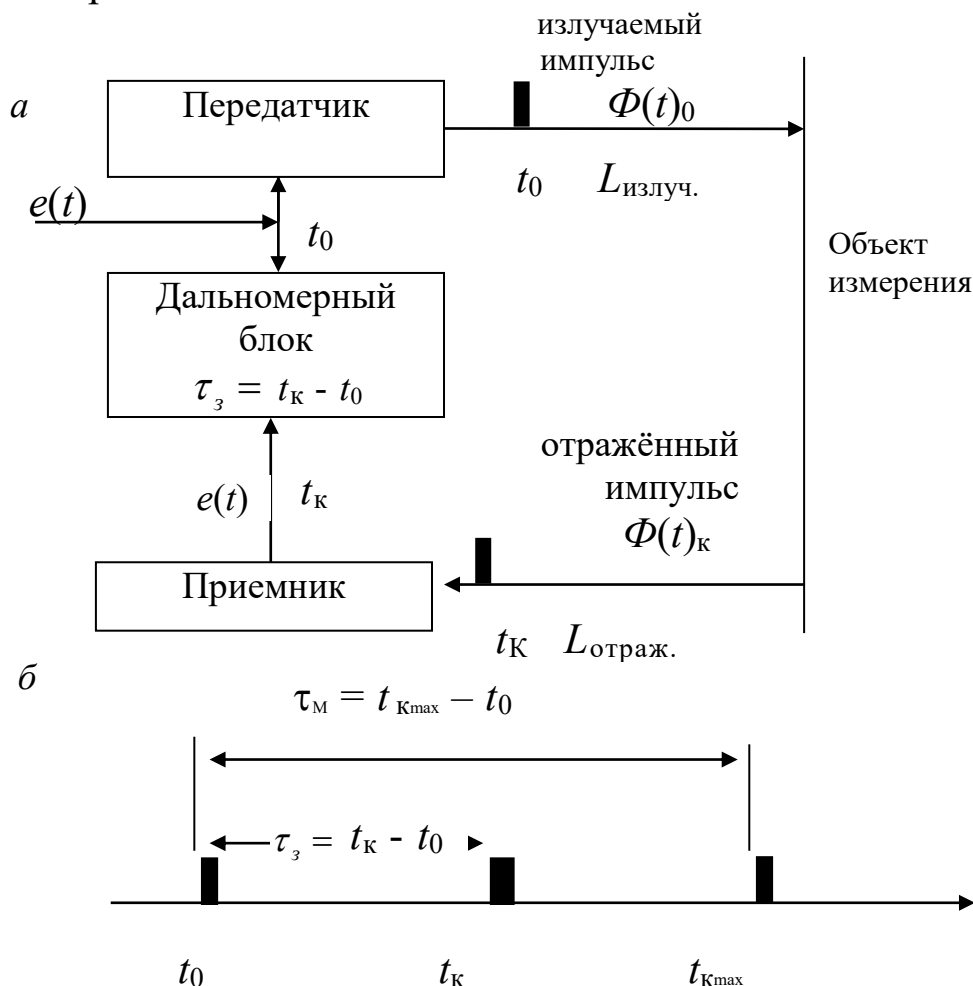


Рис. 10.4. Временное положение импульсов:
 а – блок-схема дальномера; б – график зависимости времени задержки

Моноимпульсный дальномер является дальномером с абсолютной однозначностью результата измерения.

При моноимпульсном режиме измерения на оси времени t имеются только две точки временных моментов t_0 и $t_{\text{к}}$. Местоположение точки t_0 определяется моментом включения передатчика, излучающего импульс.

Положение точки $t_{\text{к}}$ зависит от степени удаленности объекта измерения от источника излучения.

В дальномерах предельная граница положения точки $t_{\text{кmax}}$ (см. рис. 10.4, б) определяется физической границей, за которой приемник не в состоянии обнаружить отраженный сигнал при имеющейся мощности излучения энергии передатчиком и чувствительности приемника.

Максимальной величине времени задержки $\tau_{\text{м}} = t_{\text{кmax}} - t_0$ соответствует максимальная дальность действия дальномера:

$$L_{\text{м}} = 0,5V \sum c\tau_{\text{м}}. \quad (10.3)$$

Графическое изображение уравнения (10.3) есть прямая линия с углом наклона $\alpha = \text{arctg } 0,5V_{\text{с}}$, проходящая через начало координат (рис. 10.5).

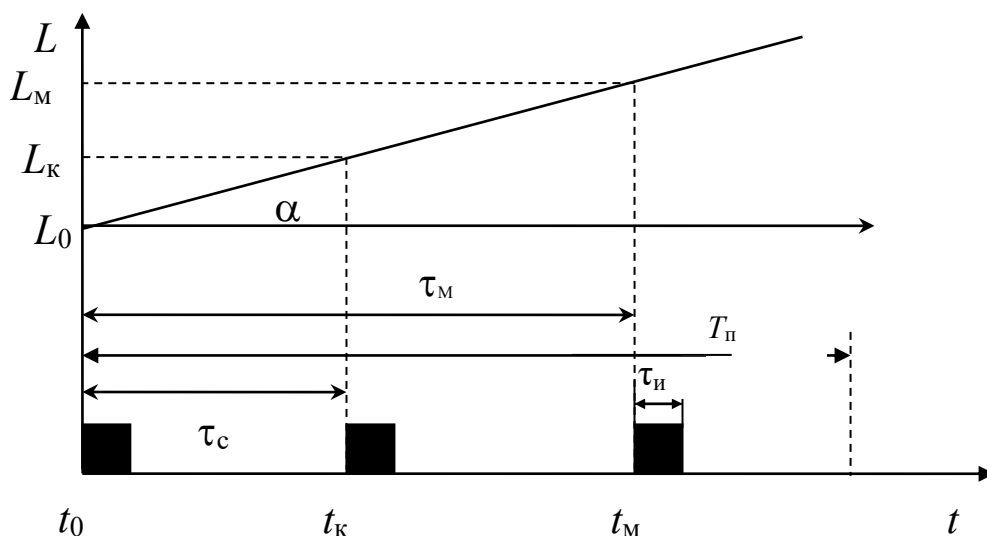


Рис. 10.5. Зависимость дальности от времени задержки

Дальномеры с аperiodическим сигналом, как правило, имеют импульсную форму сигнала с длительностью импульса τ_n порядка $1 \cdot 10^{-9} \text{ с} \dots 1 \cdot 10^{-10} \text{ с}$.

При импульсной форме сигнала (рис. 10.6) средняя мощность излучения

$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{T_n} \int_0^{\tau_n} P_n dt = P_n \frac{\tau_n}{T_n}, \quad (10.4)$$

где τ_n — длительность импульса; P_n — импульсная (максимальная) мощность излучения; T_n — период повторного излучения импульса.

При заданных значениях $T_n = 1 \text{ с}$, $P_{\text{ср}} = 1 \text{ мВт}$ (средняя мощность лазерных диодов) и $\tau_n = 1 \cdot 10^{-10} \text{ с}$ импульсная мощность излучения

$$P_{\text{и}} = P_{\text{ср}} \cdot 10^{10} = 10^7 \text{ Вт.}$$

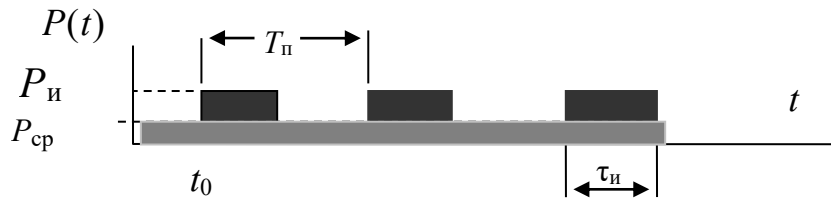


Рис. 10.6. Зависимость средней мощности импульсного сигнала от $\tau_{\text{и}}$ и $T_{\text{и}}$

Высокое значение импульсной мощности сигнала $P_{\text{и}}$ при малом значении $P_{\text{ср}}$ определяет основное назначение дальномеров с аperiodическим сигналом – измерение расстояний большой дальности в безотражательном режиме до так называемых диффузных (естественных) поверхностей, имеющих малый коэффициент отражения по сравнению с призмными отражателями. Дальность действия дальмера зависит от мощности источника излучения. В грубом приближении дальность измерений до диффузных поверхностей $L_{\text{м}} \approx \sqrt[4]{P_{\text{и}}} k$ [3], где k – параметры, характеризующие оптическую систему, условия прохождения и отражения сигнала. Для увеличения дальности действия дальмера в 2 раза мощность должна быть увеличена в 16 раз.

Соответственно, малому значению средней мощности импульсного излучения соответствует малое значение средней мощности потребления передатчиком электрической энергии за счет снижения среднего значения потребляемого тока ($I_{\text{ср}} = I_{\text{макс}} \frac{\tau_{\text{и}}}{T_{\text{и}}}$), что важно для полевого прибора.

Выделим основное свойство дальмера с аperiodическим сигналом: **моноимпульсный дальномер с аperiodическим сигналом является дальномером однозначного измерения дальности в интервале от 0 до его максимальной дальности действия $L_{\text{м}}$.**

Конструктивно передатчик и приёмник сигнала располагают в одном корпусе, а оптическую схему разделяют на передающий и приёмный каналы.

Основное назначение **передающего канала** – формирование направленного излучения на измеряемый объект. В качестве источника излучения в современных светодальмерах применяют лазерный диод.

Лазерный диод является источником оптического излучения в диапазоне от $\lambda_{\text{лаз}} = 0,4$ мкм до $\lambda_{\text{лаз}} = 0,9$ мкм и выполняет роль носителя информации о временных параметрах измерительного сигнала.

В чистом полупроводнике количество свободных электронов и дырок одинаково. Однако концентрация их в чистом полупроводнике относительно небольшая. Отсутствуют при этом и неравновесные условия, так как число частиц на верхнем энергетическом уровне не может быть больше, чем на нижнем. Поэтому для создания неравновесных условий в полупроводник добавляют специальные примеси, которые обладают электронной или дырочной проводимостью. Эти примеси, добавленные в различные части полупроводника, образуют области проводимости, одна из которых называется **областью электронной проводимости (n-область)**, а другая – **областью дырочной проводимости (p-область)**. Граница раздела (рис. 10.7) между двумя областями *p* и *n* называется «излучательным *p-n*-переходом».

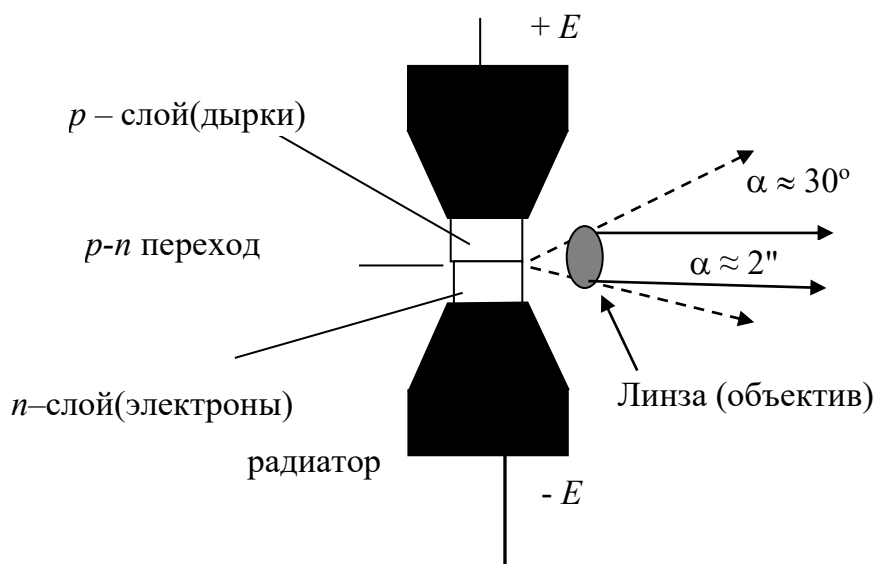


Рис. 10.7. Устройство лазерного диода с коллимирующей линзой

Толщина области перехода составляет единицы микрометров, что позволяет отнести полупроводниковый лазер к точечному источнику света. При пропускании через такой полупроводник электрического тока электроны и дырки двигаются навстречу друг другу. В области *p-n*-перехода они рекомбинируют, а освобождающаяся при этом энергия выделяется в виде квантов света.

При малом токе возбуждения (светодиоды) рекомбинирует небольшая часть носителей; этот процесс происходит хаотично, и излучение является некогерентным и немонахроматическим. При увели-

чении плотности тока до некоторого значения, при котором число фотонов, возникающих при рекомбинации, превышает число фотонов, которые поглощаются в веществе диода, излучение становится когерентным, ширина спектра излучения сужается и возрастает интенсивность. В качестве оптического резонатора, обеспечивающего лазерный режим излучения, используют отполированные грани p - n -перехода. При больших плотностях тока возникает опасность перегрева диода, в результате чего на лазерный диод подают короткие импульсы тока $e(t)$ (см. рис. 10.4), среднее значение которого не превышает порог допустимого уровня. Это позволяет увеличить импульсную мощность светового потока, которая определяет не только дальность действия дальномера, но и точность измерений. Основным недостатком лазерного диода является большой угол расходимости луча α , который устраняется применением коллимирующей линзы.

На рис. 10.8 представлена наиболее распространённая электрическая схема формирования мощного импульсного излучения лазерного диода, за счёт накопления электрического потенциала на конденсаторе C .

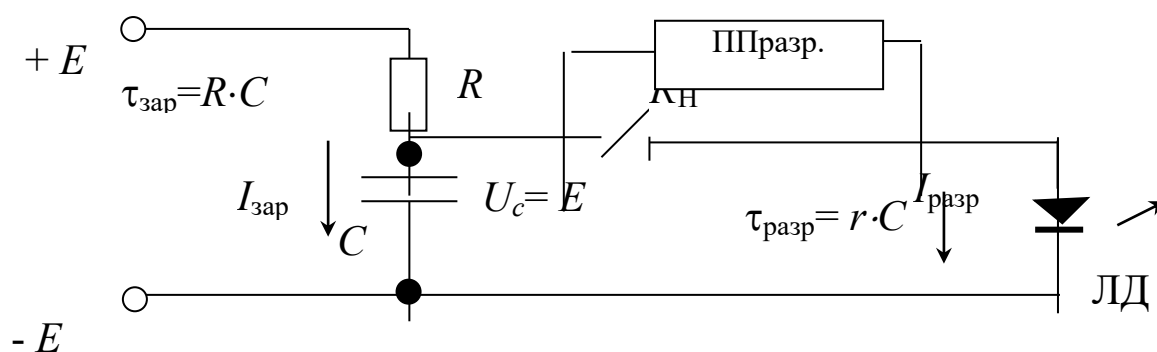


Рис. 10.8. Схема формирования импульсного излучения лазерного диода

Блок питания лазера состоит из источника ЭДС E , сопротивления R и конденсатора C . Сопротивление R и конденсатор C образуют времязарядную цепь с постоянной времени заряда $\tau_{зар} = R \cdot C$. Для упрощения временных диаграмм на рис. 10.9 не показаны направления токов.

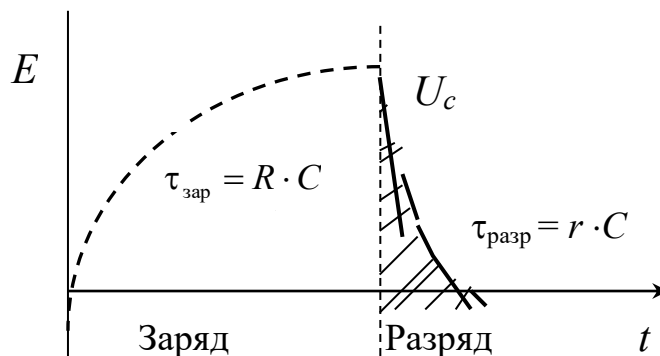


Рис. 10.9. Временная диаграмма формирования мощных импульсов тока

При достижении величины напряжения на конденсаторе C $U_c = E$ заряд прекращается. Нажатием кнопки K_H (или автоматическим включением полупроводникового разрядника ПП_{разр.}) конденсатор C разряжается через внутреннее сопротивление лазерного диода r за время разряда $\tau_{\text{разр}} = r \cdot C$. Внутреннее сопротивление лазерного диода $r \approx 1$ Ом. При $C = 0,01$ мкф $\tau_{\text{разр}} = 10^{-8}$ с. Время заряда конденсатора C $\tau_{\text{зар}} = R \cdot C$, при $C = 0,01$ мкф и $R = 100$ кОм $\tau_{\text{зар}} = 10^{-3}$ с. При протекании через лазерный диод со средней мощностью $P_{\text{ср}} = 100$ мВт мощного импульса тока разряда $I_{\text{разр}} = U_c/r = 100 \text{ В}/1 \text{ Ом} = 100 \text{ А}$, импульсная мощность излучения

$$P_{\text{и}} = P_{\text{ср}} \frac{\tau_{\text{зар}}}{\tau_{\text{разр}}} = P_{\text{ср}} \cdot 10^5.$$

Лазерные диоды с излучением в красной области оптического диапазона ($\lambda_{\text{лаз}} \approx 0,6$ мкм) имеют среднюю мощность излучения $P_{\text{ср}} \approx 10^{-3}$ Вт, соответственно, импульсная величина мощности излучения $P_{\text{и}} = 100$ Вт. Именно поэтому на всех лазерных дальномерах с мощностью излучения $P_{\text{ср}} \approx 10^{-3}$ Вт нанесена **предупреждающая надпись об опасности для глаз (класс II), при которой облучение глаза должно длиться не более четверти секунды.**

Кроме увеличения импульсной мощности, выигрыш по дальности в лазерных дальномерах получают за счёт увеличения яркости отражённого луча.

Для увеличения яркости точки отражения в лазерном передающем устройстве стремятся уменьшить площадь сечения луча по сравнению с обычными светодальномерами, где $S_{\text{ср}} \approx 1000$ мм² до

$S_{\text{л}} = 1 \text{ мм}^2$. Освещенность облученной диффузной поверхности $E = \Phi/S_0$ зависит от силы светового потока Φ и площади S_0 светового пятна, которая повышается пропорционально уменьшению площади светового пятна. Это позволяет увеличить яркость точки отражения, восполняя тем самым потери за счет малого коэффициента отражения диффузных поверхностей ($k_{\text{д}} \approx 0,02 \dots 0,03$). Коэффициент отражения призмных отражателей $k_{\text{пр}} \approx 0,9$.

Лазерный диод из-за малого размера излучательного p - n перехода можно отнести к точечным источникам излучения.

На рис. 10.10 приведена оптическая схема передающего канала лазерного дальномера.

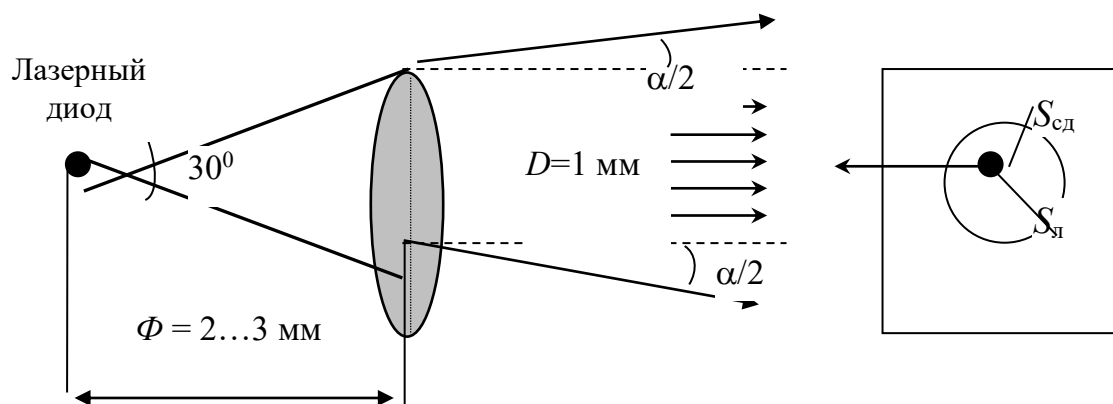


Рис. 10.10. Оптическая схема передающего канала

Точечный источник излучения, помещенный в точку фокуса положительной короткофокусной линзы (объектива), позволяет получить на выходе линзы почти параллельный пучок излучения с незначительной расходимостью $\alpha \approx (1 \dots 2)''$ и малой площадью сечения луча $(1 \dots 2) \text{ мм}$. Это обеспечивает достаточную мощность отраженного излучения от объекта измерения для его обнаружения светочувствительным фотоприемником.

В качестве фотоприемника в приёмных каналах современных лазерных дальномеров применяют фотодиоды.

Фотодиод представляет собой полупроводниковый диод с безизлучательным p - n -переходом. При поглощении фотонов падающего излучения в зоне p - n -перехода может происходить процесс, обратный рекомбинационному излучению, – образование электронно-дырочных пар (свободных электронов и носителей положительного заряда – дырок). Инерционность фотодиодов удается довести до долей нано-

секунды, поэтому приемники с такими фотодиодами можно применять для приема даже очень коротких лазерных импульсов.

От внешнего источника питания на фотодиод подается напряжение, полярность которого препятствует протеканию тока через $p-n$ -переход (в отличие от случая, когда полупроводниковый диод используется для генерации оптического излучения). Поэтому при отсутствии облучения текущий через фотодиод ток (так называемый темновой ток) достаточно мал. При попадании в область $p-n$ -перехода фотонов оптического излучения за счет генерации электронно-дырочных пар ток через диод возрастает и на сопротивлении нагрузки появляется напряжение, повторяющее форму светового импульса. Таким образом, фотодиод является всего лишь преобразователем светового импульса в электрический. Чувствительность фотодиодов на основе полупроводников (Si, Ga, As) в оптимальном для них диапазоне волн (для широко распространенных кремниевых диодов этот диапазон соответствует 0,6 – 0,9 мкм) достигает 0,4 – 0,5 А/Вт. Для повышения чувствительности приёмного канала $p-n$ -переход фотодиода, площадь которого не более 1 мм², устанавливают в фокальной плоскости объектива, тем самым увеличивая силу светового потока (рис. 10.11). В оптоэлектронных системах это принято называть коэффициентом усиления $k = \Delta\Phi'/\Delta\Phi$, который определяется отношением потока $\Delta\Phi'$, на чувствительной площадке фотодиода к световому потоку $\Delta\Phi$, который попал бы на неё без объектива или без учёта потерь в оптике, $k = S_{об} / S_{фд}$, где S – площади входных зрачков. Исходя из данных зависимостей, среднее значение диаметра приёмного объектива в малогабаритных дальномерах выбирают равным 30...40 мм.

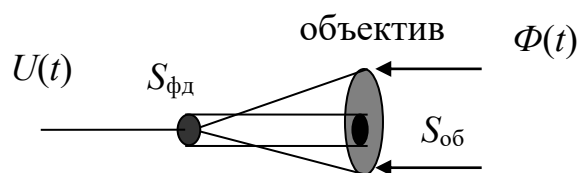


Рис. 10.11. Увеличение входного зрачка фотодиода

При $S_{об} \approx 1000$ мм² и $S_{фд} \approx 1$ мм² $k \approx 1000$. Это указывает на то, что приёмный объектив является одним из важнейших элементов оптической схемы светодальномера.

Структурная схема цифрового дальномера с аperiodическим сигналом показана на рис. 10.12.

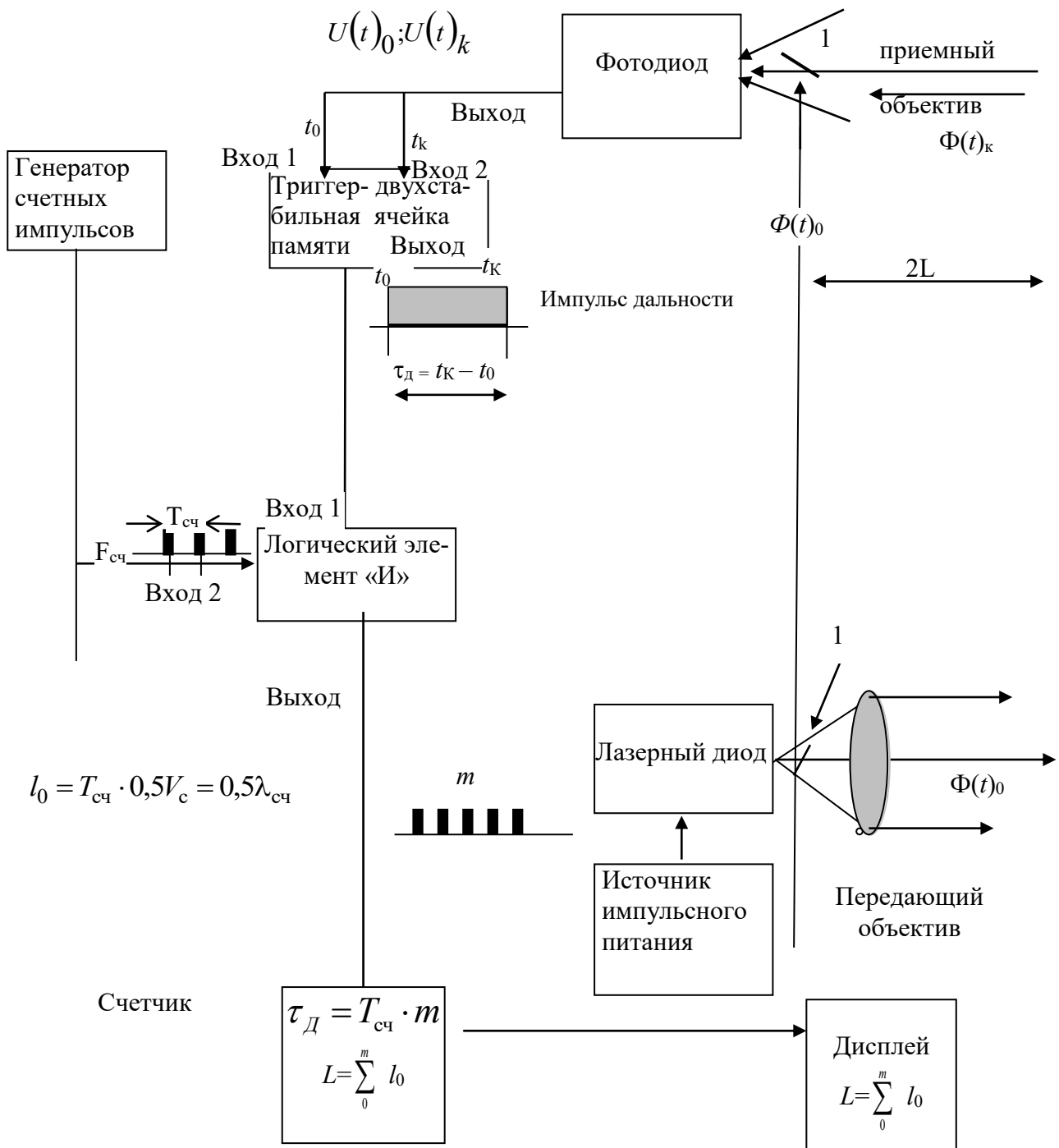


Рис. 10.12. Структурная блок-схема светодальномера с непериодическим сигналом

В момент действия электрического импульса тока $e(t)$ лазерный диод излучает короткий световой импульс $\Phi(t)$. С помощью полупрозрачной отражающей плоскопараллельной пластинки 1 часть излучения $\Phi(t)_0$ попадает по кратчайшему пути на фотодиод, на выходе которого формируется электрический импульс $U(t)_0$ опорного сигнала с начальным временным моментом t_0 . Импульс $U(t)_0$ поступает на вход 1 двухстабильной ячейки памяти (триггер со счетным входом)

и переключает выход ячейки памяти в состояние высокого потенциала $U_B \approx 5$ В, который соответствует логической "1" двоичной системе счисления.

Отраженный от объекта измерения световой импульс $\Phi(t)_k$ принимается приёмным объективом и направляется на фотодиод.

В фотодиоде $\Phi(t)_k$ преобразуется обратно в электрический импульс $U(t)_k$ с временным моментом t_k и поступает на вход 2 и переводит двухстабильную ячейку памяти из состояния "1" в состояние "0".

Таким образом, время задержки $\tau_{зад}$ (рис. 10.13) преобразуется в длительность импульса дальности $\tau_d = \tau_{зад} = t_k - t_0$.

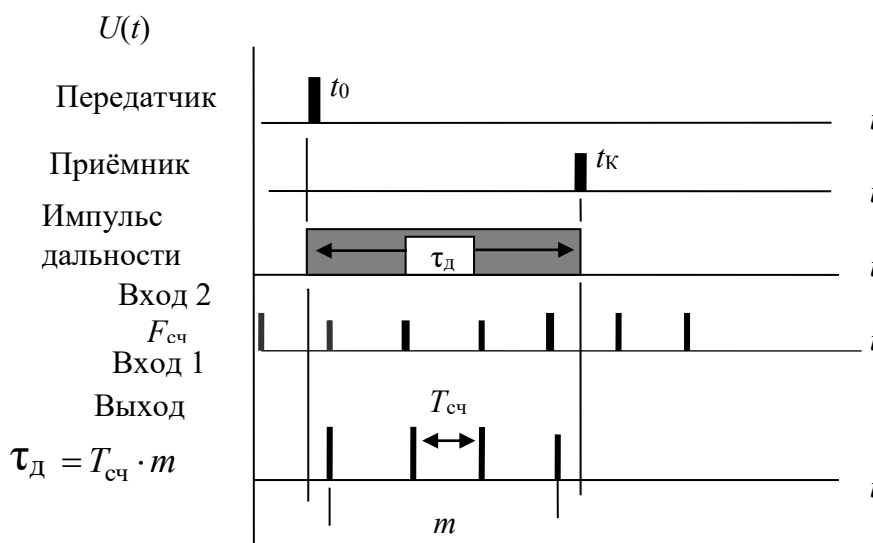


Рис. 10.13. Временная диаграмма процесса измерения дальности

Электрический импульс дальности с длительностью τ_d поступает на логический цифровой элемент "И", который работает по следующему принципу: высокий потенциал U_B появляется на выходе только в том случае, если на обоих входах "1" и "2" имеется высокий потенциал U_B . Другими словами, на выход элемента "И" пройдёт столько импульсов (дискретов) счёта m , поступающих на вход "2", сколько будет продолжаться время длительности импульса τ_d на входе "1" (см. рис. 10.12). Таким образом, аналоговая величина – длительность импульса дальности τ_d , преобразуется в дискретную (цифровую) величину

$$\tau_d = T_{сч} \cdot m = \sum_0^m T_{сч} .$$

Если величину единичного импульса (дискрета) выразить в принятых единицах длины $l_0 = T_{сч} \cdot 0,5V_p = 0,5\lambda_{сч}$, то счетчик зафиксирует измеренное значение дальности $L = \sum_0^m l_0$ в соответствующих единицах длины и результат измерения отобразится на дисплее.

Величина $F_{сч}$ в современных счетчиках приближается к 10^9 Гц и, соответственно, к $T_{и} \approx 10^{-9}$ с. Отсюда $l_0 = T_{сч} \cdot 0,5V_p \approx 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^8$ м $\approx 1,5$ м, что соответствует характеристикам известных моноимпульсных дальномеров США серии impulse 1000 XL, 2000XL (табл. 10.1).

Таблица 10.1

**Технические характеристики серии
лазерных дальномеров Impulse**

| Технические характеристики | Impulse 1000 LP | Impulse 2000 LP | Impulse 1000 XL | Impulse 2000 XL |
|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Размер | 152×64×127 мм | | | |
| Вес | 1 кг | | | |
| Питание | 2 батареи типа АА, 3В | | | |
| Время работы | Примерно 20 часов непрерывных измерений | | | |
| Температура | -30 – +60 °С | | | |
| Влагозащитность | IPx6, полная защита от прямого попадания воды | | | |
| Угловые измерения | | | | |
| Диапазон измерения угла | – | ± 90° | – | ± 90° |
| Линейные измерения без отражателя | | | | |
| Погрешность | 3-5 см | 3-5 см | 1-2 м | 1-2 м |
| Дальность | 575 м | 575 м | 2220 м | 2220 м |
| Интерфейс пользователя | | | | |
| Экран | Шестисимвольный жидкокристаллический экран с подсветкой | | | |
| Клавиатура | 6 клавиш | | | |
| Ввод/вывод данных | Запись и передача данных через порт RS 232 | | | |

Наиболее точными являются импульсные дальномеры с периодическим сигналом, с преобразованием частоты и длительностью излучаемого импульса около 10^{-10} с.

Работы в этом перспективном направлении ведутся в России и за рубежом. Высокоточный безотражательный дальномер (с $\tau_{и} = 10^{-9}$ с) был разработан и внедрён в практику маркшейдерских измерений на

кафедре маркшейдерского дела СГИ (УГГУ) в 1982 году, которому было присвоено название СМБ – светодальномер маркшейдерский безотражательный [4]. Название «безотражательный» подчёркивало свойство нового светодальномера – измерение расстояний без применения специальных отражателей.

За основу схемы дальномера СМБ была выбрана схема с преобразованием частоты. Новым в СМБ был способ повышения точности за счёт выделения высших гармоник импульсного сигнала с эквивалентной частотой повторения $F_{\Pi} = 1,5$ МГц с наносекундной длительностью импульса. Это был первый безотражательный дальномер с периодическим сигналом с миллиметровой точностью измерения дальности до недоступных объектов.

10.5. Светодальномеры с периодическим сигналом

В светодальномерах с периодическим сигналом излучается световой поток Φ , у которого регулярно повторяются мгновенные значения излучаемой мощности светового потока через заданный интервал времени (период), удовлетворяющий условию

$$\Phi(t) = \Phi(t_0 + T \cdot n),$$

где T – период повторения (колебания) мгновенных значений излучаемой мощности светового потока; n – целое число периодов; t_0 – начальный момент времени включения периодического сигнала.

Простейшими видами периодического сигнала являются непрерывные незатухающие гармонические (синусоидальные) колебания, а также непрерывная последовательность импульсов с периодом колебания (повторения) $T_c = T_{\Pi}$ (рис. 10.14).

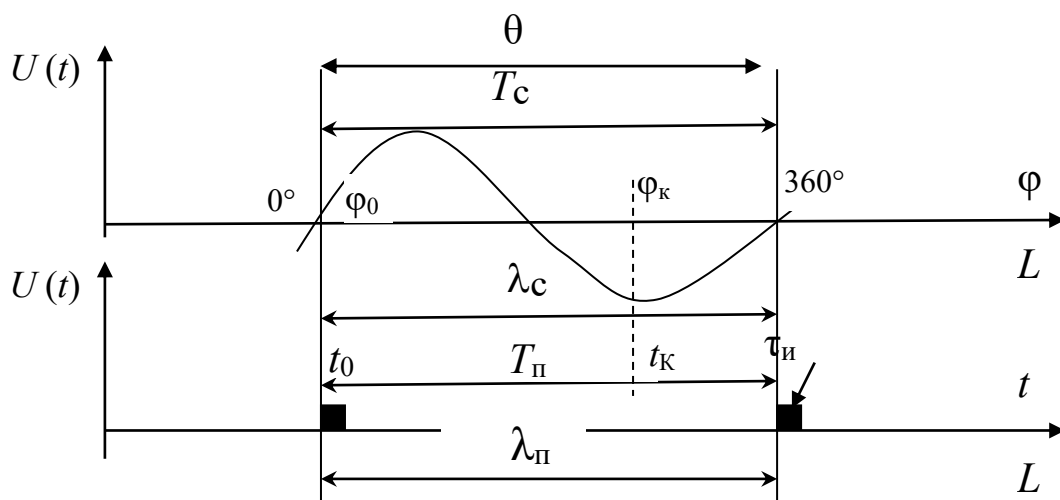


Рис. 10.14. Виды периодического сигнала

С точки зрения соответствия основных точек временных (фазовых) параметров T_{Π} , T_c , t_0 , t_K , Φ_0 , Φ_K оба эти сигнала (см. рис. 9.14), идентичны, отличаются друг от друга только величиной максимальной мощности излучения, которая, при одинаковом значении периодов $T_{\Pi} = T_c$, при импульсной форме сигнала, на основании формулы (9.5), на порядки больше, чем при синусоидальной форме сигнала, где $P_{\max} = P_{\text{cp}} \left(\frac{T_c}{0,5T_c} \right) = 2P_{\text{cp}}$ за счёт уменьшения длительности импульса $\tau_{\text{и}}$ по отношению к периоду T_{Π} :

$$P_{\text{и}} = P_{\text{cp}} \cdot \frac{T_{\Pi}}{\tau_{\text{и}}} \quad (10.5)$$

При цифровом методе измерений времени задержки τ_z синусоидального сигнала за точки отсчета принимаются моменты перехода синусоидального сигнала через ноль. Этим же точкам соответствует и положение импульсов на оси t при периодической импульсной последовательности при $T_{\Pi} = T_c$. Именно это соответствие является основной причиной того, что дальномеры с периодической импульсной последовательностью часто относят к «фазовым» [5], что является в определённой мере условным.

В фазовых дальномерах, до создания цифровых, измерялся сдвиг фаз $\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_0$ по фазовой оси φ с помощью фазового детектора и фазосдвигающего устройства (МСД1м (СССР), ЕОК-2000 (Германия)).

Затем через относительное значение фазового сдвига $\Delta\varphi/\theta$ определяли длину как долю длины волны λ_c :

$$L_{\varphi} = \Delta\varphi / \theta \cdot 0,5 \lambda_c, \quad (10.6)$$

где $\theta = 360^\circ$.

В цифровых дальномерах измеряют непосредственно величину временного сдвига $\Delta t = t_K - t_0$, затем через величину относительного временного сдвига $\Delta t / T_{\Pi}$ определяют дальность как долю длины волны $\Delta\lambda_{\Pi}$:

$$L_{\text{цифр}} = \Delta t / T_{\Pi} \cdot \lambda_{\Pi} = \Delta\lambda_{\Pi}, \quad (10.7)$$

где λ_{Π} – мера длины, для измерения которой и предназначены дальномеры (2СМ2 (СССР)).

Следует заметить, что в устройствах цифровых фазовых измерений основной операцией являются преобразования сдвига фаз $\Delta\varphi$ во временной сдвиг Δt .

Из приведённых формул (10.6), (10.7) следует однозначный вывод, что «фазовые» дальномеры не являются, как принято считать, более точными, чем «импульсные». При равных значениях $\lambda_{\text{п}} = \lambda_{\text{с}}$ и $\Delta\varphi / \theta = \Delta t / T_{\text{п}}$ **фазовые и импульсные дальномеры с периодическим сигналом имеют одинаковую точность.** В ряде случаев при значениях $\lambda_{\text{с}} \geq 2L_{\text{м}}$ фазовые дальномеры имеют меньшую точность, чем даже моноимпульсные. Относительная погрешность измерения фазового и временного сдвига в полевых приборах, как показывает анализ точности измерений ряда приборов, $\Delta\varphi / \theta = \Delta t / T_{\text{п}} \approx 10^{-3}..10^{-4}$. Величина относительной линейной погрешности при том и другом методах измерения (при $\lambda_{\text{п}} = \lambda_{\text{с}} = 2 \text{ км}$) $\Delta l / L \approx 1 \text{ м/км}$. Относительная погрешность моноимпульсных дальномеров при измерении расстояний порядка 1...2 км у отдельных моделей (см. табл. 10.1) не уступает фазовым. **Точность дальномеров, как импульсного, так и фазового, зависит от длины волны измерительного сигнала, а не от метода измерений временных параметров.**

Остановимся на отличительных особенностях периодического сигнала.

Основной особенностью дальномера с периодическим сигналом (см. рис. 10.14) является установившийся процесс следования излучаемых импульсов с частотой повторения

$$f_{\text{п}} = \frac{1}{T_{\text{п}}}$$

и длиной волны

$$\lambda_{\text{п}} = T_{\text{п}} \cdot V_{\text{с}} = \frac{V_{\text{с}}}{f_{\text{п}}},$$

где $\lambda_{\text{п}}$ – путь, пройденный импульсом сигнала за один период повторения импульсной последовательности.

На рис. 10.15 приведён график зависимости измеренного значения дальности от времени задержки периодического сигнала. (Учитывая равенство периодов $T_{\text{п}}$ и $T_{\text{с}}$, значения $\lambda_{\text{с}}$ и $\lambda_{\text{п}}$, в дальнейшем для упрощения обозначают без подстрочного символа).

При периодической последовательности импульсов нет отдельного излучаемого или отраженного импульса.

Имеется периодическая последовательность импульсов, излучаемых во временные моменты $t_0 + T \cdot n$, и периодическая последовательность отраженных импульсов с временными моментами $t_{\text{к}} + T \cdot n$,

для которых время задержки приобретает свойства временного сдвига:

$$\tau_3 = (t_k + T \cdot n) - (t_0 + T \cdot n) = t_k - t_0 = \tau_c. \quad (10.8)$$

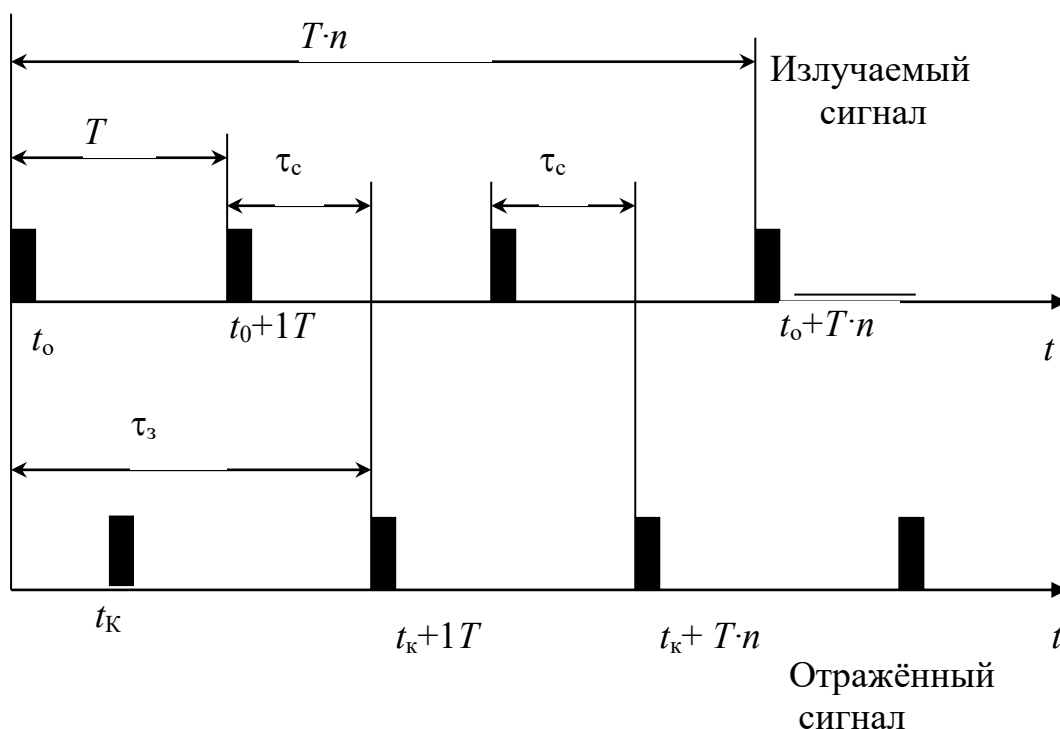


Рис. 10.15. Периодическая последовательность импульсов

Временной сдвиг отличается от временной задержки тем, что при любой дальности величина τ_c (см. рис. 10.15) является внутрипериодической величиной $\tau_c = \Delta T$ ($0 \leq \tau_c \leq T$) и не может быть больше периода T . В этом и проявляется «неоднозначность» результата измерений τ_3 при периодическом сигнале.

Величина дальности при $\tau_c = T$ называется пределом однозначного измерения L_λ . Для локационных дальномеров с учетом двойной длины пути прохождения импульса энергии до объекта измерения и обратно предел однозначного измерения

$$L_\lambda = 0,5 \cdot V_c \cdot T = 0,5 \cdot \lambda. \quad (10.9)$$

Следовательно, при любых значениях измеряемой дальности $L_x > L_\lambda$ результат измерений $L_{\text{изм}}$ в дальномеров с периодическим сигналом не может быть больше L_λ . При $L_x > L_\lambda$

$$L_x = (L_x / L_\lambda) \cdot L_\lambda + \Delta L_\lambda = n \cdot L_\lambda + \Delta L_\lambda,$$

где L_x – неизвестная величина измеряемой длины; $n = L_x / L_\lambda - 1, 2, 3 \dots$ целое неизвестное число L_λ , зависящее от длины L_x . Для того чтобы $L_{\text{изм}} = L_x$, необходимо увеличить предел однозначного измерения L_λ до значения $L_\lambda > L_M$, при котором $n = 0$.

Отсюда следует основное положение дальномера с периодическим сигналом:

для однозначного измерения дальности длина волны периодического сигнала должна удовлетворять условию

$$\lambda \geq 2 L_M, \quad (10.10)$$

что соответствует значению масштабной частоты

$$f_{\text{мч}} \leq \frac{V_c}{2L_M}. \quad (10.11)$$

Так как частота $f_{\text{мч}}$ определяет предел (масштаб) однозначного измерения дальности от 0 до $0,5 \lambda$, в дальномерной технике частота $f_{\text{мч}}$ получила название **масштабная частота** (для синусоидального сигнала – **масштабная частота колебаний** $f_{\text{мч}}$, для периодической последовательности – **масштабная частота повторений** $f_{\text{мп}}$).

Так как τ_c является внутрипериодической величиной $\tau_c = \Delta T$, то для теоретических объяснений и вычислений удобно пользоваться относительным временным сдвигом:

$$\Delta T / T = \tau_c / T. \quad (10.12)$$

На рис. 10.16 приведён график зависимости L от τ_c в пределах одного периода T .

Используя теорему подобия

$$\frac{\tau_c}{T} = \frac{L_k}{0,5\lambda}; \quad (10.13)$$

находим:

$$L_k = \frac{\tau_c}{T} 0,5\lambda. \quad (10.14)$$

Величина $\frac{\tau_c}{T}$ является безразмерной величиной, характеризующей долю периода T и, соответственно, долю длины волны λ .

Длина волны λ в дальномерах с периодической последовательностью является мерой, хранящей заданную единицу длины.

В начале раздела было отмечено, что для обеспечения условий измерений, при которых $L_{\text{изм}} = L_x$, необходимо увеличить предел однозначного измерения до значения $L_\lambda > L_{\text{изм}}$.

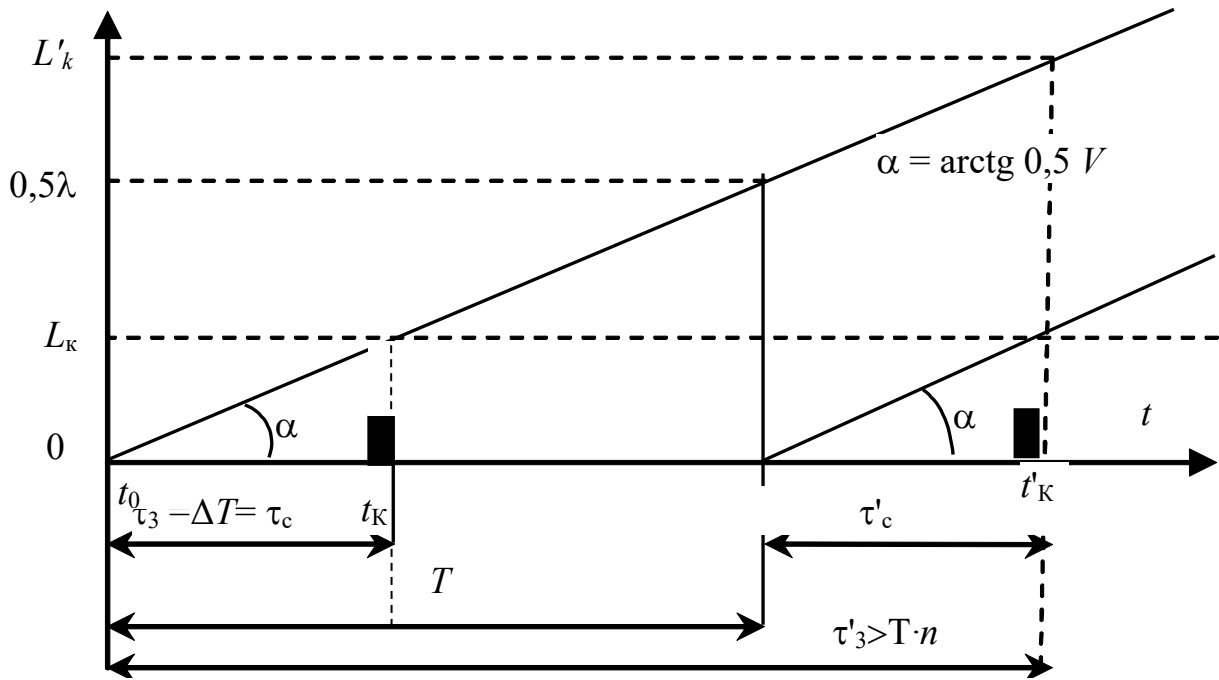


Рис. 10.16. Зависимость дальности от времени задержки

Рассмотрим особенности измерения дальности, когда $\tau_3 > T$, или $L_x > 0,5\lambda$.

При $\tau'_3 > T \cdot n$ временной момент прихода отраженного сигнала

$$t'_{\text{к}} = T \cdot n + \tau'_c.$$

Отсюда теоретическое значение дальности

$$L'_{\text{к}} = 0,5V_{\rho} \cdot T \cdot n + 0,5\tau'_c \cdot V_{\rho}. \quad (10.15)$$

Или, принимая во внимание, что $T \cdot V_{\rho} = \lambda$,

$$L'_{\text{к}} = 0,5\lambda n + \frac{\tau'_c}{T} \cdot 0,5\lambda. \quad (10.16)$$

Однако при $\tau'_3 > T \cdot n$ на основании выражения (10.8), $\tau'_3 = \tau'_c = \tau_c$, $n = 0$, и, следовательно, независимо от числа периодов $T \cdot n$, измеренное значение дальности $L_{\text{изм}} = L'_{\text{к}}$ и не соответствует τ'_3 :

$$L'_{\text{к}} = L_{\text{к}} = \frac{\tau'_c}{T} \cdot 0,5\lambda.$$

Это свойство периодического сигнала при $\tau'_3 > T \cdot n$ называется неоднозначностью измерения.

Для однозначного измерения дальности при периодическом сигнале применяют принцип измерения на нескольких масштабных частотах $f_{\text{мч}}$ или на нескольких длинах волн.

Одну из частот $f_{мч}$ (нижнюю – меньшую по величине) выбирают, как было сказано выше, из условия однозначности $\lambda_n > 2 L_M$. При этом $\tau_3 = \tau_c$, независимо от дальности, в диапазоне от 0 до L_M будет внутриволновой величиной с $n = 0$, и значению $\tau_3 < T_n$ будет соответствовать однозначное значение τ_c и, соответственно, однозначное значение дальности.

Верхнее значение $f_{мч}$, с наименьшим значением длины λ_B , выбирают исходя из заданной точности измерений ΔL :

$$\lambda_B = \Delta L (10^3 \dots 10^4), \quad (10.17)$$

где $(10^3 \dots 10^4)$ – точность измерения периода T .

Точность – величина, обратная относительной погрешности измерения временного сдвига σ_τ / T или линейного – $\sigma_l / 0,5 \lambda$.

Применение для измерений нескольких масштабных частот позволяет не только разрешить проблему неоднозначности, но и обеспечить требуемую точность.

В дальномерях с периодическим сигналом однозначность разрешается путём исключения n выбором $\lambda_n > 2 L_M$:

$$L_n = \frac{\tau_n}{T_n} 0,5 \lambda_n,$$

где τ_n – величина временного сдвига на нижней частоте.

Если погрешность измерений

$$\sigma_{L_n} = \frac{\sigma_{\tau_n}}{T_n} 0,5 \lambda_n, \quad (10.18)$$

где $\frac{\sigma_{\tau_n}}{T_n}$ – среднее квадратическое значение относительной погрешности измерения временного сдвига на нижней частоте, большее

$(0,3 \dots 0,5) \lambda_B$; выбирают другое, более низкое значение λ_B , при котором

$$\sigma_{L_n} \leq (0,3 \dots 0,5) \lambda_B. \quad (10.19)$$

Если эти условия не выполняются, выбирают дополнительные промежуточные значения длин волн, при которых последовательно обеспечивается приведенное условие в формуле (10.19). Чаще всего при выборе применяют принцип обеспечения декадной пропорциональности между λ_B и λ_n . Таким образом, для однозначного измерения дальности дальномерный периодический сигнал должен состоять из нескольких масштабных частот от f_n до f_B , которым

соответствуют значения длины волн от λ_n до λ_b . **Нижние частоты обеспечивает грубое однозначное измерение дальности. Наивысшая частота – точное измерение.** В этом просматривается полный аналог отсчета времени по периодическим шкалам часов от более грубого – к более точному: час + мин + сек.

Если проанализировать формулу (10.18), то из неё следует основополагающий вывод: **погрешность измерений при периодическом сигнале может быть уменьшена за счёт двух факторов: уменьшения длины волны и уменьшения погрешности измерения временного сдвига σ_τ .**

Возможность изменения размерности шкалы переключением значения частоты f_m является одним из основных достоинств дальномеров с периодическим сигналам, позволяющим повысить точность измерений за счёт уменьшения длины волны λ_b .

Другим достоинством дальномеров с периодическим сигналом является **возможность переноса процесса измерения дальности с высокой масштабной частоты f_m на более низкую частоту – промежуточную $F_{пр}$ без изменения величины масштабной частоты и, соответственно, длины волны λ .**

Если в формуле дальности

$$L = \frac{\tau_c}{T} 0,5\lambda = \frac{\tau_c k}{Tk} 0,5\lambda \quad (10.20)$$

числитель и знаменатель уменьшить или увеличить в одинаковое количество раз k , то значение L не изменится.

Структурная схема преобразования частоты представлена на рис. 10.17.

Способ уменьшения частоты, сохраняющий относительный сдвиг τ_c / T без изменения, называется преобразованием частоты.

Рассмотрим процесс преобразования частоты на примере простейшего гармонического колебания.

На преобразователь частоты (см. рис. 10.17) поступают два сигнала: масштабной частоты $f_m (U_m \sin \omega_m)$ и от дополнительного вспомогательного генератора $f_\Gamma (U_\Gamma \cdot \sin \omega_\Gamma t)$.

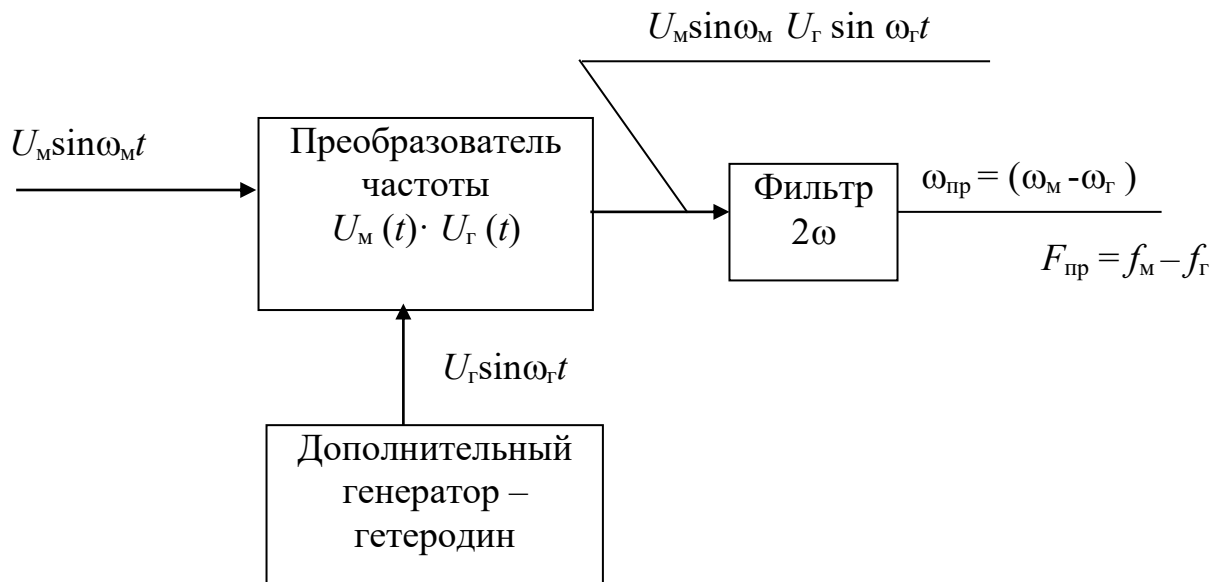


Рис. 10.17. Структурная схема преобразования частоты

Сигнал на выходе преобразователя, который выполняет функции множителя входных сигналов, в соответствии с тригонометрической формулой $\sin\alpha \cdot \sin\beta$:

$$\begin{aligned}
 U(t) &= U_M \sin(\omega_M t + \omega_0) U_G \sin(\omega_G t + \varphi_G) = \\
 &= \frac{1}{2} U_M U_G \cos(\omega_M - \omega_G)t + \dots \quad (10.21)
 \end{aligned}$$

Из полученного выражения видно, что на выходе преобразователя появилась новая разностная (промежуточная) частота $\omega_{пр} = (\omega_M - \omega_G)$ или с учетом $\omega = 2\pi F$, $F_{пр} = f_M - f_G$. Другой член уравнения (10.21) $(\omega_M + \omega_G)$ отфильтровывается и в измерениях не участвует.

Величина $k_{пр} = f_M / f_{пр}$ называется коэффициентом преобразования частоты или коэффициентом преобразования периода $k_{пр} = T_M / T_{пр}$. Отсюда $T_{пр} = T_M k_{пр}$. Так как $\tau_c = \Delta T$, то на промежуточной ча-

стоте величина $\tau_{сп} = \tau_c k_{пр}$. Относительные значения $\frac{\tau_{сп}}{T_{пр}} = \frac{\tau_c}{T_M}$

остаются без изменения.

Процесс переноса измерений дальности на более низкую разностную (промежуточную) частоту в дальномерах с периодическим сигналом имеет важное значение для повышения точности измерений, так как это эквивалентно увеличению частоты счётных импульсов в $k_{пр}$ раз и уменьшает погрешность измере-

ния временных характеристик за счёт увеличения периода $T_{пр}$ (10.18).

Принцип действия светодальномера с периодическим сигналом поясняется структурной схемой, приведённой на рис. 10.18.

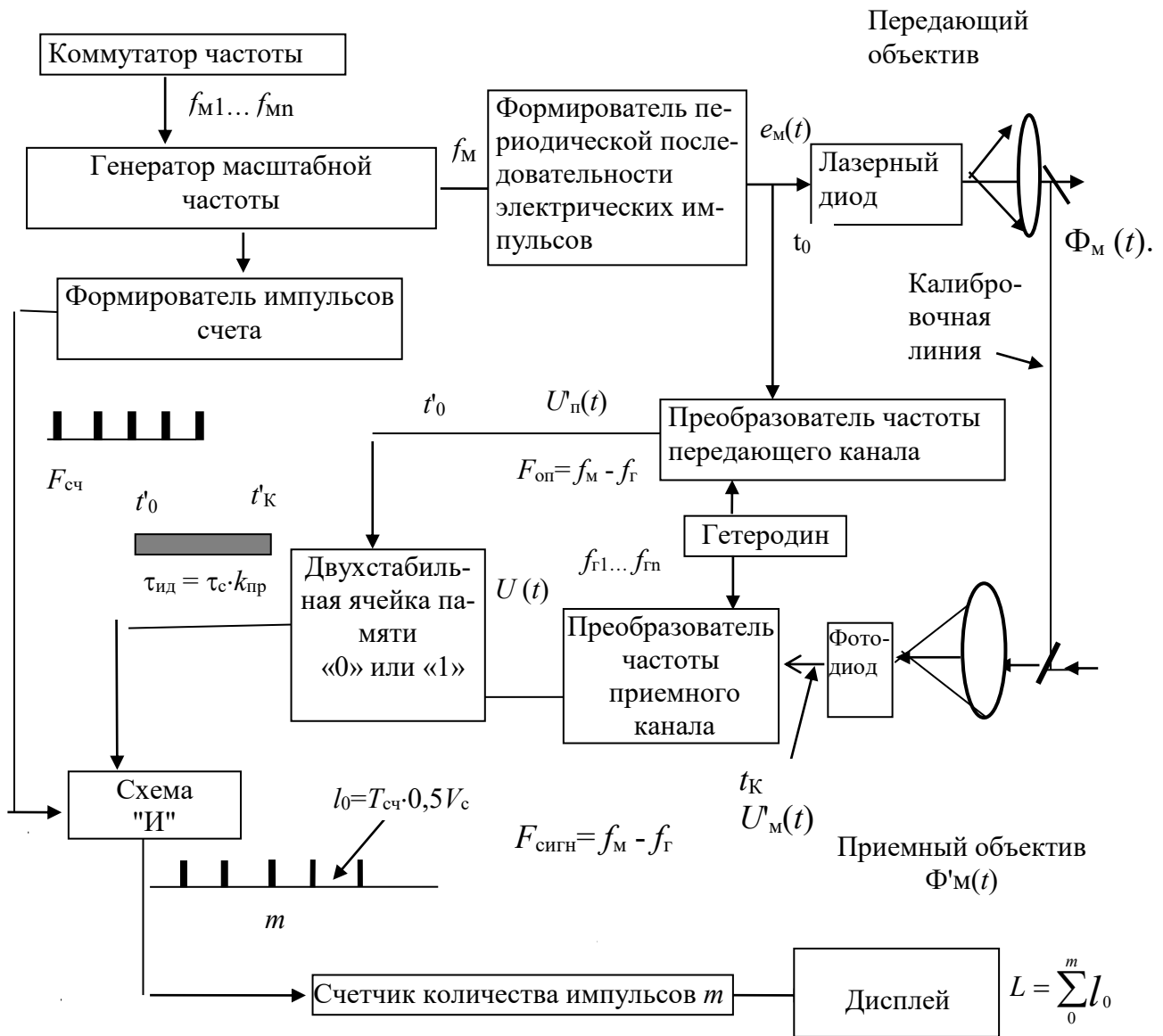


Рис. 10.18. Структурная схема светодальномера с периодическим сигналом

В светодальномерах с периодическим сигналом для определения расстояния используется измерение временного сдвига между излучаемой и отражённой от объекта периодической последовательностью световых импульсов, следующих с частотой повторения $f_{п} = f_M$ (f_M - масштабная частота).

Периодическая последовательность электрических импульсов $e_m(t)$ с частотой $f_{\text{п}}$, заданной генератором масштабной частоты, поступает на лазерный диод, вызывая генерацию периодической последовательности световых импульсов $\Phi_m(t)$.

С помощью передающей оптической системы излучение лазерного диода направляется на объект измерения. Отраженные (сигнальные) световые импульсы возвращаются и через приемную оптическую систему поступают на фотодиод.

В фотодиоде периодическая последовательность световых импульсов $\Phi_m(t)$ преобразуется снова в электрическую периодическую последовательность импульсов $U'_m(t)$, содержащую информацию о времени сдвига отраженных импульсов $\tau_c = t_k - t_0$ относительно излучаемых (см. рис. 10.18).

С выхода фотодиода и с входа лазерного диода напряжение масштабной частоты $U'_m(t)$ поступает на преобразователи частоты приёмного и передающего каналов, на которые подаются напряжения вспомогательного генератора-гетеродина $U_r(t)$ с частотой F_r .

На выходе преобразователей выделяют разностные (промежуточные) частоты $F_{\text{пр}} = F'_{\text{пр}r}$ с периодом $T_{\text{пр}} = T_{\text{п}} \cdot k_{\text{пр}}$. Величина временно-го сдвига на промежуточной частоте $\tau_{\text{пр}} = \tau_c \cdot k_{\text{пр}}$. Применение преобразования масштабной частоты позволяет увеличить длительность дальномерного импульса $\tau_{\text{ди}}$, что эквивалентно повышению частоты счётных импульсов в $k_{\text{пр}}$ раз, или - уменьшению цены младшего разряда счётчика в $k_{\text{пр}}$ раз, что также позволяет повысить точность измерения.

При выборе величины промежуточной частоты руководствуются и тем, и другим в зависимости от функциональных возможностей применяемых элементов электрической схемы.

Величина $\tau_{\text{пр}}$ с помощью двухстабильной ячейки памяти, как и в дальномере с моноимпульсным сигналом, преобразуется в длительность импульса дальности $\tau_{\text{ид}}$.

Длительность $\tau_{\text{ид}}$ с помощью логического элемента «И» разделяют на дискреты, размерность которых выбирают не в единицах времени, а в единицах длины $l_0 = L_{\lambda} \cdot 10^{-M}$, где M – выбранное количество дискретов величины L_{λ} .

Рассмотрим это на примере светодальномера СТ-10 (Россия, УОМЗ).

Предел однозначного измерения на точной масштабной частоте $f_{\text{в}} = 14985500$ Гц $L_{\lambda} = 10^4$ мм. Размерность одного дискрета при $M = 4$

$l_0 = L_\lambda \cdot 10^{-4} = 1$ мм. Для $f_n = 14985,500$ Гц, обеспечивающей однозначный результат измерений, предел однозначного измерения $L_\lambda = 10^4$ м, $l_0 = 1$ м. Следовательно, величина дискрета, которая определяет точность измерения, в СТ-10, как и в других светодальномерах, меняется только за счёт изменения масштабной частоты. Дальнейшее увеличение величины N с целью повышения точности целесообразно, если предельно допустимое значение случайной погрешности $3\sigma_T \leq l_0$. Режим переключения частот автоматизирован. Результаты измерений последовательно записываются в регистры памяти.

Измеренное количество дискретов m_n , полученных при выбранных значениях f_n , суммируется с результатом измерений n_b , полученного при измерениях на f_b . Суммарная величина как результат измерения отображается на дисплее.

10.6. Основные погрешности дальномеров

10.6.1. Погрешности дальномеров с нониусной системой

В импульсных дальномерах с апериодическим сигналом мерой длины, с учётом двойного пути, является длина полуволны счётных импульсов $0,5 \lambda_{сч}$.

Если $\lambda_{сч} = 2$ мм, то при $V_p \approx 300000$ км/с расчётное значение величины дискрета $T_{сч} \approx 6 \cdot 10^{-12}$ с. Измерение столь малых временных интервалов дискрета в полевых моноимпульсных дальномерах ещё не реализовано. В некоторых моделях этот недостаток частично устраняется применением нониусной системы измерений. Нониусный метод основан на использовании дополнительной точной шкалы. Данный метод широко используется в механических средствах измерений линейных размеров. Принцип нониуса заключается в том, что период (интервал) нониусной шкалы T_n отличается от периода (интервала) шкалы счётных импульсов $T_{сч}$ на величину отсчёта по нониусной шкале. При заданной величине отсчёта по нониусу $0,1 T_{сч}$ период $T_n = 1 - 0,1 = 0,9 T_{сч}$. При десятичной шкале нониуса 10 интервалов нониуса m должно укладываться в 9 интервалов шкалы $T_{сч}$. Величина, отсчитанная по нониусной шкале: $\Delta T_{сч} = m T_n = \Delta \tau_3$.

На рис. 10.19 показаны импульс с временным моментом t_k и серия счётных импульсов $t_{сч}$.

Импульс t_k запускает нониусное устройство, период повторения импульсов которого T_n несколько отличается от периода счётных

импульсов $T_{сч}$. Пусть $T_{н} < T_{сч}$. Импульсы нониусного устройства прекращаются в момент совпадения счетного и нониусного импульсов.

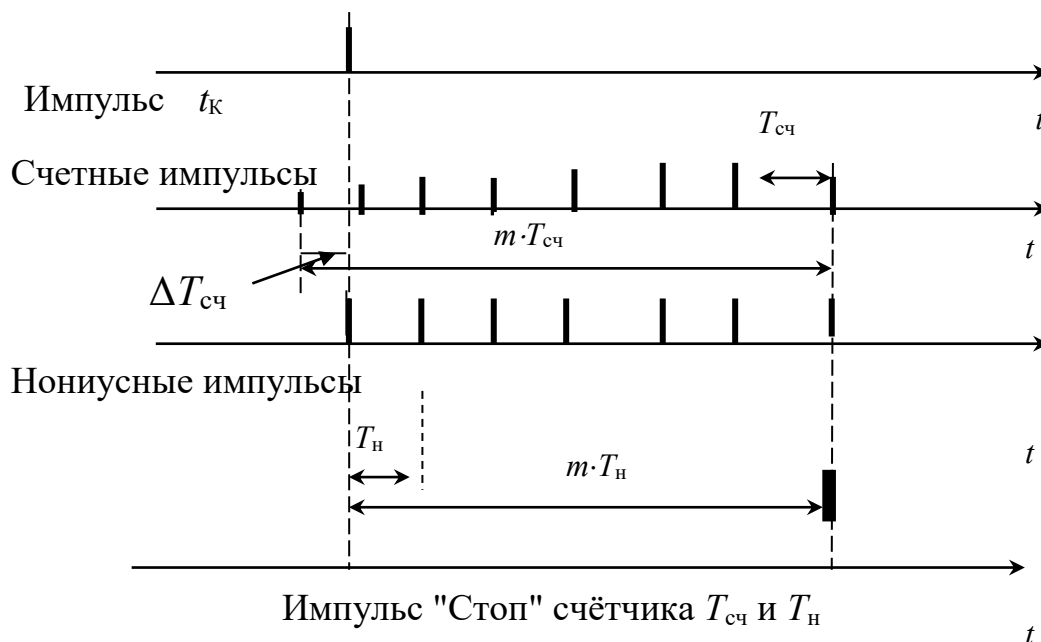


Рис. 10.19. Нониусный метод измерения дальности

Такое совпадение наступает при выполнении условия

$$t_k = m(T_{сч} - T_{н}),$$

где m – целое число, фиксируемое по номеру нониусного импульса.

В этом методе величина t_k измеряется с точностью до $\Delta T_{сч} = T_{сч} - T_{н}$ или при выбранных параметрах $T_{н} = 1 - 0,1 = 0,9 T_{сч}$ до $0,1 T_{сч}$.

Основное назначение моноимпульсных дальномеров - измерение больших расстояний (единицы и десятки километров), при сохранении малого значения относительной погрешности.

10.6.2. Погрешность дискретизации

Независимо от типа сигнала в современных дальномерах с цифровой обработкой сигнала аналоговую величину преобразуют в дискретную.

Погрешность, обусловленная дискретностью отсчета l_0 , зависит от того, согласовано положение счетных импульсов с началом импульса дальности t_0 или не согласовано.

При согласованном положении счетных импульсов с передним фронтом импульса дальности τ_d считанное число импульсов m остается неизменным при изменении дальности в пределах дискрета l_0 (рис. 10.20, а).

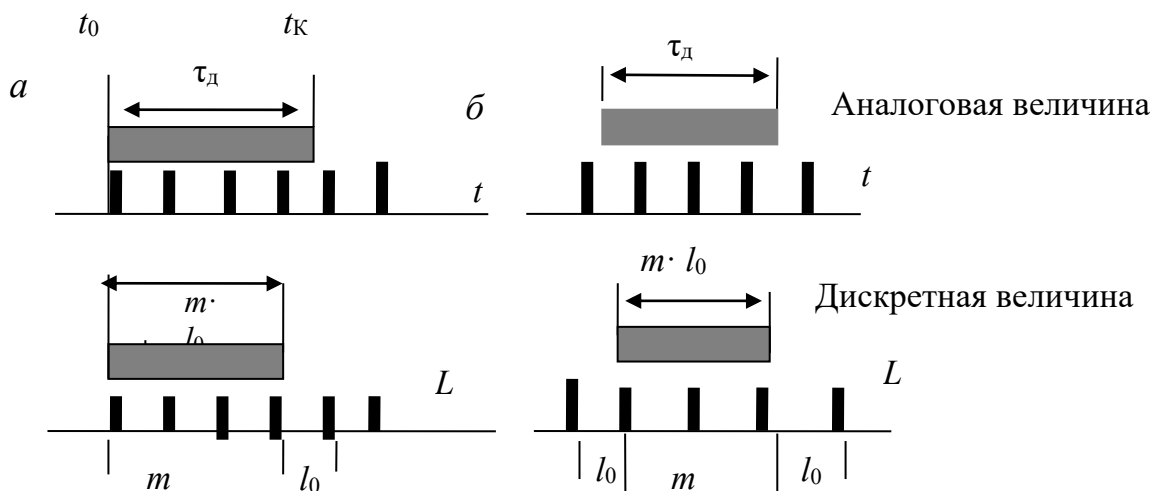


Рис. 10.20. Диаграмма процесса считывания импульсов:
a – согласованное начало отсчета; *б* – несогласованное начало отсчета

Так как любое истинное значение τ_d в интервале l_0 равновероятно (равномерное распределение), средняя квадратическая погрешность измерения дальности

$$\sigma_L = \frac{l_0}{2\sqrt{3}} \approx 0,3l_0. \quad (10.22)$$

Систематическая погрешность $\delta_L = -l_0$, т. е. подсчитанное счетчиком значение дальности меньше на величину $-l_0$.

При несогласованном положении счетных импульсов (рис. 10.20, *б*) относительно начала отсчета импульса τ_d интервал систематической погрешности удваивается $\delta_L = 2l_0$, а среднеквадратическое значение возрастает в $\sqrt{2}$ раз:

$$\sigma_L = \frac{l_0}{2\sqrt{6}} \approx 0,5l_0. \quad (10.23)$$

В светодальномерах типа 2СМ2, СТ5, СТ10 уменьшение погрешности за счет дискретизации достигнуто измерением среднего значения τ_d в 1600 периодах $T_{сч}$, что теоретически уменьшает случайную погрешности в $\sqrt{1600}$ раз. Это еще одно из преимуществ периодического сигнала.

10.6.3. Погрешности нестабильности масштабной частоты

Из формулы $\lambda = \frac{V_p}{F_M}$ следует, что значение λ зависит от стабильности частоты F_M . Допустимое значение отклонения частоты может быть определено из формулы

$$\frac{\Delta F_M}{F_M} = \frac{\Delta l}{L}, \quad (10.24)$$

где ΔF_M – отклонение масштабной частоты от номинального значения; Δl – допустимое значение погрешности измерения дальности L .

При допустимом значении относительной погрешности $\frac{\Delta l}{L} = \frac{\Delta F_M}{F_M} = 1 \cdot 10^{-6}$ (1 мм/км) допустимое отклонение масштабной частоты $\Delta F_M = F_M \cdot 10^{-6}$. Масштабная частота дальномерного блока тахеометра 4Та5, светодальномеров СТ5, СТ10 $F_M = 14985500$ Гц. Допустимое отклонение $\Delta F_M = 14985500 \cdot 10^{-6} \approx 15$ Гц. Столь жесткое требование к стабильности F_M обеспечивается использованием в качестве датчика частоты F_M кварцевого резонатора, в высокоточных дальномерах его термостатированием (СП2, СТ 10) или введением поправки за температурный уход частоты.

Кварцевые резонаторы характеризуются температурным коэффициентом частоты ТКЧ. Среднее значение ТКЧ составляет $5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}$. Для указанного значения ТКЧ изменение температуры на ± 10 °С приводит к образованию систематической погрешности (на основании выражения (10.24)) $\Delta L = \pm 5$ мм/км.

Кристаллы кварца подвержены старению во времени, которое также приводит к изменению частоты. Всё это определяет **периодичность поверки масштабной частоты F_M не реже чем 1 раз в год в метрологических центрах** или подтверждает достаточную стабильность измерением эталонных длин.

10.6.4. Влияние флюктуационных оптических и электрических помех

В светодальнометрах с моноимпульсным или импульсным периодическим сигналом излучаемый и отраженный сигналы при прохождении через атмосферу подвергаются искажениям из-за флюктуации (случайного отклонения) показателя преломления атмосферы, ее турбулентности, фоновых солнечных засветок, которые способствуют образованию фоновых электрических шумов фотодиода. При попадании флюктуирующего импульсного светового потока и фоновой (солнечной) засветки на фотодиод на выходе фотодиода выделяется сумма двух напряжений - напряжения сигнала и шумов $U_{\Sigma}(t) = U_c(t) + U_{ш}(t)$, где $U_{ш}(t)$ - случайные (шумовые) флюктуации напряжения (электрические шумы) на нагрузке фотодиода из-за перечисленных причин.

В результате взаимодействия импульсов сигнала и шумов происходит случайное изменение амплитуды сигнала и случайное смещение временного момента t_K по оси времени. Рассмотрим это подробнее. На выходе фотодиода образуется искаженный импульс, одна из реализаций которого имеет вид, показанный на рис. 10.2 тонкой линией. Для достаточно больших отношений сигнал/шум $U_c(t) / U_{ш}(t)$ крутизна импульса отражённого сигнала $K_{фр} = \arctg U_m / \tau_{ф}$ практически не изменяется и равна крутизне импульса чистого сигнала (сплошная линия на рис. 10.21).

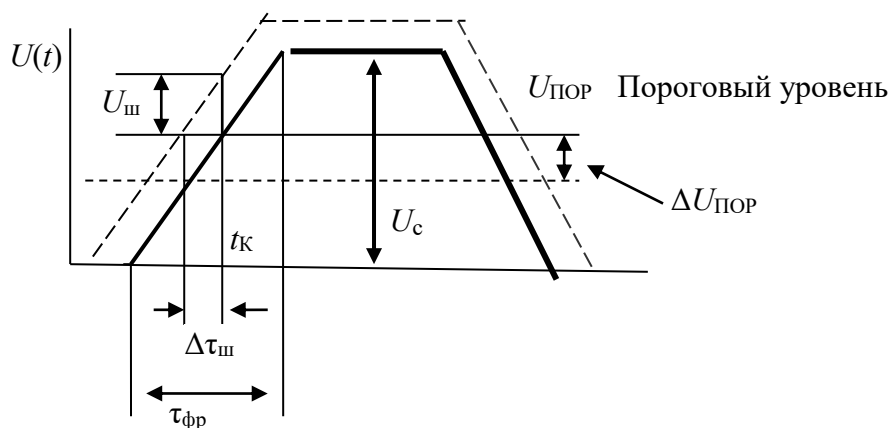


Рис. 10.21. Влияние шумовой помехи и величины порогового уровня на измерение τ_3

При малых значениях U_c или больших значениях $U_{ш}$ в момент пересечения передним фронтом импульса нормированного порогового уровня возможен, за счёт выбросов амплитуды шума $U_{ш}$ по оси $U(t)$, случайный сдвиг временного момента t_k по оси времени t на величину $\Delta t_{ш}$, что приведёт к образованию случайной погрешности измерения временного момента t_k и, соответственно, к погрешности определения времени задержки Δt_3 .

Отсюда величина линейной погрешности из-за влияния шумовой помехи $\Delta L_{ш} = 0,5 \cdot V_p \cdot \Delta t_3$.

Для оценки влияния электрических шумов на погрешность измерения дальномеров с импульсным периодическим сигналом при отсутствии временных параметров импульсов можно построить простую векторную диаграмму (рис. 10.22), представив смесь сигнал+шум в виде суммы двух векторов $\overline{U_c}$ и $\overline{U_{ш i}}$.

Под воздействием $U_{ш}$, величина которого имеет случайные мгновенные значения $U_{ш i}$ и случайной круговой скорости $\omega_{ш i}$, результирующий вектор $\overline{U_R} = \overline{U_c} + \overline{U_{ш i}}$ будет колебаться в пределах $2\Delta\varphi$.

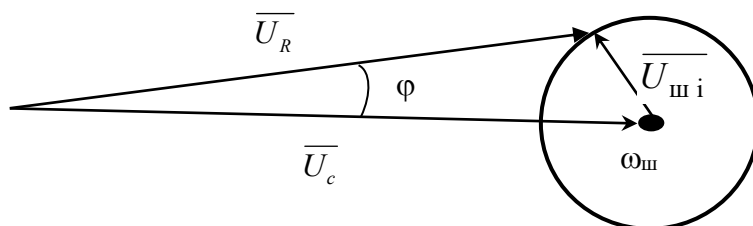


Рис. 10.22. Диаграмма влияния φ от $U_{ш}$

Для малых значений $U_{ш}$

$$\Delta\varphi_{ш} = \frac{U_{ш}}{U_c} \text{ рад}; \quad \Delta\varphi^\circ = \frac{U_{ш}}{U_c} \cdot 57^\circ.$$

Для реального значения отношения $U_c/U_{ш} = 1000$, при $L = 1000$ м и $\lambda = 20$ м, максимальное значение погрешности измерения дальности

$$\Delta l = \frac{2\Delta\varphi}{360^\circ} \cdot 0,5\lambda \approx 3,0 \text{ мм},$$

что соответствует второму члену уравнения погрешности светодальномеров СТ-5, СТ-10 и т. д., величина средней квадратической погрешности которых $СКП = (5 + 3 \cdot 10^{-6} L)$ мм, где L в мм. Первый член данного уравнения характеризует неисключённые систематические погрешности и фактически определяет инструментальную погреш-

ность дальномера, второй член зависит от отношения сигнал/шум $U_c/U_{ш}$.

Выбор условий прохождения сигнала, энергетических характеристик отражателей имеет важное значение для снижения случайных погрешностей измерений.

10.6.5. Переменная систематическая погрешность

Переменная систематическая (циклическая) погрешность – это погрешность дальномеров с периодическим сигналом. Причиной ее образования является проникновение в приемный канал части излучаемого сигнала в виде электромагнитной или оптической помехи $U_{п}$ (рис. 10.23, 10.24). В результате на вход измерительного устройства поступает сигнал, который при периодическом сигнале можно представить в виде суммы двух векторов $\bar{U}_c + \bar{U}_{п}$ с начальным угловым положением векторов $\varphi_c = 0$ и $\psi = 0$. При измерении дальности вектор U_c изменяет свое угловое положение на величину $\Delta\theta^\circ = (\tau_c/T) \cdot 360$.

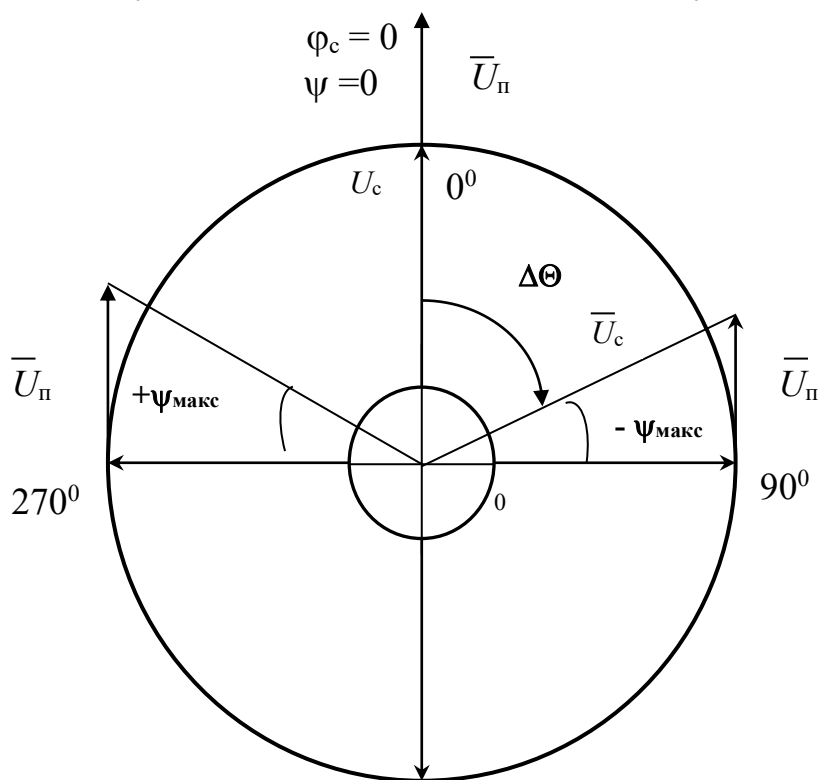


Рис. 10.23. Зависимость циклической погрешности от $U_{п}$

Угловое положение вектора $\bar{U}_{п}$ не зависит от дальности, так как образуется за счет внутренней паразитной межканальной (передатчик-приемник) связи и остаётся постоянным. Угловое положение

θ вектора U_c изменяется при изменении дальности в интервале от 0 до $0,5 \lambda$ от 0 до 360° .

В точке $\theta = 0$ угловой сдвиг ψ между $\overline{U_c}$ и $\overline{U_n} = 0$.

В точке $\theta = 90^\circ$ угол ψ между векторами $\overline{U_c}$ и $\overline{U_n}$ будет иметь максимальное значение с отрицательным знаком.

В точке $\theta = 180^\circ \psi = 0$.

В точке $\theta = 270^\circ$ угол ψ будет иметь максимальное значение, но с положительным знаком $+\psi_{\text{макс}}$. В общем виде величина $\psi =$

$$= \arcsin \frac{U_n}{U_c} \text{ или, при малых значениях } U_n, \psi = \frac{U_n}{U_c}, \text{ рад.}$$

С учетом зависимости ψ от θ :

$$\psi = \arcsin \frac{U_n}{U_c} \sin \Theta.$$

График зависимостей ψ и ΔL от дальности в пределах от 0 до $0,5\lambda$ изображен на рис. 10.24.

Для перевода угловой погрешности в линейную можно использовать формулу $L = \frac{\Delta T}{T} \cdot 0,5\lambda$, заменив значения ΔT и T на фазовые

(угловые) эквиваленты. $\Delta L = \frac{\psi}{\Theta} \cdot 0,5\lambda$. Для $\frac{U_n}{U_c} = 0,01 \psi \approx 0,57^\circ$.

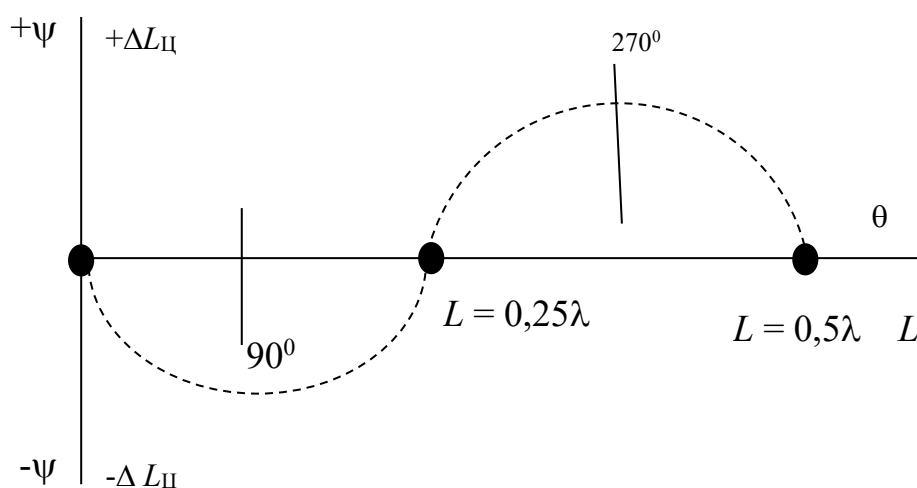


Рис. 10.24. График зависимости Δl от L

В светодальномерах типа СТ10, тахеометрах 4ТА5 ($0,5\lambda = 10000$ мм) при $\frac{U_{\text{п}}}{U_{\text{с}}} = 0,05$ $\Delta L_{\text{ц}} = \frac{0,2}{360} \cdot 10000 \text{ мм} \approx 5$ мм.

Из рассмотренных примеров следует, что основным способом уменьшения влияния циклической погрешности является повышение отношения $U_{\text{с}} / U_{\text{п}} > 1000$. Другим способом уменьшения $\Delta L_{\text{ц}}$ является контрольный сдвиг временного момента $t_{\text{К}}$ на полпериода $0,5T$ с вычислением среднего значения $L_{\text{изм}}$, что позволяет уменьшить влияние погрешности $\Delta L_{\text{ц}}$. Такой способ зарекомендовал себя в светодальномере КДГ-3. Аналогичная методика уменьшения погрешности эксцентриситета применяется в теодолитах с двухсторонним отсчётом.

Одной из основных причин прохождения излучаемого сигнала в виде помехи $U_{\text{п}}$ в приёмный канал является применение однообъективной оптической схемы.

Световой излучаемый импульс с высоким уровнем излучаемой мощности, при применении совмещённой однообъективной оптической системы, после многократного переотражения в объективе на поверхностях раздела стекло-воздух, попадает в приёмный канал, минуя дистанцию, в виде $U_{\text{п}}$ (рис. 10.25), что способствовало образованию циклической погрешности $\Delta L_{\text{ц}}$ за счет оптической помехи $U_{\text{п}}$.

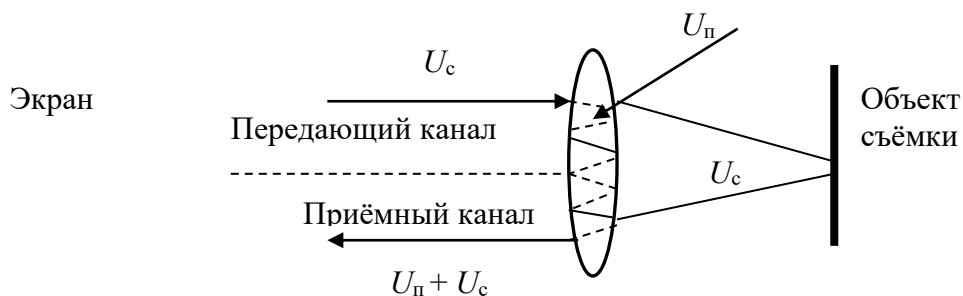


Рис. 10.25. Принцип образования оптической межканальной помехи

После разделения оптической системы на два независимых объектива проблема образования циклической погрешности для дальномеров с мощным сигналом не исчезла. При наличии задымленности, тумана, пыли на пути луча возникает объёмная отражающая среда (рис. 10.26).

За счет отражения от пыли, дождя, снега при больших уровнях $U_{\text{п}}$ величина максимального значения погрешности $\Delta l_{\text{ц}} = \Delta T_{\text{п}} / T \cdot 0,5\lambda$ в отдельных случаях может достигать долей метров. Нередко даль-

номер при наличии отраженного сигнала от цели прекращает процесс измерения из-за конфликтной ситуации между сигналами.

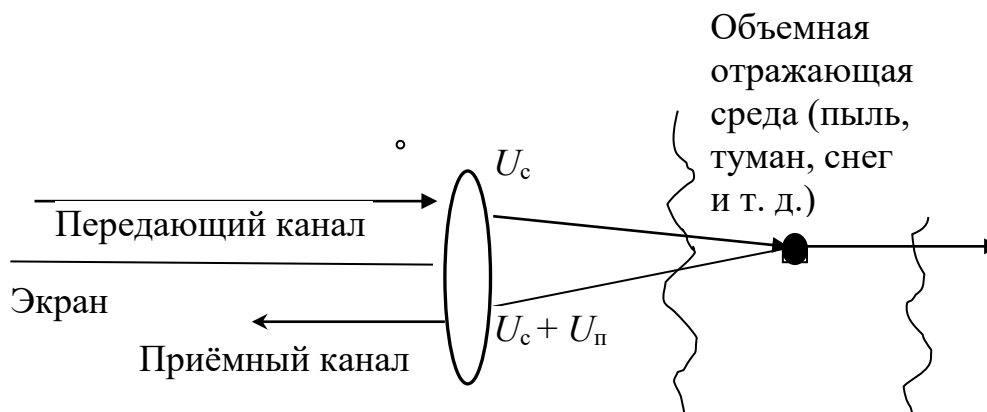


Рис. 10.26. Влияние внешней отражающей среды

Такой же эффект можно получить при отражении сигнала от шнура отвеса, ветки и других объектов, расположенных на линии луча. Отмечено, что влажные стены способствуют образованию эффекта зеркального отражения, и излучаемый сигнал не возвращается в приёмный канал. Кроме того, при высотах неровностей диффузной (шероховатой) поверхности, близких к $0,5 \lambda_{\text{лазера}}$ (0,0005 мм), возможно образование темных полос интерференции, что уменьшает яркость светового пятна. Все это требует внимательного подхода к окружающей среде и объектам съёмки при применении безотражательного режима измерений.

10.6.6. Погрешность дрейфа нуля

Светодалномер – сложнейшее электронное устройство с множеством электрических элементов и цепей. Изменение их параметров вызывает изменение временных характеристик сигнала. Ниже рассмотрена одна из возможных причин.

Отсчёт временных моментов в электронных средствах измерений производится в моменты пересечения амплитудного значения сигнала через заданный уровень напряжения (пороговый уровень) $U_{\text{пор}}$. В качестве примера можно привести график, представленный на рис.10.2, на котором показан процесс определения временного момента t_K по оси t . В реальных устройствах не существует идеального значения напряжения порогового уровня. Изменение температуры окружающей среды, нагревание сопротивлений электрической схемы

за счёт протекающего через них тока, согласно закону Ома, приводит к изменению (дрейфу) $U_{\text{пор}}$ на величину $\Delta U_{\text{пор}} = I \cdot \Delta R$. Составив простейшее уравнение $\Delta U_{\text{пор}} / U_{\text{пор}} = \Delta t_{\text{к}} / \tau_{\text{задержки}}$, получим величину систематической погрешности измерения момента $t_{\text{к}}$ для импульсного сигнала:

$$\Delta t_{\text{к}} = (\Delta U_{\text{пор}} / U_{\text{пор}}) \tau_{\text{задержки}},$$

для периодического сигнала

$$\Delta t_{\text{к}} = (\Delta U_{\text{п}} / U_{\text{п}}) \tau_{\text{сдвига}}.$$

На графике (см. рис. 10.21) величина $\Delta t_{\text{к}}$ для упрощения графика совмещена с величиной максимального отклонения $\Delta t_{\text{з}}$.

На основании формул (10.12), (10.13) величина линейной погрешности

$$\delta_{\text{л}} = (\Delta t_{\text{к}} / T) \cdot 0,5\lambda.$$

В светодальномерах типа СТ10, СТ5 $\lambda = 20000$ мм.

При изменении порогового уровня на 0,01 от заданного систематическая погрешность измерения длины $\delta_{\text{л}} = 20$ мм.

Для исключения погрешности дрейфа нуля в светодальномерах устанавливают контрольную линию измерений (см. рис. 10.26).

Измерение производится в два приёма: сначала измеряют длину контрольной линии $L_{\text{к}} \pm \delta_{\text{л}}$, затем длину до измеряемого объекта $L_{\text{д}} \pm \delta_{\text{л}}$. Переключение производится в автоматическом режиме с помощью управляющего процессора.

По встроенной программе вычисляют величину результата измерений, свободную от влияния дрейфа:

$$L_{\text{изм}} = (L_{\text{д}} \pm \delta_{\text{л}}) - (L_{\text{к}} \pm \delta_{\text{л}}).$$

10.6.7. Постоянная систематическая погрешность

Постоянная систематическая погрешность зависит от геометрических параметров конструкции и оптики. Её величина определяется уравнением

$$\Delta L_{\text{пп}} = 2L - (L_{\text{изл}} + L_{\text{отр}}),$$

где $2L$ – длина между центрами вертикальных осей дальномера и отражателя 3; $(L_{\text{изл}} + L_{\text{отр}})$ – фактическая длина, пройденная сигналом от излучателя «1» до приёмника «2», включая путь, пройденный по электрическим цепям дальномера (рис. 10.27).

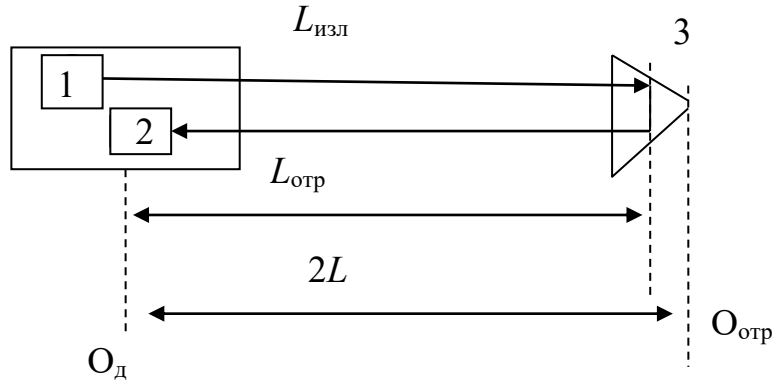


Рис. 10.27. Геометрическая схема образования постоянной систематической погрешности

Если $(L_{\text{изл}} + L_{\text{отр}}) > 2L$, то в результат измерений вводится постоянная поправка $\delta_{\text{пп}} = -\Delta L_{\text{пп}}$ или её величина вводится в память дальномера. При применении некомплектного отражателя, имеющего разные геометрические размеры и способы крепления, в обязательном порядке необходимо проверить величину $\delta_{\text{пп}}$ измерением эталонных длин.

10.6.8. Амплитудно-временная погрешность

Величина временных моментов t_0 и t_k измеряется в момент пересечения передним фронтом импульса U_c заданного порогового уровня постоянного напряжения $U_{\text{пор}}$ (рис. 10.28).

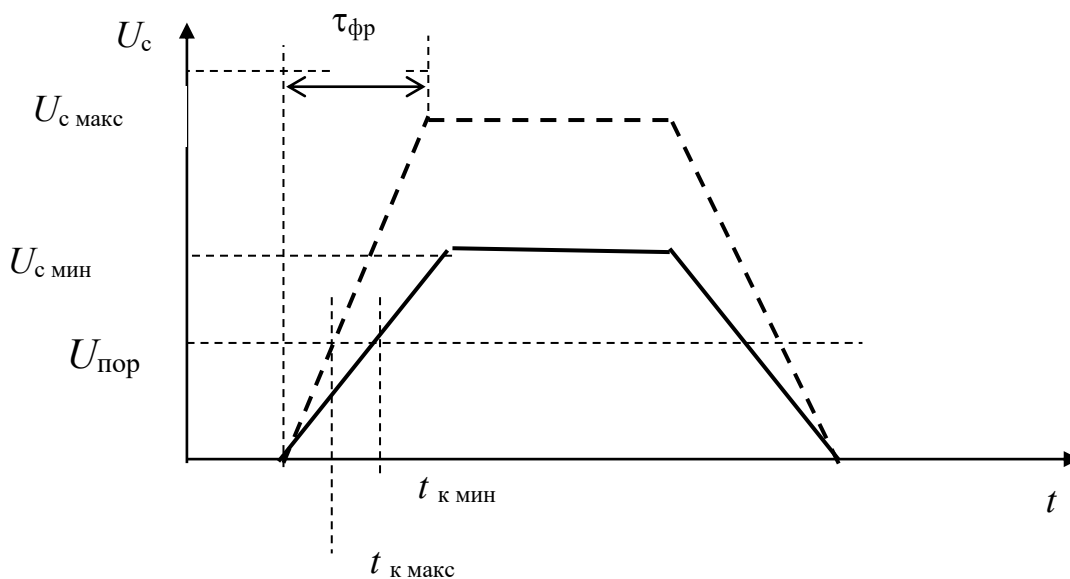


Рис. 10.28. График зависимости t_k от уровня U_c

При измерении больших расстояний величина сигнала U_c изменяет свое значение в некоторых пределах от $U_{c \text{ макс}}$ до $U_{c \text{ мин}}$ за счет ослабления светового потока в атмосферной среде и за счет наличия угловой расходимости луча, площадь сечения которого с определенного расстояния превышает площадь отражателя.

Изменение уровня сигнала от $U_{c \text{ макс}}$ до $U_{c \text{ мин}}$ вызывает смещение начала отсчета временного момента t_k на величину

$$\Delta t_{\text{ур}} = t_{k \text{ макс}} - t_{k \text{ мин}},$$

что, соответственно, приводит к образованию систематической линейной погрешности:

$$\pm \delta_{\text{ур}} = \Delta t_{\text{ур}} \cdot 0,5 \cdot V_c.$$

Знак погрешности зависит от того, увеличивается или уменьшается величина U_c относительно порогового уровня $U_{\text{пор}}$.

Для уменьшения погрешности $\delta L_{\text{ур}}$ в дальномерам предусмотрена либо ручная, либо автоматическая регулировка уровня U_c до нормированного значения $U_c = U_{\text{пор}}$.

10.6.9. Погрешность от влияния временной неоднородности p - n -перехода полупроводникового лазера и фотодиода

На отдельных участках p - n -перехода полупроводникового лазера рекомбинация электронов и дырок происходит не одновременно. Это вызвано, в первую очередь, тем, что электрический ток I_m импульса U_m , поступающий на p - n -переход, не в состоянии изменить свою величину мгновенно, скачком от нуля до заданного максимального значения. Элементы конструкции и сам p - n -переход имеют собственную емкость C , сопротивление r и индуктивность L , для которых постоянная времени заряда (разряда):

$$\tau_{\text{зар}} = rC = \frac{L}{r}.$$

Для разных точек p - n -перехода величины C , r , L имеют различное значение, так как идеальных технологий выращивания кристаллов, соединений p и n структур не может быть в принципе.

Все это способствует образованию продольной и поперечной временной (фазовой) неоднородности по сечению p - n -перехода. В реальных устройствах временные моменты t_0 и t_k характеризуются средним групповым временным моментом:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i,$$

где n – количество элементарных площадок излучения (зон рекомбинации).

При точном наведении на отражатель (согласованный режим) величина n не меняет своего значения. При смещении луча относительно отражателя при расстояниях, на которых величина площади сечения луча больше отражателя (несогласованный режим), количество элементарных площадок изображения p – n -перехода уменьшается, что вызывает изменение $t_{\text{ср}}$ на величину:

$$\Delta t_{\text{неодн}} = t_{\text{ср. согл.}} - t_{\text{ср. несогл.}}$$

Временной погрешности $\Delta t_{\text{неодн}}$ соответствует величина линейной погрешности

$$\Delta L_{\text{неодн}} = \Delta t_{\text{неодн}} \cdot 0,5 \cdot V_{\text{с.}}$$

Для уменьшения влияния $\Delta L_{\text{неодн}}$ рекомендуется выполнять несколько приемов наведения в вертикальной и горизонтальной плоскостях на отражатель.

Сказанное в полной мере относится и к полупроводниковому фотоприемнику - фотодиоду из-за общих принципов формирования p – n -переходов. При перемещении фокусированного пятна по p – n -переходу фотодиода также наблюдается картина изменения среднего значения временного момента $t_{\text{ср. ф.д.}}$

10.6.10. Погрешность измерения дальности от изменения показателя преломления атмосферы

Состояние атмосферы характеризуется ее метеорологическим полем. Всю толщу земной атмосферы условно делят на две области: область нижних, зависящих от земной поверхности слоев атмосферы, и верхние, не зависящие от состояния земной поверхности воздушные слои – так называемая «свободная» атмосфера.

Распределение метеофакторов в нижних слоях обуславливается интенсивностью солнечного облучения, состоянием погоды, характером земной поверхности, интенсивностью и характером перемещения воздушных масс, временем года и суток и другими факторами, которые на различных высотах над земной поверхностью действуют на состояние атмосферы по-разному.

Практически метеоданные определяются, как правило, лишь в двух точках траектории (для коротких расстояний только на одном его конце с последующей экстраполяцией на другом), и поэтому значение показателя преломления получают большим приближением.

Скорость электромагнитных волн в реальной среде v связана со скоростью света в вакууме c через одну из важнейших характеристик среды – показатель преломления n :

$$v = V_c / n. \quad (10.25)$$

Показатель преломления в электродинамике определяется из соотношения $n = \sqrt{\varepsilon}$, где ε – диэлектрическая проницаемость среды.

Различают два понятия скорости электромагнитных волн в среде, вводя представления о фазовой и групповой скоростях. Понятие *фазовой скорости* относится к идеальной монохроматической волне.

Фазовой скорости v_ϕ соответствует *фазовый показатель преломления*:

$$n_\phi = V_c / v_\phi. \quad (10.26)$$

Фазовый показатель преломления, а следовательно, и фазовая скорость в среде зависят от частоты (длины волны), и эта зависимость называется *дисперсией*.

Реальная электромагнитная волна не является монохроматической, а состоит из набора волн различных частот ω , группирующихся в некотором спектральном интервале $\Delta\omega$. Если $\Delta\omega \ll \omega$, то такой набор называют *группой волн*.

Поэтому для характеристики движения немонохроматической волны вводят понятие *групповой скорости*, определяемой выражением

$$v_{гр} = V_c / n_{гр}. \quad (10.27)$$

Коэффициент преломления

$$n = \sqrt{\varepsilon} = \sqrt{1 + (\varepsilon - 1)} \cong 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2}$$

близок к единице. Поэтому удобнее пользоваться так называемым коэффициентом преломления, выраженным в N -единицах:

$$N = (n - 1) \cdot 10^6 = \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot 10^6.$$

Применяя для смеси газов (воздуха) закон парциальных давлений Дальтона, получим:

$$N = \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot 10^6 = K_1 \frac{p_1}{T} + K_2 \frac{e}{T} + K_3 \frac{e}{T^2},$$

где p_1 и e – парциальные давления сухого воздуха и водяных паров соответственно. Атмосферное давление $p = p_1 + e$. Коэффициент K_1 характеризует поляризуемость, т. е. влияние смещения электрических зарядов молекул сухого воздуха; коэффициент K_2 учитывает этот же эффект для молекул воды. Коэффициент K_3 связан с дипольным моментом полярных молекул воды и отражает влияние изменений их электрической ориентации, т. е. поляризацию ориентации.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3 неоднократно определялись экспериментальным путем.

Приняв для коэффициентов средние условия, т. е. при $N_{\text{гр}}^0 = 305$; $T = 288 \text{ K}$; $p = 1013 \text{ мб}$ и $e = 10 \text{ мб}$, получим следующее выражение для световых волн:

$$dN_{\text{гр}} = 0,3dp - 1,0dT - 0,4de, \quad (10.28)$$

где dp и de выражены в миллибарах и dT – в градусах. Соответствующие средние квадратические погрешности индекса преломления для световых волн:

$$\sigma_N = \sqrt{(0,3m_p)^2 + 1,0m_t)^2 + (0,04m_e)^2}.$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что погрешности измерения метеорологических элементов зависят от погоды; при этом с повышением температуры и в особенности влажности воздуха погрешности σ_t и σ_e возрастают. При наиболее благоприятных условиях (при температуре около $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ночью и в пасмурную погоду днем) измеренные температура и влажность получаются, как правило, с наименьшими погрешностями: $\sigma_t = 0,1 - 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$; $\sigma_e = 0,2 - 0,3 \text{ мб}$. При высокой температуре и влажности, в особенности в ясную погоду днем, ошибка измерения температуры достигает $0,6 - 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$, а ошибка измерения влажности – $1,3-1,5 \text{ мб}$. Положив средние квадратические ошибки метеорологических элементов: $\sigma_p = \pm 0,7 \text{ мб}$; $\sigma_t = \pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $\sigma_e = \pm 0,7 \text{ мб}$, найдем по формулам (10.28), (10.29) средние квадратические погрешности индекса преломления для световых волн для средних условий:

$$\sigma_N = \sqrt{0,04 + 0,16 + 0,00} = \pm 0,4.$$

В табл. 10.2 приведены относительные средние квадратические погрешности от изменения метеофакторов для температуры $T = 290 \text{ K}$, давления $P = 760 \text{ мм. рт. ст.}$, влажности (парциального давления) $e = 10 \text{ мм. рт. ст.}$, длины волны красного лазерного диода $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$ и $N_{\text{гр}}^0 = 1,0002922$.

**Относительные средние квадратические погрешности
от влияющих факторов**

| | | |
|---|---|---|
| $\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_{t^0} = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_{t^0}$ | $\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_p = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_p$ | $\left(\frac{\sigma_L}{L}\right)_{e'} = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)_{e'}$ |
| $\frac{1}{1000000}$ | $\frac{1}{2500000}$ | $\frac{1}{1700000}$ |

Из табл. 10.2 следует, что **точность измерения дальности светодальномером в большей степени зависит от погрешности определения температуры и давления.**

Погрешности определения метеоданных: температуры, давления и влажности воздуха – зависят как от погрешности измерения этих величин с помощью соответствующих метеорологических приборов, так и в гораздо большей степени от того, что эти величины не остаются постоянными на всем рабочем участке траектории луча. Иными словами, атмосфера неоднородна, и принятое нами предположение, что скорость распространения электромагнитных волн во всех точках рабочего участка траектории луча остается постоянной, приближенно. Следовательно, мы имеем дело не с равномерным прямолинейным распространением, а с гораздо более сложным видом движения. Однако пройденный путь будет равен пути, вычисленному для равномерного прямолинейного распространения, если скорость этого фиктивного движения принять равной среднеинтегральному значению.

Эта задача невыполнима при измерении длин линий, проходящих над карьером, над холмистой местностью, так как не представляется возможным определить изменение температуры в нескольких точках линии. Для определения поправок за коэффициент преломления к дальномерам прилагаются соответствующие таблицы или номограммы. В современных светодальномерах установлены датчики автоматического определения температуры и давления, либо их значения вводятся в память для внесения соответствующих поправок.

10.7. Устройства отображения информации цифровых дальномеров

Для отображения информации на дисплее в цифровых дальномеров аналоговую величину преобразуют в дискретную, имеющую вид последовательности электрических импульсов. В дискретном представлении измеренное значение дальности $L = \sum_0^m l_0$, т. е. задача измерения сводится к подсчету количества импульсов (дискретов) m при выбранном значении размерности l_0 .

Формирование суммы дискретов выполняют счетчики с двоичной системой счисления.

Структурная схема счетчика представлена на рис. 10.29.

Регистр дальности состоит из n -го числа двухстабильных ячеек памяти (триггеров со счетным входом).

Каждый триггер переключается из состояния "0" в состояние "1" с поступлением каждого следующего импульса.

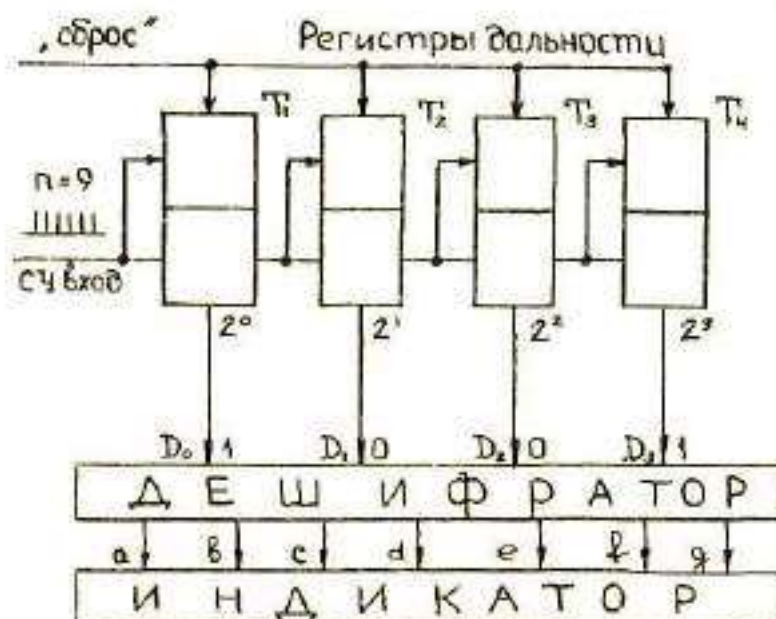


Рис. 10.29. Структурная схема счетчика

Назовем переключение из состояния "0" в "1" прямым, а из "1" в "0" – обратным.

На вход триггера разряда 2 поступают электрические импульсы счета. Каждый поступающий импульс переключает триггер из "0" в "1" и обратно. В результате на выходе получают широкие импульсы, число которых в два раза меньше, чем на входе (рис. 10.30).

Далее этот процесс повторится на всех последующих триггерах, осуществляя последовательное деление количества импульсов на "2".

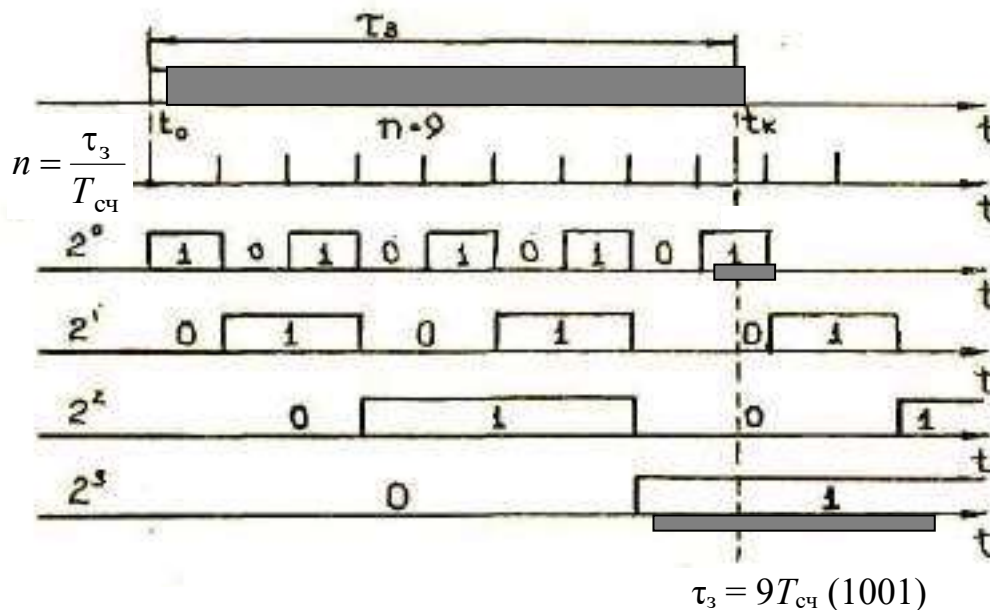


Рис. 10.30. Диаграмма состояния выходов счетчика

Таким образом, "1" на выходе первого триггера указывает число сосчитанных нечетных единиц, на выходе второго – число нечетных двоек, на выходе третьего - число нечетных четверок и т. д. Четное число единиц, двоек, четверок дает в каждом данном разряде "0" и перенос "1" в старший разряд, следовательно, единица каждого разрядного триггера имеет цену своего разряда в двоичной системе 1, 2, 4, 8...

Высокий потенциал на выходе триггера представляет логическую "1", а низкий – "0". В приведенном примере в регистре дальности записано число 1001 - это двоичное представление десятичного числа 9.

Данная кодовая комбинация поступает на дешифратор, который двоичный код преобразует в десятичный, или, например, как показано ниже, в восьмеричный светодиодных или жидкокристаллических дисплеев.

Кодовая комбинация на входе дешифратора 1001 преобразуется на выходе дешифратора в код 11110111 (рис. 10.31).

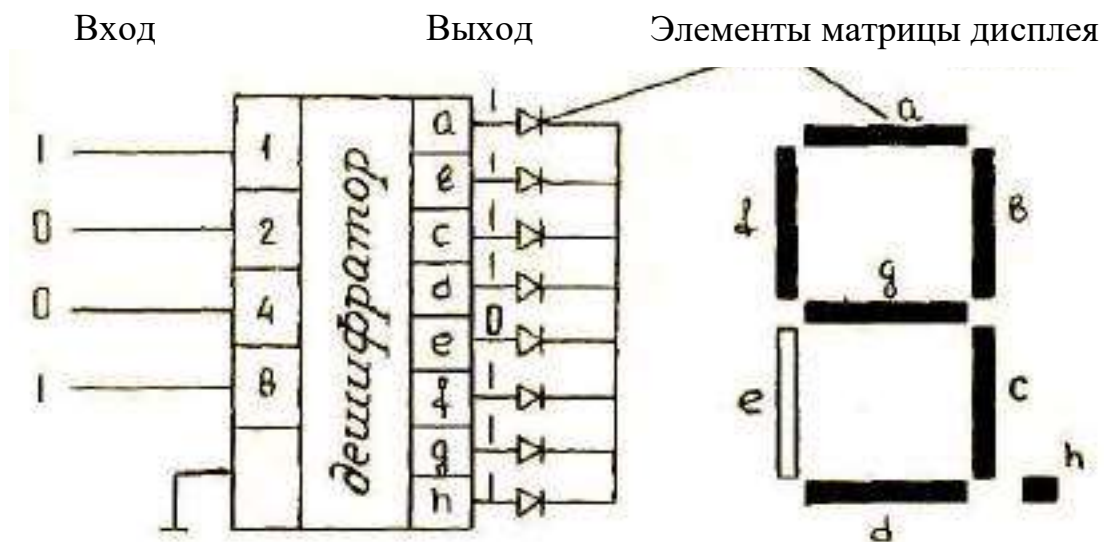


Рис. 10.31. Схема дешифратора дисплея

Количество дешифраторов и индикаторов определяется количеством значащих разрядов измеренной дальности. Имеются счетчики, у которых один дешифратор поочередно со скоростью 30 мс переключается от одного знакового индикатора к другому. В каждом цикле меняется кодовая комбинация дешифратора, и благодаря высокой скорости переключения изображения на всех индикаторах наблюдается как непрерывное свечение суммы результата измерений. Дешифратор часто выполняется на базе постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), с программой преобразования двоичного кода в код символа дисплея.

10.8. Типы дальномеров

Светодальномеры как самостоятельное средство измерения расстояний в настоящее время промышленностью практически не производятся, кроме специализированных геодезических с дальностью измерений не менее 50 км. Светодальномеры с полупроводниковым лазером стали неотъемлемой частью электронных тахеометров, сканеров. Исключение составляют **лазерные портативные дальномеры**, которые нашли широкое применение в строительных разметочных работах и при маркшейдерских измерениях недоступных объектов (табл. 10.3).

**Технические характеристики
лазерных дальномеров Disto (Швейцария)**

| Характеристика | Disto Lite | Disto classic | Disto Pro | Disto Pro A |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Точность измерений (СКП), мм | ± 3 | ± 3 | min ± 3
max ± 5 | min ± 1,5
max 2 |
| Мин. разряд дисплея, мм | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Дальность измерения, м | 0,2 – свыше 200 | 0,2 – свыше 200 | 0,3 – свыше 100 | 0,3 – свыше 100 |
| Время измерения расст., с | 0,5 ...
около 4 | 0,5...
около 4 | 0,5 ...
около 4 | 0,5 ...
около 4 |
| Время измерения трекинг, с | 0,16
около 1 | 0,16
около 1 | 0,16
около 1 с | 0,16
около 1 |
| Батарея, тип ААА, 4×1,5 В | Более 1000 измерений | Более 1000 измерений | Более 3000 измерений | Более 3000 измерений |
| Лазер, нм | Видимый луч; 635 | Видимый луч; 635 | Видимый луч; 635 | Видимый луч; 635 |
| Диаметр лазерного пятна | – | 6/30/60 мм
(10/50/100 м) | 6/30/60 мм
(10/50/100 м) | 6/30/60 мм
(10/50/100 м) |
| Память данных | – | 15 значений | 800 значений | 800 значений |
| Клавиатурная память для констант | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Габариты, мм;
вес, г | 142×73×
45×290 | 172×73×
45×310 | 188×70×
47×440 | 188×70×
×47×440 |
| Температурный диапазон:
хранение | –40 °С до
+ 70 °С | –40 °С до
+ 70 °С | –40 °С до
+ 70 °С | –40 °С до
+ 70 °С |
| работа | –10 °С до
+ 50 °С | –10 °С до
+ 50 °С | –10 °С до
+ 50 °С | –10 °С до
+ 50 °С |

Портативные лазерные дальномеры («лазерные рулетки») относятся к дальномерам с периодическим сигналом. Они вобрали в себя все лучшие энергетические качества импульсных дальномеров: короткие импульсы излучения, малую площадь сечения луча, высокую частоту повторения импульсов – до 10^9 Гц.

10.9. Акустические дальномеры

Данный тип дальномеров в отличие от светодальномеров (лазерных дальномеров) имеет важное отличительное свойство: звуковая волна способна распространяться по изогнутым звуководам (искривлённым скважинам), отражаться от зеркальных, влажных поверхностей, прозрачных жидкостей, проходить через запылённую, загазованную, задымлённую среду (табл. 10.4).

Таблица 10.4

Технические характеристики акустических дальномеров SONIN (Япония)

| Параметры | SONIN-45 | SONIN-60 PRO | SONIN COMBO PRO | SONIN-75 |
|--------------------------|--|--|--|--|
| Измеряемое расстояние, м | До 13 | До 18 | До 18 в одиночном режиме; до 75 в режиме работы с приемником | До 18 |
| Встроенные функции | Сложение, вычитание, вычисление площади и объема | | | |
| Точность измерения | 0,5 % измеряемого расстояния (± 6 мм) | 0,5 % измеряемого расстояния (± 6 мм) | 0,5 % измеряемого расстояния ± 6 мм в режиме без приемника; 0,5 % измеряемого расстояния (± 13 мм) в режиме с приемником; | 0,5 % измеряемого расстояния (± 6 мм) |
| Память | Запоминание семи измерений | | | |

Специальные типы акустических дальномеров способны измерять рельеф дна, что важно при гидравлических и дражных работах. Структурная схема акустических дальномеров подобна схемам светодальномеров с периодическим сигналом. Отличаются они типом излучателя и приёмника, которые выполнены из пьезоэлектрического материала.

При подаче на пьезоизлучатель электрических импульсов последний генерирует акустические (звуковые или ультразвуковые) импульсы, которые создают ударную волну в измеряемой среде.

Периодическая последовательность импульсов или одиночный импульс после отражения от объекта измерений (эхо – сигнал) принимается пьезокристаллическим приёмником (аналог чувствительного микрофона) и преобразуется в электрический сигнал. Дальномерным устройством, как и в светодальномерах, определяют $\tau_{\text{задержки}}$ или $\tau_{\text{сдвига}}$ и дальность: $L = 0,5 \cdot V_{\text{звука}} \cdot \tau_{\text{сдвига}}$. Соответственно, все времен-

ные длительности ($T_{п}$, $\tau_{сдвига}$, $T_{сч}$) будут во столько раз больше, во сколько раз скорость звука меньше скорости света. Это позволяет увеличить количество дискретов при выполнении операции дискретизации импульса дальности $\tau_{д}$ и получить миллиметровую точность измерений.

11. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ

11.1. Общие сведения

В настоящее время для маркшейдерско-геодезических измерений отечественными и зарубежными производителями выпускается широкий спектр электронных тахеометров. Наиболее популярные фирмы-изготовители: Уральский оптико-механический завод – серия Та; Leica (Швейцария) – серия ТС; Sokkia, Topcon, Nikon (Япония); серии – GTS, DTM, Trimble Elta (США, Германия); Spektra Precision (Швеция) – серия Geodimeter. За сравнительно короткий срок электронные тахеометры прошли практически революционный путь развития.

В тахеометрах **первого поколения** (70-80-е годы) были автоматизированы процессы измерения расстояний, считывания направлений и углов по кодовым дискам. Результаты измерений выдавались на электронное табло.

У **второго поколения** (конец 80-х годов – первая половина 90-х годов) была реализована возможность записи результатов в накопители данных (карты памяти типа РСМСІА), с передачей этих данных с помощью интерфейсных устройств (адаптеров) в компьютер.

Третье поколение тахеометров (со второй половины 90-х годов до настоящего времени) отличалось от предыдущих наличием постоянной памяти и возможностью передачи данных из тахеометра непосредственно в персональный компьютер и обратно, без дополнительных интерфейсных устройств. Приборы стали выполнять функции полевого журнала: наличие вспомогательных программ, позволяющих эффективно работать в поле, например: программы выноса точек в натуру со смещениями по углу и расстоянию; определения высоты и расстояния до недоступного объекта; выполнения обратной засечки; измерения углов и расстояний с использованием полигонального режима и многие другие.

Четвёртое поколение – это тахеометры с безотражательным режимом измерения расстояний, что расширило функциональные возможности тахеометров. К одним из первых можно отнести маркшейдерский безотражательный тахеометр СМБР, который был разработан на кафедре маркшейдерского дела СГИ (УГГУ) в 1982 году [6].

Пятое поколение – это автоматизированные тахеометры типа TSA, TPS, имеющие режим автоматического поиска отражателя – марки, автоматический режим измерений и регистрации информации. Для облегчения выполнения разбивочных работ современные тахеометры снабжены указателем направления, расположенным в корпусе зрительной трубы. Его оптическая ось находится в коллимационной плоскости и параллельна оси зрительной трубы. Излучение указателя направления разделено по вертикали коллимационной плоскостью на два красных световых луча: один постоянный, другой мигающий. При выносе в натуру отражатель устанавливают в плоскости деления сигналов на непрерывный и мигающий лучи. Современные тахеометры имеют лазерный отвес, инфракрасный порт для бескабельной передачи данных в компьютер и управления, радиомодемный модуль для передачи информации о состоянии измерений по выбранному адресу, что сделало возможным автоматизировать полевые измерения.

Все перечисленные выше усовершенствования улучшили качественные характеристики тахеометров, способствовали повышению производительности труда.

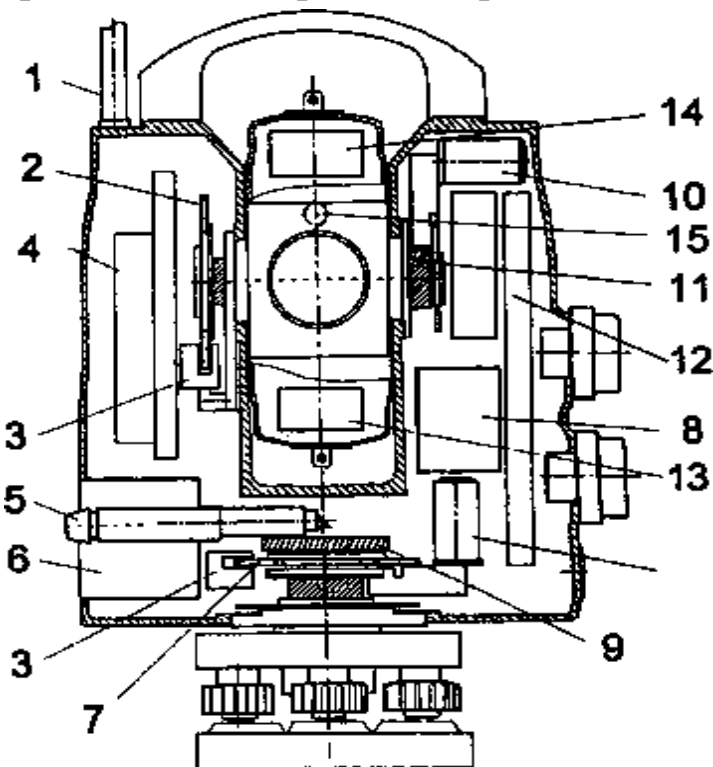


Рис. 11.1. Обобщенная структурная схема современного электронного тахеометра:
 1 – антенна; 2 – вертикальный кодовый диск;
 3 – считывающее устройство вертикального и горизонтального кругов; 4 – радиомодем;
 5 – центрир; 6 – аккумуляторы;
 7 – горизонтальный кодовый диск;
 8 – датчик наклона; 9 – вертикальная ось;
 10 – мотор; 11 – горизонтальная ось;
 12 – микропроцессор; 13 – устройство наведения;
 14 – светодиодномерный блок;
 15 – указатель направления

Конструктивное содержание современного электронного тахеометра представлено на рис. 11.1.

Антенна *1* радиомодема служит для обмена по радиоканалу служебной и измерительной информацией; кодовые диски *2*, *7*, считывающие устройства *3*, преобразуют измеренные величины углов в электрический код, поступающий в микропроцессор *12*; светодальнономерный блок *14* имеет один или два излучателя (красный и инфракрасный) для обеспечения режимов измерений «с отражателем» и «без отражателя», фотоприёмник для приёма отражённого излучения, устройство измерения расстояний; датчик углов наклона осей тахеометра *8* для преобразования углов наклона в электрический код; мотор *10* для обеспечения режима автоматического поиска визирной цели; указатель направления *15* служит для быстрого поиска направления визирного луча при полевых измерениях.

Основные характеристики современных электронных тахеометров приведены в приложении 2.

11.2. Устройства считывания направлений и углов

Несмотря на различия в принципах действия, большинство оптико-электронных систем считывания с кодовых дисков направлений и углов являются абсолютными, в которых величина углового направления определяется путём считывания закодированной величины в том или ином секторе кодового диска. Это можно сравнить с процессом считывания угловой величины с лимба теодолита. При абсолютном считывании нулевое направление на кодовом диске не зависит от положения алидады в момент включения прибора и сохраняется в памяти после его отключения. Существуют три основных типа устройств абсолютного считывания: *кодовые*, *динамические*, *накопительные* (инкрементальные) с маркировкой нулевого направления.

Рассмотрим принципы действия этих устройств.

11.2.1. Кодовые устройства считывания направлений и углов

В кодовых устройствах считывания, по аналогии с оптическими, измеряемое значение направления считывается непосредственно с кодового диска (лимба), на котором нанесен двоичный код. Теневое изображение нанесённого на диск кода с помощью светодиода, опти-

ческой системы проецируется на фотодиодную линейную ПЗС – матрицу (полупроводниковый прибор с зарядовой связью), формируя на ней изображение кода. Фотодиодная линейная матрица состоит из n фоточувствительных элементов – пикселей. Основное назначение фотодиодной матрицы – преобразование визуального изображения кода в электрические потенциалы. Как известно, переменные в кодовой логике могут принимать два значения – «0» или «1»: Черному (непрозрачному) штриху, перекрывающему световой поток на пути светодиода, соответствует низкий уровень освещенности фотодиода матрицы и соответственно низкий уровень потенциала электрического напряжения на выходе неосвещенного фотодиода. Низкий потенциал соответствует «0». Высокий потенциал освещенного фотодиода, в положительной логике, соответствует «1» двоичного кода. Ниже приведён пример реализации считывания значения угловой величины с кодового диска тахеометра ТС1600. **В тахеометре ТС1600 для реализации грубого отсчёта диск разделен на 128 секторов, границами которых являются широкие штрихи S** (рис. 11.2). Каждый из этих 128 секторов имеет свой закодированный номер. Номер сектора записан в двоичном коде с помощью дополнительных семи штрихов ($N = 2^7 = 128$), расположенных между штрихами S . Штрихи кода отличаются друг от друга по ширине в зависимости от своего значения («0» – широкий, «1» – узкий). На 102 элементах (пикселях) линейной фотодиодной матрицы формируется изображение одного сектора. Каждый диод имеет чувствительную поверхность площадью $25 \times 15 \text{ мкм}^2$ ($1 \text{ мкм} = 0,001 \text{ мм}$). Расстояние между центрами фотодиодов равно 25 мкм. **Грубый отсчет с точностью до $400 \text{ гон}/128 = 3,125 \text{ гон}$ ($2^\circ 48' 45''$) осуществляется определением по коду номера сектора. Точное считывание происходит путем определения положения на фотодиодной матрице крайнего левого штриха S , ограничивающего сектор.**

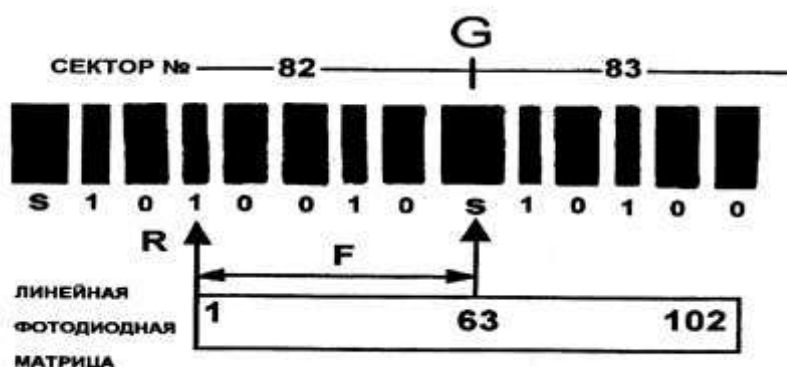


Рис. 11.2. Принцип считывания направлений
в электронных тахеометрах ТС1600

Для точного отсчета служат, наряду с широким штрихом S , все штрихи, формирующие двоичный код. Это уменьшает влияние погрешностей нанесения штрихов. Информация о распределении потока излучения между чувствительными площадками фотоприемника (пикселями), преобразованная в электрический цифровой код, сравнивается с хранящимся в памяти эталонным распределением, точно соответствующим нанесенному на диске коду. При этом рассчитывается функция корреляции между сигналом с выхода линейной фотодиодной матрицы $x(k\Delta)$ и эталонным сигналом $x'(k\Delta + \tau)$, находящимся в памяти микроЭВМ тахеометра:

$$R_{xx'}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x(k\Delta t) \cdot x'(k\Delta t + \tau). \quad (11.1)$$

Свое максимальное значение функция достигает в том случае, когда функции $x(k\Delta t)$ и $x'(k\Delta t + \tau)$ наилучшим образом совпадают в так называемой схеме совпадения коррелятора. Значение τ определяет положение штриха-индекса S относительно левого края линейной фотодиодной матрицы (интервал F). Таким образом, **ПЗС выступает в роли устройства, определяющего грубое значение угловой величины в гонах и точное значение в миллигонах по количеству пикселей ПЗС.** Полное значение величины направления $R_{xx'}$, соответствующей положению кода на фотодиодной матрице, определяется как

$$R_{xx'} = (G - F) 400/128 = (83 - 63/102) 400/128 = 257,4469 \text{ гон.}$$

Гон = 1/400 угловой величины окружности, тысячная доля гона
1 мгон = 3,24".

Средняя квадратическая погрешность определения $R_{xx'}$ в электронном тахеометре ТС1600 составляет 0,5 мгон (1,6").

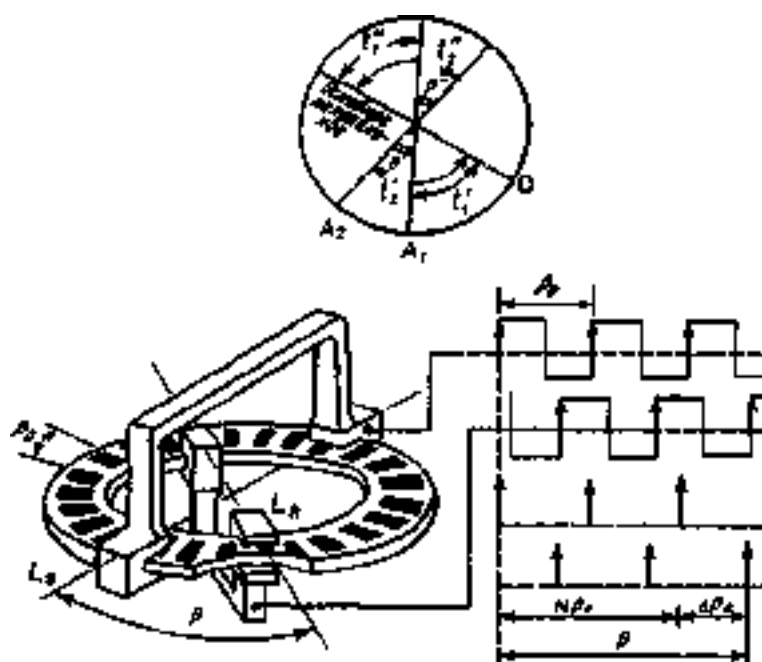
11.2.2. Динамические (временн>ые импульсные) системы считывания направлений и углов

В качестве меры угла можно использовать время. Для этого достаточно в вершине измеряемого угла поместить вращающийся диск

с маркой и измерять прохождение этой марки от левой до правой стороны измеряемого угла. Формула для вычисления угла

$$\beta = \Omega t,$$

где Ω – угловая скорость вращения марки; t – время, затраченное на поворот диска на угол β . Устройство, реализующее динамический (временнo-импульсный) способ измерений углов, представленное на рис. 11.3, состоит из равномерно вращающегося кодового диска с маркой, источника и приемника излучения, жёстко связанных с алидадой и зрительной трубой (направление L_R), задающих направление визирования; источника и приемника излучения, жестко соединенных с неподвижным в момент измерения основанием тахеометра (направление L_S) для определения опорного направления (здесь можно провести аналогию с нулевым отсчетом по лимбу). Ориентация горизонтального круга прибора в этом случае сохраняется после его выключения – включения, поэтому динамические системы отсчитывания также относятся к абсолютным. Когда марка проходит опорное направление L_S , в фотодиоде возникает первый электрический импульс, который включает счетчик электрических масштабных (счётных) импульсов заполнения с длительностью τ . После прохождения маркой измеряемого направления L_R возникает второй импульс, который выключает счетчик масштабных импульсов (рис. 11.3).



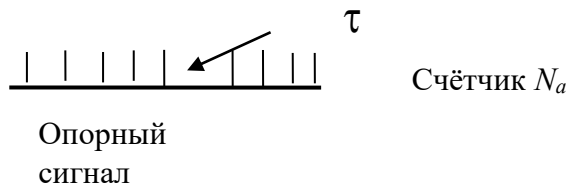


Рис. 11.3. Принцип измерений углов
в динамических угломерных устройствах

Время t можно определить, зная число масштабных импульсов N_a длительностью τ , которые поступают в счетчик числа импульсов при повороте лимба в пределах измеряемого угла от опорного направления L_s до измеряемого направления L_R , используя формулу

$$t = N_a \tau.$$

Отсюда величина измеряемого угла

$$\beta = L_R - L_s = \Omega \cdot N_a \cdot \tau. \quad (11.2)$$

Из выражения (11.2) следует, что при динамическом способе измерений углов необходимо знать точное значение угловой скорости вращения лимба, учитывая, однако, что за один оборот угловая скорость Ω имеет высокую стабильность за счет инерционности кодового диска. **Данный принцип измерений применён в высокоточных угломерных устройствах фирмы Leica Geosystems AG, средняя квадратическая погрешность которых 0,5".**

11.2.3. Накопительные устройства считывания направлений и углов

В накопительных (инкрементальных) устройствах величина угла получается как сумма штрихов (электрических импульсов), заключенных в его дуге $\beta = \sum \beta_{ш}$, где $\beta_{ш}$ – угловая величина между штрихами. Такой код называется единичным последовательным кодом. Примером реализации данного метода измерений является отечественный тахеометр ТаЗм. На кодовом диске ТаЗм нанесено 10000 штрихов. С помощью оптической системы на фотодиод проецируются левый и правый края кодового диска, с изображениями штрихов, вращающиеся навстречу друг другу. Таким образом, в плоскости фотодиода перемещается удвоенное количество изображения штрихов, которому соответствует такое же количество электрических импульсов на выходе фотодиода. Отсюда угловая величина интервала между

штрихами (импульсами), при выбранной системе единиц, выраженных в гонах, как было сказано выше, гон = 1/400 угловой величины окружности:

$$\beta^g = 400/20000 = 0,02 \text{ гон} = 20 \text{ мгон.}$$

$$1 \text{ мгон} = 360 \cdot 60 \cdot 60 / 400000 = 3,24''.$$

В канале грубого отсчёта (ГО) с диска считывается целое количество мгон подсчётом количества штрихов между направлениями. В канале точного отсчёта (ТО) с помощью электронного интерполятора измеряются сотые доли интервала между штрихами с точностью до 0,2 мгон. В ТаЗм имеется режим пересчёта результата измерения из «гоновской» системы единиц в «градусную» и обратно. Средняя квадратическая погрешность измерения углов в электронных тахеометрах ТаЗм составляет 3,0''.

11.2.4. Комбинированные системы считывания направлений

Сама по себе накопительная система не является абсолютной. Для реализации измерений направлений необходимо определять полным приёмом величину исходного (начального) направления $\alpha_0 = 0$, что усложняет процесс измерений. Учитывая простоту изготовления простых штриховых (растровых) кодовых дисков в накопительных устройствах, для реализации измерений углов в абсолютной системе применяют дополнительные штрих-кодовые марки на кодовом диске. Для регистрации этой марки считывающей системой необходимо после включения прибора медленно вращать алидаду в диапазоне 360° и наклонять зрительную трубу в рабочем диапазоне. Значение исходного направления, после визирования на цель, в горизонтальной плоскости задаётся клавишей «установка нуля». Основным недостатком накопительных систем считывания является необходимость заново ориентировать тахеометр после выключения питания или разряда аккумулятора. Это создает неудобства в работе, не позволяет использовать энергосберегающий режим электропитания, предусматривающий автоматическое отключение прибора при вынужденном простое, исключает возможность повышения точности измерений путем введения поправок за влияние систематических составляющих погрешностей измерений с помощью микропроцессора прибора.

11.3. Конструктивные особенности тахеометров

11.3.1. Электронные уровни (датчики наклона)

В современных электронных тахеометрах, с целью уменьшения погрешностей измерений углов, вводят в результаты измерений поправки за наклон оси вращения алидады.

На рис. 11.4 показан принцип действия электронного датчика наклона.

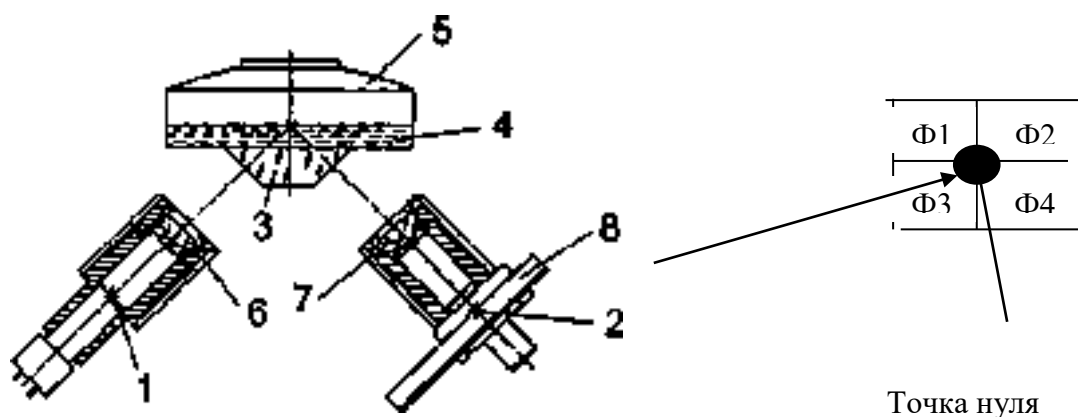


Рис. 11.4. Двухосный датчик наклона:

1 – источник излучения света; 2 – плоскость формирования изображения; 3 – призма; 4 – жидкость; 5 – стеклянный сосуд; 6, 7 – объектив; 8 – четырёхэлементный приемник

Для измерения углов наклона алидады в этом датчике используется свойство полного внутреннего отражения от поверхности жидкости 4, заключенной в стеклянный сосуд 5. В качестве жидкости используется силиконовое масло. Излучение от источника света 1 (световой диаметр пучка равен 0,1 мм) проходит через объектив 6, призму 3, отражается от поверхности жидкости 4 и фокусируется объективом 7 на чувствительной площадке четырехэлементного приемника излучения 8, формируя изображение 2.

Четырёхэлементный фотодиод в процессе монтажа устанавливается относительно визирной оси и горизонтальной оси вращения зрительной трубы таким образом, чтобы при вертикальном положении оси вращения инструмента измеряемые датчиком наклона углы в коллимационной и перпендикулярной ей плоскостях были близки к нулю, что соответствует равенству электрических напряжений на всех четырёх элементах.

При наклоне алидады луч светодиода смещается в сторону того или иного элемента, увеличивая или уменьшая электрические по-

тенциалы на элементах Ф1, Ф2, Ф3, Ф4. С помощью микропроцессора по величине потенциалов определяют величину и знак угла наклона, и в результате измерения углов вносится поправка за наклон. Погрешности за неточное определение «места нуля» датчика в обоих направлениях определяют в процессе калибровки (определение M_0 и M_Z) прибора, значения которых записывают в память прибора.

Обычно все электронные угломерные приборы, относящиеся согласно ГОСТ 23543-88 к высокоточным, погрешности измерения углов которых менее $1,5''$, а также приборы, погрешность измерения углов которых составляет $2...3''$, имеют двухосевые датчики наклона. Диапазон работы этих датчиков составляет примерно $3...4'$, а погрешность измерения углов наклона – от $0,5$ до $1,5''$.

11.3.2. Автоматизированные системы наведения электронных тахеометров

Системы автоматизированного наведения (АСН) тахеометров выполняют следующие операции: поиск (распознавание) объекта и предварительное наведение на него оптической системы тахеометра. Эта операция может быть выполнена оператором с помощью визира или автоматически, с помощью поисковой системы.

На рис. 11.5 приведена оптическая схема автоматизированного тахеометра.

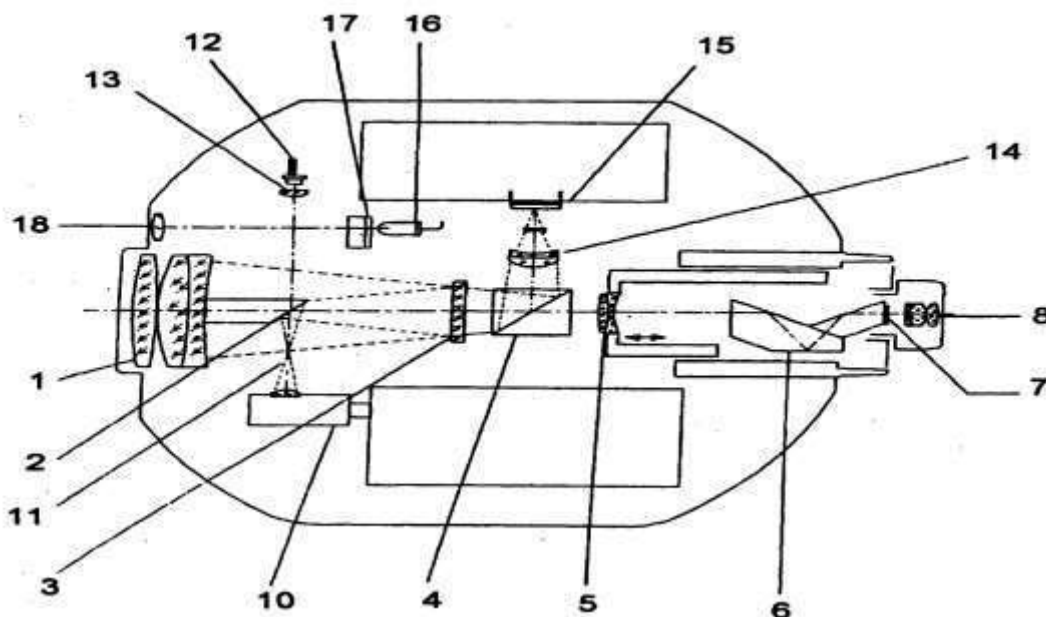


Рис. 11.5. Строение зрительной трубы тахеометра с автоматизированным наведением на цель Elta S10/ Elta S20 (Carl Zeiss)

В трубе тахеометра (см. рис. 11.5) расположено три системы различного назначения:

– **зрительная труба**, состоящая из объектива *1*, спектрального отражающего зеркала *3* (прозрачного для видимого спектра и отражающего инфракрасную область спектра); светоделительной призмы *4*, фокусирующего компонента *5*, переворачивающей изображение призмы Аббе *6*, окуляра *8*, в фокальной плоскости расположена сетка нитей *7*;

– **светодальномерный блок** *10*, инфракрасное излучение которого отражается от поверхности призмы *2*, от спектроделительного зеркала *3* и проходит объектив *1* как в прямом, так и в обратном ходе. Тахеометр имеет совмещенные приемо-передающие каналы светодальномера;

– **устройство точного наведения** имеет собственные приемный и передающий каналы. Свет от лазерного диода *12* отражается от поверхности призмы *2* и проходит через объектив *1*, формирующий излучение луча расходимостью около $0,5^\circ$. Центральная часть объектива *1* используется в передающем канале, а периферийная – в приемном. Отраженное излучение от установленной над точкой трипель-призмы проходит в обратном ходе через объектив *1*, пропускается зеркалом *3*, прозрачным для излучения лазерного диода *12*, отражается от светоделительной грани призмы *4* и фокусируется оптической системой *14* на чувствительной площадке фотоприёмного устройства *15*;

– **устройство автоматического наведения (АСН)** для облегчения процесса выноса точек в натуру состоит из двух (красного и зелёного) светодиодов *16*, разделительного экрана *17*, объектива *18*, формирующего излучение лазера расходимостью около 3° . Излучение разделено по вертикали коллимационной плоскостью на красный и зелёный сектора. При выносе направления в натуру отражатель устанавливается в плоскости разделения цветов.

Автоматическое наведение происходит следующим образом. При повороте прибора вокруг вертикальной оси осуществляется сканирование лазерной плоскостью в диапазоне 360° . Угловая скорость сканирования равна $90^\circ/\text{с}$. Приемником в точке визирования регистрируется излучение передатчика, и сигнал об этом передается по радиосвязи на прибор. Прибор медленно поворачивается в направлении приемника и отражателя. Определяется точное значение горизон-

тального угла, соответствующее моменту регистрации отраженного сигнала. Передатчик устройства автоматического наведения отключается. Наведение в вертикальной плоскости осуществляется путем автоматического наклона зрительной трубы.

Процедура поиска отражателя в вертикальном направлении аналогична процедуре поиска в горизонтальном направлении. После того как отражённый от отражателя луч попадает в измерительную область системы точного наведения, с помощью фоточувствительной ПЗС-матрицы автоматически измеряются малые угловые рассогласования между визирной осью и направлением на центр трипельпризмы.

Сначала с помощью ПЗС-матрицы измеряют линейные рассогласования между визирной осью и направлением на центр трипельпризмы, затем пересчитывают в угловые с учетом геометрооптических соотношений в АСН и расстояния до отражателя. **Точность автоматизированного наведения на трипельпризму, установленную на расстоянии до 1 км, значительно выше «ручного», у ряда приборов она приближается к 1".**

12. ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ

12.1. Общие сведения

В цифровых нивелирах отсчитывание по рейке реализуется с помощью фоточувствительного ПЗС-приемника, который преобразует визуальное изображение штрих-кода рейки в электрический цифровой код и распознаёт его методом сравнения с хранящейся в памяти нивелира его электрической копией.

Первый цифровой нивелир NA 2000 (Leica Geosystems AG) появился в начале 90-х годов. Средняя квадратическая погрешность измерений, равная $\pm 1,5$ мм на 1 км двойного хода, свидетельствовала о перспективности развития нового направления. Современные цифровые нивелиры DNA 03 (Leica Geosystems AG), DINI 03, DINI 07 (Trimble), DL-102C (Topcon), SDL 30 (Sokkia) удовлетворяют требованиям нивелирования II - IV классов.

Основные преимущества цифровых нивелиров:

- автоматизация процесса измерений;
- малая вероятность появления грубых промахов;

– автоматизация измерений позволяет снизить утомляемость оператора, исключаются случайные ошибки отсчитывания по рейке. Автоматическое осреднение результатов измерений при дрожании воздуха в нижних слоях атмосферы повышает точность отсчитывания в данных условиях;

– прибор может работать полностью в автономном режиме. Он незаменим при непрерывном контроле деформаций и малых перемещениях в вертикальном направлении;

– автоматическая регистрация измеряемых значений исключает возможность описок при записи данных в полевом журнале. С помощью интегрированных в прибор программ тотчас же рассчитываются и отображаются на дисплее превышения, исключается необходимость проводить отдельные вычисления;

– подсветка нивелирной рейки позволяет выполнять работы не только в течение дня, но и в сумерках и ночью.

Цифровой нивелир может использоваться для измерений в динамическом режиме, например, для контроля прямолинейности направляющих по вертикали. Для этого достаточно рейку, установленную на каретке, перемещать с помощью канатной тяги по направляющим с небольшой скоростью и брать отсчеты с помощью цифрового нивелира. При этом возможно отслеживать не только вертикальную, но и горизонтальную компоненты перемещений объекта с помощью дополнительной призмы, устанавливаемой перед объективом.

Технические и метрологические характеристики цифровых нивелиров приведены в приложении 3.

12.2. Конструкция и принцип отсчитывания цифровых нивелиров фирмы Leica GEOSYSTEMS AC

На рис. 12.1 представлена схема нивелира NA 2002. При измерениях изображение штрихов кодовой шкалы рейки 1 через светоделительный блок 7 проецируются на чувствительную площадку ПЗС-приемника 10.

Светоделительный блок 7 разделяет падающее излучение в спектральной области на инфракрасное и видимое, в то время как излучение, лежащее в инфракрасной области спектра, отражается от светоделительной грани в сторону ПЗС-приемника 10, видимая часть беспрепятственно пропускается светоделительным блоком и формирует визуальное изображение рейки в плоскости сетки нитей для вы-

полнения операции наведения на рейку. С помощью ПЗС-приемника происходит преобразование визуального изображения кода нивелирной рейки в электрические потенциалы.

ПЗС-приемник состоит из 256 фоточувствительных элементов (пикселей), расстояние между которыми равно 25 мкм (1 мкм = 0,001 мм). Оптическая система нивелира имеет угол поля зрения, равный 2°, так что при минимальном расстоянии визирования, равном 1,8 м, на чувствительную площадку ПЗС-приемника проецируется участок рейки длиной 61 мм, а при расстоянии 100 м – 3,5 м.

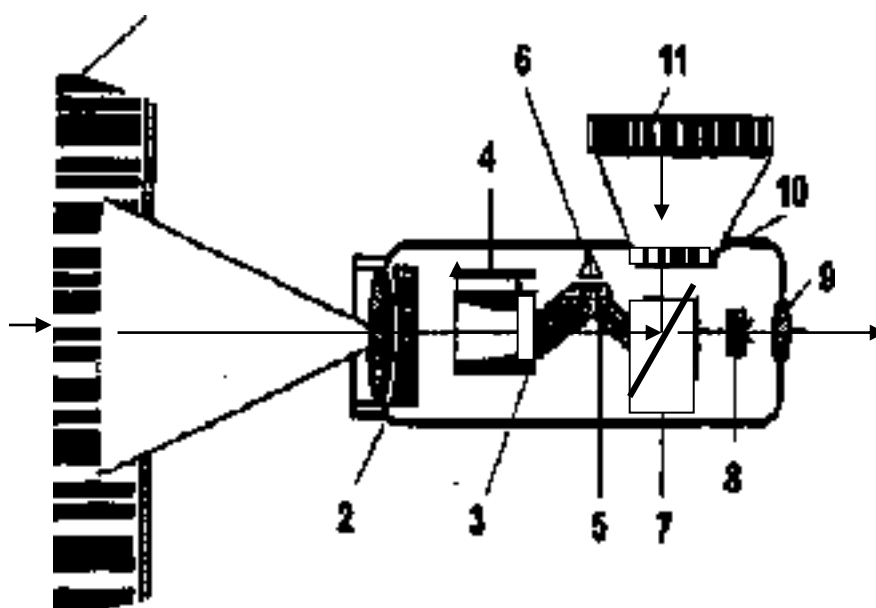


Рис. 12.1. Цифровой нивелир NA 2002:

- 1 – штрих-кодовая нивелирная рейка; 2 – объектив; 3 – фокусирующий компонент;
 4 – датчик положения фокусирующего компонента; 5 – блок компенсатора;
 6 – блок контроля положения компенсатора; 7 – светоделительный блок; 8 – сетка нитей;
 9 – окуляр; 10 – ПЗС-приемник; 11 – изображение кода нивелирной рейки

Цифровые нивелиры NA 2000, NA 2002 имеют оригинальное оптоэлектронное дальномерное устройство. Расстояние до рейки измеряется с помощью электронного датчика линейного перемещения, соединённого с фокусирующим оптическим компонентом.

При перефокусировании зрительной трубы в диапазоне от 1,8 до 100 м фокусирующий компонент перемещается на 14 мм. Положение фокусирующего компонента регистрируется электронным датчиком положения. Через величину перемещения фокусирующего компонента измеряется расстояние до рейки:

$$L = k/s,$$

где k – постоянная оптической системы; s – линейное положение фокусирующей линзы.

ПЗС-приемник преобразует изображение штрихов кода рейки в электрические потенциалы, аналогично рассмотренной выше в электронных тахеометрах.

На вход «запись» в сдвиговый регистр микропроцессора нивелира с выходов 256 пикселей ПЗС-приемника поступают электрические потенциалы, имеющие 256 уровней потенциала. Чёрному штриху соответствует высокий потенциал («1»), светлому пробелу – низкий потенциал («0»). С помощью импульсов генератора тактовых импульсов (ГТИ), поступающих на вход «чтение», электрические потенциалы сдвигового регистра поступают на вход коррелятора.

ГТИ, вырабатывающий непрерывную последовательность тактовых импульсов, сдвигает опорный сигнал на дискретную величину τ , 2τ , 3τ и т. д. до совпадения с рабочим сигналом, сформированным ПЗС-матрицей (рис. 12.2).

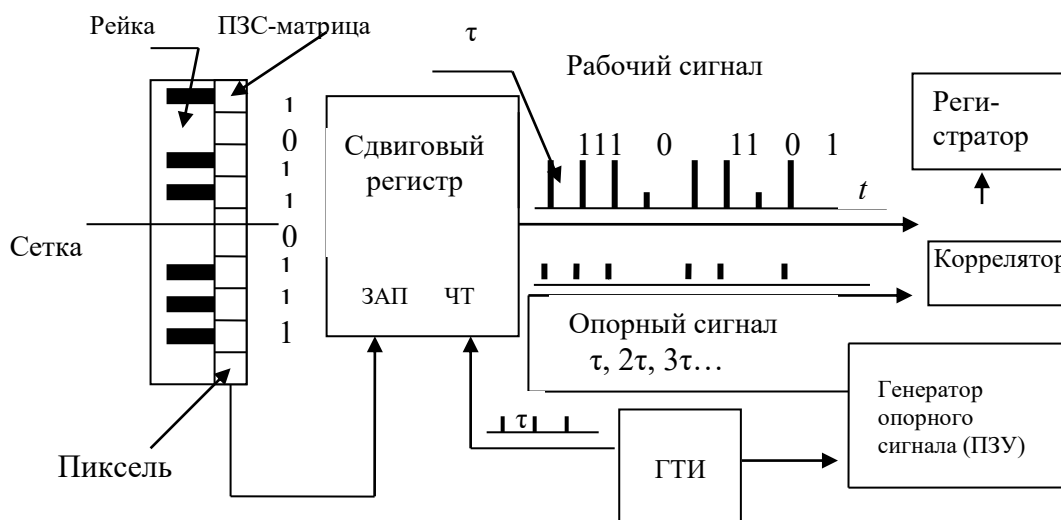


Рис. 12.2. Структурная схема цифрового нивелира

Таким образом, процесс измерений цифрового нивелира базируется на принципе корреляции. Электрические потенциалы штрихового двоичного кода, формируемые с помощью ПЗС-приёмника, сравниваются в корреляторе с двоичным кодом, записанным в памяти прибора (опорный сигнал).

Измерения с помощью ПЗС-матрицы основаны на корреляционном методе. Формируемая в опорном канале точная копия измеря-

емого сигнала перемножается (тахеометры) или интегрируется (нивелиры) с сигналом ПЗС-матрицы. Пусть копия сигнала $u(t+\tau)$ или $u(t-\tau)$ смещена относительно сигнала $u(t)$ на интервал времени τ . Для количественной оценки степени связи этих сигналов используем автокорреляционную функцию (АКФ)

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)u(t-\tau) dt.$$

Для объяснения этого определим АКФ единичного прямоугольного импульса, полученного в результате преобразования визуального изображения кода рейки с помощью ПЗС-матрицы, имеющего длительность $\tau_{и} = 5\tau$.

Если копию опорного сигнала сдвигать дискретно на $n\tau$ ($n = 0, 1 \dots 5$), то оценка функции корреляции $R^*(\tau) = (\tau_{и} - |n\tau|)$ при временном сдвиге $|n\tau| \leq \tau_{и}$.

Из графика, представленного на рис. 12.3, видно, что моменту совпадения сигналов соответствует максимальное значение энергии на выходе коррелятора. При совпадении кода какого-либо участка рейки с кодовой последовательностью опорного сигнала (см. рис. 12.3) на дисплей выдаётся десятичное значение результата измерений, соответствующее максимуму корреляционной функции.

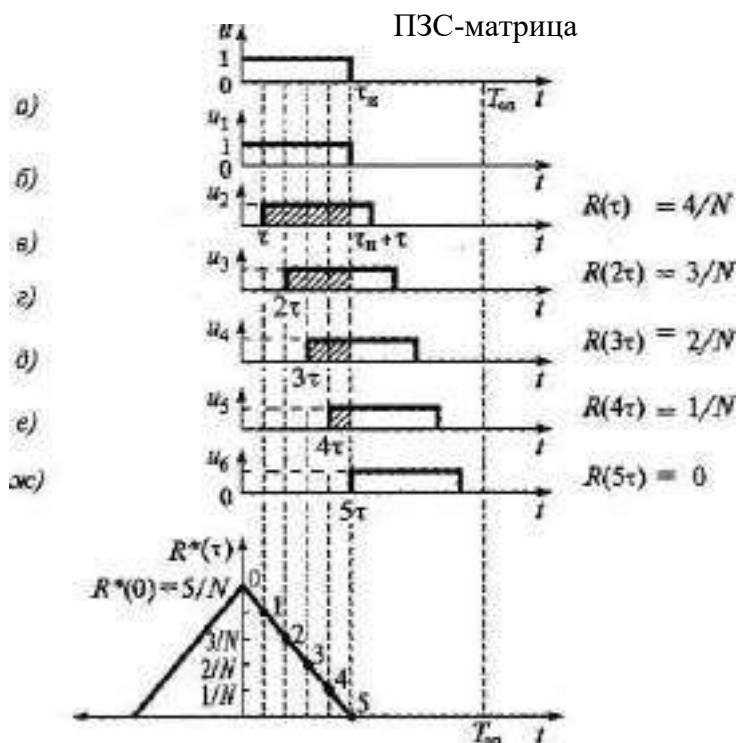


Рис. 12.3. График автокорреляционной функции

На рис. 12.4 показано типичное протекание процесса корреляции внутри измеряемой области.

Там, где сигнал, полученный с выхода ПЗС-приёмника, в большей степени совпадает с опорным сигналом, можно распознать ярко выраженный пик в функции корреляции. Из координат максимума определяются расстояние и высота.

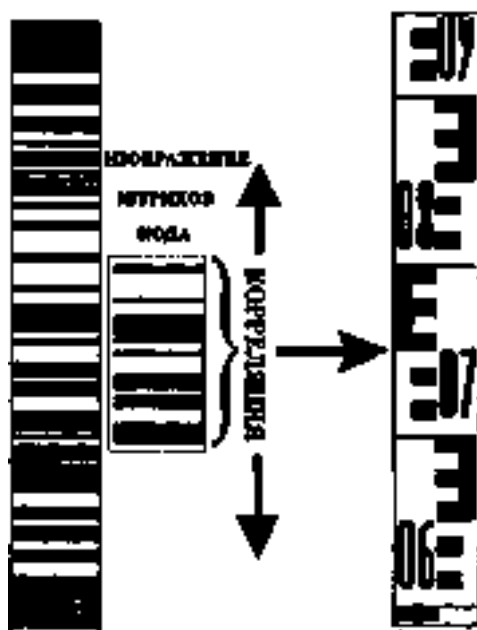


Рис. 12.4. Принцип отсчитывания по штрих-кодовой рейке у нивелиров фирмы Leica Ceosysters AG

Для того чтобы найти положение максимума функции корреляции (рис. 12.5), необходимо осуществить поиск во всей области возможных значений расстояний ($L = 1,8... 100$ м) и измеряемых высот ($H = 0... 4,05$ м). Для решения данной задачи необходимо вычислить около 50000 коэффициентов корреляции.

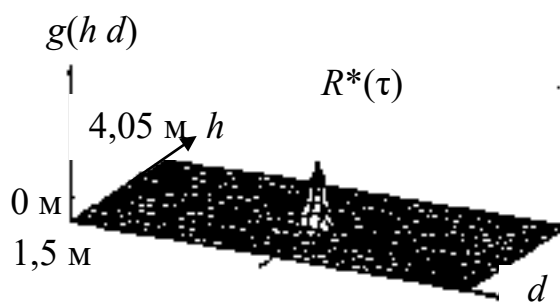


Рис. 12.5. Функция корреляции

Так как в процессе измерений происходит поиск координат максимального значения корреляционной функции в области значений расстояний и высот, то, благодаря наличию автономного устройства измерения расстояния до рейки, область поиска значительно сокращается.

12.3. Определение положения визирной оси при измерениях по кодовой рейке

Для нормальной работы цифрового нивелира должны быть выполнены определенные требования: обеспечение соосности цифровой и визирной оси, однозначность фокусировок по глазу и датчику штрихового кода, настройка коэффициента дальномера, обеспечение минимальности погрешности измерений из-за негоризонтальности линии визирной оси, минимальное воздействие на отсчет недокомпенсации оптического компенсатора.

Соблюдение горизонтальности линии визирной оси является главным условием эксплуатации нивелира.

Все приведенные выше условия достигаются еще при сборке прибора на заводе. Сборка нивелира начинается с тщательной юстировки круглого уровня. Затем перед установкой компенсатора совмещаются сетка нитей DiNi с сеткой нитей коллиматора, то есть устраняется угол i и совмещается визирная ось с оптической. В этом положении оси нивелир фиксируется. После этого производится установка и юстировка положения компенсатора. Одновременно устраняется недокомпенсация и поверяется угол i с помощью перемещения сетки нитей нивелира. После этого настраивается коэффициент нитяного дальномера.

При помощи имитатора датчика штрихового кода и технологического микроскопа, перемещением делительной призмы достигается соосность и однозначность фокусировок на датчике штрихового кода и сетке нитей цифрового нивелира. Только после этого начинаются компьютерные тесты и настройки.

После сборки и технических тестов производится компьютерный контроль считывания темных и светлых участков штриховой ко-

довой рейки, обеспечивается максимум сигнала по центру рейке. На базисе определяется и вписывается в процессор постоянная дальномерная ошибка, которая не должна превышать 0,005 м на предельном рабочем расстоянии 100 м. Определяется угол i (ΔC -) и вычисляется поправка для устранения влияния угла i . Цифровой нивелир автоматически вводит при измерениях поправки $\pm\Delta h = L \cdot \text{tg } i$, что позволяет во многих случаях отказаться от соблюдения равноплечия.

12.3.1. Методы проверки положения визирной оси

Существует четыре основных метода проверки нивелира – метод Ферштнера, Нобауера, Куккамэки, японский метод:

Метод нивелирования с разными плечами (метод Ферштнера)

Устанавливают две рейки (A и B) на расстоянии около 45 м друг от друга (рис. 12.6).

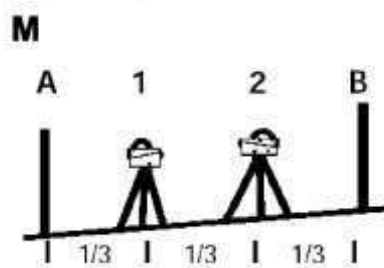


Рис. 12.6. Метод Ферштнера

Расстояние делят примерно на три части и определяют две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 м от реек между ними (1, 2). Выполняются измерения на обе рейки с каждой из этих станций.

Метод нивелирования с разными плечами (метод Нобауера)

Юстировка положения визирной оси нивелира методом Нобауера аналогична таковой по методу Ферштнера. Разбивают линию примерно 45 м длиной и делят ее примерно на три части (рис. 12.7).

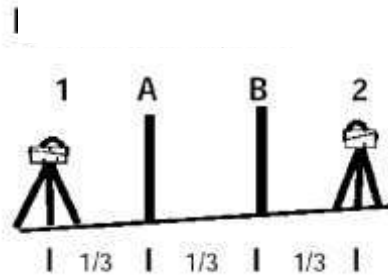


Рис. 12.7. Метод Нобауера

Закрепляют две нивелирные станции (1 и 2) по обе стороны от реек *A* и *B*, установленных на расстоянии 15 м друг от друга, примерно в 15 м от них. Затем выполняются измерения с нивелирной станции 1 на обе рейки. После этого необходимо сменить точку стояния на вторую нивелирную станцию и также повторить измерения на обе рейки *A* и *B*.

Метод нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед (метод Куккамэки)

Сущность метода Куккамэки заключается в следующем. На расстоянии примерно 20 м друг от друга устанавливаются две рейки (*A* и *B*) (рис. 12.8). Посередине этого расстояния устанавливается нивелирную станцию 1 и с нее выполняют измерения на обе рейки (сначала на рейку *A*, затем на *B*).

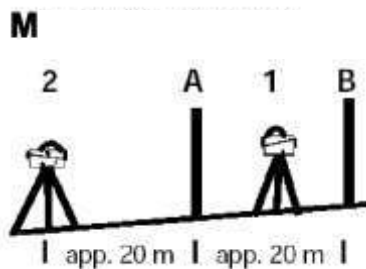


Рис. 12.8. Метод Куккамэки

После наблюдения со станции 1 повторно производят измерения, но уже со станции 2, которая расположена на продолжении линии, соединяющей обе рейки приблизительно на расстоянии 20 м от вынесенного расстояния.

Японский метод

Этот метод идентичен предыдущему (рис. 12.9).

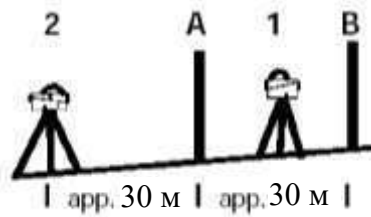


Рис. 12.9. Японский метод

Отличие состоит в том, что расстояние между рейками должно быть около 30 м, а нивелирная станция 2 должна находиться в 3 м за рейкой А.

12.3.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера

Рассмотрим поверку на примере цифрового нивелира Trimble DiNi 22 по методу Ферштнера как наиболее зарекомендовавшему себя. Две рейки (А и В) устанавливаются на расстоянии около 45 м друг от друга. Затем это расстояние необходимо поделить примерно на три части и определить две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 м от реек между ними. Нивелирным станциям присваивают порядковые номера 1 и 2. Для выполнения поверки в пункте меню Adjustment (Юстировка) имеется четыре указанных способа поверки и юстировки.

После вызова функции поверки на дисплее появляется предыдущее значение поправки за наклон визирной оси (рис. 12.10).

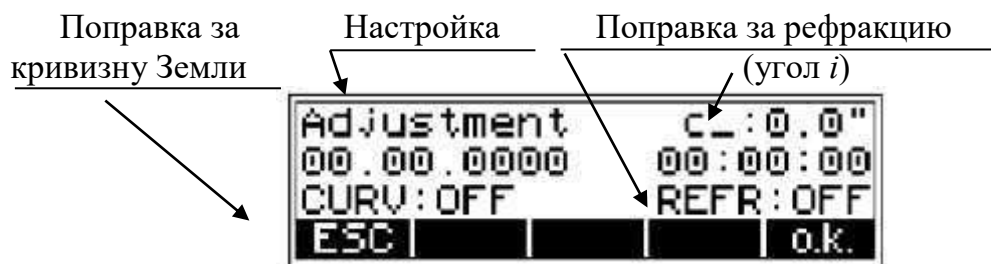


Рис. 12.10. Дисплей поправок

Следующим шагом калибровки прибора является поочередное наблюдение кодовых реек с нивелирных станций в следующей очередности: со станции 1 производится наведение и снятие показаний с рейки А, затем с рейки В. После этого программа нивелира попросит поменять станцию наблюдения и перейти на точку 2. С новой станции производятся аналогичные наблюдения реек А и В.

После успешного завершения процесса юстировки новое значение поправки за наклон визирной оси подсчитывается автоматически. После выполнения измерений выполняют проверку требований, предъявляемых в данном методе к расстояниям, что гарантирует эффективную защиту от ошибок. В случае несоответствия требований появляется сообщение об ошибке.

После снятия отчета с последней рейки программа нивелира выводит на электронное табло значение полученного угла i (ΔC -) (рис. 12.11).



Рис. 12.11. Вывод значения угла i

Одновременно с этим задается вопрос о подтверждении полученного значения для дальнейшего использования поправки в процессе измерений (рис. 12.12). При уверенности, что все условия юстировки были соблюдены, для подтверждения значения необходимо нажать функциональную клавишу Yes.

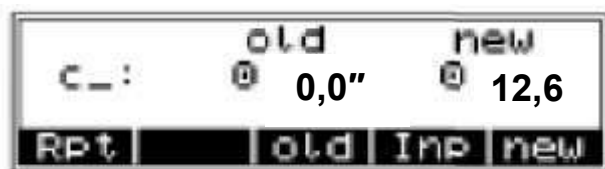


Рис. 12.12. Старое и новое значения угла i

Новое значение угла будет записано в память, при этом старое значение будет удалено.
















ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Маркшейдерско-геодезические приборы являются основной инструментальной базой при выполнении маркшейдерских измерений. Внедрение в технику измерений новых приборов привело к возникновению новых методов выполнения маркшейдерско-геодезических работ. Рассмотренные в учебном пособии основные теоретические положения оптических приборов, принципы действия электронных тахеометров, цифровых нивелиров, анализ источников погрешностей дают более полное представление о преимуществах применения новой измерительной техники.

Спутниковое оборудование

| Логотип фирмы |  |  |  | |  | |  |  | |
|--|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Название | Leica | Sokkia | Topcon | | Trimble | | South | | YOM3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Фото |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Марка прибора | Viva Uno 10,
Viva Uno 15 | GSX2 | NET-G3A | HiPer+ | R5 | R7 | H68 | S86T | GCA-5 |
| Поддерживаемые системы | GPS, ГЛОНАСС (опция) | GPS, ГЛОНАСС, SBAS | GPS, ГЛОНАСС, Galileo | GPS, ГЛОНАСС (опция) | GPS, ГЛОНАСС, SBAS | GPS, ГЛОНАСС, SBAS | GPS, SBAS | GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Compass, Galileo | GPS, ГЛОНАСС, SBAS |
| Принимаемые частоты | L1 | L1, L2 (опция) | L1 (C/A), L2, L2C, L5 | L1, L2 (опция) | L1 (C/A), L2, L2C | L1 (C/A), L2, L2C | L1 | L1 (C/A), L2, L2C, L5 | L1, L2 |
| Число каналов | 14 | 120 | 144 | 40 | 72 | 72 | 14 | 220 | 54 |
| Точность измерений (статика):
План (мм/км)
Высота (мм/км) | 5 + 0.5
10 + 0.5 | 3 + 0.5
5 + 0.5 | 3 + 0.5
5 + 0.5 | 3 + 0.5
5 + 0.5 | 3 + 0.1
3.5 + 0.4 | 3 + 0.1
3.5 + 0.4 | 3 + 1
5 + 1 | 3 + 1
5 + 1 | 5 + 1
10 + 1 |
| Точность измерений (кинематика):
План (мм/км)
Высота (мм/км) | 10 + 1
20 + 1 | 10 + 1.0
15 + 1.0 | - | 10 + 1.0
15 + 1.5 | 10 + 1
20 + 1 | 8 + 1
15 + 1 | 10 + 1
20 + 1 | 10 + 1
20 + 1 | 15 + 1.0
20 + 1.0 |
| Температурный диапазон работы (°C) | -30 - +65 | -20 - +65 | -40 - +65 | -30 - +60 | -40 - +65 | -40 - +65 | -40 - +70 | -40 - +70 | -20 - +50 |
| Время непрерывной работы (час) | до 9 | до 20 | до 40 | до 14 | 10 | 11 | до 16 | до 14 | до 16 |
| Вес (кг) | 0.74/0.90) | 0,85 | 3,1 | 1.72 | 1.5 | 1.5 | 0.6 | 1.35 | 1.0 |

Тахеометры

| Логотип фирмы |  | | | | |  | | | | | | | |
|-----------------------|--|---|---|--|--|---|---|---|---|---|---|--|---|
| Название | Leica | | | | | Sokkia | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Фото |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Серия | FlexLine | Builder | TS30 | Viva | Nova | CX | 50RX | FX | Set X | DX | SX | NET | |
| Марка прибора | TS02power (Arctic), TS06plus R1000 (Arctic), TS09plus R1000 (Arctic), TS09plus R500 (Arctic) | 505 (Arctic) , 509 | TS30 | TS11(I) R1000 Arctic, TS11 R400 Arctic, TS15 I/P R1000 , TS15 P R400 | MS50, TM50, TS50 | CX-102(L) , CX-103 , CX-105(L) , CX-106 | SET 250RX(L) , SET 350RX , SET 550RX(L) , SET 650RX | FX-101 , FX-102, FX-105, | SET1X , SET2X , SET3X , SET5X | DX-101AC , DX-103AC , DX-105AC | SX-101 , SX-103, SX-105 | NET05AX , NET05X , NET1AX , MONMOS | |
| Hz СКП (x") | 1",2",3",5" | 5",9" | 0,5" | 1",2",3",5" | 0,5",1" | 2",3",5",6" | 2",3",5",6" | 1",2",5" | 1",2",3",5" | 1",3",5" | 1",3",5" | 0,5",1" | |
| Единицы младшего разр | 1" | 5" | 0,5" | 1" | 0,5" | 2" | 2" | 1" | 1" | 1" | 1" | 0,5" | |
| Увеличение(X) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| Система считывания | Абсолют. непрерыв., диаметрал. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | |
| Компенсатор (° ' ") | 4' | 4' | 4' | 4' | 4' | 6' | 6' | 6' | 4' | 6' | 6' | 3',4' | |
| Расстояние,м | | | | | | | | | | | | | |
| Без отражателя | 400/500/1000 | 250 | 1000 | 1000 | 1000/2000 | 500 | 400 | 500 | 500 | 1000 | 1000 | 40/100/400 | |
| На отражатель | 3500/7500 | 500/3500 | 3500/10000 | 3500/10000 | 3500/10000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 6000 | 3500 | |
| СКП (мм/км) | 2+2 | 1,5/2+2 | 2/3+2 | 0,6/2+1/2 | 0,6/1/2+1/1,5/2 | 2+2 | 2+2 | 2+2 | 2+2 | 1.5+2 | 1,5/2+2 | 0,5/0.6/1/3+1/2 | |

| Логотип фирмы |  | | | | |  | | |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Название | Topcon | | | | | Trimble | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Фото |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Серия | Серия ES | Серия OS | Серия IS | Серия PS
(Power Station) | Серия Quick Station | M3 DR | S | VX |
| Марка прибора | ES-102(L),
ES-103,
ES-105(L) | OS-101L,
OS-103L,
OS-105L | IS-301 ,
IS-303 ,
IS-305 | PS-101,
PS-103,
PS-105 | QS1A, QS3A, QS5A,
QS1M | M3 DR 1",
M3 DR 2",
M3 DR 3",
M3 DR 5",
M3 DR 5" W (Arctic) | S3 2", S3 5",
S6 1", S6 2",
S6 1", S6 3",
S6 5", S8 DR Plus (HP) | VX Spatial Station |
| Hz СКП (x") | 2",3"5" | 1",3"5" | 1",3"5" | 1",3"5" | 1",3"5" | 1",2",3",5" | 0.5",1",2",3", 5" | 1" |
| Единицы младшего разр. | 2" | 1" | 1" | 1" | 1" | 1" | 0.5" | 1" |
| Увеличение (X) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Система считывания | Абс.,
непр., ди-
ам. | Абс.,
непр.,
диам. | Абс.,
непр., ди-
ам. | Абс., непр.,
диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. |
| Компенсатор (° ' ") | 6' | 6' | 6' | 6' | 6' | 3,5' | 5'/5.4' | 5.4' |
| Расстояние, м | | | | | | | | |
| Без отражателя | 500 | 500 | 250,
2000
(сверхдал.
режим) | 1000 | 250,
2000 (сверхдал. ре-
жим) | 500
(W - 400) | 800 | 800 |
| На отражатель | 5000 | 5000 | 3000 | 6000 | 3000 | 5000 | 2500/5000/5500 | 2500/5500 |
| СКП (мм/км) | 2/3+2 | 2/3+2 | 2/2/10+
2/3/10 | 1,5/2+2 | 2/3/10+
2/2/10 | 2/3+2/3 | 0,8/1/2/4/5+ 1/2 | 1/2/5+2 |

| Логотип фирмы |  | | |  | | | |  | | |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Название | South | | | Nikon | | | | YOM3 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Фото |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Серия | NTS 360 | NTS 370 | R | DTM-322 | NPL-322 | Nivo M | 3Ta5 | 4Ta5 | 5Ta5 | 6Ta3 |
| Марка прибора | NTS 362, NTS 365r | NTS 372, NTS 375 | R10 | DTM-322 3", DTM-322 5" | NPL-322 (2"), NPL-322 (5") | 2.M (LP), 3M (LP), 5M (LP/W) | 3Ta5P(Д) | 4Ta5H | 5Ta5 | 6Ta3 |
| Hz СКП (x") | 2",5" | 2",5" | 2" | 3",5" | 2",5" | 2",3",5" | 5" | 5" | 5" | 3" |
| Единицы младшего разр. | 2" | 2" | 2" | 3" | 2" | 2" | 5" | 5" | 5" | 3" |
| Увеличение (X) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Система считывания | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. | Абс., непр., диам. |
| Компенсатор (° ' ") | 3' | 3' | 3' | 3' | 3' | 3.5' | 5' | 5' | 5' | 5' |
| Расстояние, м | | | | | | | | | | |
| Без отражателя | 300 | 350 | 1000 | - | 200 | 500 | 400 | - | - | 700 |
| На отражателе | 5000 | 5000 | 5000 | 2300 | 3000 | 3000/5000 | 800/2800 | 1000 | 3000 | 5000 |
| СКП (мм/км) | 2/3+2 | 2/5+2 | 2/5+2 | 3+2 | 2/3+2/3 | 2/3+2 | 3+2 | 3+2 | 5+3 | 3/5+2 |

Цифровые нивелиры

| Логотип фирмы |  | |  |  | | |  | |  | |
|---------------------|---|------------|---|--|---------------|---|---|---|---|-------|
| Название прибора | Leica | | Trimble | Topcon | | | Sokkia | | Sicong | |
| Марка прибора | DNA03 | DNA10 | DiNi 0.3 | DL101C | DL102C | DL103AF | SDL30 | SDL50 | DL321 | DL320 |
| Внешний вид |  | |  |  | |  |  |  |  | |
| СКП (мм/км) | | | | | | | | | | |
| инварная | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 0,4 | | | 0,6 | | 0,3 | 0,5 |
| стандартная | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,8 | 1,0 | | 1,5 | 1,5 |
| Оптическое изм., мм | 2,0 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 1,0 | 2,0 | | |
| Время измерения, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Расстояние, м | 1,8 -110 | 1,8 -110 | 1,5 – 100 | 2 – 60 (invar)
else 2 -100 | 2 – 100 | 2 – 60 | 1,6 – 100 | | | |
| Погрешность | 10 мм 20 м | 10 мм 20 м | 20-25 мм
20 м | 10 мм
50 м | 10 мм
50 м | 20мм
20 м | 20 мм 20 м
(100 мм –
50 м) | | | |
| СКП комп | 0,3" | 0,8" | 0,2" | 0,3" | 0,5" | 0,5" | | | 0,3" | 0,3" |
| Диапазон комп. | ± 10' | ± 10' | ± 15' | ± 12' | ± 15' | ± 10' | ± 15' | ± 15' | ± 12' | ± 12' |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

К главе 1

1. Дайте определение показателя преломления оптических средств.
2. В чем различие сортов стекол «крон» и «флинт».

К главе 2

1. Дайте определение преломляющей призмы.
2. Назовите оптические детали маркшейдерских приборов, для изготовления которых используется плоскопараллельная пластина.
3. Что такое ахроматический клин?
4. Каковы назначение и виды призм полного внутреннего отражения, применяющиеся в конструкциях маркшейдерских приборов?
5. Каковы назначение и типы линз, применяемых в конструкциях маркшейдерских приборов?
6. Что такое оптическая сила линзы?

К главе 3

1. Назовите виды aberrаций (оптических искажений).
2. Какова размерность значения дисторсии?
3. Какова размерность разрешающей способности оптической системы?
4. Перечислите причины потерь света в оптических системах.
5. Какова предельная величина качественного увеличения лупы?
6. Штриховой микроскоп. Каковы его точность, устройство?
7. Шкаловый микроскоп. Каковы его точность, устройство?
8. Назовите разновидности оптических микрометров. Каковы его точность, устройство?
9. Что такое рен отсчетного приспособления?
10. Перечислите основные характеристики визирных зрительных труб.
11. Перечислите оптические детали визирной зрительной трубы.

К главе 4

1. Каковы отличия повторительных теодолитов от прочих?
2. Назовите отличия вертикальной осевой системы теодолитов типа Т2 и Т5 от Т30.
3. Перечислите детали теодолита, относящиеся к теодолитной части.
4. Каковы основные требования, предъявляемые к работе горизонтальной осевой системы теодолитов?

К главе 5

1. Назовите типы уровней.
2. Перечислите функции уровней в конструкциях маркшейдерских приборов.
3. Для каких целей переназначен контактный уровень?
4. Для чего предназначены самоустанавливающиеся компенсаторы?
5. В чем заключается полевой контроль работы (состояния) компенсаторов.

К главе 6

1. Опишите последовательность работ при исправлении неперпендикулярности вертикальной оси вращения прибора к оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.
2. Объясните геометрический смысл коллимационной оптики.
3. Каким образом можно исправить коллимационную ошибку теодолита?
4. Объясните геометрический смысл понятия «место нуля (зенита)» вертикального лимба теодолита.
5. Почему рекомендуется производить измерения углов при двух положениях вертикального круга (справа и слева относительно наблюдателя)?
6. Каким образом можно уменьшить влияние эксцентриситета лимба на точность угловых измерений?
7. Назовите требования к горизонтальности визирной оси нивелиров.
8. Объясните геометрический смысл необходимости соблюдения условия «равноплечия» при нивелировании.

К главе 7

1. Для каких пространственных измерений предназначен тахеометр?
2. Для каких маркшейдерских и геодезических работ предназначен нанограммный тахеометр.
3. Охарактеризуйте закономерности изменения погрешностей нанограммных тахеометров в зависимости от расположения визирных целей.
4. Назовите марки наиболее распространенных оптико-механических тахеометров.

К главе 8

1. Назовите основные части конструкции гиротеодолита.
2. Объясните принцип определения истинного азимута стороны полигонометрического хода с помощью гиротеодолита.
3. Назовите причину вынужденных колебаний маятника гироскопа.
4. Назовите марки и точностные характеристики маркшейдерских гиротеодолитов.

К главе 9

1. Какое свойство видов энергии используется для измерения дальности в дальномерях?
2. В чём различие терминов «дальность» и «расстояние»?
3. По каким параметрам сигнала определяется дальность?
4. Чем отличается опорный сигнал от измерительного?
5. Какие виды сигналов применяются в дальномерях?
6. Что такое «предел однозначного измерения»?
7. В чём состоит преимущество апериодического сигнала перед периодическим сигналом и наоборот?
8. Какой вид сигнала обеспечивает более точный режим измерений?
9. Чем объясняется переход в светодальномерях от традиционных источников излучения к лазерным источникам?
10. На каком принципе основан способ отображения результата измерения дальности в цифровых дальномерях?
11. От каких основных параметров зависит случайная погрешность измерений светодальномера?

12. Какой вид помехи является причиной образования систематической погрешности?

13. В какой степени влияет изменение показателя преломления атмосферы на точность измерений?

14. Что такое «дрейф нуля» и каковы способы его устранения?

К главе 10

1. На каком принципе основано считывание направлений с кодовых дисков?

2. Что лежит в основе электронных методов измерения углов?

3. В чём преимущество применения кодовых дисков со штрих-кодовой дорожкой перед кодовыми дисками с периодической штриховой дорожкой?

4. На чём основан принцип динамического считывания направлений и углов?

5. Какие преимущества имеют тахеометры с автоматической системой наведения?

6. Какую функцию выполняют электронные компенсаторы?

К главе 11

1. Чем отличается рейка цифрового нивелира от рейки оптического нивелира?

2. На чём основан принцип преобразования визуального изображения штрих-кода в электрический сигнал?

3. Где и с чем сравнивается изображение сектора штрих-кода рейки в цифровом нивелире?

4. Каким образом устраняется влияние угла i на точность измерений при неравенстве плеч?

5. На чём основан метод определения угла i ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Промышленный образец светодальномера КДГ-3: свидетельство на промышленный образец № 613 / Н. В. Кортев [и др.]*. – Свердловск, 1969.
2. *Зиновьев А. Л., Филиппов Л. И.* Введение в теорию сигналов и цепей: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1968. – 280 с.
3. *Дулевич А. И.* Теоретические основы радиолокации: учеб. пособие. – М.: Советское радио, 1964. – 717 с.
4. *Захаров А. И.* Справочник по геодезическим приборам. – М.: Недра, 1989. – 314 с.
5. *Новые методы и приборы локационной съемки, разработанной в СГИ / Н. В. Кортев [и др.] // Сборник докладов Международного VII маркшейдерского конгресса.* – Т. VI. 1998. – С. 48-50.
6. *Корсунская М. М.* Геодезические приборы. – М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002. – 186 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1. ПРОСТЕЙШИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ПРИБОРЫ | 4 |
| 2. ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ | 8 |
| 3. ОПТИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ
МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ | 12 |
| 4. ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ | 20 |
| 4.1. Недостатки (абберации) оптических систем..... | 20 |
| 4.2. Потери света в оптических системах | 24 |
| 4.3. Оптические системы | 24 |
| 5. ОСИ ВРАЩЕНИЯ
МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ | 34 |
| 5.1. Вертикальные осевые системы теодолитов
и электронных тахеометров | 34 |
| 5.2. Ось вращения визирной зрительной трубы..... | 37 |
| 6. УРОВНИ И САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИЕСЯ КОМПЕНСАТОРЫ..... | 38 |
| 7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ | 41 |
| 7.1. Инструментальные погрешности, исключаемые
из результатов при измерении углов полным приемом..... | 42 |
| 7.2. Погрешность от наклона оси вращения трубы
(из-за неперпендикулярности прибора)..... | 47 |
| 7.3. Погрешность измерения углов за счет эксцентриситета лимба..... | 48 |
| 7.4. Рен отсчетных приспособлений теодолитов | 48 |
| 7.5. Инструментальные погрешности нивелиров | 49 |
| 8. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ТАХЕОМЕТРЫ..... | 52 |
| 9. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ГИРОТЕОДОЛИТЫ..... | 55 |
| 9.1. Принцип работы гиротеодолитов | 55 |
| 9.2. Принципиальная схема устройства гиротеодолита
с маятниковым гироскопом..... | 58 |
| 10. ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ | 62 |
| 10.1. Измерительные сигналы дальномеров..... | 62 |
| 10.2. Измерение дальности..... | 64 |
| 10.3. Светодальномеры и общие положения..... | 66 |
| 10.4. Светодальномеры с непериодическим сигналом..... | 67 |
| 10.5. Светодальномеры с периодическим сигналом..... | 79 |
| 10.6. Основные погрешности дальномеров | 90 |
| 10.6.1. Погрешности дальномеров с нониусной системой | 90 |
| 10.6.2. Погрешность дискретизации | 91 |
| 10.6.3. Погрешности нестабильности масштабной частоты | 93 |

| | |
|--|-----|
| 10.6.4. Влияние флюктуационных оптических
и электрических помех | 94 |
| 10.6.5. Переменная систематическая погрешность | 96 |
| 10.6.6. Погрешность дрейфа нуля..... | 99 |
| 10.6.7. Постоянная систематическая погрешность..... | 100 |
| 10.6.8. Амплитудно-временная погрешность..... | 101 |
| 10.6.9. Погрешность от влияния временной неоднородности
<i>p-n</i> -перехода полупроводникового лазера и фотодиода..... | 102 |
| 10.6.10. Погрешность измерения дальности от изменения
показателя преломления атмосферы..... | 103 |
| 10.7. Устройства отображения информации цифровых дальномеров..... | 107 |
| 10.8. Типы дальномеров..... | 109 |
| 10.9. Акустические дальномеры | 111 |
| 11. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ | 112 |
| 11.1. Общие сведения..... | 112 |
| 11.2. Устройства считывания направлений и углов | 114 |
| 11.2.1. Кодовые устройства считывания направлений и углов..... | 114 |
| 11.2.2. Динамические (временнo-импульсные) системы
считывания направлений и углов..... | 116 |
| 11.2.3. Накопительные устройства считывания
направлений и углов | 118 |
| 11.2.4. Комбинированные системы считывания направлений..... | 119 |
| 11.3. Конструктивные особенности тахеометров | 119 |
| 11.3.1. Электронные уровни (датчики наклона) | 119 |
| 11.3.2. Автоматизированные системы наведения
электронных тахеометров | 121 |
| 12. ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ | 123 |
| 12.1. Общие сведения..... | 123 |
| 12.2. Конструкция и принцип отсчитывания цифровых
нивелиров фирмы Leica GEOSYSTEMS AC..... | 124 |
| 12.3. Определение положения визирной оси при измерениях
по кодовой рейке | 129 |
| 12.3.1. Методы поверки положения визирной оси | 130 |
| 12.3.2. Пример выполнения поверки по методу Ферштнера..... | 132 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 134 |
| Приложение 1. Спутниковое оборудование | 135 |
| Приложение 2. Тахеометры..... | 136 |
| Приложение 3. Цифровые нивелиры..... | 139 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 140 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 144 |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Г. В. Земских, А.А. Шевелёв

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Учебно-методическое пособие

к курсовой работе и практическим занятиям
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Введение

Курсовая работа «Маркшейдерско-геодезические приборы» выполняется в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования, по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Маркшейдерское дело».

В соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений» маркшейдерско-геодезические приборы, как средства измерений входящие в сферу государственного контроля, должны поверяться органами Государственной метрологической службы или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, индивидуальными предпринимателями. Величина межповерочного интервала указывается в сертификате утверждения типа, для геодезических приборов его величина составляет 1 год.

В межповерочный интервал выполняется периодическая технологическая поверка, в задачу которой входит определение соответствия точности измерений паспортным значениям и поддержание применяемых приборов в постоянной рабочей готовности.

Содержанием курсовой работы является освоение методики технологической поверки основных маркшейдерско-геодезических приборов, выполняемой с целью определения действительных значений их технических характеристик, а после их исправления (при необходимости), подтверждения готовности приборов к полевым измерениям. Технологическую поверку выполняет исполнитель геодезических или маркшейдерских работ, как правило, перед их началом или по специальному графику, если работы выполняются круглогодично. Операции, выполняемые при технологической поверке, упрощены, по сравнению с метрологической поверкой и, как правило, не требуют специального лабораторного оборудования и эталонов.

Готовность прибора к работе, обеспеченная и подтвержденная в процессе технологической поверки, означает соответствие геометрических и иных конструктивных требований, предъявляемых к исправному прибору. Исправный теодолит должен обеспечивать измерение горизонтальных и вертикальных углов, электронный тахеометр – углов и длин, нивелир – соответствующих превышений с погрешностями, не выходящими за границы допусков указанных в паспорте.

Методика исследования теодолитов и нивелиров изложена в основных нормативных документах Агентства по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт России): ГОСТ 10529-96. Теодолиты. Общие технические условия, ГОСТ 10528-96. Нивелиры. Общие технические условия. Методика исследований ряда маршейдерско-геодезических приборов изложена в справочной и учебной литературе [1, 2, 3] в ведомственных инструкциях Роскартографии [4, 5, 6] и в руководствах по эксплуатации приборов. Данное методическое пособие не заменяет перечисленные нормативные документы, но, в определённой мере, обобщает и дополняет, так как методики исследований приборов изложены с учётом возможности их применения маршейдерами на горных предприятиях.

Перечень операций по исследованию приборов, в курсовой работе несколько расширен в учебных целях, по сравнению с требованиями, как метрологической [2, 3], так и технологической [1] поверки.

На время выполнения курсовой работы за каждым студентом закрепляются необходимые приборы, за которые он несет личную ответственность. Перед началом измерительных работ студент сдаёт зачёт по правилам эксплуатации геодезических приборов. После окончания измерительных работ студент сдает преподавателю приборы в рабочем состоянии.

В случае, когда невозможно выполнить юстировку или ремонт прибора в условиях лаборатории кафедры, к курсовой работе прилагается

дефектная ведомость с перечнем неисправностей, подлежащих исправлению в специализированной мастерской.

Курсовая работа является индивидуальным документом, в котором приводятся результаты собственных полевых измерений (на уровне отсчетов), результаты математической обработки и выводы.

В заключительной части курсовой работы исполнитель должен приложить таблицу с указанием технических характеристик средства измерений по паспорту и фактическими результатами выполненных исследований.

Многолетняя практика выполнения данной курсовой работы показывает, что студенту для выполнения измерительных, расчетных и оформительских работ требуется 40...50 часов. На исследование приборов в учебном плане отводится 24 часа лабораторных занятий, остальное время предусмотрено за счет часов, отведенных для выполнения расчетной части курсовой работы и ее оформления, а также за счет часов самостоятельной работы студентов.

1. Оптические теодолиты

1.1. Условия проведения поверки

Перед началом поверки маркшейдерско-геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования: температура окружающего воздуха должна быть в пределах $(+ 20 \pm 5)^\circ\text{C}$;

скорость изменения температуры не должна быть более 3°C в час;

относительная влажность не более 90 %.

При проведении поверки вне помещения:

условия видимости должны быть благоприятными, колебания изображения – минимальными;

на приборы не должны падать прямые лучи солнца;

скорость ветра не должна превышать 4 м/с;

измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

В процессе поверки необходимо соблюдать правила работы с приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности. Все результаты поверки заносятся в индивидуальный журнал, который прикладывается к отчёту.

1.2. Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверку внешнего состояния и комплектности производят осмотром. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы, контрастность и четкость одновременной наблюдаемой сетки нитей. Убеждаются в отсутствии коррозии, царапин и других дефектов на приборе, которые могут повлиять на точность измерений.

Маркировка прибора и футляра должна соответствовать ГОСТ 10529, техническим условиям на данный тип и содержать один и тот же порядковый номер прибора.

Комплектность должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в паспорте.

1.3. Опробование

Проверку работоспособности теодолита и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей, отсутствие качаний в наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, перемещения фокусирующей линзы. Проверяют исправность зеркала подсветки шкал,

затяжку всех стопорных и юстировочных (регулируемых) винтов. При проверке теодолита с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер в пределах диапазона компенсации работают нормально. Трубу теодолита устанавливают в плоскости проходящей через ось симметрии подставки. Изменение наклона подставки от горизонтального положения вращением подъемного винта расположенного на оси симметрии подставки на $\pm 3'$ ($\pm 1/6$ оборота) не должно приводить к изменению отсчёта по вертикальному кругу.

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого прибор устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на визирную марку (расстояние 30...40м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего проверяют величину отсчёта. При устойчивом штативе отсчет не должен отличаться более чем на 0,5 значения средней квадратической погрешности прибора данного типа.

1.4. Определение метрологических характеристик зрительной трубы

Исследованию зрительной трубы должно предшествовать изучение ее конструкции по техническому описанию, справочнику [4] или учебному пособию [5]. *В тексте отчета рекомендуется поместить схему принципиального устройства трубы, выданного теодолита с кратким указанием назначения каждого компонента.*

1.4.1. Определение увеличения зрительной трубы

Увеличение зрительных (визирных) труб в технической литературе делят на три основных вида: видимое, продольное, угловое. Понятие «видимое увеличение» относится к случаю, когда оптическая система

работает совместно с глазом. Приближённое значение видимого увеличения V можно определить совмещением видимого в окуляр увеличенного изображения участка нивелирной рейки с участком, видимым невооружённым глазом.

Более точное значение видимого увеличения зрительных труб определяется отношением диаметра зрачка входа $D_{\text{вх}}$ к диаметру зрачка выхода $D_{\text{вых}}$

$$V = D_{\text{вх}} / D_{\text{вых}}$$

В большинстве современных зрительных труб зрачком входа является оправка объектива, внутренний диаметр которой измеряется с помощью штангенциркуля. Измерение зрачка входа следует производить с точностью до 0,1 мм.

Зрачок выхода – это диаметр изображения объектива видимого в окуляр при фокусировке трубы на удаленный предмет. Величина зрачка выхода измеряется на удалении 2...3 мм от оправы окуляра на прозрачном экране с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Для обеспечения чёткого изображения зрачка выхода перед объективом рекомендуется установить источник света (подсветку).

Наиболее точный способ измерения зрачка выхода – при помощи динаметра (специального микроскопа), позволяющего производить отсчеты до 0,01 мм. Если конструкция трубы неизвестна (возможно установлена внутренняя апертурная диафрагма), то для точного определения увеличения трубы на объектив накладывают диафрагму из плотной бумаги с отверстием диаметром 10 мм, измеряют соответствующий диаметр зрачка выхода $D_{\text{вых}}$ и рассчитывают увеличение

$$V = 10 / D_{\text{вых}}$$

У маркшейдерских теодолитов $V \approx (20...30)^x$, где x - символ кратности увеличения (крат).

1.4.2. Определение величины поля зрения трубы

Выбирается четкая, хорошо видимая удаленная визирная цель. Поочередно наводятся на нее диаметрально противоположными краями поля зрения и берут отсчеты по лимбу β_1 и β_2 . Разность отсчетов $\Theta = \beta_1 - \beta_2$ является углом поля зрения трубы. Угол поля зрения трубы ограничивает полевая диафрагма (у большинства зрительных труб теодолитов роль полевой диафрагмы выполняет оправа сетки нитей).

Если известно значение увеличения зрительной трубы, то величину угла поля зрения можно рассчитать по формуле $\Theta \approx 28^\circ / V$, где $28^\circ \approx 0,5$ рад. Сходимость полученных результатов является подтверждением достоверности определенных значений.

1.4.3. Разрешающая способность зрительной трубы

Разрешающая способность зрительной трубы (критический угол зрения) относится к числу важнейших характеристик теодолита. Необходимая разрешающая способность трубы, характеризующаяся наименьшим углом, под которым две точки воспринимаются раздельно, рассчитывается по известной из теоретических основ дифракционной оптики формуле

$$\psi_T = 138'' / D_{\text{вх}},$$

где $D_{\text{вх}}$ - диаметр входного отверстия объектива.

Увеличение, при равных значениях разрешающей способности глаза и зрительной трубы ($\psi_{\text{г}} = \psi_T$), принято называть нормальным

$$V_H = (\psi_{\text{г}}'' / 138'') / D_{\text{вх}} = 0,43 D_{\text{вх}},$$

где $\psi_{\Gamma}'' = 60''$ – среднее статистическое значение угловой разрешающей способности нормального глаза.

$$\psi_{\Gamma}'' = (d_{\Gamma} / \phi_{\Gamma}) \rho,$$

где d_{Γ} – расстояние между светочувствительными элементами глаза ($\approx 0,005\text{мм}$);

ϕ_{Γ} – величина фокусного расстояния глаза ($\approx 23\text{мм}$);

$\rho'' = 206265''$ – величина радиана в угловых секундах.

При $\psi_{\Gamma}'' = 60''$ на расстоянии 250мм (расстояние, при котором глаз работает без перенапряжения) глаз способен различить величину линейного интервала $d = (\psi_{\Gamma} / \rho'') 250 = 0,073 \approx 0,1\text{мм}$.

Именно это свойство глаза лежит в основе достаточно точного отсчитывания доли интервала шкалы «на глаз».

Зрительные трубы маркшейдерско-геодезических приборов, предназначенных для работы в условиях плохой освещенности (подземные горные выработки) обычно имеют видимое увеличение в $1,5 \dots 2$ раза больше нормального (порядка 30^{\times}).

Отсюда угловая разрешающая способность глаза ($60''$), вооруженного зрительной трубой при $V = 30^{\times}$

$$\psi_{\Sigma} = 60'' / V = 2''.$$

В лабораторных условиях разрешающая способность определяется на длиннофокусном коллиматоре ($f \geq 1000\text{мм}$) при рассматривании миры, установленной вместо окуляра коллиматора. Мира (многозначная угловая мера) представляет собой стеклянную пластинку, на которую с большой точностью нанесены группы белых и черных штрихов разной ширины [4]. Угловое расстояние между центрами соседних черных штрихов подписано на мире для каждой группы. Рассматривая миру в центре поля зрения трубы теодолита через объектив коллиматора, можно определить, в какой группе (с

наименьшим угловым расстоянием) видны штрихи всех направлений. Угловое расстояние этой группы и будет являться угловой разрешающей способностью глаза, вооруженного зрительной трубой. Затем определяется разрешающая способность в краевых частях поля зрения трубы по вертикальному и горизонтальному диаметрам.

При отсутствии коллиматора приблизительное значение разрешающей способности ψ_{Σ} можно определить по формуле:

$$\psi_{\Sigma} = d \cdot \rho'' / S_{\text{м}},$$

где d – чётко видимый через трубу интервал между соседними делениями шкалы масштабной линейки в мм, $\rho'' = 206265''$, $S_{\text{м}}$ – максимальная величина расстояния до шкалы в мм, при котором чётко различается интервал d .

При расстоянии $S = 50\text{м}$, $d = 0,5\text{мм}$, $\psi_{\Sigma} = 2''$.

1.4.4. Определение погрешности визирования

Расчётное значение средней квадратической погрешности визирования в работе [7] рекомендуется определять по формуле

$$m''_e = \pm \frac{\Delta''}{12},$$

где Δ'' - величина углового расстояния биссектора сетки нитей.

Угловое расстояние биссектора нитей Δ'' определяется по горизонтальной миллиметровой линейке, расположенной в области предмета на расстоянии S от объектива трубы, перпендикулярно лучу визирования. Рекомендуется величину S выбирать на 1-2 метра больше минимального расстояния фокусирования трубы. По обеим нитям биссектора берутся отсчеты по миллиметровой линейке a_1 и a_2 . Угловое расстояние биссектора вычисляется по формуле

$$\Delta'' = \frac{(a_1 - a_2)_{мм}}{S_{мм}} \cdot \rho''.$$

В работе [7] приведены экспериментальные данные погрешности визирования: при визировании одиночным штрихом $m_B'' = 10''/V$; при биссектировании $m_B'' = 15''/V$.

Меньшее значение m_B'' при визировании одиночным штрихом объясняется тем, что при визировании по принципу совмещения штрихов сетки и визирной марки, угловое расстояние Δ'' одного штриха меньше углового расстояния биссектора. Определение достоверного расчётного значения погрешности визирования m_B является достаточно трудной задачей: так, например, разрешающая способность глаза колеблется от 40'' до 80'', угловое расстояние биссектора сетки Δ'' также не является постоянной величиной.

В ряде учебников величину m_B приравнивают к разрешающей способности вооружённого глаза $m_B = \psi_\Sigma$, что не со всем бесспорно, т.к. не учитывается влияние параметров сетки нитей зрительной трубы и линий визирной марки.

Таким образом, при определении погрешности и визирования необходимо соблюдать общее правило: следует учитывать расстояние до марки и геометрические параметры линий сетки и марки.

1.5. Определение и юстировка инструментальных погрешностей

1.5.1. Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней

Для проверки перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора

необходимо установить уровень параллельно двум подъемным винтам подставки и, вращая их в противоположных направлениях, привести пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду горизонтального круга на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек уровня отклонится от середины, то половину отклонения следует устранить исправительными винтами уровня, а затем повторить проверку.

Проверку и юстировку следует выполнять до тех пор, пока после поворота алидады на 180° пузырек уровня не будет отклоняться более чем на 0,5 деления уровня.

При наличии круглого уровня в теодолите должно выполняться следующее условие: ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения теодолита.

Операция его проверки осуществляется аналогичным образом.

1.5.2. Определение и исправление (юстировка) коллимационной погрешности

Неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси ее вращения вызывает коллимационную погрешность C .

Для проверки теодолита с двусторонней отсчетной системой по лимбу необходимо после приведения прибора в рабочее положение, навести зрительную трубу при КЛ на удаленную в бесконечность (∞ при $S \geq 150$ м) отчетливо видимую цель находящуюся на горизонте прибора (в пределах одного, двух градусов) и записать отсчет КЛ. Затем перевести трубу через зенит, навести ее на ту же цель и записать отсчет КП. Разность отсчетов КЛ – КП должна быть равна 180° . Отклонение разности от 180° равно двойной коллимационной погрешности: $2C = \text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ$.

В теодолитах (Т5, Т15, Т30) с односторонней системой отсчетов по лимбу разность отсчетов $\text{КЛ} - \text{КП}$ будет искажена не только влиянием коллимационной погрешности C , но и влиянием эксцентриситета алидады,

величина которого в отдельных приборах может достигать $\pm 1'$. В этой связи определение коллимационной погрешности указанных теодолитов следует выполнять следующим образом.

После установки теодолита в рабочее положение, визируют его на одну и ту же точку при двух положениях теодолита KL_1 и $KП_1$ и вычисляют разность отсчетов $KL_1 - KП_1$.

Затем открепляют винт подставки, поворачивают теодолит в подставке на 180° , приводят пузырёк цилиндрического уровня в среднее положение, вновь наводят на ту же точку при двух положениях круга и получают разность $KL_2 - KП_2$. Величина двойной коллимационной погрешности будет

$$2C = \frac{(KL_1 - KП_1 \pm 180^\circ) + (KL_2 - KП_2 \pm 180^\circ)}{2}.$$

Для устранения коллимационной погрешности необходимо изменить положение визирной оси относительно оси вращения трубы смещением сетки нитей в горизонтальном направлении или путем изменения направления визирной оси зрительной трубы с помощью клина установленного между объективом и корпусом трубы. Выполняя данную юстировку, не обязательно полностью исправлять коллимацию, достаточно чтобы она не превышала двойного значения СКО измерения угла данным теодолитом.

Теодолиты 2Т2, 2Т5К и их модификации не имеют исправительных винтов сетки, поэтому коллимацию можно исправить только поворотом клина, расположенного перед объективом или между объективной частью трубы и осью ее вращения. Поворот клина приводит к изменению не только коллимации, но и места нуля вертикального круга. Поэтому выполнение данной операции рекомендуется производить в условиях специализированной мастерской.

1.5.3. Определение и юстировка места нуля (места зенита)

Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении зрительной трубы должен быть равен или близок к 0° при оцифровке круга от горизонта или к 90° при оцифровке круга от зенита.

Место нуля M_0 (место зенита MZ) вертикального круга определяют визированием на четко видимую, удалённую на 50 – 100 метров точку, расположенную приблизительно на горизонте прибора, при двух положениях круга и взятием отсчетов КЛ и КП по вертикальному кругу. Перед взятием отсчетов приводят пузырек уровня при вертикальном круге на середину (за исключением приборов с компенсатором).

Вычисление M_0 (MZ) в зависимости от системы оцифровки круга производят по формуле, указанной в инструкции по эксплуатации на конкретный тип теодолита.

Изменение места нуля (места зенита) может быть вызвано различными причинами. Основные из них следующие: изменилось положение оси уровня при вертикальном круге, сместилась сетка нитей в вертикальном направлении, нарушилась балансировка маятника компенсатора.

Для исправления M_0 (MZ) в теодолитах 2Т2, 2Т2П, 2Т2А совмещают концы пузырька уровня при вертикальном круге и берут отсчет по микрометру. Вращением шкалы микрометра изменяют отсчет на величину места зенита (при круге слева отсчет должен быть уменьшен). Вращением наводящего винта уровня точно совмещают изображение штрихов вертикального круга в центральном окне отсчетного микроскопа, после чего юстировочными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня. После этого поверку повторяют.

В теодолитах с компенсаторами порядок исправления не отличается от предыдущего, но после внесения в отсчет исправления на величину MZ

смещение штрихов производят специальным юстировочным винтом компенсатора.

В теодолитах Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П М0 (МZ) исправляют смещением сетки нитей зрительной трубы в вертикальном направлении с помощью юстировочных винтов.

1.5.4. Проверка правильности хода фокусирующей линзы

Погрешность за перефокусирование трубы, связанную с изменением расстояния до марки (визирной цели), необходимо определять по колебаниям коллимации С и М0 (МZ), получаемым при наблюдении марок, установленных на разных расстояниях от прибора. Наблюдаемые марки должны по возможности располагаться в одном створе и на одном горизонте (отклонение не более 3°). При исследовании электронных тахеометров и теодолитов, а также оптических теодолитов типа Т2 и Т5 марки располагаются на удалении от теодолита 2 м; 10 м и (50...100)м, а для оптических технической точности и типа Т15, Т30 – 1,5 м; 5 м; 10 м; (30...60)м.

Измерения проводят в следующей последовательности:

а) устанавливают прибор в положение КЛ, вращением кольца фокусирующей линзы по ходу часовой стрелки добиваются получения чёткого изображения марки, выполняют визирование на центр марки. Отсчитывают по вертикальному и горизонтальному кругам величину визирных направлений для каждого наведения при заданных расстояниях;

б) то же, что и по пункту «а» при фокусировании на марки движением кольца фокусирующей линзы против хода часовой стрелки и наблюдении марок в обратном направлении, сопровождаемом отсчетами по кругам;

в) переводится труба через зенит, выполняется фокусировка трубы по подпункту «б» и регистрация визирных направлений при КП;

г) выполнение операций при круге право по подпункту «а».

Описанные операции составляют одну серию определений значений C и $M0$ (MZ); таких серий должно быть выполнено не менее двух.

Значения C и $M0$ (MZ) вычисляются по формулам, приведенным в инструкциях по эксплуатации приборов.

Расхождение отдельных значений C и $M0$, относящихся к одним и тем же расстояниям, не должны быть более указанных в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Нормативные расхождения определяемых C и $M0$.

| | | | | |
|---|-----|----|----|----|
| СКП измерения углов (секунды) | Z | 5 | 15 | 30 |
| Допустимые расхождения для C и $M0$ (MZ), секунды | 2,5 | 10 | 15 | 60 |

Изменения C и $M0$ (MZ) в зависимости от неправильного хода фокусирующей линзы зрительной трубы и внецентренности зрительной оси определяются по формулам:

$$\Delta C_{i_{cp}} = C_{i_{cp}} - C_{\infty_{cp}}, \quad \Delta M0_{i_{cp}} = M0_{i_{cp}} - M0_{\infty_{cp}},$$

где индексы « i » и « ∞ » при C и $M0$ относятся к конечному (i) расстоянию до марки к положению фокусирующей линзы близкому к «бесконечности» (150м и более).

Значения $\Delta C_{i_{cp}}$ и $\Delta M0_{i_{cp}}$ не должны превышать ошибки измерения углов одним приемом для испытуемого прибора.

1.5.5. Определение цены деления уровней

Определение цены деления цилиндрических уровней приборов необходимо для того, чтобы установить соответствует ли точность уровней паспортному значению (убедиться в отсутствии брака при изготовлении ампул).

Уровни, имеющие излишнюю точность, являются причиной неоправданных затрат времени на установку инструмента; недостаточная точность может привести к ошибкам в измерениях.

Определение цены деления цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по способу наклонного лимба.

Инструмент ставится на жесткое основание так, чтобы один из подъемных винтов был направлен на удаленный, хорошо видимый предмет и приводится в рабочее положение.

Труба наводится на удаленный предмет и берется отсчет по вертикальному кругу β_0 . После чего труба наклоняется на угол ν .

Центр сетки нитей при этом смещается с зрительной цели. На вертикальном круге устанавливается отсчет

$$\beta_1 = \beta_0 - \nu.$$

Вращая передний подъемный винт подставки, трубу снова наводят на тот же удаленный предмет. Таким образом, вертикальная ось инструмента и плоскость лимба будут наклонены на угол ν . Для приборов высокой точности ($m\beta \leq 5''$) следует брать угол ν порядка $20 - 40'$; для инструментов технической точности ($m\beta \geq 15''$) порядка $1^\circ 20'$.

Алидада поворачивается до тех пор, пока пузырек испытываемого уровня не установится в положении 1 (рис. 1.1), берут отсчет по горизонтальному кругу α_1 . Алидаду вращают дальше, пока пузырек уровня не займет положение 2 и берут второй отсчет по горизонтальному кругу α_2 . Находят разность $\Delta\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$, величина которой может колебаться от 5 до 20° в зависимости от ν и τ уровня.

Вычисляют цену деления уровня для высокоточных инструментов по формуле:

$$\tau = \frac{\Delta\alpha \cdot \nu}{\rho \cdot n},$$

для инструментов технической точности по формуле:

$$\tau = 2\rho \frac{\sin(\Delta\alpha/2) \cdot \sin \nu}{n},$$

где $\Delta\alpha''$ - разность отсчетов по горизонтальному кругу;

ν'' – угол наклона вертикальной оси инструмента;

n – число промежутков между делениями уровня, на которое переместился пузырек (рис. 1.1).

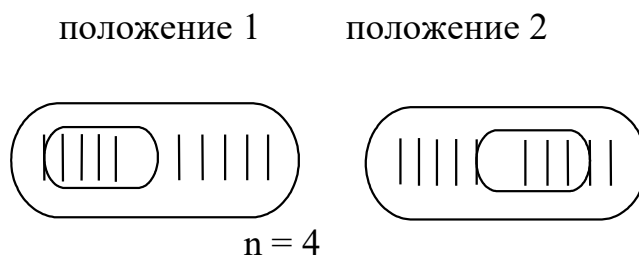


Рис.1.1. К определению цены деления уровня

Определение цены деления уровня при трубе.

Теодолит (2Т30П, 4Т30П) устанавливается на столе или на штативе. Пузырек уровня при трубе приводится в положение 1 (рис 1.1) с помощью микрометричного винта трубы и берется отсчет по вертикальному кругу β_1 , затем пузырек перемещается в положение 2 и берется второй отсчет по вертикальному кругу β_2 .

Цена деления уровня определяется по формуле

$$\tau = \frac{\beta_1 - \beta_2}{n} = \frac{\Delta'' \beta}{n},$$

где n – число делений, на которое переместится пузырек.

Определение цены деления уровней на экзаменаторе.

На экзаменаторе может быть определена цена деления любого уровня, в том числе установочного (круглого), а также проверена работоспособность и оценена чувствительность, диапазон работы компенсатора.

Прибор устанавливается на столик экзаменатора таким образом, чтобы на исследуемый уровень был направлен вдоль базовой балки. Балка, с установленным на ней прибором, с помощью микровинта может отклоняться от горизонтального положения в диапазоне $\pm 20'$. Цена деления лимба лабораторного экзаменатора равна $0'',5$. Данный способ определения цены деления уровня является наиболее точным.

Отсчеты по лимбу экзаменатора берутся при совмещении левого конца пузырька с крайними штрихами левой половины шкалы цилиндрического уровня (рис.1.1), а затем при совмещении правого конца пузырька с крайними штрихами правой половины шкалы. Отсчеты заносятся в таблицу произвольной формы. Вычисляется цена делений для правой и левой половины шкалы уровня по формуле

$$\tau = \frac{\Delta\nu}{n},$$

где $\Delta\nu$ – разность отсчетов по лимбу экзаменатора;

n – количество делений уровня, соответствующее наклону балки экзаменатора на угол $\Delta\nu$.

1.5.6. Проверка работы компенсатора в полевых условиях (для теодолитов с самоустанавливающимся индексом вертикального круга)

Для проверки компенсатора теодолитов, имеющих самоустанавливающийся отсчетный индекс вертикального круга, прибор устанавливают на штативе так, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении зрительной цели. Горизонтируют прибор по уровню при алидаде горизонтального круга наводят на визирную цель и

производят отсчет по вертикальному кругу. Действуя подъемным винтом подставки, наклоняют теодолит на γ (наклон задают по вертикальному кругу), где γ - угол, соответствующий диапазону работы компенсатора. Рабочий диапазон компенсатора примем равным $\pm 5'$.

Наводят зрительную трубу на ту же точку и берут второй отсчет по вертикальному кругу.

Наклоняют ось вращения алидады на угол γ от горизонтального положения, но в противоположную сторону, берут третий отсчет. При нормальной работе компенсатора разность между отсчетами (первым и вторым, вторым и третьим) должна оставаться в допустимых пределах ($2\text{ м}\beta$). Проверку повторяют 2 – 3 приемами. Среднее значение разности, отнесенное к величине наклона прибора в минутах, характеризует систематическую погрешность компенсации на $1''$ наклона вертикальной оси прибора.

Для ускорения процесса установления угла γ его величину можно определить по формуле:

$$\gamma = (0,5/90) \cdot \rho',$$

где 0,5 – стандартное значение шага резьбы подъёмного винта, мм;

90 - длина радиуса от центра подставки до центра подъёмного винта, мм;

$$\rho' = 3438'.$$

Один оборот подъёмного винта соответствует величине $\gamma = 20'$, $1/6$ оборота подъёмного винта соответствует $\gamma = 5'$. Таким образом, наклон вертикальной оси прибора на $\pm 5'$ обеспечивается поворотом соответствующего подъёмного винта на $1/4$ оборота против часовой стрелки от горизонтального положения.

1.5.7. Исследование отсчетных приспособлений

М и к р о с к о п - о ц е н щ и к применяется в теодолитах технической точности (Т30, Theo120). Для правильной работы микроскопа-оценщика требуется, чтобы он имел достаточное увеличение, т.е. чтобы наименьшее деление лимба было видно размером 1,5 – 2мм, нить индекса микроскопа была параллельна делениям лимба и видна без параллакса.

Ш к а л о в ы й м и к р о с к о п применяется, как правило, в теодолитах с точностью отсчета до 0,1 интервала шкалы (2Т30П, Т5).

Для правильной работы шкалового микроскопа необходимо соблюдение следующих условий:

деления лимба и шкалы должны быть видны без параллакса;

штрихи делений лимба должны быть параллельны штрихам делений шкалы;

штрихи шкалы должны приблизительно на 1/10 часть их длины накладываться на штрихи лимба.

Выполнение трех перечисленных условий достигается следующим образом:

вращением окулярного фокусирующего (диоптрийного) кольца добиваются отчетливой видимости шкалы, перемещением верхней линзы объектива (находится в стойке трубы) обеспечивается четкое изображение штрихов лимба.

Еще одним условием, обеспечивающим правильную работу шкаловых микроскопов, является равенство изображения одного деления лимба и расстояния между крайними штрихами шкалы.

Если окажется, что величина изображения деления лимба больше длины шкалы (рен отсчетной системы), то это значит, что увеличение микроскопа излишнее. Для исправления передвигают нижнюю линзу объектива микроскопа вверх, при этом изображение штрихов лимба расфокусируется, тогда перемещением верхней линзы снова добиваются резкого изображения штрихов и отсутствия параллакса. В случае необходимости эту операцию повторяют. Если окажется, что изображение

интервала лимба меньше, чем длина шкалы, то это значит, что увеличение недостаточное. Для исправления нижнюю линзу микроскопа необходимо опустить, а верхней линзой устранить расфокусировку.

Как бы тщательно не была произведена установка микроскопов, строгого равенства величины интервала лимба величине интервала шкалы во всём диапазоне лимба добиться сложно из-за погрешностей делительной машины, поперечных колебаний лимба и т.д. Поэтому определение рена отсчетной системы является одной из основных операций.

О п р е д е л е н и е р е н а о т с ч е т н ы х п р и с п о с о б л е н и й

Определение рена шкалового микроскопа (теодолиты 2Т30П, Т5) производится по результатам сопоставления длины шкалы с расстояниями между штрихами лимба. Нулевой штрих шкалы с максимальной точностью совмещается со штрихом лимба и берется отсчет «а» по правому концу шкалы.

Сопоставление шкалы с делениями лимбов производится на следующих установках

Горизонтальный круг

Прямой ход 0; 60; 120; 180; 240; 300°.

Обратный ход 30; 90; 150; 210; 270; 330°.

Вертикальный круг

Прямой ход 354; 357; 0; 3; 6; 9°.

352; 355; 358; 1; 4; 7°.

Среднее значение рена находят по формуле

$$r = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_i.$$

Среднее значение рена не должно превышать средней квадратической ошибки измерения угла одним приемом исследуемым теодолитом.

Проверка рена одностороннего оптического микрометра выполняется в следующем порядке[3]: устанавливают алидаду на отсчёт 0° , измеряют интервал между штрихами лимбов. Для теодолита ТТ4 0 и 20' далее - на отсчёт 45° , измеряют интервал между штрихами 20 и 40' далее - на отсчёт 90° , измеряют интервал между штрихами 40 и 60' далее на отсчёт 135° - вновь измеряют интервал между штрихами 20 и 40' т.д. Порядок измерений, записи результатов, вычислений приведен также в учебнике Гусева Н.А. [12].

Чтобы определить рен двухстороннего оптического микрометра (теодолиты серии Т2, Theo 010), на шкале исследуемого теодолита устанавливают отсчет, близкий к нулю, и приблизительно совмещают с помощью наводящего винта алидады диаметрально противоположные штрихи A и $(A + 180^\circ)$ верхнего и нижнего изображений лимба. После этого по барабану оптического микрометра берут отсчеты при трех точных совмещениях штрихов:

A_1 – при совмещении штрихов A и $(A + 180^\circ)$;

A_2 – при совмещении штрихов $(A + 180^\circ)$ и $(A - \mu)$;

A_3 – при совмещении штрихов $(A + 180^\circ - \mu)$ и A ,

где $\mu = 20'$ - величина наименьшего деления круга (лимба).

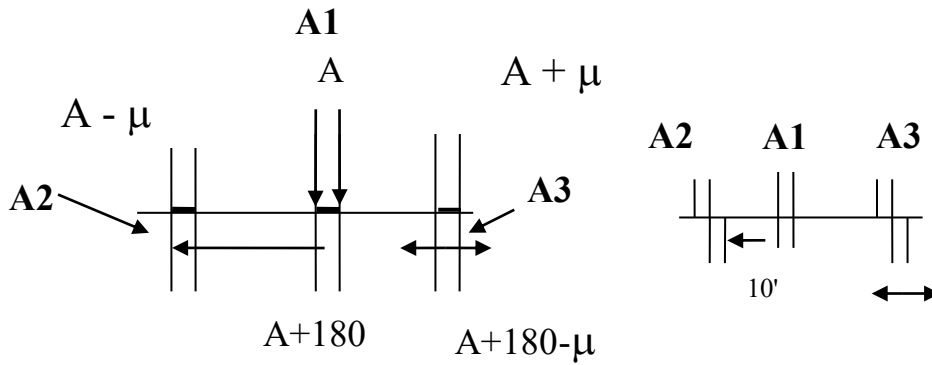


Рис. 1.2. Схема перемещения и совмещения штрихов

Рен верхнего и нижнего изображений находят по формулам

$$r_B = (A_1 - A_2)\mu_0 + \mu / 2;$$

$$r_H = (A_1 - A_3)\mu_0 + \mu / 2,$$

где μ_0 – цена деления шкалы микрометра.

Далее вычисляют среднее значение рена

$$r = (r_B + r_H) / 2.$$

Установка алидады горизонтального круга для теодолитов с делениями 20' (типа Т2):

Прямой ход 0°00'; 45°20'; 90°40'; 135°00'; 180°20'; 225°40'; 270°00'; 315°20'.

Обратный ход 22°20'; 67°40'; 113°00'; 157°20'; 202°40'; 248°00'; 292°20'; 337°40'.

Если величина рена превышает допустимую, то в результаты измерений вводят поправки

$$\delta_a = 2ra / \mu,$$

где a – отсчет по микрометру.

Установку вертикального круга выбирают в диапазоне $\pm 10^\circ$ относительно горизонтального положения трубы через интервал ($2^\circ + \mu$) в прямом и обратном ходах.

В полевых условиях допускается выборочный контроль рена на четырех установках алидады $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ и 270° (для вертикального круга $358^\circ, -2^\circ, 0^\circ, +2^\circ$).

1.5.8. Определение эксцентриситетов горизонтального круга (лимба) и алидады

Эксцентриситет горизонтального круга ($\varepsilon_{г.к.}$) теодолитов типа Т2, Theo 010 (двухсторонний отсчет) определяют по изменению разностей отсчетов при совмещении диаметрально противоположных штрихов круга «а» (для установок круга через 60° отсчет «а» по шкале микрометра делают всегда $5'00''$) и одного из штрихов круга с индексом «а'». Для теодолитов Т2 вместо индекса используют штрих вертикального круга, видимый после поворота переключающей призмы на 45° . Для каждой установки круга получают разности

$$v = 4(a - a_1).$$

Пример определения параметров эксцентриситета горизонтального круга (лимба) для теодолита Т2, расчетным способом приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Определение эксцентриситета горизонтального круга

Дата 18.03.2016 г.

Теодолит Т2 № 105125

$$a = 5'00''$$

$$v = 4(a - a_1)$$

| φ | Прямой ход | | Обратный ход | | v | vsinφ | vcosφ | xsinφ | ycosφ | v'' |
|----|-------------------|------|-------------------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | a ₁ '' | v'' | a ₁ '' | v'' | | | | | | |
| 0° | 4'53 | + 28 | 4'54 | + 24 | + 26 | 0,0 | + 26,0 | 0,0 | - 0,6 | + 25,4 |
| 60 | 52 | + 32 | 52 | + 32 | + 32 | + | + 16,0 | + 6,2 | - 0,3 | + 31,9 |
| | 51 | + 36 | 50 | + 40 | + 38 | 27,8 | 1,0 | + 7,1 | 0,0 | + 33,1 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|------|------|--------|--------|------|-------|--------|
| 120 | ... | ... | ... | ... | ... | + 38,0 | ... | ... | ... | ... |
| ... | 4'54" | +24 | 4'54" | + 24 | + 24 | ... | + 20,9 | -3,6 | + 0,5 | + 22,9 |
| 300 | | | | | | -12,0 | | | | |
| | | | | Σ | 156" | +21,2 | + 1,9 | 0,0 | 0,0 | + 156" |

$$v = (v' + v'') / 2; \quad v^{\circ} = v_0 + x \sin \varphi + y \cos \varphi;$$

$$v_0 = \sum v / 6 = + 26''; \quad \operatorname{tg} \varphi_{\text{ЭК}} = \frac{-\sum v \cos \varphi}{\sum v \sin \varphi} = \frac{-1,9}{21,2} = - 0,09;$$

$$x = \frac{\sum v \sin \varphi}{n/2} = \frac{+ 21,2}{3} = + 7,1''; \quad \varphi_{\text{ЭК}} = 355^{\circ};$$

$$y = \frac{-\sum v \cos \varphi}{n/2} = \frac{-1,9}{3} = - 0,6''; \quad \varepsilon_{\text{Г.К.}} = \frac{1}{2} \sqrt{x^2 + y^2} = 3,6'';$$

$$l_{\text{Г.К.}} = \varepsilon_{\text{Г.К.}} \cdot R / \rho'' = \frac{3,6 \cdot 45000}{206265} = 0,76 \text{ мкм},$$

где $\varphi_{\text{ЭК}}$ – отсчет по лимбу, соответствующий направлению линейного эксцентриситета лимба;

$\varepsilon_{\text{Г.К.}}$ – эксцентриситет лимба в угловой мере;

$l_{\text{Г.К.}}$ – линейный эксцентриситет горизонтального круга, мкм;

R – радиус горизонтального круга, мкм.

На рисунке 1.3 приведен график, характеризующий эксцентриситет круга. Величина $2\varepsilon_{\text{Г.К.}}$ соответствует амплитуде кривой, изображенной на графике.

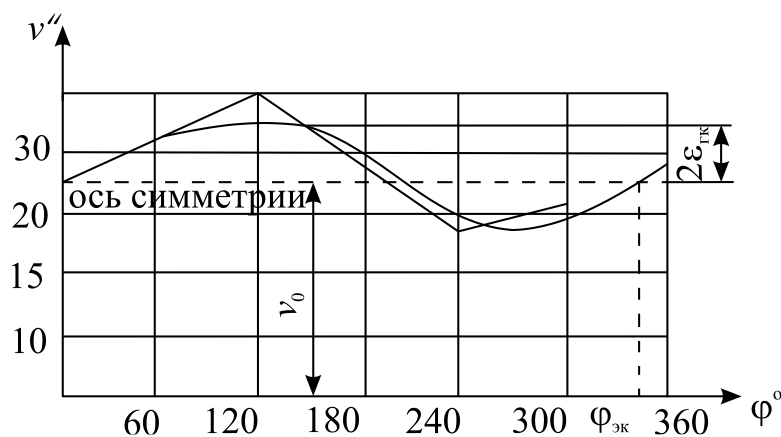


Рис. 1.3. График углового эксцентриситета лимба и определение его элементов $2\varepsilon_{г.к.}$, $\varphi_{эк}$

Эксцентриситет горизонтального круга теодолитов Т 5, О Т Ш, Т Т 4, Т 15, Т 30, Theo 015В (односторонний отсчет) определяют по изменению горизонтального угла, близкого к 180° , задаваемого установками φ и $\varphi + 180^\circ$ алидады при отсчете φ по лимбу, т.е. производится измерение угла при КП между двумя марками, расположенными на одной прямой с теодолитом.

$$\text{В этом случае } v = \beta_\varphi - \frac{1}{n} \sum_1^n \beta_\varphi,$$

где β_φ - значение угла на установке φ круга;

n – количество установок круга ($n = 6$).

Измерения проводят в пределах одного оборота круга в прямом и обратном ходах.

Эксцентриситет алидады теодолитов типа Т 2 (двухсторонний отсчет) проверяется следующим образом.

На каждой установке алидады (через 60°) совмещают изображение диаметрально противоположных штрихов круга (отчет « a »), а затем совмещают изображение верхнего штриха с неподвижным индексом в поле зрения отсчетного микроскопа (отсчет « a' »). Изменения разностей $v = 4(a - a')$ характеризует эксцентриситет алидады.

Конструкция системы осей оптических теодолитов такова, что для характеристики вращения алидадной части необходимо снятие отсчетов «а» и «а'» при двух полных оборотах алидады.

Эксцентриситет алидады горизонтального угла у теодолитов с односторонним отсчетом (Theo 015В, Т 5, О Т Ш, Т Т 4, Т 15, Т 30) определяют по изменению значения $2C$ (двойная коллимация) при наблюдении визирных марок, расположенных через 60° на одном горизонте и приблизительно равном удалении от теодолита.

Труба теодолита наводится поочередно на марки при КЛ и берутся отсчеты. Делается два оборота алидады. Затем аналогично выполняются наблюдения при КП.

Вычисляются средние отсчеты на марки.

$$КПи = (КПи_1 + КПи_2) / 2; \quad КЛi = (КЛi_1 + КЛi_2) / 2.$$

Находят разности

$$v_i = КПи - КЛi.$$

Вычисление параметров эксцентриситета алидады горизонтального круга и их графическое определение производятся аналогично приведенным в таблице 1.2 и на рисунке.1.3.

При анализе результатов исследования эксцентриситета следует иметь в виду, что, при качественно выполненных измерениях, значения величин v и v° должны совпадать в пределах точности измерения углов данным теодолитом.

После определения эксцентриситетов круга ($\varepsilon_{г.к.}$) и алидады (ε_a) рассчитываются эксцентриситет оси ($\varepsilon_{оси}$) и максимальный эксцентриситет (ε_{max})

$$\varepsilon_{\text{оси}} = \sqrt{\varepsilon_a^2 - 2\varepsilon_a \cdot \varepsilon_{\text{ЭК}} \cdot \cos(\varphi_{\text{ЭА}} - \varphi_{\text{ЭК}})} + \varepsilon_{\text{ЭК}}^2 ;$$

$$\varepsilon_{\text{max}} = \varepsilon_{\text{оси}} + \varepsilon_{\text{г.к.}}$$

В табл.1.3 приведены допустимые значения углового эксцентриситета алидады для различных теодолитов, а также значения эксцентриситета, установленные заводом-изготовителем.

За допустимый максимальный эксцентриситет (ε_{max}) принимается двойной заводской допуск на ε_a .

Таблица 1.3

Допустимые значения углового эксцентриситета

| | Для теодолитов | | |
|------------|------------------------|--------------------|------------------|
| | 2Т2, 2Т2П, 2Т2А, 3Т2КП | 2Т5К, 2Т5КП, 3Т5КП | Т30, 2Т30, 2Т30П |
| Допустимый | 40" | 40" | 7' |
| Заводской | 30" | 30" | 30" |

Для определения максимального влияния эксцентриситета вертикального круга выбирают линию на местности длиной не менее 300 м. На одном ее конце устанавливают поверяемый теодолит, приводят в рабочее положение и тщательно измеряют рулеткой высоту прибора до горизонтальной оси (l) с округлением результата до 1 мм. На другом конце устанавливают рейку, веху или марку на штативе так, чтобы точка визирования находилась на высоте горизонтальной оси теодолита l . Измеряют угол наклона $a_{\text{пр}}$ полным приемом. Затем меняют теодолит и визирную цель местами и измеряют угол $a_{\text{обр}}$ в обратном направлении, сохранив при установке теодолита высоту горизонтальной оси l .

Максимальное влияние эксцентриситета вертикального круга определяют по формуле

$$\varepsilon_{\text{вк}} = \frac{a_{\text{пр}} - a_{\text{обр}}}{2 \cos \alpha},$$

где a – среднее значение угла из прямых и обратных измерений.

Для контроля погрешности $\varepsilon_{\text{вк}}$ измерение повторяют и за окончательный результат принимают среднее значение.

1.5.9. Определение наклона горизонтальной оси теодолита (электронного теодолита) (неравенство подставок)

Для точных и высокоточных теодолитов (при $C < 2''$) наклон горизонтальной оси (p), обусловленный неперпендикулярностью оси вращения трубы и вертикальной оси теодолита, определяют по изменению коллимационных ошибок C_0 , C_1 и C_2 , получаемых при наблюдении визирных целей, расположенных в одном створе с отклонением от створа не более $\pm 1^\circ$ в горизонтальной плоскости и расположенных под углом $\alpha_0 = 0^\circ$, $\alpha_1 \geq 20^\circ$ и $\alpha_2 \geq -20^\circ$ в вертикальной плоскости.

С целью исключения влияния качки вертикальной оси вращения число приемов определения значений C_0 , C_1 и C_2 должно быть четным и составлять два и более.

Значение p вычисляют по формуле

$$p = \frac{1}{2} \left(\frac{C_1 - C \sec \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_1} + \frac{C_2 - C \sec \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_2} \right).$$

Среднюю квадратическую погрешность определения p вычисляют по формуле

$$m_p = \frac{m_c}{\cos \alpha_1} \sqrt{1 + \sin^2 \alpha_1},$$

где m_c – средняя квадратическая погрешность значения C , вычисляемая по внутренней сходимости результатов определения коллимационной погрешности.

Результаты измерений помещаются в таблицу произвольной формы.

Если у поверяемого точного или высокоточного теодолита $C > 2''$, то применяется упрощенная методика определения неперпендикулярности оси вращения трубы и вертикальной оси прибора.

После тщательной поверки положения цилиндрического уровня теодолита, наводят зрительную трубу на четкую точку, расположенную под углом не менее 15° к горизонту. Берут отсчеты КП и КЛ по горизонтальному кругу. Значение неперпендикулярности осей p вычисляют по формуле

$$p = 1 / 2(\text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ) \text{ctg}\alpha,$$

где α - угол наклона линии визирования.

Для теодолитов технической точности, у которых преобладающей является погрешность отсчитывания, рекомендуется способ без использования отсчетного приспособления.

Теодолит тщательно горизонтируют (отклонение не больше 0,5 деления цилиндрического уровня) и наводят трубу на высоко расположенную точку ($\alpha > 20^\circ$) последовательно при двух положениях круга. После каждого наведения проецируют центр сетки нитей на шкалу линейки или штриховой меры, установленной горизонтально в 20 – 30 м от теодолита, примерно на уровне горизонта прибора, перпендикулярно к линии визирования. При проецировании берут отсчеты α_1 и α_2 по шкале. Значение p вычисляют по формуле

$$p = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2S} \rho \text{ctg}\alpha,$$

где S – расстояние от прибора до шкалы; $\rho = 206265''$.

Измерения должны выполняться четным числом приемов (2) с целью исключения влияний качки вертикальной оси, и за окончательное значение p принимают среднее из всех приемов.

1.5.10. Проверка оптического центра

В отъюстированном теодолите визирная ось оптического центра должна совпадать с вертикальной осью вращения.

Для проверки выполнения данного условия теодолит устанавливают на штатив, закрепляют станковым винтом и тщательно горизонтируют. Под штатив кладут лист бумаги с нанесенным на ней крестом.

Окуляр оптического центра устанавливают на резкое изображение перекрестия (или кольца), а перемещением объектива добиваются резкого изображения креста, отмеченного на листе бумаги. Передвижением листа в нужном направлении добиваются совмещения креста на листе с центром сетки оптического центра.

Поворачивают трижды верхнюю часть теодолита на 120° и отмечают проекцию центра сетки на листе бумаги. В отъюстированном центре при повороте алидады изображение выбранной точки должно совпадать с проекцией центра сетки нитей.

Если это условие не выполняется, при помощи отвертки вращают винты, которые изменяют положение оправы призмы центра. Положение призмы необходимо изменить настолько, чтобы уменьшить вдвое видимое смещение центра сетки относительно изображения выбранной точки. После этого с помощью подъемных винтов заново центрируют и повторяют юстировку до тех пор, пока при вращении алидады не будет смещения проекции центра сетки относительно выбранной точки.

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ

2.1 Проверка погрешности визирования

Проверка визирной системы (зрительной трубы) электронного теодолита, принципиально ничем не отличается от проверки аналогичных

систем оптико-механических приборов т.к. в том и другом случае основным критерием точности визирования является разрешающая способность вооружённого глаза и параметры визирной сетки (см. раздел 1.1).

В автоматизированных приборах основным критерием, определяющим погрешность визирования, является разрешающая способность фотоэлектрической матрицы, на которую проецируется изображение визирной марки (цели). Существует эмпирическая формула [8], связывающая разрешающую способность фотоэлектрической матрицы ψ_{ϕ} и объектива ψ_0

$$\psi_{\Sigma\phi} = (\psi_{\phi} \cdot \psi_0) / (\psi_{\phi} + \psi_0).$$

Так, например, при погрешности визирования тахеометра Leica Geosystems типа TS – 30 $m_B = 0,5''$ и разрешающей способности объектива $\psi_0 = 2''$, принимая $\psi_{\Sigma\phi} \approx m_B$, получим разрешающую способность матрицы $\psi_{\phi} \approx 0,7''$.

Дальнейшее уменьшение погрешности визирования достигается определением центра изображения марки на фотоэлектрической матрице визирного устройства. Погрешности визирования подобных автоматизированных электронных тахеометров $m_B = 0,5'' \dots 1''$ [8].

2.2. Отсчётные устройства

Отсчётные устройства электронных угломерных приборов по принципу считывания величины угла можно разделить (рис.3.9) на четыре основных типа: односторонний (на алидаде закреплена одна фотоэлектрическая матрица А), двусторонний (две матрицы А и В), четырёхсторонний (две пары матриц А,В и С,Д).

Средняя квадратическая погрешность измерения углов при увеличении количества матриц уменьшается в \sqrt{n} раз, где n- количество считывающих матриц.

Примером угломерного устройства с 4-мя матрицами является отсчетная система тахеометра Leica Geosystems TS – 30 с точность отсчитывания 0,1". Фактическая погрешность отсчитывания электронных теодолитов (тахеометров) не может быть определена как самостоятельный параметр. Она входит как составляющая в погрешность измерения угла, которая определяется на эталонной автоколлимационной установке в лабораторных условиях при метрологических исследованиях.

2.3. К определению эксцентриситета горизонтального круга, алидады, коллимационной погрешности С и отсчета по вертикальному лимбу при горизонтальном положении трубки (места нуля М0)

Причиной образования погрешности эксцентриситета является (как и в оптических теодолитах) практическая невозможность совместить без погрешностей центр вращения алидады o_2 с центром вращения кодового диска o_1 . При смещении o_2 на величину r образуется угловая погрешность $\Delta\varphi = (\arcsin r/R) \cdot \sin \Theta$ или с учётом малой величины $\Delta\varphi$

$$\Delta''\varphi = (r \cdot \rho'' / R) \cdot \sin \Theta^\circ,$$

где Θ° - угол поворота алидады;

R – радиальное значение длины радиуса от центра вращения алидады до считывающей фотоэлектрической матрицы.

При наличии эксцентриситета радиус R можно представить в виде радиуса переменной величины, длина которого изменяется в зависимости от угла поворота $R' = R \cdot \sin \Theta^\circ$. Путь, пройденный считывающей фотоэлектрической матрицей, размещённой на алидаде, при переменном значении радиуса алидады R' , является окружностью эллипса (рис.2.1).

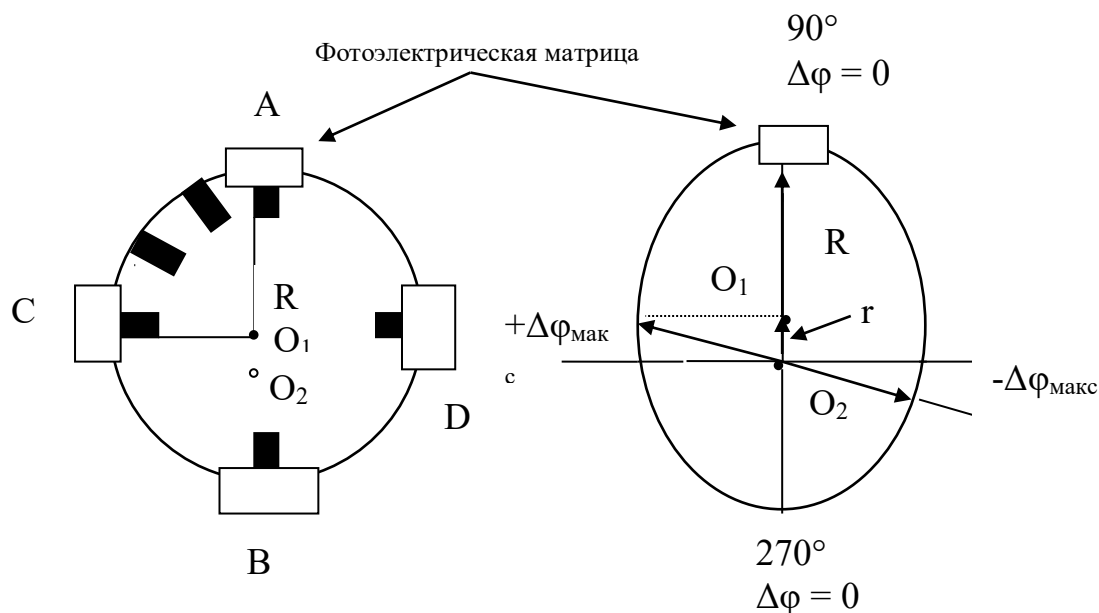


Рис. 2.1 Зависимость погрешности $\Delta\varphi$ от угла поворота алидады.

Эллипсоидальный характер кривой зависимости погрешности $\Delta\varphi$ от угла поворота алидады при наличии эксцентриситета, позволяет сделать вывод, что наличие погрешности $\Delta\varphi$, указывает на возможность образования и рена отсчётной системы, особенно в ортогональных направлениях.

Кроме смещения центра вращения алидады погрешность типа $\Delta\varphi$ может возникнуть при смещении самих фотоэлектрических матриц. Поэтому определение эксцентриситета лимба или алидады при отсутствии специальной юстировочной аппаратуры является сложной задачей. В электронных теодолитах влияние погрешности эксцентриситета сводится к минимуму в процессе поверки (калибровки) коллимации С и места нуля М0 в режиме «настройка», которые определяются с учётом влияния эксцентриситета и коллимационной погрешности. При значениях С и М0 превышающих допуск, на дисплее появляется сообщение о превышении допустимого значения. Однако, даже при отсутствии предупреждения, рекомендуется получить подтверждение результата калибровки повторной поверкой коллимации С и места нуля М0 традиционным способом, так как

работать на границе допуска не рекомендуется из-за возможного риска образования предельно допустимых погрешностей измерений.

В отличие от оптических теодолитов в электронных в результате измерений автоматически вносится поправка за C и место нуля M_0 .

Подтверждение соответствия коллимации C и места нуля M_0 на разные визирные цели значениям C и M_0 прибора определенным при поверке, свидетельствует о правильном согласовании кодового диска, фотоэлектрических матриц установленных на алидаде, о согласованном положении визирной оси и отсутствии ошибки хода фокусирующей линзы. Методика определения изложена в разделах 1.5.4, 1.5.8.

В высокоточных приборах предусмотрена программа поверки наклона горизонтальной оси вращения трубы (неравенство подставок). Методика определения изложена в разделе 1.5.9.

В заключение следует отметить, что в электронных теодолитах, в отличие от оптикомеханических, в результаты измерений автоматически вводятся фиксированные поправки за C и M_0 , не смотря на то, что их значения могут меняться для различных визирных целей в результате влияния выше упомянутых инструментальных погрешностей. Таким образом, измерение углов полным приемом электронными теодолитами не приводит к исправлению инструментальных погрешностей, а лишь увеличивает количество измерений.

3. ОПТИЧЕСКИЕ НИВЕЛИРЫ

3.1. Условия проведения поверки

Перед началом поверки маркшейдерско-геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования:

температура окружающего воздуха должна быть в пределах $(+ 20 \pm 5)^\circ \text{C}$;

скорость изменения температуры не должна быть более 3°C в час;

относительная влажность не более 90 %.

При проведении поверки вне помещения:

условия видимости должны быть благоприятными, колебания изобращения – минимальными;

на приборы не должны падать прямые лучи солнца;

скорость ветра не должна превышать 4 м/с;

измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

В процессе поверки необходимо соблюдать правила работы с приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности. Все результаты поверки заносятся в индивидуальный журнал, который прикладывается к отчёту.

3.2. Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверку внешнего состояния и комплектности производят осмотром. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы, контрастность и четкость одновременной наблюдаемой сетки нитей, концов пузырька контактного уровня, шкалы микрометра (для высокоточных нивелиров) и зрительной цели (рейки). Убеждаются в отсутствии коррозии, царапин и других дефектов на приборе, которые могут повлиять на точность измерений.

Маркировка прибора и футляра должна соответствовать ГОСТ 10528, техническим условиям на данный тип нивелира и содержать один и тот же порядковый номер прибора.

Комплектность нивелира должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в паспорте.

3.3. Опробование

Проверку работоспособности нивелира и взаимодействие его подвижных узлов производят опробованием. При опробовании обращают внимание на исправность всех частей нивелира, отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах; плавность вращения окуляра, элевационного винта, регулирующего наклон зрительной трубы в вертикальной плоскости и перемещения фокусирующей линзы. Проверяют исправность зеркала подсветки уровня, затяжку всех стопорных и юстировочных (подстроечных) винтов, фиксирующих наклон уровня. Юстировочные винты должны занимать среднее положение. При проверке нивелира с компенсатором необходимо убедиться, что подвесная система компенсатора и демпфер в пределах диапазона компенсации работают нормально (изменение наклона трубы от горизонтального положения при вращении подъемного винта подставки на $\pm (1-2)$ оборота не должно приводить к изменению положения зрительной оси трубы).

Проверяют исправность штатива. Подтягивают все винты и гайки на штативе и проверяют его устойчивость. Для этого нивелир с контактным уровнем устанавливают на штатив и приводят его в рабочее положение; наводят трубу на рейку (расстояние до рейки 30 ... 40 м) и запоминают отсчет. Затем к головке штатива прилагаются легкие вращательное (вокруг вертикальной оси) и вертикальное (сверху вниз) усилия, после чего опять отсчитывают по рейке. При устойчивом штативе отсчет по рейке не должен отличаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на 1 и 2 мм для нивелиров типа Н-3 и Н-10 соответственно.

3.4. Проверка правильности установки цилиндрического

и установочного уровней

Проверка правильности установки цилиндрического уровня производится следующим образом. Ось цилиндрического уровня располагается параллельно двум подъемным винтам нивелира и пузырек уровня выводится на середину. Верхняя часть нивелира поворачивается на 180° . Если пузырек отклонится от среднего положения, то его перемещают к середине на половину отклонения вертикальными юстировочными винтами уровня, а оставшуюся половину – подъемными винтами нивелира. Затем нивелир поворачивается на 90° и третьим винтом пузырек уровня приводится в среднее положение.

Проверка выполняется несколько раз, до соблюдения условия, когда отклонение пузырька от середины при повороте нивелира на 180° не превышает 2 мм.

После юстировки цилиндрического уровня пузырек установочного (круглого) уровня должен находиться в центре круговой шкалы. Если условие не соблюдено, следует выполнить приведение пузырька в центр (нуль-пункт) юстировочными винтами установочного уровня.

Отвесная плоскость, проходящая через ось цилиндрического уровня, должна быть параллельна отвесной плоскости, проходящей через визирную ось.

Для проверки данного условия нивелир устанавливается на расстоянии (40 ... 50 м) от рейки, при этом один подъемный винт подставки должен быть направлен в сторону рейки. Прибор по показаниям цилиндрического уровня тщательно горизонтируется и по центру сетки нитей берется отсчет по рейке.

Далее правый и левым подъемными винтами, вращая их на один - два полных оборота, нивелир наклоняется вправо, а затем влево (при этом отсчет по рейке не должен изменяться).

Если при наклонах нивелира с контактными уровнями концы пузырька контактного уровня расходятся, то уровень приводится на середину с помощью его боковых юстировочных винтов.

3.5. Проверка правильности установки сетки нитей

Проверку правильности установки сетки нитей производят для того, чтобы убедиться, что вертикальная нить сетки тщательно отгоризонтированного прибора совпадает с отвесной линией, а горизонтальная нить сетки перпендикулярна к вертикальной оси нивелира.

На удалении 10 – 15 м от нивелира подвешивают отвес. Приводят нивелир в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на нить отвеса. Если один конец вертикальной нити сетки отклоняется от нити отвеса более чем на 0,5 мм (определяется при помощи линейки), то установку сетки нитей исправляют. Для этого отвинчивают винты, крепящие окулярную часть, и отсоединяют ее от корпуса трубы, тем самым освобождают доступ к оправе сетки нитей. Ослабив винты, крепящие оправу, слегка поворачивают в нужном направлении (до совпадения изображения вертикальной нити сетки и нити отвеса). После этого винты закрепляют и устанавливают на место окулярную часть.

3.6. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол i)

В полевых условиях определение угла i может быть выполнено одним из следующих способов:

- 1) нивелирование вперед;
- 2) нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперед;
- 3) нивелирование из середины с различными плечами.

Количество приемов измерений в любом из способов должно быть не менее трех. За окончательное значение угла i принимается среднее

арифметическое из трех результатов, если расхождение между ними не превышает 5". Окончательное значение угла i по абсолютной величине не должно быть более 10" для всех типов нивелиров.

Более точным из перечисленных способов является первый, более оперативными – второй и третий.

Порядок определения угла i вторым способом следующий.

На точках 1 и 2, расположенных на взаимном расстоянии 40 – 60м, устанавливаются рейки (рис.3.1). Нивелир устанавливают посередине на точке А и берут отсчеты по рейкам l_1 и l_2 . Переносят нивелир в точку 3, удаленную от точки 2 на 6 – 8 м внутри створа между рейками, и берут отсчеты l'_1 и l'_2 по рейкам. Выполняют не менее 3-х приемов измерений.

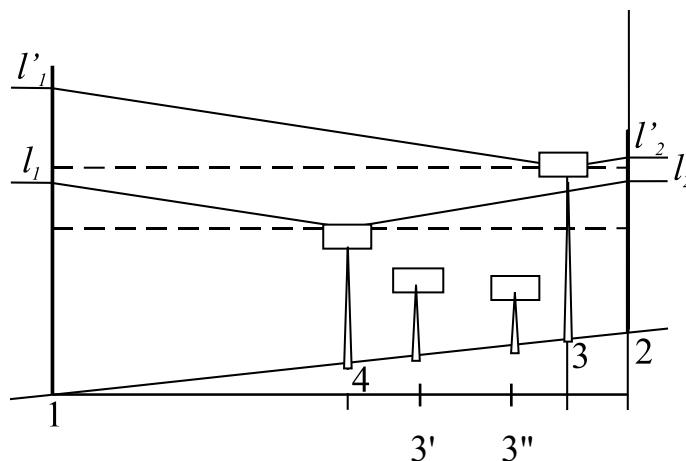


Рис.3.1. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла i

Значение угла I вычисляют по формуле:

$$i = \frac{[(l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2)]\rho''}{S_{1,3} - S_{2,3}} = \frac{h' - h}{S_{1,3} - S_{2,3}} \rho'', \quad (3.1)$$

где $S_{1,3}$ – расстояние между точками 1 и 3;

$S_{2,3}$ – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние $S_{2,3}$ должно быть не менее 6 м. Образец записи и обработки результатов определения угла i приведен в таблице 3.1.

В приведенном примере угол i не превышает нормативного допуска $\pm 10''$. Если среднее из трех приемов значение угла i превышает $10''$, то необходимо произвести его исправление. Для этого элевационным винтом нивелира установленного в точке 3 наводят на такой отсчет по рейке в точке 1, чтобы, в соответствии с приведенным примером, выполнялось условие $l'_1 - l'_2 = 315,3$ мм. При этом пузырек контактного уровня отклонится от среднего положения, которое необходимо восстановить с помощью вертикальных юстировочных винтов уровня.

Пример определения угла i

Дата: 18.02.2016 г.

Нивелир Н-3 №

Время: 14 ч. 10 мин.

$S_{1-2} = 56,5$ м

$t^\circ = 22^\circ$

$S_{3-2} = 6,0$ м

Таблица 3.1

Результаты измерений и вычислений при определении угла i .

| № приема | | 1 | 2 | 3 | |
|---------------------------|----------|-------|-------|--------|---------------------------|
| Отсчеты по рейкам | l_1 | 1400 | 1148 | 1357 | |
| превышения, измеренные из | l_2 | 1715 | 1464 | 1672 | |
| середины (т.4) | h | -315 | -316 | -315 | $h_{cp} = 315,3$ |
| Отсчеты по рейкам | l'_1 | 1470 | 1111 | 1485 | |
| превышения, измеренные | l'_2 | 1787 | 1429 | 1803 | |
| при неравноплечии (т.3) | h' | -317 | -318 | -318 | $h'_{cp} = 317,6$ |
| Разность превышений | $h' - h$ | -2 | -2 | -3 | $h'_{cp} - h_{cp} = -2,3$ |
| Углы i | i | -8,2" | -8,2" | -12,3" | |

$$i_{cp} = \frac{-2,3 \text{ мм} \cdot 206265}{50500 \text{ мм}} = 9,4'',$$

Для нивелиров с компенсаторами угол i исправляется с помощью юстировочных винтов сетки нитей. После проведения перечисленных операций повторяется прием поверки.

После исправления угла i определяют ошибку измерений превышений за счет смещения визирной оси при перефокусировании трубы.

3.7. Определение ошибки измерения превышений за счет смещения зрительной оси при перефокусировании трубы (поверка правильности хода фокусирующей линзы)

Проверка правильности хода фокусирующей линзы в полевых условиях может быть выполнена на базисе, разбитом на ровной поверхности. Принципиально эта работа ничем не отличается от проверки правильности хода фокусирующей линзы теодолита.

Для выполнения данного раздела курсовой работы, используется линейно – высотный базис. Линии базиса закреплены стальными знаками, закреплёнными в бетонном полу.

Схема взаимного расположения нивелира и нивелируемых знаков приведена на рис.3.2.

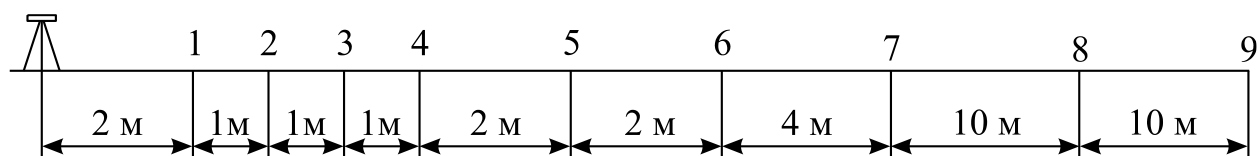


Рис.32. Схема базиса для исследования хода фокусирующей линзы

Определение превышений между точками базиса производится по результатам нивелирования вперед в соответствии со схемой, приведенной на рис.2.2. Нивелирование выполняется дважды, результаты помещаются в таблицу (табл.3.2), где сопоставляются с эталонными значениями превышений, указанными в паспорте на нивелирный полигон или

определёнными путём нивелирования высокоточным нивелиром типа Н05, поверенным метрологической службой.

Таблица 3.2

Результаты исследования хода фокусирующей линзы

| Наименование показателя | Превышения, определяемые между точками базиса, мм | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| | Удаление точек от нивелира (s) | | | | | | | |
| | т.1-т.2
3 м | т.1-т.3
4 м | т.1-т.4
5 м | т.1-т.5
7 м | т.1-т.6
8 м | т.1-т.7
13 м | т.1-
т.8
23 м | т. 1-
т.9
33 м |
| 1-ый прием
(h_{1i}) | -7,0 | | -6,0 | | | -5,0 | | -7,0 |
| 2-ой прием
(h_{2i}) | -6,0 | | -4,0 | | | -7,0 | | -9,0 |
| Средние
превышения
($h_{ср i}$) | -6,5 | | -5,5 | | | -6,0 | | -8,0 |
| Эталонные
превышения
($h_{эi}$) | -2,1 | | -3,3 | | | -6,5 | | -8,2 |
| $\Delta h_i = h_{ср i} - h_{эi}$ | -4,4 | | -2,2 | | | -0,5 | | -0,2 |

Таким образом, значения ошибок превышений за счет неправильного хода фокусирующей линзы определяются как разность средних превышений, определенных нивелированием вперед и эталонных значений превышений или – превышений, определенных высокоточным поверенным нивелиром в процессе выполнения данной работы.

Величины, характеризующие смещение зрительной оси при изменении фокусного расстояния трубы не должны превышать 2 мм.

Если любое из значений разностей $\Delta h_i = h_{ср i} - h_{эi}$ превышает 2 мм, то следует построить график зависимости Δh_i от S_i (от расстояний удаления точек от нивелира) и изложить рекомендации по методике нивелирования нивелиром с неправильным ходом фокусирующей линзы.

Определение ошибки измерения превышений за счет смещения визирной оси при перефокусировании трубы, можно выполнить в процессе определения угла i путём последовательной переустановки нивелира из точки 4 в точки 3, 3', 3" (Рис.3.1) и подстановкой в формулу (3.1) полученных значений превышений и заданных значений расстояний $S_{2,3} \approx 3 - 4$ м.,

$$S_{2,3''} \approx 7 - 8 \text{ м.}, ; S_{2,3'} \approx 10 - 12 \text{ м.}$$

После обработки результатов измерений необходимо построить график зависимости угла i от величины расстояний $S_{2,3}$; $S_{2,3''}$; $S_{2,3'}$ (или указанных в таблице 3.2, с изложением кратких выводов.

3.8. Определение диапазона работы компенсатора (для нивелиров с компенсатором)

Диапазон работы компенсатора характеризуется максимальным наклоном нивелира, при котором ошибка в положении зрительной линии не выходит за установленный допуск.

При выполнении курсовой работы разрешается пользоваться приближенным способом определения диапазона работы компенсатора.

Нивелир приводится в рабочее положение и наводится на рейку, установленную в направлении одного из подъемных винтов на удалении 30...40м. При вращении указанного подъемного винта по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки от горизонтального положения, отслеживается момент, когда отсчет по рейке начнет изменяться, то – есть, в определенном для данного нивелира диапазоне наклонов трубы, компенсатор удерживает визирную ось нивелира в горизонтальном или стабильном положении (отсчет по рейке не изменяется). У большинства нивелиров диапазон компенсации около $\pm 15'$. Фактическое значение диапазона в полевых условиях оценивается по положению пузырька уровня или исходя из того, что один полный оборот подъемного винта обеспечивает изменение наклона трубы приблизительно на $20'$. Рекомендуется проверить это экспериментально.

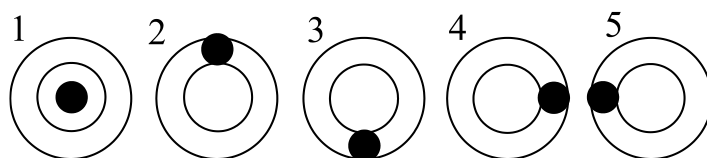
3.9. Определение ошибки недокомпенсации (для нивелиров с компенсаторами)

При постоянном использовании нивелира, данное исследование рекомендуется проводить раз в два месяца [2].

Для определения погрешности недокомпенсации в полевых условиях измеряют превышения на станции при длине луча 25 м.

Нивелир, во время измерений, должен находиться в створе между рейками, на равных расстояниях от них (допустимое неравенство расстояний до реек не более 1м). Поочередно измеряют превышение между точками установки реек при отсутствии наклона оси нивелира и при ее наклоне на угол ν в продольном и поперечном направлениях. Величину угла наклона оси нивелира определяют по установочному круглому уровню по следующей схеме:

Измерения превышений на станции заключается в снятии отсчетов по шкалам обеих реек при положениях пузырька уровня 1, 2, 3, 4, 5,



что составляет один прием. Должно быть сделано не менее 5 приемов. При переходе к последующему приему необходимо изменять горизонт нивелира.

Угол наклона нивелира при перемещении пузырька уровня из положения 1 в положения 2, 3, 4 и 5 определяется, что полный оборот подъемного винта обеспечивает наклон прибора $20'$

Систематическую погрешность компенсации на одну минуту наклона оси нивелира вычисляют по формуле:

$$\sigma_k = \frac{(h_v - h_0) \rho''}{2S\nu},$$

где h_v – среднее превышение, полученное при наклоне оси нивелира $\nu = 15'$;

h_0 – среднее превышение, полученное при отсутствии наклона оси нивелира $v = 0$;

S – длина визирного луча в мм;

$\rho = 206265''$;

v – угол наклона нивелира.

Результаты нивелирования и его обработки необходимо поместить в таблицу произвольной формы.

Если величина $\sigma_k > 0,5''$, то устранение ошибки необходимо проводить в заводских условиях с применением специальных коллиматоров.

3.10. Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции ($m_{ст}$)

При проведении данного исследования определяется качество работы всех узлов и деталей нивелира в комплексе.

Выполняется нивелирование двух точек из середины. Неравноплечие должно быть менее 2 м, расстояние от нивелира до реек 50-100 м. При выполнении курсовой работы допускается нивелирование двух максимально удаленных друг от друга выбранных точек в коридоре 4-го учебного здания.

Объем измерений должен быть не менее 10 серий. Каждая серия должна состоять из пяти независимых определений превышений между точками установки реек. При переходе от серии к серии изменяют горизонт нивелира.

Среднюю квадратическую погрешность $m_{ст}$ вычисляют по формуле:

$$m_{ст} = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_{10}^2}{10}},$$

где $m_1, 2, \dots, 10$ – средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции для серии наблюдений.

Значения погрешностей $m_{1, 2, \dots 10}$ определяют по формуле.

$$m_{1, 2, \dots 10} = \sqrt{\frac{\Delta h_1^2 + \Delta h_2^2 + \Delta h_3^2 + \Delta h_4^2 + \Delta h_5^2}{4}},$$

где Δh – отклонение измеренного превышения от его среднего значения в серии.

Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции для точных и технических нивелиров не должна быть более 2 мм.

4. Электронные нивелиры

4.1. Проверка положения визирной оси цифрового нивелира при измерениях по кодовой рейке

В цифровых нивелирах имеется две совмещённых визирных оси: визуальная - заданная положением визирной сетки и, так называемая - «фотоэлектрическая (цифровая), заданная положением фотоэлектрической матрицы,

Для нормальной работы цифрового нивелира должны быть выполнено требование по обеспечению соосности фотоэлектрической (цифровой) и визуальной визирных осей. Соблюдение горизонтальности линий этих визирных осей является главным условием эксплуатации цифрового нивелира.

4.1.1. Методы проверки положения фотоэлектрической визирной оси

Существует четыре основных метода проверки нивелира в комплекте с кодовой рейкой:

- 1. Нивелирование из середины с разными плечами (метод Ферштнера)**

Устанавливают две рейки (А и В) на расстоянии около 45м друг от друга.

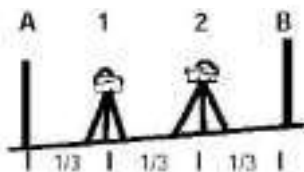


Рис 4.1 - Метод Ферштнера

Расстояние делят примерно на три части и определяют положение двух нивелирных станций (1 и 2) на расстоянии примерно 15 м от реек между ними. Выполняют измерения на обе рейки с каждой из этих станций.

2. Нивелирование вперед (метод Нобауера)

Юстировка положения зрительной оси нивелира методом Нобауера аналогична методу Ферштнера. Разбивается линия примерно 45 метров длиной и делится примерно на три части.

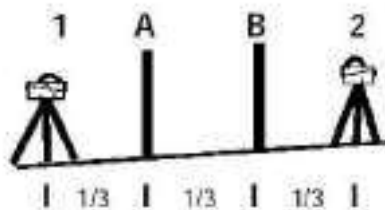


Рис 4.2 - Метод Нобауера

Определяется положение двух нивелирных станций (1 и 2) по обе стороны от реек (А и В), установленных на расстоянии 15 метров друг от друга, примерно в 15 метров от них. Затем выполняют измерения с нивелирной станции 1 на обе рейки. После этого нивелир переносят из точки 1 в точку 2 и повторяют измерения с нивелирной станции 2 на обе рейки (А и В).

3. Нивелирование из середины в сочетании с нивелированием вперед (метод Куккамэки)

Сущность метода Куккамэки заключается в следующем. На расстоянии примерно 20 метров друг от друга устанавливаются две рейки (А и В). Посередине этого расстояния устанавливается нивелирная станция 1 и с нее выполняют измерения на обе рейки (сначала на рейку А, затем на В).

После наблюдения со станции 1 повторно производятся измерения, но уже со станции 2, которая расположена на продолжении линии, соединяющей обе рейки приблизительно на расстоянии 20 метров от вынесенного расстояния.

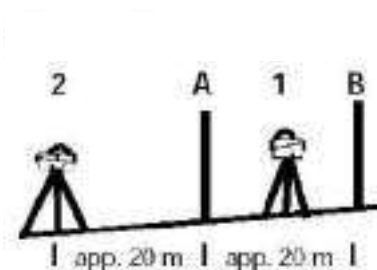


Рис 4.3 - Метод Куккамэки

4. Нивелирование по японскому методу

Этот метод идентичен предыдущему.

Отличие состоит в том, что расстояние между рейками должно быть около 30 метров, а нивелирная станция 2 должна находиться в 3 метрах от рейки А.

Вычисление угла i при калибровке для всех четырёх способов выполняется по единой формуле, что стало возможным благодаря наличию дальномера

$$i = [(l_{a2} - l_{b2}) - (l_{a1} - l_{b1})] / (S_{a2} - S_{b2}) - (S_{a1} - S_{b1}) \rho'', \quad (4.1)$$

где S_{a2} - расстояние от рейки А до точки стояния нивелира 2 и т.д.

4.1.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера

Рассмотрим пример поверки на примере цифрового нивелира Trimble DiNi 22 по методу Ферштнера как наиболее зарекомендовавшему себя. Две рейки (А и В) устанавливаются на расстоянии около 45 метров друг от друга. Затем это расстояние необходимо поделить примерно на три части и определить две нивелирные станции на расстоянии примерно 15 метров от реек между ними. Нивелирным станциям присваиваются порядковые номера (1 и 2). Для выполнения поверки в пункте меню Adjustment (Юстировка) имеется четыре указанных способа поверки и юстировки. Выбираем «Förstner mehod».

После вызова функции поверки на дисплее появляется предыдущее значение поправки за наклон зрительной оси.

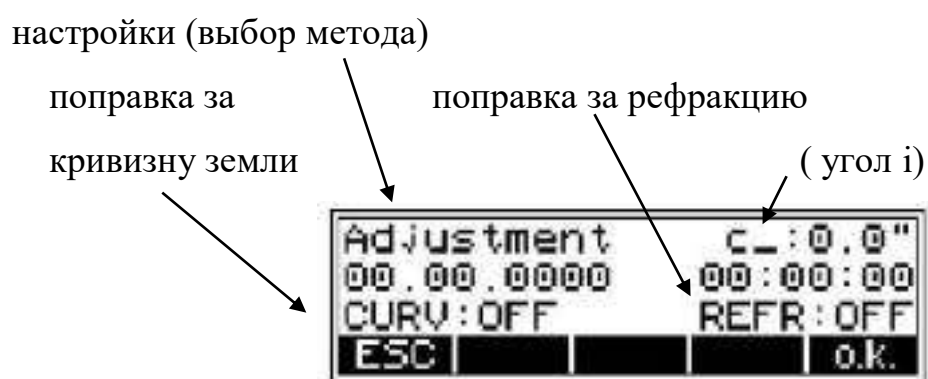


Рис. 4.4 - Дисплей поправок

Пользователь получает запрос о выполнении измерений в соответствии требованиями выбранного метода юстировки. Для этого используйте либо кнопку пуска на правой стороне нивелира, либо кнопку MEAS на панели управления.

Можно выбрать режим многократных измерений (например 3-х или 5-ти кратных). При данном режиме на дисплее отображаются, средние значения отсчетов по рейкам, измеренные расстояния и стандартные отклонения.

Следующим шагом поверки прибора является поочередное наблюдение кодовых реек с нивелирных станций в очередности, которая

определяется схемой взаимного положения нивелира и реек, обозначенных на мониторе. Со станции 1 производится наведение и снятие показаний с рейки А, затем с рейки В. После этого программа нивелира попросит поменять станцию наблюдения и перейти на точку 2. С новой станции производятся аналогичные наблюдения реек А и В. После успешного завершения процесса поверки, новое значение поправки за наклон зрительной оси подсчитывается автоматически. После выполнения измерений, выполняется проверка требований, предъявляемых в данном методе к расстояниям, что гарантирует эффективную защиту от ошибок. В случае несоответствия требований, появляется сообщение об ошибке.

После снятия отчета с последней рейки программа нивелира выводит на электронное табло значение полученного угла i_k (ΔC -).



Рис 4.5 - Вывод значения угла i_k (ΔC -)

Одновременно с этим задается вопрос о подтверждении полученного значения угла i для дальнейшего использования его для автоматического вычисления и введения поправки в процессе измерений. При уверенности, что все условия юстировки были соблюдены для подтверждения значения необходимо нажать функциональную клавишу «ok» (Да).

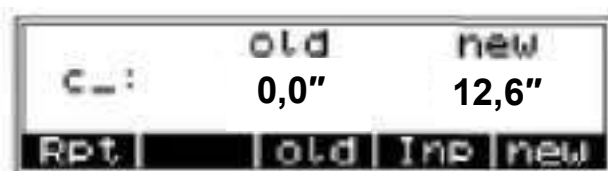


Рис 4.6 - Старое и новое значение угла i

Новое значение угла будет записано в память при этом старое значение будет удалено. Если в процессе калибровки нивелира по каким либо причинам не удалось выполнить все условия метода или некоторые отчеты были сняты заведомо неправильно, то программа прибора при запросе подтверждения поправки всегда предлагает произвести повторную калибровку. Для повтора операции калибровки нажмите клавишу «**rpt**» (повторить).

Полученные значения угла наклона зрительной оси инструмента должны различаться в пределах единиц секунд. Предпосылками для достижения хорошего результата, являются устойчивость инструмента и идентичные условия окружающей среды во время процесса поверки и соответствие визирных расстояний указанных в описании метода.

Здесь необходимо дать пояснение к величине угла i_k (ΔC -).

ΔC - это величина поправки за угол i . Величина(ΔC -). может достигать до $60''$. Если нет сообщения о превышении допуска, то подтверждаете командой **Ok** ввод полученного значения в память. После чего, для контроля, выполняется поверка рабочего угла i_p в режиме измерения превышений, по классическим схемам, рекомендуемым для оптических нивелиров. Получение достоверного значения угла i_k в цифровых нивелирах является более важным, чем в оптических визуальных, так как в цифровых нивелирах при измерениях автоматически вводятся поправки за угол i_k :

$\Delta h = S \cdot \text{tg } i_k$, что позволяет во многих случаях отказаться от соблюдения равноплечия при сохранении высокой точности определения превышений.

4.1.3 Юстировка положения визирной оси

Если принимается новое значение поправки, то одновременно на дисплее появляется запрос о контроле положения сетки нитей (для визуального считывания). В этом случае разверните рейку метрической оцифровкой в сторону нивелира, возьмите отсчёт и сравните его с

электронным. Если разница превысит 2 мм, то следует отъюстировать положение сетки нитей. Для этого отверните защитную крышку (1) и юстировочными винтами сетки нитей, расположенными под окуляром, установите сетку нитей на нужный отсчёт.



Рис. 4.7 - Юстировка положения сетки нитей

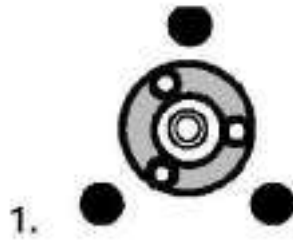
Для надёжности рекомендуется повторить юстировку.

С помощью компенсатора, зрительная ось инструмента автоматически устанавливается в горизонтальное положение в пределах рабочего диапазона компенсатора как для визуальных наблюдений так и для электронных измерений. При повороте инструмента вокруг вертикальной оси, круглый уровень прибора должен оставаться в пределах нуль-пункта.

При прецизионных измерениях, круглый уровень всегда должен оставаться в центре нуль-пункта. В случае не выполнения этого условия, необходимо произвести юстировку круглого уровня.

4.1.4. Поверка круглого уровня

С помощью подъемных винтов приведите инструмент в горизонтальное положение, т.е. до тех пор пока пузырек круглого уровня не займет положение в центре нуль-пункта.



Поворачивая инструмент на 180° вокруг вертикальной оси, необходимо убедиться, что пузырек уровня остается в нуль-пункте.

Если пузырек выходит за пределы нуль-пункта, то необходимо выполнить юстировку круглого уровня.



Рис. 4.8. - Юстировка круглого уровня

Для юстировки круглого уровня необходимо открутить винт защитной крышки (рис.4.8) и снять ее. Затем с помощью трех подъемных винтов, привести инструмент в горизонтальную плоскость. Повернуть нивелир на 180° вокруг вертикальной оси.

С помощью исправительных винтов уровня, пузырек переместить в нуль-пункт на половину дуги отклонения, а затем подъемными винтами приводится в центр в центр. После этого необходимо повторите процедуру еще раз и проверить отклонение.

По окончании юстировки нужно зафиксировать защитную крышку в исходное положение.

4.1.5. Распределение поправок в отсчет по рейке и в нивелирные плечи

Поверенный и отъюстированный цифровой нивелир автоматически вводит поправку в отсчет по рейке по следующим формулам:

$$l = l_0 \pm l_x - K_1 + K_2 \pm K_3,$$

где: K_1 – поправка за кривизну Земли

$$K_1 = S/(2R),$$

K_2 – поправка за рефракцию

$$K_2 = rkS/(2R),$$

K_3 – поправка за наклон зрительной оси

$$K_3 = S \operatorname{tg}(i),$$

l_0 – неисправленный отсчет по рейке,

S – длина плеча,

i – величина угла i в секундах,

l_x – постоянная рейки ($+R^{\wedge}$ при измерении по нормальной рейке, $-R^{\wedge}$ при измерении по перевернутой рейке),

R – радиус Земли, $R=6380000$ метров,

rk – коэффициент рефракции,

$$\rho'' = 206265''$$

$$S = S_0 + A.$$

S_0 – неисправленная длина плеча,

A – постоянная дальномера.

Исходя из того, что угол i является сравнительно небольшим возможно использование следующей формулы вычисления поправки за наклон зрительной оси $K_3 = i S / \rho''$.

4.1.6. Проверка угла i и СКП измерения превышений на эталонном полигоне

Проверка выполняется в четвертом учебном здании на эталонном полигоне с известными значениями превышений точек.

Пример записи результатов измерений представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Результаты измеренных превышений на эталонном полигоне

| Станция стояния | Станция наведения | Индикация дисплея | Величина, м | Превышение, мм | $h_{эТ}$ | Δh |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|----------------|----------|------------|
| 30 | 5 | SR (σ) | 0.0001 | -16.2 | | |
| | | R (l) | 0.1703 | | | |
| | | HD (S) | 25.09 | | -15,6 | -0,6 |
| | 25 | SR | 0.0000 | | | |
| | | R | 0.1541 | | | |
| | | HD | 5.14 | | | |
| 15 | 25 | SR | 0.0001 | -15.8 | | |
| | | R | 0.1444 | | | |
| | | HD | 10.00 | | -15,6 | -0,2 |
| | 5 | SR | 0.0000 | | | |
| | | R | 0.1602 | | | |
| | | HD | 10.00 | | | |

Полученное предельное значение угла $i = (\Delta h/S) p'' = 4''$ не превышает допуска точных нивелиров.

Величина постоянной поправки $K_3 = (i / p'') \cdot S = (4'' / p'') \cdot 20000 = 0,58\text{мм}$.

Значение величины σ (скп) $\leq 0,1$ мм, свидетельствует о достаточном качестве измерений.

5. Светодальномеры (лазерные дальномеры)

5.1 Определение постоянных поправок дальномера и отражателя

Наиболее частой причиной образования погрешностей измерений расстояний является неправильное определение постоянной поправки дальномера. Постоянная поправка численно равна систематической погрешности δ , взятой с обратным знаком $K_d = -\delta$. Причиной образования систематической погрешности является неравенство геометрической длины пути прохождения дальномерного сигнала от источника излучения до приёмника, геометрической длине между точками крепления отражателя (марки) и дальномера.

Существует два способа поверки постоянной поправки дальномера при условии использования штатной призмы: технологический способ поверки и метрологический способ поверки.

Технологический способ поверки основан на принципе измерения неизвестного расстояния в целом и по частям (трехштативный способ). Этот способ не требует наличия известного значения измеряемого расстояния, поэтому может применяться для контроля правильности выбранного значения постоянной поправки в полевых условиях.

На ровном участке местности в створе линии визирования устанавливается три штатива (Рис.5.1).

Дальномер устанавливают над точкой 1, измеряют расстояния S_1 и S_2 , затем переносят дальномер в точку 2 или 3 и измеряют расстояние S_3 . Величину расстояния S_3 рекомендуется выбирать в диапазоне от 50 до 100 метров (в учебных целях – произвольные значения).

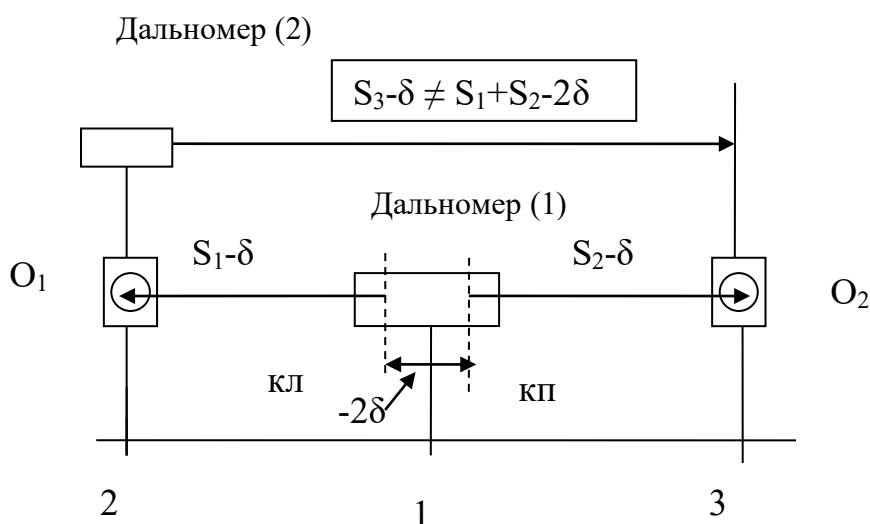


Рис.5.1 Определение постоянной поправки дальномера

При отсутствии систематической погрешности разность $(S_1 + S_2) - S_3 = 0$. При наличии систематической погрешности δ , вызванной например смещением оси вращения прибора относительно электронно-оптического центра системы начального отсчёта, разность $(S_1 + S_2 - 2\delta) - (S_3 - \delta) = -\delta$, или, окончательно, величина систематической погрешности

$$-\delta = S_1 + S_2 - S_3.$$

Величина постоянной поправки $K_d = +\delta$, знак которой зависит от параметров оптических и электрических цепей, Более точное значение K_d определяется путём измерения известных расстояний.

Метрологическая поверка постоянной поправки основывается на измерении эталонных расстояний, погрешность определения которых не превышает $1+1 \cdot 10^{-6} S$.

Определение поправки K_d проводите следующим образом:

1. Установите дальномер на линейном компараторе, на котором размечены точки, расстояния которых от приемопередатчика равны $L_i = (A+i)$, где A - расстояние от дальномера до первой точки интервалы $i = 10, 20, 30$ м, измеренные более точным прибором с погрешностью не более

± 1 мм, и принятые за эталонные расстояния. Введите значения температуры и давления.

2. Отражатель установите на выбранную точку и измерьте пятью приёмами расстояние $L_{изм.i}$, до каждой из точек и вычислите значения $K_{дi}$ по результатам измерений каждого расстояния по формуле

$$K_{дi} = L_{Эi} - L_{изм.i}$$

Далее

$$K_{д} = \frac{\sum_i^n K_{дi}}{n},$$

где n - число измеренных расстояний.

Сравните полученные значения поправок $K_{д}$ для первого и второго способа и дайте заключение.

Постоянная поправка отражателя (марки) определяется измерением любого расстояния, величина которого определена измерением более точным прибором (СКП средства поверки должна быть равна половине СКП поверяемого средства).

Постоянную поправку призмы (марки) $K_{пр}$ определяют в обязательном порядке при применении призмы не входящей в комплект прибора с учетом известной поправки дальномера.

Постоянная поправка призмы зависит от её размеров и способа крепления относительно центра подставки. На рис. 5.2 приведены три примера различных вариантов.

С целью упрощения объяснений для анализа выбран центральный луч падающий на вершину призмы, исходя из законов геометрической оптики его длина равна длине любого луча падающего на призму параллельно центральному.

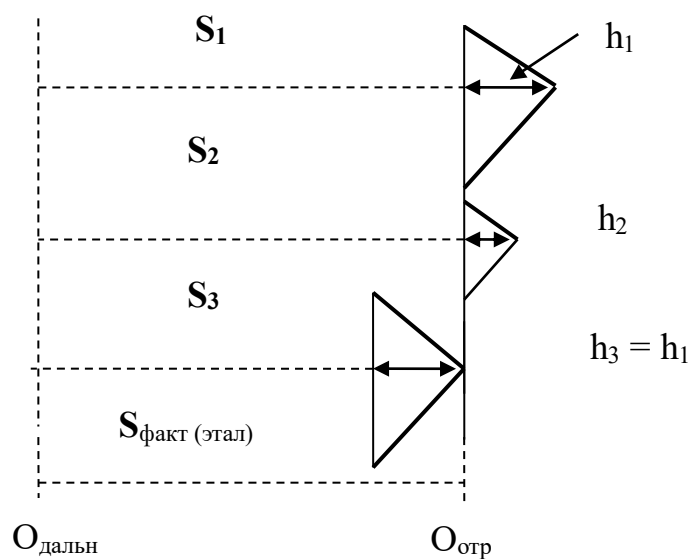


Рис.5.2. Определение постоянной поправки призмы

Из анализа рис.5.2. следует:

1. $K_{\text{пр}1} = S_{\text{факт.}} - S_1 = -h_1.$
2. $K_{\text{пр}2} = S_{\text{факт.}} - S_2 = -h_2.$
3. $K_{\text{пр}3} = S_{\text{факт.}} - S_3 = 0,$

где h – высота призмы.

Из приведённых примеров следует выделить 1 и 3 варианты.

При равных значениях высот призм h , но при разных вариантах крепления призмы относительно вертикальной оси вращения, имеем разные значения $K_{\text{пр}}$.

Методика поверки постоянной поправки для плёночных или других марок с диффузным отражающим покрытием аналогична рассмотренным вариантам.

В современных дальномерах (дальномерных модулях тахеометров) значение постоянной поправки призмы нанесено на корпус призмы. Предусмотрено два варианта учёта её значения при выявленных отклонениях при поверке. Первый вариант предусматривает изменение величины поправки призмы, второй вариант – изменение постоянной поправки

дальномера. Первый является предпочтительным, т.к. при втором варианте есть вероятность изменения поправок для других режимов измерений.

5.2. Определении средней квадратической погрешности измерения расстояний

Среднюю квадратическую погрешность (СКП) измерения расстояния дальномером определяют по результатам многократного измерения эталонного расстояния или любого расстояния, величина которого остаётся неизменной в процессе измерения. Каждое расстояние должно быть измерено не менее чем шестью приемами. В каждом приеме выполняется 4 наведения на отражатель и регистрируется по 5 отсчётов при каждом наведении.

Значение средней квадратической погрешности измерения расстояния одним приемом

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_i^2}{n}} \quad \text{или} \quad \sigma' = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_i^2}{n-1}}, \quad (5.1)$$

где σ - СКП вычисленная по отклонениям результата измерения $S_{и}$ от эталонного значения ($\Delta = S_{э} - S_{изм_i}$), с учётом всех поправок за систематические погрешности;

σ' - СКП вычисленная по отклонениям от среднего значения измеренного расстояния ($\Delta = S_{изм_{ср}} - S_{и_i}$) без учёта поправок;

n - количество приёмов измерения.

6. Метрологическая ситтестация электронных тахеометров

6.1. Краткие сведения о тахеометрах и их метрологической аттестации

Тахеометр – оптико-электронный прибор, включающий в себя электронный теодолит, светодальномер, вычислительное устройство и блок памяти.

Электронный тахеометр предназначен для выполнения крупномасштабных топографических съемок, для создания сетей планово-высотного обоснования, для автоматизированного решения в полевых условиях различных геодезических и инженерных задач при помощи прикладных программ.

Тахеометром можно производить измерения углов (вертикальных и горизонтальных), выполнять измерения полярных координат, получать результаты измерения в виде горизонтальных проложений и превышений, а так же в виде вычисленных прямоугольных координат. Результаты измерений могут быть записаны в память. В соответствии с существующим порядком все приборы, используемые для официальных измерений подлежат ежегодной метрологической поверке. **Методика поверок изложена изготовителем в инструкции по эксплуатации тахеометра и по многим пунктам в отношении угломерного модуля тахеометра совпадает с рекомендациями по поверке теодолитов [9, 10].**

Метрологическая аттестация электронных тахеометров, равно как и других маркшейдерско-геодезических приборов утвержденного Росстандартом типа, производят аккредитованной организацией или физическим лицом в лабораторных условиях, с использованием аттестованных в установленном порядке эталонов. **Организации и лица, эксплуатирующие приборы, как правило, не могут получать право производства официальной метрологической аттестации и выдачи метрологических свидетельств. По этой причине разделы 6 и 7 данных методических указаний носят информационный характер и могут быть нужны для студентов, которые в своей дальнейшей деятельности будут в той или иной мере, причастны к метрологической аттестации тахеометров.**

Поверка электронного тахеометра (на примере отечественного прибора ЗТа5Р)

Основные характеристики

| | |
|---|------------------------------------|
| Температура окружающего воздуха, °С | от – 20 до +50 |
| Относительная влажность воздуха | |
| При t = +25 °С, %, не более | 95 |
| Атмосферное давление, мм рт. ст. | от 450 до 800 |
| Напряжение питания, в | от 6,5 до 8,6 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения одним приемом, не более: | |
| Горизонтального угла | 5" (1,5 мгон) |
| Вертикального угла (зенитного расстояния) | 7" (1,5 мгон) |
| Наклонного расстояния | (5+ 3·10 ⁻⁶ S) мм |
| Диапазон измерения: | |
| Горизонтального угла | от 0 до 360° (от 0 до 400 гон) |
| Вертикального угла | от + 45 до -45° (от+50 до -50 гон) |
| Зенитного расстояния | от 45 до 135° (от+50 до 150 гон) |
| Наклонного расстояния, м | |
| Нижний предел | 2 |
| Верхний предел с 1 призмой | 1000 |
| Верхний предел с 6 призмами | 2000 |
| Диапазон работы датчика наклона | |
| | от – 5 до +5'(-90 до+90 мгон) |
| Систематическая погрешность компенсации | |
| На 1' (18.5 мгон) наклона, не более | 3"(0,9 мгон) |

6.2. Средства поверки.

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Номер пункта данных методических указаний | Наименование СИ или вспомогательного средства поверки и их основные метрологические и технические характеристики |
|---|--|
| 7.2 | Марка с миллиметровой сеткой |
| 7.4 - 7.7 | Коллиматор с фокусным расстоянием не менее 500 мм |
| 7.8, 7.10, 7.11 | Два коллиматора с фокусным расстоянием не менее 500 мм, расположенные в створе с электронным тахеометром |
| 7.9, 7.12 | Два коллиматора с фокусным расстоянием не менее 500 мм, вертикальный угол между которыми 60° |
| 7.4 | Экзаменатор с ценой деления 1'' (типа ЭГЕМ) |
| 7.13 | Отражатель из комплекта тахеометра |

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящей рекомендации. Для учебных целей коллиматоры можно заменить неподвижно закреплёнными визирными марками с визирными направлениями около -30° и $+30^\circ$ в вертикальной и горизонтальной плоскостях, величина которых измерена теодолитом Т2.

6.3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки электронных тахеометров допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы на поверяемые электронные тахеометры и сдавшие зачёт на оценку не ниже «хорошо».

6.4. Требования безопасности

При проведении поверки электронных тахеометров меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на электронные тахеометры и поверочное оборудование, правилам по технике безопасности, действующим

на месте проведения работ и правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ (ПТБ-88).

6.5. Биологическая (медицинская) безопасность

Мощность излучения $P_{\text{изл}} > 100\text{мВт}$ и относится к классу 2, продолжительность облучения глаза не должно превышать 0,25сек.

6.6. Условия поверки

При проведении поверки в лабораторном помещении должны соблюдаться следующие условия измерения:

- температура окружающего воздуха $(20\pm 10)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $(60\pm 20)\%$;
- изменение температуры воздуха в помещении во время поверки не должно превышать 1°C в час.

До начала измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- электронный тахеометр должен быть выдержан в рабочем помещении не менее 2,5 часов;
- электронный тахеометр и средства поверки должны быть установлены на прочных и устойчивых основаниях (бетонные тумбы, столбы, массивные металлические столы, штативы), не подвергающихся механическим и температурным воздействиям;
- перед началом поверки электронный тахеометр и средства поверки должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с эксплуатационной документацией.

7. Проведение поверки

7.1. Внешний осмотр и проверка комплектности

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие электронного тахеометра следующим требованиям:

- комплектность прибора должна соответствовать спецификации комплекта поставки в прилагаемой эксплуатационной документации (при первичной поверке) и отвечать установленным требованиям качества их функционирования;
- прибор и футляр не должны иметь механических повреждений, следов коррозии и других дефектов, затрудняющих работу с прибором;
- поверхности оптических деталей должны быть чистыми, без пятен, царапин, следов расклейки, сколов, поле зрения оптической системы должно быть равномерно освещено;
- маркировка прибора должна соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

7.2. Опробование

При опробовании должны быть проверены:

- работоспособность замков и устройств, фиксирующих прибор в футляре;
- плавность и легкость вращения корпуса электронного тахеометра вокруг вертикальной оси;
- плавность и легкость вращения зрительной трубы электронного тахеометра вокруг горизонтальной оси;
- работоспособность закрепительных, наводящих и подъемных винтов;
- плавность и легкость вращения фокусирующего устройства зрительной трубы, оптического центрира, диоптрийных колец окуляра и оптического центрира;
- правильность установки уровней (в случае необходимости провести юстировку цилиндрического и круглого уровня согласно эксплуатационной документации);

- отсутствие наклона сетки нитей (в случае необходимости устранить наклон сетки нитей согласно эксплуатационной документации);
- устойчивость подставки, надежность крепления прибора в трегере, работоспособность защелки трегера;
- работоспособность дисплеев и функциональных клавиш;
- работоспособность подсветки дисплеев и сетки нитей;
- правильность установки оптического центрира (в случае необходимости провести юстировку оптического центрира согласно эксплуатационной документации).

7.3. Определение ошибки индекса (места нуля) датчика углов наклона

Цилиндрический уровень должен быть установлен как можно более тщательно, допускается ошибка установки уровня, не превышающая $\frac{1}{4}$ деления ампулы уровня.

Включить прибор и войти в режим датчика углов наклона. Записать значения датчиков углов наклона, выведенные на дисплей, как X1 и Y1 (X – положение датчика углов наклона по оси X, совпадающей с визирной осью зрительной трубы, Y- положение датчика углов наклона по оси Y, перпендикулярной оси X в горизонтальной плоскости, или совпадающей с осью зрительной трубы).

Повернуть электронный тахеометр вокруг вертикальной оси на 180° согласно отсчету горизонтального угла на дисплее. Выдержать паузу не менее 5 секунд для стабилизации пузырька ампулы цилиндрического уровня и записать значения датчика углов наклона, выведенные на дисплей, как X2 и Y2.

Рассчитать значение ошибки индекса датчика углов наклона по формулам:

$$X = (X1+X2)/2 \quad - \text{ ошибка индекса по оси X}$$

$$Y = (Y1 +Y2)/2 \quad - \text{ ошибка индекса по оси Y.}$$

Полученные значения не должны превышать допустимые для поверяемого прибора (приложение Б). В случае превышения допуска устранить ошибку места нуля датчика углов наклона согласно руководству по эксплуатации.

7.4. Определение диапазона работы и погрешности датчика углов наклона

Прибор устанавливается в положение, при котором один из подъемных винтов подставки (трегера) расположен на оси, образованной зрительной трубой и коллиматорной целью.

Цилиндрический уровень должен быть установлен как можно более тщательно, допускается ошибка установки уровня, не превышающая $\frac{1}{4}$ деления ампулы уровня.

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора или с центром визирной цели установленных в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (отсчет по вертикальному кругу равен $90^{\circ}00'00''$).

Установить значение горизонтального угла равным $0^{\circ}00'00''$.

Наводящим винтом вертикального круга установить значение вертикального угла $90^{\circ}03'00''$ (изменить значение вертикального угла на $+3'00''$).

Войти в режим датчика углов наклона и записать значения датчика углов наклона, выведенные на дисплей, как X1 и Y1.

С помощью подъемного винта, расположенного на оси, образованной зрительной трубой и коллиматорной целью, снова совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора. Записать значение датчика углов наклона по оси X, выведенное на дисплей, как X2.

Повернуть электронный тахеометр на 90° в горизонтальной плоскости (отсчет по горизонтальному углу составит $90^\circ 00' 00''$). Записать значение датчика углов наклона по оси Y, выведенное на дисплей, как Y2.

Рассчитать погрешности работы датчика углов наклона по формулам:

$\Delta X+3'=X2-X1-3'00''$ - погрешность датчика углов наклона по оси X при изменении вертикального угла на $+3'00''$

$\Delta Y+3'=Y2-Y1+3'00''$ - погрешность датчика углов наклона по оси Y при изменении вертикального угла на $+3'00''$.

Повторить пункты операции, изменяя значение вертикального угла на величину $-3'00''$.

Рассчитать погрешности работы датчика углов наклона по формулам:

$\Delta X-3'=X2-X1+3'00''$ - погрешность датчика углов наклона по оси X при изменении вертикального угла на $-3'00''$

$\Delta Y-3'=Y2-Y1-3'00''$ - погрешность датчика углов наклона по оси Y при изменении вертикального угла на $-3'00''$

Значения, полученные для углов $+3'00''$ и $-3'00''$, не должны превышать допустимых для поверяемого прибора ($\pm 1''$).

Операции, приведенные в данном разделе, можно повторить для определения погрешности работы датчика углов наклона при наклоне $\pm 1'00''$ и при наклоне $\pm 2'00''$.

Углы наклона $\pm 1'00''$, $\pm 2'00''$, $\pm 3'00''$ можно задавать с помощью экзаменатора, что упрощает операцию поверки.

Систематическую погрешность компенсации измерения вертикальных углов при наклоне вертикальной оси от отвесного положения на $1'$ определяют на коллиматоре УК-1 или по визирной цели следующим образом.

Подготавливают тахеометр к работе в соответствии с приложением В.

Проверяемый тахеометр устанавливают так, чтобы один из подъемных винтов подставки расположился по направлению центральной трубы коллиматора или визирной цели. Горизонтируют тахеометр.

Тщательно наводят зрительную трубу на горизонтальный штрих сетки трубы коллиматора (цели) и берут отсчет по вертикальному кругу $b_{0,1}$, повторяют наведение трубы и берут отсчет $b_{0,2}$ (измерения проводят в соответствии с приложением В).

Подъемным винтом подставки наклоняют тахеометр в сторону коллиматора на $2' \pm 15''$ (величину наклона контролируют по табло тахеометра), после чего снова наводят зрительную трубу на тот же штрих сетки трубы коллиматора и берут отсчет $b_{1,1}$, повторяют наведение трубы и берут отсчет $b_{1,2}$.

Подъемным винтом подставки приводят вертикальную ось в отвесное положение, наводят зрительную трубу на сетку трубы коллиматора и берут отсчет $b_{0,3}$, повторяют наведение трубы и берут отсчет $b_{0,4}$.

Подъемным винтом подставки наклоняют тахеометр в противоположную сторону (от коллиматора) на $2' \pm 15''$, после чего наводят зрительную трубу на сетку трубы коллиматора и берут отсчет $b_{2,1}$, повторяют наведение трубы и берут отсчет $b_{2,2}$.

Подъемным винтом подставки приводят тахеометр в исходное положение (по уровню), наводят трубу, снимают отсчеты $b_{0,5}$, $b_{0,6}$, - на этом заканчивается один прием. Таких приемов необходимо сделать не менее трех, причем второй и третий прием выполняют, используя для наведения верхний и нижний горизонтальные штрихи сетки зрительной трубы соответственно.

Вычисляют систематические погрешности установки компенсатора на одну минуту наклона тахеометра по формулам:

$$\sigma_k = \frac{(h_v - h_0) \rho''}{2Sv},$$

Погрешность компенсации вычисляют по формуле:

$$\Delta K = \frac{2 \sum_{n=1}^h (\sigma_{K_i} - \sigma_{кр})}{n - 1}$$

где n – число приемов.

Для получения погрешности компенсации, приведенной к одной минуте, полученное значение Δk необходимо разделить на два.

Систематическая погрешность $\Delta k / 2$ должна быть не более требуемого значения $\geq 3''$.

7.5. Определение наклона (качки) вертикальной оси

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой.

Поворачивая электронный тахеометр на 360° по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки, измерить разницу между положениями горизонтального штриха сетки нитей зрительной трубы прибора и горизонтального штриха сетки нитей коллиматора. Повторить операцию не менее шести раз, среднее арифметическое принять за окончательный результат.

Выполняя перестановку горизонтального круга последовательно на 90° , 180° и 270° , повторить измерения.

Максимальное измеренное значение не должно превышать допустимого для поверяемого прибора.

7.6. Определение люфта горизонтальной оси (оси зрительной трубы)

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

Совместить вертикальный штрих сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра с вертикальным штрихом сетки нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой.

Поворачивая зрительную трубу вокруг горизонтальной оси на 360° по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки, измерить разницу между положениями вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы прибора и вертикального штриха сетки нитей коллиматора. Повторить операцию не менее шести раз, среднее арифметическое принять за окончательный результат.

Максимальное измеренное значение не должно превышать допустимого для поверяемого прибора.

7.7. Определение смещения визирной оси, вызываемое перефокусировкой зрительной трубы

Совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора.

Перефокусировать зрительную трубу вращением головки фокусирующего устройства по ходу и против хода часовой стрелки. Повторить перефокусировку не менее 10 раз, наблюдая за положением сетки нитей зрительной трубы относительно сетки нитей коллиматора в горизонтальном и вертикальном направлении.

Смещение изображения сетки нитей не должно превышать двойную толщину штриха сетки зрительной трубы.

Смещение визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировании проверяют на коллиматоре УК-1.

Наводят зрительную трубу тахеометра последовательно на перекрестия сеток нитей коллиматора, установленных на бесконечность и на 10м, фокусируют ее вращением кремальеры по ходу и против хода часовой стрелки.

Сравнивают смещение перекрестий сеток нитей зрительной трубы и коллиматора с шириной штриха сетки нитей зрительной трубы. Допустимому смещению соответствуют 1,5 ширины штриха. ($\geq 1,5''$)

7.8. Определение коллимационной погрешности (неперпендикулярности визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси электронного тахеометра)

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» (коллиматор В) и оценить разницу между положениями вертикального штриха зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха коллиматора В, записав значение разницы как α_1 .

$$(\alpha_1 = \text{КЛ}_A - (\text{КЛ}_B - 180^\circ))$$

Повторить измерения при положении «круг справа» и оценить смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В как α_2 .

$$(\alpha_2 = \text{КП}_A - (\text{КП}_B - 180^\circ))$$

Рассчитать значение коллимационной погрешности до целого числа секунд по формуле:

$$C = (\alpha_1 - \alpha_2) / 2$$

Выше описана одна серия определения С. Необходимо выполнить не менее двух серий, среднее арифметическое значение коллимационной ошибки принять за окончательный результат.

Коллимационную погрешность при визировании на «бесконечность» при совмещенных энергетической и визирной осях определяют на коллиматоре УК-1.

Устанавливают тахеометр на столике коллиматора по уровню с погрешностью 0,5 деления ампулы.

Определяют коллимационную погрешность при визировании на перекрестие сетки нитей горизонтальной трубы коллиматора, имитирующую «бесконечность».

Изменение коллимационной погрешности и места нуля (зенита) при визировании от 10м до бесконечности проверяют на коллиматоре УК-1.

Устанавливают тахеометр на столике коллиматора по уровню.

Определяют коллимационные погрешности и значения места нуля при визировании на перекрестия сеток нитей горизонтальной трубы коллиматора, имитирующие 10м и «бесконечность».

Вычисляют изменение коллимационной погрешности (ΔC) и изменения места нуля (ΔM_0), в угловых секундах, по формулам:

$$\Delta C = C_{10} - C_{\infty};$$
$$\Delta M_0 = M_{010} - M_{0\infty},$$

где C_{10} , C_{∞} ($\leq 1'$) - коллимационные погрешности, определенные при визировании тахеометра на сетки нитей УК-1, имитирующие 10м и «бесконечность». M_{010} , $M_{0\infty}$ ($\leq 8''$) - значения места нуля, определенные при визировании на сетки нитей УК-1, имитирующие 10м и «бесконечность».

В измеренные значения горизонтальных углов автоматически вводится поправка на коллимационную погрешность, значение которой определяется в процессе начальных установок и хранится в памяти тахеометра до переопределения значения поправки.

При измерении вертикальных углов автоматически вводится поправка в место нуля вертикального круга, а в режиме измерения с учетом угла наклона автоматически вводится поправка в наклон вертикальной оси.

7.9. Определение наклона горизонтальной оси (неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси электронного тахеометра)

Для проведения поверки необходимо установить два коллиматора в вертикальной плоскости с вертикальными углами $\alpha_1 = +30^\circ (\pm 2')$ от горизонта (коллиматор А) и $\alpha_2 = -30^\circ (\pm 2')$ от горизонта (коллиматор В).

При положении «круг слева» (КЛ) совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора А.

Перевести зрительную трубу на коллиматор В и оценить разницу между положениями вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В, записав значение разницы как α_1 .

Повторить измерения при положении «круг справа» (КП) и оценить смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра и вертикального штриха сетки нитей коллиматора В как α_2 .

Рассчитать значение наклона горизонтальной оси до целого числа секунд по формуле:

$$i = (\alpha_1 - \alpha_2)/2).$$

Повторить измерения при КЛ и КП не менее двух раз, среднее арифметическое значение i принять за окончательный результат.

Отклонение от перпендикулярности горизонтальной оси относительно вертикальной оси для тахеометра 3 Та 5 проверяют на коллиматоре УК-1 по трубам, наклоненным на углы $\pm 45^\circ$ или $\pm 25^\circ$ одним из методов, указанных ниже.

Метод 1.

Устанавливают тахеометр по уровню с погрешностью 0,5 деления ампулы и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора ($+45^\circ$ или $+25^\circ$);

наклоняют зрительную трубу вниз до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора (-45° или -25°);

если перекрестия сеток нитей зрительной трубы и нижней трубы коллиматора не совпали, то половину несовпадения устраняют вращением одного из подъемных винтов подставки, а вторую половину – наводящим винтом для наведения в горизонтальной плоскости;

повторяют наведение на нижнюю и верхнюю трубы до тех пор, пока коллимационная плоскость зрительной трубы не пройдет через перекрестия сеток нитей коллиматора;

переводят зрительную трубу через зенит, поворачивают тахеометр на 180° и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу вниз до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей каждой трубы коллиматора и оценивают смещение вертикального штриха сетки нитей зрительной трубы относительно изображения вертикального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора.

Допустимому наклону горизонтальной оси соответствует смещение, равное 2,2 ширины биссектора при углах наклона $\pm 45^\circ$ и 1,2 ширины биссектора при углах наклона $\pm 25^\circ$.

Метод 2.

Устанавливают тахеометр по уровню при круге слева и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора и берут отсчет «Л» по горизонтальной шкале сетки нитей коллиматора;

переводят зрительную трубу через зенит, поворачивают тахеометр на 180° и совмещают перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра с изображением перекрестия сетки нитей верхней трубы коллиматора;

наклоняют зрительную трубу до совмещения горизонтального штриха ее сетки нитей с изображением горизонтального штриха сетки нитей нижней трубы коллиматора и берут отсчеты «П» по горизонтальной шкале сетки нитей коллиматора;

вычисляют наклон горизонтальной оси (i), в угловых секундах, по формулам:

$$\text{при вертикальных углах } \pm 45^\circ \quad i = 0,3(L-P)\mu$$

$$\text{при вертикальных углах } \pm 25^\circ \quad i = 0,6(L-P)\mu$$

где μ – цена деления шкалы, угловые секунды, $\mu=10''$.

Вычисления проводят до целого числа.

Повторяют определение значения i . Разность между значениями наклона горизонтальной наклона горизонтальной оси не должна превышать $10''$.

Вычисляют среднее арифметическое значение наклона.

Проверка по методу 1 является арбитражной.

7.10. Определение эксцентриситета горизонтального круга

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Установить значение горизонтального угла равным $0^{\circ}00'00''$.

Повернуть электронный тахеометр на 180° и совместить сетку нитей зрительной трубы с сеткой нитей коллиматора, установленного в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» - (коллиматор В).

Записать значение горизонтального угла как θ_1 .

При положении «круг справа» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Установить значение горизонтального угла равным $0^{\circ}00'00''$.

Повернуть электронный тахеометр на 180° и совместить сетку нитей зрительной трубы с сеткой нитей коллиматора, установленного в створе линии «коллиматор А – электронный тахеометр» - (коллиматор В).

Записать значение горизонтального угла как θ_2 .

Рассчитать абсолютное значение эксцентриситета горизонтального круга по формуле:

$$\Delta\theta_H = |(\theta_1 - \theta_2)| / 2$$

Выполнить переустановку горизонтального круга на 90° и повторить измерения и вычисления.

7.11. Определение эксцентриситета вертикального круга

Включить прибор и войти в режим измерения углов.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как $\theta_{90^{\circ}}$.

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный на продолжении линии «коллиматор А - электронный тахеометр» - (коллиматор В) и записать значение вертикального угла как $\theta_{270^{\circ}}$.

При положении «круг справа» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как α_{270° .

Перевести зрительную трубу на коллиматор, установленный на продолжении линии «коллиматор А - электронный тахеометр» - (коллиматор В) и записать значение вертикального угла как α_{90° .

Рассчитать абсолютное значение эксцентриситета вертикального круга по формуле:

$$\Delta\theta_v = \left| (\theta_{270^\circ} - \theta_{90^\circ}) - (\alpha_{270^\circ} - \alpha_{90^\circ}) \right| / 2$$

7.12. Определение «места нуля» вертикального круга

Перед определением места нуля вертикального круга в обязательном порядке должна быть проведена проверка датчика углов наклона. (п.7.3)

Отключить автоматический режим индексации вертикального круга.

Отключить датчик углов наклона.

Войти в режим измерения углов.

Провести индексацию вертикального круга в ручном режиме.

При положении «круг слева» совместить сетку нитей зрительной трубы электронного тахеометра с сеткой нитей коллиматора, установленного в горизонтальной плоскости со зрительной трубой (коллиматор А).

Записать значение вертикального угла как θ_1 .

Включить автоматический режим индексации вертикального круга.

Включить датчик углов наклона.

Войти в режим измерения углов и проиндексировать вертикальный круг, повернув зрительную трубу на 360° .

Снова навестись на коллиматор А и записать значение вертикального угла как θ_2 .

Рассчитать абсолютное значение места нуля вертикального круга по формуле:

$$\Delta\theta_0 = | \theta_1 - \theta_2 |$$

7.13. Определение отклонения от соосности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси светодальномера

Отклонение от соосности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси светодальномера определяют визированием на отражатель, установленный на расстоянии $20 \pm 0,5$ м от электронного тахеометра. При наведении на отражатель определяют максимум сигнала в режиме «наведение» электронного тахеометра, затем определяют положение перекрестия сетки нитей зрительной трубы относительно центра отражателя. Смещение перекрестия сетки нитей зрительной трубы относительно центра отражателя при максимальном обратном сигнале не должно быть более $\frac{1}{4}$ диаметра отражателя.

Отклонение от параллельности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси приемопередающего канала тахеометра в вертикальной и горизонтальной плоскости (4.19.) проверяют в следующем порядке:

Устанавливают отражатель на расстоянии (50 ± 10) м от тахеометра, наводят перекрестие сетки нитей зрительной трубы тахеометра на марку отражателя;

Измеряют зенитное расстояние и горизонтальный угол (последовательность измерений – в соответствии с приложением В) не менее, чем тремя приемами, и вычисляют среднее арифметическое значение зенитного расстояния A_1 и горизонтального угла B_1 ;

Наводят зрительную трубу тахеометра на отражатель по максимуму отраженного сигнала;

Измеряют зенитное расстояние и горизонтальный угол не менее, чем тремя приемами, и вычисляют среднее арифметическое значение зенитного расстояния A_2 и горизонтального угла B_2 ;

Вычисляют отклонение от параллельности в вертикальной плоскости (A_2-A_1) и в горизонтальной плоскости (B_2-B_1 в угловых секундах. ($\leq 10''$))

7.14. Определение отклонения визирной оси оптического (лазерного) центра от вертикальной оси вращения тахеометра

Определяется с помощью марки с миллиметровой сеткой, устанавливаемой под оптическим центриром на расстоянии 1,5 м, и вычисляется как разность двух отсчетов, полученных относительно марки при повороте алидады на 180° . Отклонение визирной оси оптического центра от вертикальной оси вращения тахеометра должно быть не более $\pm 0,5$ мм.

7.15. Определение СКП измерения горизонтального угла и определение СКП измерения вертикального угла

Среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом определяют по результатам измерения угла β , образованного направлениями на два коллиматора (автоколлимационного стенда УК - 1) или визирные марки. Угол β должен быть в пределах $60^\circ - 120^\circ$, а разность вертикальных углов двух визирных целей, между которыми измеряется угол – не менее 20° . Измерения производятся 6-ю приемами (при КП и КЛ).

Вычисляют СКП измерения горизонтального угла (m_β), в угловых секундах, по формуле:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v^2}{n-1}},$$

где v - отклонение измерения угла i -ым приемом от среднего арифметического значения результатов измерения угла, угловые секунды;

n – число приемов измерения угла, $n \geq 6$.

Вычисления проводят до первой значащей цифры после запятой и округляют до целого числа секунд.

В полевых условиях значение m_β определяют по невязкам треугольников в контрольно-поверочной сети (микротриангуляции) по формуле:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i^2}{3n}}$$

где W^2 – угловая невязка в треугольнике, полученная в i -м приеме;

n – число приемов

Среднюю квадратическую погрешность измерения зенитного расстояния (вертикального угла) одним приемом определяют по результатам измерения вертикальных углов (α) $+30^\circ$, 0° и -30° на коллиматоре УК-1

Измерение каждого угла выполняют не менее, чем четырьмя приемами.

Вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения вертикального угла (m_α), в угловых секундах, по формуле

$$m_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta ik}{k \cdot n}},$$

где Δik – разность между результатом измерения i -ым приемом k -го угла и его действительным значением, угловые секунды;

k – число измеряемых углов, $k=2$ ($k_1= +30^\circ$, $k_2= - 30^\circ$)

n – число приемов измерения каждого из углов, $n \geq 4$.

Вычисления проводят до первой значащей цифры после запятой и округляют до целого числа секунд

7.16. Определение СКП измерения расстояния

Среднюю квадратическую погрешность измерения наклонного расстояния одним приемом определяют по результатам измерения контрольных линий (линейного базиса) с номинальными длинами 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1300, 1500м.

Измерение каждой линии проводят не менее, чем четырьмя приемами.

Вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения k -ой образцовой линии (m_{Sk}) в миллиметрах, по формуле:

$$m_{Sk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta l_k}{n-1}}$$

где Δl - разность между результатом измерения i -ым приемом k -ой линии и действительным значением ее длины

n - число приемов измерений k -ой линии, $n \geq 4$

$$m_{Sk} = 5 + 3 \cdot 10^{-6} S.$$

При поверке тахеометра результаты измерений заносятся в таблицу и обрабатываются. При положительных результатах поверки выписывается удостоверение утвержденного образца.

Рекомендуемая литература

1. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1999.-56 с.
2. МИ БГЕИ 07-90. Методика института. Нивелиры. Методика поверки. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1990.-50 с.
3. МИ БГЕИ 08-90. Методика института. Теодолиты. Методы и средства поверки. – М.: Изд. ЦНИИГА и К, 1990.-50 с.
4. Захаров А.И. Геодезические приборы. Справочник. – М.: Недра, 1989.-314 с.
5. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2015.-146 с.
6. Х.К. Ямбаев. Геодезическое инструментоведение,. М.: Недра, 2012.-364 с.
7. Маркшейдерское дело / Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. – М.: Недра, 1981. – 703 с.
8. Корсунская М.М. Геодезические приборы. – М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002.-186 с.
9. МИБГЕИ 08-00. Методика института. Теодолита. Методы и средства поверки. –М: Изд. ЦНИИГА и К, 2000.-51с.
10. Р – 50.
11. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебно-методическое пособие к курсовой работе и лабораторным занятиям для студентов специальности 13042 - «Маркшейдерское дело» (МД) направления 130400 – «Горное дело». Часть 1. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2009г. – 37 с.
12. Земских Г.В., Кортев Н.В. Маркшейдерско-геодезические приборы. Учебно-методическое пособие к курсовой работе и лабораторным занятиям для студентов специальности 13042 - «Маркшейдерское дело» (МД)

направления 130400 – «Горное дело». Часть 2. – Екатеринбург: Изд. УГГА,
2004г. – 33 с.

13. Гусев Н.А. Маркшейдерско-геодезические приборы. М.: Недра,
1968. – 220 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Оптические теодолиты | 6 |
| 1.1 Условия проведения поверки | 6 |
| 1.2 Внешний осмотр и проверка комплектности | 7 |
| 1.3 Опробование | 7 |
| 1.4 Определение метрологических характеристик зрительной трубы | 8 |
| 1.4.1 Определение увеличения зрительной трубы | 8 |
| 1.4.2 Определения величины поля зрения трубы | 9 |
| 1.4.3 Разрешающая способность зрительной трубы | 10 |
| 1.4.4 Определение погрешности визирования | 12 |
| 1.5 Определение и юстировка инструментальных погрешностей | 13 |
| 1.5.1 Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней | 13 |
| 1.5.2 Определение и исправление (юстировка) коллимационной погрешности | 14 |
| 1.5.3 Определение и юстировка места нуля (места зенита) | 15 |
| 1.5.4 Проверка правильности хода фокусирующей линзы | 16 |
| 1.5.5 Определение цены деления уровней | 18 |
| 1.5.6 Проверка работы компенсатора в полевых условиях (для теодолитов с самоустанавливающимся индексом вертикального круга) | 21 |
| 1.5.7 Исследование отсчетных приспособлений | 22 |
| 1.5.8 Определение эксцентриситетов горизонтального круга (лимба) и алидады | 26 |
| 1.5.9 Определение наклона горизонтальной оси теодолита (электронного теодолита)(неравенство подставок) | 31 |
| 1.5.10 Проверка оптического центрира | 33 |
| | 93 |

| | |
|---|----|
| 2. Электронные теодолиты | 34 |
| 2.1 Проверка погрешности визирования | 34 |
| 2.2 Отсчетные устройства | 34 |
| 2.3 К определению эксцентриситета горизонтального круга, алидады, коллимационной погрешности C и отсчета по вертикальному лимбу при горизонтальном положении трубки (места нуля M_0) | 35 |
| 3. Оптические нивелиры | 37 |
| 3.1 Условия проведения поверки | 37 |
| 3.2 Внешний осмотр и проверка комплектности | 38 |
| 3.3 Опробование | 39 |
| 3.4 Проверка правильности установки цилиндрического и установочного уровней | 40 |
| 3.5 Проверка правильности установки сетки нитей | 41 |
| 3.6 Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол i) | 41 |
| 3.7 Определение ошибки измерения превышений за счет смещения зрительной оси при перефокусировании трубы (проверка правильности хода фокусирующей линзы) | 44 |
| 3.8 Определение диапазона работы компенсатора (для нивелиров с компенсатором) | 46 |
| 3.9 Определение ошибки недокомпенсации (для нивелиров с компенсаторами) | 47 |
| 3.10 Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции ($m_{ст}$) | 48 |
| 4. Электронные нивелиры | 49 |
| 4.1 Проверка положения визирной оси цифрового нивелира при измерениях по кодовой рейке | 49 |
| 4.1.1 Методы поверки положения фотоэлектрической визирной оси | 49 |
| 4.1.2 Пример выполнения поверки по методу Ферштнера | 51 |
| 4.1.3 Юстировка положения визирной оси | 54 |
| | 94 |

| | |
|--|----|
| 4.1.4 Поверка круглого уровня | 55 |
| 4.1.5 Распределение поправок в отсчет по рейке и нивелирные плечи | 56 |
| 4.1.6 Проверка угла i и СКП измерения превышений на эталонном полигоне | 57 |
| 5. Светодалномеры (лазерные дальномеры) | 58 |
| 5.1 Определение постоянных поправок дальномера и отражателя | 58 |
| 5.2. Определении средней квадратической погрешности измерения расстояний | 62 |
| 6. Метрологическая ситтестация электронных тахеометров | 63 |
| 6.1. Краткие сведения о тахеометрах и их метрологической аттестации | 63 |
| 6.2. Средства поверки | 65 |
| 6.3 Требования к квалификации поверителей | 66 |
| 6.4. Требования безопасности | 66 |
| 6.5. Биологическая (медицинская) безопасность | 66 |
| 6.6. Условия поверки | 66 |
| 7. Проведение поверки | 67 |
| 7.1. Внешний осмотр и проверка комплектности | 67 |
| 7.2. Опробование | 67 |
| 7.3. Определение ошибки индекса (места нуля) датчика углов наклона | 68 |
| 7.4. Определение диапазона работы и погрешности датчика углов наклона | 69 |
| 7.5. Определение наклона (качки) вертикальной оси | 72 |
| 7.6. Определение люфта горизонтальной оси (оси зрительной трубы) | 73 |
| 7.7. Определение смещения визирной оси, вызываемое перефокусировкой зрительной трубы | 73 |
| 7.8. Определение коллимационной погрешности (неперпендикулярно | |

| | |
|---|----|
| сти визирной оси зрительной трубы к горизонтальной оси
электронного тахеометра | 74 |
| 7.9. Определение наклона горизонтальной оси (неперпендикулярности
оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси электронного
тахеометра) | 76 |
| 7.10. Определение эксцентриситета горизонтального круга | 79 |
| 7.11. Определение эксцентриситета вертикального круга | 79 |
| 7.12. Определение «места нуля» вертикального круга | 80 |
| 7.13. Определение отклонения от соосности визирной оси зрительной
трубы и энергетической оси светодальномера | 81 |
| 7.14. Определение отклонения визирной оси оптического (лазерного)
центрира от вертикальной оси вращения тахеометра | 82 |
| 7.15. Определение СКП измерения горизонтального угла и
определение СКП измерения вертикального угла | 82 |
| 7.16. Определение СКП измерения расстояния | 84 |
| Рекомендуемая литература | 85 |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Земских Г. В.

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»
специализации маркшейдерское дело*

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерско-геодезические приборы: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Г.В. Земских; Уральский государственный горный университет, кафедра Маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с учебным пособием [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности «Горное дело» специализации Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

© Земских Г.В.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 6 |
| 2. Повторение материала лекций. | 6 |
| 3. Самостоятельное изучение тем курса. | 6 |
| 4. Подготовка к практическим занятиям . | 11 |
| 5. Подготовка к зачету, экзамену. | 13 |
| 6. Подготовка к опросу. | 14 |
| 7. Подготовка к контрольным работам. | 15 |
| 8. Подготовка и оформление курсовой работы. | 15 |
| Рекомендуемая литература | 16 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 324 часов или 9 зачетных единиц. Из них 138 часов (очное обучение) и 275 часов (заочное обучение) отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерско-геодезические приборы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины: повторение материала лекций, самостоятельное изучение тем курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к зачету и экзамену, подготовка к опросу, подготовка к контрольным работам, подготовка к выполнению и оформление курсовой работы.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерско-геодезические приборы». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой тестовых вопросов на зачет и экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебном пособии по курсу [1]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебному пособию [1] освоите каждый структурный элемент темы. .
3. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Обучающийся должен пользоваться своим конспектом лекций для усвоения пройденного материала..

3. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КУРСА

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи курса Маркшейдерско-геодезические приборы.

Тема 2: Современное маркшейдерское приборное обеспечение

Характеристика приборных комплектов для маркшейдерских работ при различных способах разработки полезных ископаемых и при подземном строительстве. Способы разработки МПИ: подземный (с учетом особенностей способов вскрытия и систем разработки), открытый (карьеры, разрезы, гидравлические полигоны), подводный (шельф, дражные и земснарядные полигоны). Подземное строительство: тоннели различного назначения, прочие подземные объекты гражданского и оборонного назначения.

Тема 3: Основы геометрической оптики

Законы геометрической оптики. Характеристики (оптические параметры) оптических сред. Показатель преломления светового луча. Сорты оптического стекла (кроны, флинты).

Тема 4: Оптические детали и системы приборов

Оптические детали. Призмы (плоско-параллельные пластинки, призмы полного внутреннего отражения, преломляющие призмы). Дисперсия света. Линзы (собирающие, рассеивающие). Геометрические параметры линз. Правила построения изображений точек и предметов линзами.

Формула Аббе (связи геометрических и оптических параметров линз).

Оптические системы. Разрешающая способность систем. Потери света в системах. Визирные зрительные трубы. Микроскопы отсчетных приспособлений в теодолитах.

Тема 5: Осевые системы угломерных приборов

Вертикальные осевые системы. Алидадная и лимбовая части угломерных приборов. Конструктивные особенности вертикальных осевых систем, обеспечивающих их прецизионность.

Горизонтальные осевые системы (ось вращения визирной зрительной трубы). Микрометрично-закрепительные устройства осевых систем.

Тема 6: Инструментальные погрешности угломерных приборов

Классификация погрешностей по способу минимизации их влияния на результаты измерений. Коллимация. Наклон оси вращения трубы (неравенство подставок трубы). Отклонение визирной оси при перемещении фокусирующей линзы. Эксцентриситет алидады. Эксцентриситет лимба. Рен отсчетного микроскопа. Наклон оси вращения трубы (негоризонтальность прибора). Симметричность работы компенсатора. Способы выявления инструментальных погрешностей и способы снижения их влияния на результаты измерений. СКП измерения углов.

Тема 7: Инструментальные погрешности нивелиров

Наклон визирной оси трубы. Симметричность работы компенсатора. Погрешность недокомпенсации. СКП определения превышений на станции и на 1 км. двойного хода.

Тема 8: Уровни и механические компенсаторы приборов

Круглые (установочные) и цилиндрические уровни. Типы ампул цилиндрических уровней. Контактные призмённые системы уровней.

Компенсаторы индекса вертикального круга теодолитов, визирной оси нивелиров.

Тема 9: Способы исключения влияния инструментальных погрешностей

Эффективные методики измерений. Исправление (юстировка) погрешностей. Введение поправок за погрешности в результаты измерений.

Тема 10. Локационные дальномёры. Историческая справка

Спектры несущего излучения локационных дальномёров.

Геодезические радиодальномёры.

Фазовые и импульсные светодальномёры

Звуколокационные дальномёры

Эволюция полевой дальнометрии

Тема 11. Радио и звуколокационные дальномёры

Принцип измерения расстояний радиодальномёрами. Преимущества и недостатки при полевых измерениях.

Принцип измерения расстояний звуколокационными приборами. Приборы для измерения глубины взрывных скважин, для измерений в недоступных пустотах, для измерения глубин на акваториях.

Тема 12. Принцип действия лазерных дальномёров

Модуляция несущего излучения. Решение задачи разрешения неоднозначности определения дальности на нескольких частотах модуляции.

Преимущества и недостатки фазовых дальномёров.

Преимущества и недостатки импульсных дальномёров

Тема 13. Устройство лазерных дальномёров

Излучатель. Генератор масштабных частот. Узкополосный спектральный фильтр. Лавинный фотодиод. Канал оптического короткого замыкания. Канал опорный. Гетеродинное преобразование частот. Счетный блок.

Тема 14. Постоянная и циклическая погрешности

Причины и величина возможной постоянной погрешности светодальномёров. Определение постоянной погрешности в полевых и лабораторных условиях.

Понятие цикла фазовых и импульсных измерений. Эталонный линейный базис для определения циклической погрешности светодальномёров.

Тема 15. Нестабильность частоты генератора масштабной частоты (ГМЧ)

Принцип действия ГМЧ. Назначение ГМЧ в функциональной схеме светодальномеров.

Факторы влияющие на нестабильность частоты ГМЧ.

Зависимость точности светодальномерных измерений от величины отклонения масштабной частоты от ее номинала.

Тема 16. Амплитудно-временная погрешность

Комплексное влияние на точность светодальномерных измерений степени усиления модулированного лазерного излучения и точности наведения излучения на центр отражателя.

Тема 17. Электронные тахеометры. Историческая справка

Характеристика 4-х поколений электронных тахеометров. Перспективы совершенствования дальномерных и угломерных маркшейдерских приборов. Конструктивные особенности тахеометров. Автоматические системы наведения.

Тема 18. Устройства считывания углов

Кодовые, динамические (временнйпульсные), накопительные (инкрементальные), комбинированные устройства считывания направлений и углов. Достоинства и недостатки.

Тема 19. Исследование двухосевого компенсатора

Датчики наклона прибора (электронные уровни). Диапазон работы и погрешности датчиков горизонтальности алидады тахеометров. Автоматизированный учет наклона прибора введением поправок в результаты измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Определение систематической погрешности недокомпенсации на одну минуту наклона прибора.

Тема 20. Цифровые нивелиры

Принцип считывания отсчетов и расстояний по штрихкодовым рейкам. Устройство цифровых нивелиров. Классификация цифровых нивелиров.

Тема 21. Маркшейдерские сканеры

Объекты сканирования при маркшейдерских работах. Параметры сканирования: угловой шаг (в плане и профиле), точность измерения длин и углов, скорость сканирования.

Принцип действия и устройство маркшейдерских сканеров для подземных и открытых горных работ.

Система координат лазерного сканера. Программное ослабление инструментальных погрешностей. Камеральная обработка.

Тема 22. Теория спутниковой навигации

История развития спутниковой геодезии. Общий принцип работы. Позиционирование. Глобальные и региональные навигационные спутниковые системы (GPS).

Системы координат и времени: геоцентрические СК, локальные референчные СК, системы высот, системы времени.

Спутниковый сигнал: каналы связи, радиочастотные диапазоны, фазовая модуляция сигнала, альманах навигационной информации, обзор частотных диапазонов современных навигационных систем.

Тема 23. Приборное и программное обеспечение GPS для маркшейдерских работ

Спутниковые системы GPS-Navstar, ГЛОНАСС. Наземный комплекс управления. Космический сегмент. Навигационные спутники.

Спутниковая аппаратура потребителя. Бок-схема. Режимы синхронизации. Спутниковые приемники. Радиочастотный блок. Измерения по кодам. Измерения фазы несущей волны. Инерциальные интегрированные блоки.

Контроллер. Программное обеспечение приемника.

Абсолютный режим измерений. Источники погрешностей, приборные и методические способы уменьшения их влияния на результаты измерений. Точные эфемериды. Метод точного позиционирования.

Планирование спутниковых измерений. Фактор снижения точности (DOP), маска возвышения, мировые карты качества спутникового покрытия ГНСС.

Глобальная и региональная сети DGPS, дифференциальный режим измерений.

Относительный режим измерений. Статический и кинематический режимы измерений. Принципиальные схемы работы. Постобработки измерений.

Кинематический режим измерений. Кинематика в реальном времени. Режим быстрой статики.

Метрологическое обеспечение. Методики метрологических проверок спутниковой аппаратуры.

Тема 24. Гироскопические теодолиты

Принцип работы гиротеодолитов. Теория трехстепенного маятникового гироскопа.

Устройство гиротеодолита с маятниковым гироскопом. Гироблок (системы подвеса, центрирования, токопровода, слежения, арретирования, магнитной и взрывобезопасной защиты). Угломерный блок с устройством следящей системы. Батарея питания.

Погрешности определения гироскопического азимута, продолжительность одного определения (пуска).

В качестве источника информации по всем темам используется учебное пособие: Земских Г.В., Кортев Н.В. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: уч. пособие. Екатеринбург, УГГУ, 2019, 146 с.

4. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

| Темы | Количество часов | Форма проведения, технология |
|--|------------------|------------------------------|
| <p>Оптические детали и системы маркшейдерских приборов</p> <p>Определение разрешающей способности, увеличения и поля зрения визирной зрительной трубы.</p> | 6 | |
| <p>Осевые системы угломерных приборов</p> <p>Определение эксцентриситетов алидады и лимба горизонтального круга угломерных приборов.</p> | 8 | |
| <p>Инструментальные погрешности угломерных приборов</p> <p>Проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня при алидаде к вертикальной оси вращения прибора и юстировка уровней. Определение и исправление коллимационной погрешности. Определение юстировка места нуля (зенита) вертикального круга. Проверка правильности хода фокусирующей линзы. Проверка работы компенсатора индекса вертикального лимба. Определение наклона оси вращения трубы (неравенство подставок). Проверка оптического центрира.</p> | 28 | Контрольная работа |
| <p>Инструментальные погрешности нивелиров</p> <p>Проверка правильности установки уровней и сетки нитей. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (негоризонтальность визирной оси). Определение симметричности диапазона работы компенсатора. Определение погрешности недокомпенсации. Определение скп измерения превышения на станции.</p> | 16 | Контрольная работа |
| <p>Уровни и самоустанавливающиеся компенсаторы</p> <p>Определение цены деления уровней по способу наклонного лимба и на экзаменаторе. Определение работоспособности компенсатора.</p> | 6 | |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Постоянная и циклическая погрешности светодальномеров</p> <p>Полевой трехштативный способ определения постоянной поправки дальномера. Определение постоянной поправки и циклической погрешности на эталонном линейном компараторе.</p> | 4 | |
| <p>Нестабильность масштабной частоты светодальномера</p> <p>Определение фактического значения масштабной частоты. Приведение масштабной частоты к номинальному значению.</p> | 2 | |
| <p>Амплитудно-временная погрешность</p> <p>Определение погрешности возникающей при неточном наведении дальномерного луча на центр отражателя и при повышенном уровне фотоэлектронного усиления вернувшегося от отражателя дальномерного сигнала.</p> | 2 | |
| <p>Исследование двухосевого компенсатора</p> <p>Определение погрешности поправок в горизонтальные и вертикальные углы при работе компенсатора в диапазоне от предельного положения (наклон прибора больше трех минут) до горизонтального.</p> | 4 | |

| | | |
|---|----|--|
| <p>Приборное и программное обеспечение GPS для маркшейдерских работ</p> <p>Ознакомление с комплектом спутникового оборудования на примере Trimble 5800. Подключение антенны Zephyr-2, приемника Trimble 5800, контроллера Trimble TSC2, дополнительной батареи питания. Проверка свободной памяти контроллера и флэш-карты в приемнике. Ознакомление с программным обеспечением Survey Controller контроллера. Создание проекта. Выбор режимов спутниковых измерений. Обзор программы локализации. Планирование полевых работ посредством программной утилиты Trimble GNSS Planning. Выбор параметров набора измерений, установка длительности эпох 1, 5, 10 секунд, маски возвышений 10, 13, 20 градусов. левые работы по определению трех пунктов методом абсолютного позиционирования, по определению приращений координат трех пунктов статическим относительным позиционированием, по определению координат четвертого пункта (базовой станции) статическим относительным позиционированием с применением программы локализации, определение координат в режиме быстрой статики и в режиме кинематики в т.ч. в реальном времени (RTK)</p> | 12 | |
|---|----|--|

В качестве источника информации по всем темам используется учебно-методическое пособие: Земских Г.В., Шевелев А.А. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности 21.05.04 Горное дело, специализации «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения: Екатеринбург: УГГУ, 2019, 85 с.

5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ, ЭКЗАМЕНУ

1. Назовите основные задачи (предмет) ⁱкурса маркшейдерско-геодезические
2. Укажите теодолиты в маркшейдерском исполнении.
3. Какие положения являются основой геометрической оптики?
4. При каких условиях просветление оптических деталей снижает потери света.
5. Эксцентриситет алидады выявляется по изменчивости
6. Юстировочные винты сетки нитей теодолитов предназначены для исправления?
7. Как исправить угол «i» в нивелире 2НЗЛ?
8. Цена деления установочных уровней (на 2мм).
9. Чем обеспечивается высокая точность отсчитывания по рейке из комплекта нивелира Н-05?
10. Страна – разработчик приборов «Topcon».

11. Назвать типы несущих излучений локационных дальномеров.
12. Для каких измерений применяются звуколакационные приборы в маркшейдерии?
13. Область лазерного излучения у излучателя светодальномера.
14. Тип лазерного излучателя маркшейдерско-геодезических приборов.
15. Полевой способ определения постоянной светодальномера.
16. Каково допустимое отклонение масштабной частоты от номинала?
17. Для исключения каких погрешностей необходим режим короткого оптического
18. Страна – разработчик приборов марки «Leica»
19. Признаки динамического устройства считывания углов в электронных теодолитах.
20. Какие параметры работы компенсатора могут быть определены в полевых условиях?
21. Цифровые нивелиры измеряют расстояние до рейки
22. Преимущества НЛС перед другими наземными видами.
23. Расстояние до спутника, полученное в приемнике на основе корреляции принятого
24. В качестве высокостабильного опорного генератора на спутнике используются?
25. Назначение маркшейдерских гиротеодолитов.

6. ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

1. Почему результаты измерений содержат погрешности?
2. Дальномер ДА – 2 – это прибор для измерения чего?
3. Разрешающая способность нормального глаза человека составляет?
4. Сорт оптического стекла.
5. К увеличению чего может привести большой эксцентриситет алидады?
6. Точность отсчитывания в теодолите ЗТ2КП.
7. Межповерочный интервал периодической поверки маркшейдерских приборов.
8. Для чего предназначен круглый уровень?
9. Наиболее точное визирование при измерении горизонтальных углов.
10. Каково оптимальное количество приемов (перенаведений) при измерении расстояний светодальномерами?
11. Дальность измерений радиодальномерами.
12. Дальность измерений светодальномером при прочих равных условиях больше?
13. Режим короткого оптического замыкания в светодальномерах необходим для исключения погрешностей.
14. Составляющие постоянной поправки светодальномера.
15. От каких факторов зависит стабильность частоты ГМЧ светодальномера?
16. С чем связана необходимость наведения светодальномера по максимуму отраженного сигнала?
17. Перечислить технические возможности роботизированного тахеометра.
18. Какая система применяется для считывания направлений (углов) в электронных тахеометрах (теодолитах)?
19. Какова примерная величина рабочего диапазона компенсаторов тахеометров?
20. Как устраняется негоризонтальность визирной оси, погрешность работы компенсатора составляет?
21. В процесс измерения на сканерной станции.
22. Необходимое минимальное количество одновременно наблюдаемых спутников при решении задачи определения местоположения.
23. В состав ГНСС не входит?
24. Тип гирокомпыаса в маркшейдерских гиротеодолитах.

7. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Контрольная работа № 1

1. Юстировочные винты сетки нитей теодолитов предназначены для исправления?
2. Точность отсчитывания в теодолите 3Т2КП.
3. Что не входит в перечень операций при поверке угломерных приборов в соответствии с Р 50.2.024-2002?
4. Коллимация изменяется в зависимости от расстояния до точки визирования.
5. Параллакс.
6. Рекомендации метрологической поверки угломерных приборов.
7. СКО измерения горизонтального угла полным приемом теодолитом 4Т30.
8. Коллимация – это не перпендикулярность осей
9. В перечень операций при поверке угломерных приборов в соответствии с Р 50.2.024-2002 не входит
10. Погрешности хода фокусирующей линзы трубы теодолитов определяют
11. Что создает неравенство подставок теодолита?
12. Рен. Дать определение.
13. Место зенита (MZ). Дать определение.

Контрольная работа № 2

1. Как исправить угол « i » в нивелире 2НЗЛ?
2. Межповерочный интервал периодической поверки маркшейдерских приборов.
3. Паспортное значение СКП нивелирования на станции для НЗК.
4. Как определяется ошибка хода фокусирующей линзы нивелира?
5. Как исправить угол i в нивелире 2НЗКЛ?
6. Назвать основные элементы методики определения СКП нивелира на станции.
7. Назвать основные элементы методики определения СКП нивелиров на 1км двойного хода.
8. Какова последовательность действий при определении погрешности недокомпенсации нивелиров?
9. Что обозначают цифры и буквы в названии нивелира 3НЗКЛ?
10. Какое допускается расхождение между приемами определения негоризонтальности визирной оси нивелиров?
11. В каких нивелирах исправление негоризонтальности визирной оси (угла i) производится юстировочными винтами сетки нитей?
12. Назвать параметры, определяемые при исследовании компенсаторов нивелиров.

8. ПОДГОТОВКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Другие виды самостоятельной работы (курсовая работа)

Информация по выполнению курсовой работы содержится в методических материалах: Земских Г.В., Шевелев А.А. «Маркшейдерско-геодезические приборы»: учебно-методическое пособие к курсовой работе для студентов специальности 21.05.04. Горное дело, специализации «Маркшейдерское дело». Екатеринбург: УГГУ, 2019, 85 с.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркшейдерско-геодезические приборы: учеб. пособие / Г.В. Земских, Н.В. Кортев - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. - 145 с.
2. Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение. - М: Недра, 2012. – 364 с.

Авторы:
Земских Г.В.

Корректурa кафедры шахтного строительства

Подписано к печати

Формат бумаги 60x84 1/16

Печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена С

Лаборатория множительной техники УГГГА

620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А.Уповров
« _____ » _____ 20 _____ г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Б1.В.02 ГЕОМЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Жабко А.В., доцент, д.т.н.

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург-2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;

- выполнить расчетно-графические работы;

- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо: самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Деформации бортов карьеров
2. Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ
3. Методы расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах
4. Способы расчета устойчивости откосов. Коэффициент запаса устойчивости
5. Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов
6. Равноустойчивый откос
7. Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.
8. Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений
9. Противодеформационные мероприятия

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Геомеханика» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-10]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если студенты предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Деформации бортов карьеров

1. Факторы, определяющие устойчивость бортов карьеров.
2. Виды деформаций бортов карьеров и условия их возникновения.
3. Динамика и морфология развития.
4. Расчетные показатели при оценке устойчивости откосов.
5. Методы определения показателей при оценке устойчивости откосов.

Тема 2: Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ

1. Контроль устойчивости откосов бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ.
2. Проект наблюдательной станции.
3. Предельные значения деформаций.
4. Паспортизация деформаций бортов карьеров.

Тема 3: Методы расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах

1. Анализ и классификация методов расчета (оценки) устойчивости откосов в изотропных массивах.
2. Поверхность скольжения, способы ее построения.
3. Недостатки существующих методов.

Тема 4: Способы расчета устойчивости откосов. Коэффициент запаса устойчивости

1. Метод предельного напряженного состояния (статика сыпучей среды).
2. Метод предельного равновесия.
3. Коэффициент запаса устойчивости, его нормативное значение.
4. Способы расчета устойчивости откосов, рекомендуемые нормативными документами. Недостатки.

Тема 5: Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов

1. Расчет устойчивости анизотропных и неоднородных откосов.
2. Углы излома и построение поверхностей скольжения.

Тема 6: Равноустойчивый откос

1. Понятие равноустойчивого откоса.
2. Рациональный профиль борта карьера.
3. Расчет откосов криволинейных в плане.

Тема 7: Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.

1. Расчет устойчивости откосов в сложных горно-геологических условиях.
2. Сейсмичность, тектонические поля напряжений, обводненность, подработка подземными горными работами, карст.

Тема 8: Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений

1. Расчет устойчивости отвалов и оснований сооружений.
2. Геомеханическое проектирование отвалообразования

Тема 9: Противодеформационные мероприятия

1. Противодеформационные мероприятия.
2. Спецтехнология обработки приконтурных лент.
3. Дренаж карьерного поля.
5. Искусственное укрепление бортов карьеров.

ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для подготовки и написания курсового проекта по дисциплине «Геомеханика» разработано учебно-методическое пособие [1].

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы геомеханики открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Разработаны задания и подробно описаны методики их выполнения. Задания для выполнения курсового проекта соответствуют наиболее часто встречаемым производственным задачам инженера-маркшейдера. Методики решения задач соответствуют рекомендациям действующих нормативных документов.

Учебно-методическое пособие содержит методики решения задач по наблюдениям за деформациями уступов, бортов карьеров, определению расчетных характеристик физико-механических свойств горных пород и оценке устойчивости откосов в однородной среде и в анизотропных массивах.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «Геомеханика» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «Геомеханика».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Устойчивость бортов карьера: учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Геомеханика» для студентов специализации «Маркшейдерское дело» специальности 130400 – «Горное дело» / А. В. Жабко, А. П. Бадулин. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 59 с.
2. Жабко А.В. Аналитическая геомеханика: научная монография; УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.
3. Жабко А.В., Бадулин А.П. Геомеханика открытых горных работ: учебное пособие по дисциплине “Геомеханика”; УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 150 с.
4. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.
5. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.
6. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров: Учеб. для ВУЗов. – М.: Недра, 1982. – 165 с.
7. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГГУ, 2003. – 473 с.
8. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1976. – 272 с.
9. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 378 с.
10. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л.: Недра, 1989. – 488 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В. Жабко

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАРКШЕЙДЕРИИ

Учебно-методическое пособие

К курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

| | |
|--|----|
| Задания для выполнения курсовой работы | 3 |
| 1. Комплекс CREDO | 4 |
| 1.1. Основные функции комплекса CREDO | 4 |
| 1.2. Обработка инженерно-геодезических изысканий в CREDO | 6 |
| 1.3 Технологии сбора и обработки ТГИ при наземных съемках..... | 7 |
| 1.4 Проект полигона по замкнутому контуру | 9 |
| 2. Работа с программой CREDO..... | 19 |
| 2.1 Подготовка и использование бумажных картматериалов..... | 19 |
| 2.2. Работа с программой TRANSFORM..... | 21 |
| 2.3. Работа с программой CREDO ГЕНПЛАН. | 25 |
| Заключение..... | 33 |
| Список литературы..... | 34 |

Задания для выполнения курсовой работы

1. Произвести расчет и уравнивание маркшейдерской опорной сети, построить эллипсы ошибок плановых измерений в программе CREDO DAT. Получить ведомости ходов, координат пунктов и ведомость погрешностей их положения, осуществить экспорт данных в формат DXF (файл с результатами измерений выдается преподавателем).
2. Осуществить калибровку деформированного плана топографической съемки, осуществить обрезку плана по внешним границам координатной сетки и привязать план к принятой системе прямоугольных координат в программе CREDO TRANSFORM. Осуществить экспорт растрового изображения для дальнейшего использования в программе CREDO ГЕНПЛАН (файл растрового изображения для выполнения задания выдается преподавателем).
3. По результатам предыдущего задания (файл подложки из программы CREDO TRANSFORM) в программе CREDO ГЕНПЛАН создать цифровую модель местности (ЦММ) и цифровую модель рельефа (ЦМР) в существующих границах плана, построить профиль рельефа местности.
4. В программе CREDO ГЕНПЛАН произвести подсчет объемов выемки и насыпи между существующей поверхностью ЦМР (задание 3) и проектной (задается преподавателем), вывести на печать таблицу с получившимися данными.

1. Комплекс CREDO

1.1. Основные функции комплекса CREDO

- камеральные работы при создании государственных и местных сетей геодезической опоры;
- камеральная обработка инженерно-геодезических изысканий;
- обработка геодезических данных при проведении геофизических работ.
- подготовка данных для создания цифровой модели местности инженерного назначения;
- создание и корректировка цифровой модели местности инженерного назначения на основе данных изыскания и существующих картматериалов;
- формирование чертежей топопланов и планшетов на основе цифровой модели местности, экспорт данных по цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы;
- обработка лабораторных данных инженерно-геологических изысканий;
- создание и корректировка цифровой модели местности инженерного назначения на основе данных изысканий и существующих картматериалов;
- формирование чертежей топопланов и планшетов на основе созданной цифровой модели местности, экспорт данных по цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы;
- обработка лабораторных данных инженерно – геологических изысканий;
- создание и корректировка цифровой модели геологического строения площадки или полосы изысканий;

- формирование чертежей инженерно – геологических разрезов и колонок на основе цифровой модели геологического строения местности, экспорт геологического строения разрезов в системы автоматизированного проектирования;
- маркшейдерское обеспечение процесса добычи полезных ископаемых;
- проектирование генеральных планов объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства;
- проектирование профилей внешних инженерных коммуникаций;
- проектирование нового строительства и реконструкции автомобильных дорог;
- ведение дежурных планов территорий и промышленных объектов;
- геодезическое обеспечение строительных работ;
- геодезические работы в землеустройстве
- подготовка сметной документации при проведении инженерно - геодезических и инженерно – геологических изысканий.

1.2. Обработка инженерно-геодезических изысканий в CREDO

Современные требования к качеству проектирования и оперативности принятия проектных решений в промышленном, гражданском и транспортном строительстве требуют применения высокорезультативных технологий на всех стадиях создания проекта, включая этапы инженерных изысканий. Эти требования определяются двумя ключевыми моментами:

- необходимостью вариантного проектирования с быстрой детальной проработкой, экономической и экологической оценкой вариантов проектных решений;

- организацией сквозной технологии изыскания и проектирования на основе единого набора данных для всех элементов технологической цепочки и разделов проекта.

Оба этих момента в комплексе CREDO реализуются на основе цифрового моделирования как в системах обработки изысканий, так и в системах автоматизированного проектирования.

Идеологической основой технологии CREDO является изменение подходов к основным результатам инженерных изысканий и проектирования. Это выражается в переходе от «бумажного» результата (чертежи, планшеты) к модели, т.е. к созданию цифровой модели местности (ЦММ) как результата инженерно-геодезических изысканий, созданию объемной геологической модели (ОГМ) как результата инженерно-геологических изысканий, созданию и оценке цифровой модели проекта (ЦМП) как результата проектирования.

1.3 Технологии сбора и обработки ТГИ при наземных съемках.

Основной системой обработки данных наземных площадных и полосных съемок в комплексе CREDO является система CREDO_DAT, ориентированная на сбор топографо-геодезической информации (ТГИ) как традиционными приборами (теодолиты, нивелиры, рулетки) с записью в журналы, так и электронными тахеометрами, и спутниковыми системами.

CREDO_DAT импортирует данные практически из всех распространенных форматов электронных приборов и регистраторов.

Система CREDO_DAT предоставляет возможность выработать **оптимальный проект** сети плано-высотного обоснования, подобрать необходимую точность измерений, то есть обеспечить эффективность и экономичность работ по созданию опорной сети.

При вводе или импорте данных система производит автоматическое распознавание и сепарацию данных по типам измерений, автоматическое формирование топологии сети плано-высотного обоснования, формирование данных для уравнивания по всем типам и методикам создания плановых геодезических сетей.

Уравнивание плановых и высотных геодезических сетей производится параметрическим способом по методу наименьших квадратов.

Обработка съемки, выполненной электронными тахеометрами или традиционным тахеометрическим методом, ведется с одновременным формированием семантики топографических объектов.

Рациональной организации полевых и камеральных работ способствует возможность **эффективного манипулирования данными** – возможность объединение данных из разных наборов, замораживание, перенос, удаление отдельных измерений и блоков.

На всех этапах обработки обеспечивается одновременная **графическая иллюстрация действий**, позволяющая выполнять **визуальный контроль операций**.

1.4 Проект полигона по замкнутому контуру

Запускаем программу CREDO DAT IV

Создаем новый проект

Настройка проекта осуществляется путем изменения свойств. Для этого открываем на панели инструментов вкладку «Файл», выбираем пункт «Свойства проекта».

В открытом окне, во вкладках: «Общие сведения», «Параметры», «Точность представления», вносим необходимые изменения.

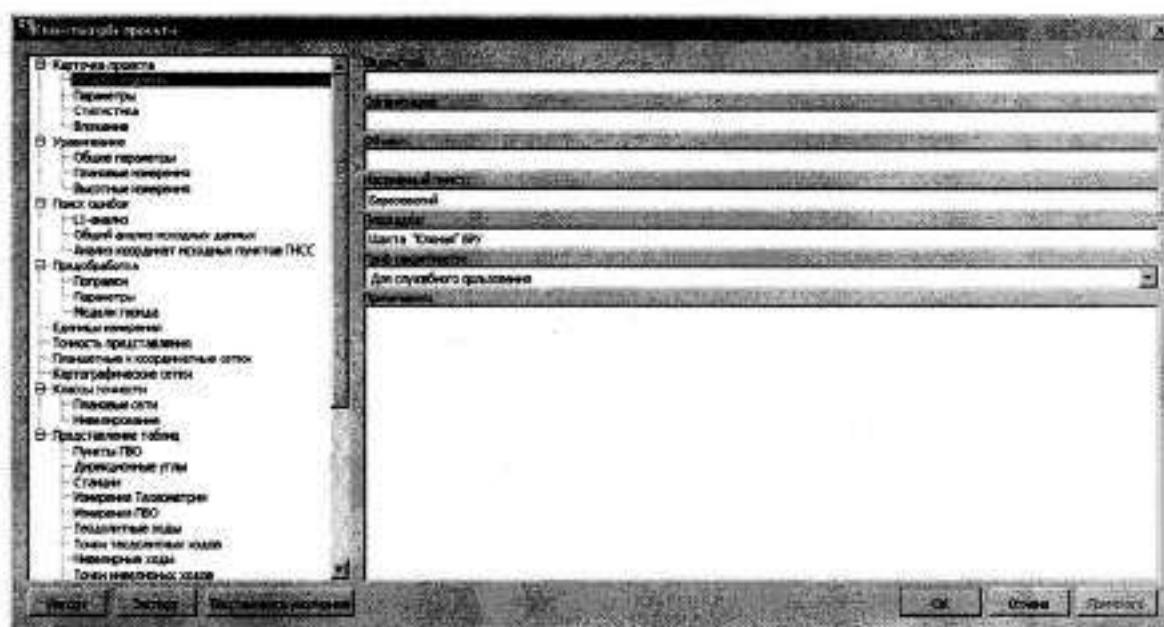


Рисунок 1

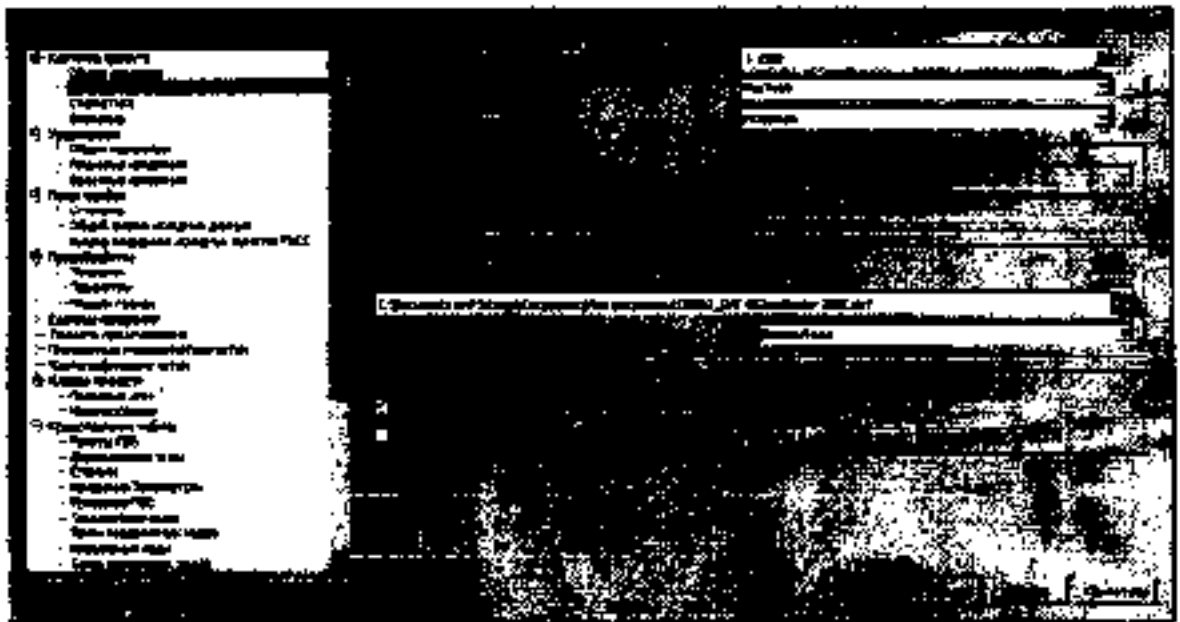


Рисунок 2

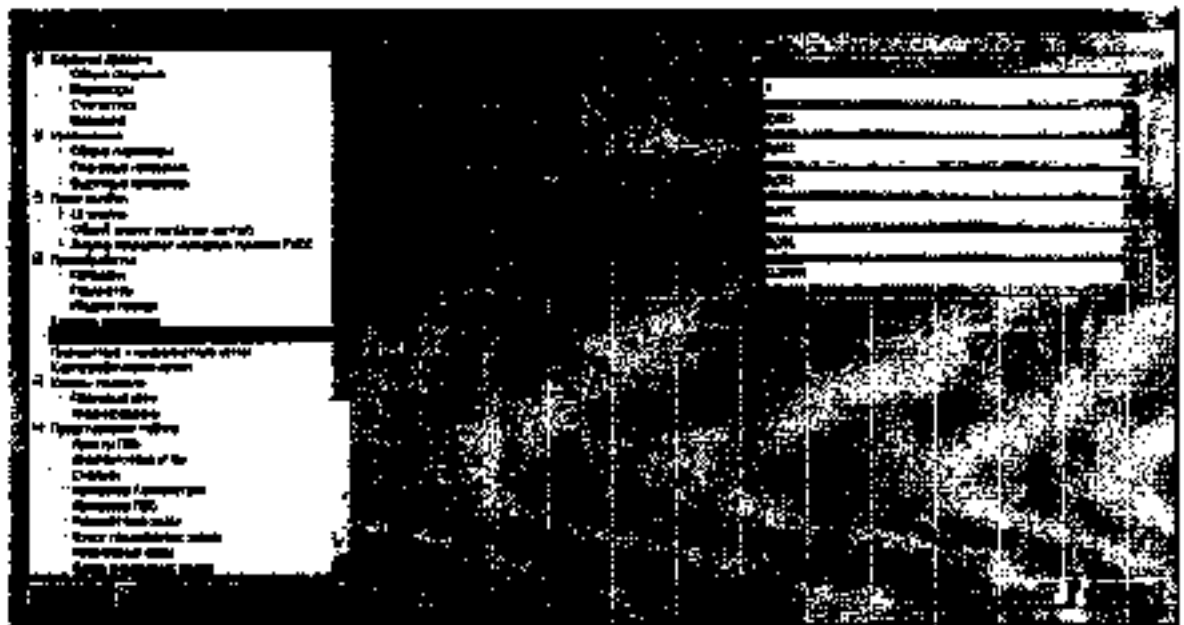


Рисунок 3

Вводим координаты исходного пункта точки VIII, во вкладке «Пункты ПВО» на панели инструментов; изменяем «Тип пункта» на «Исходный».

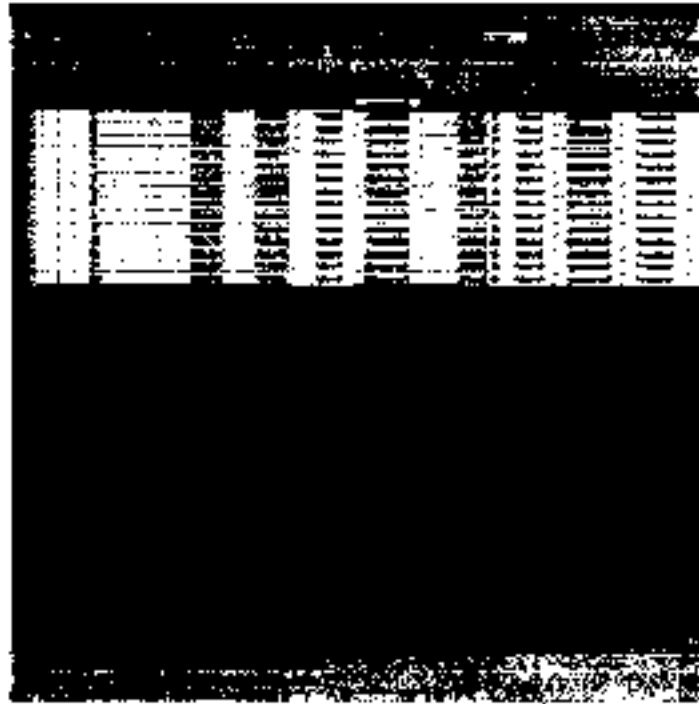


Рисунок 4

Вводим дирекционный угол исходной стороны VIII-VII, во вкладке «Дирекционные углы». Изменяем «Класс NE» на 1-й разряд.

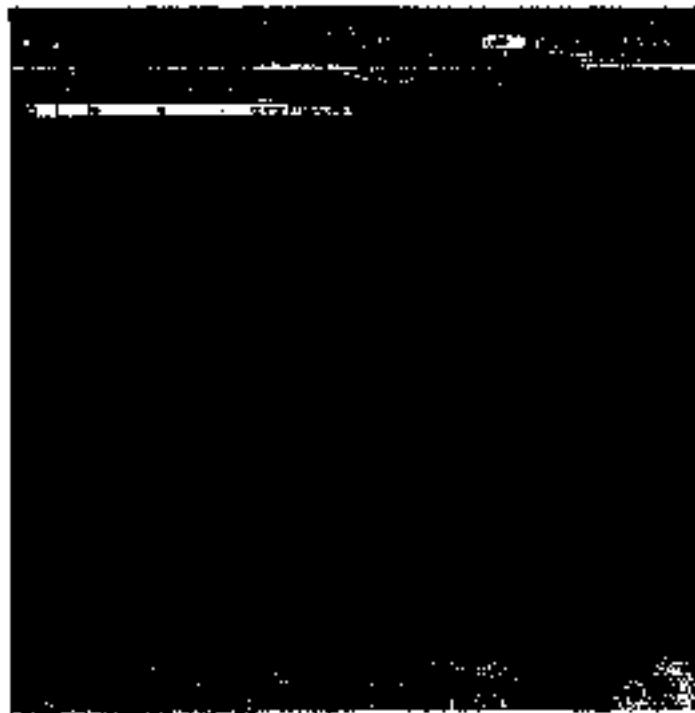


Рисунок 5

Создаем первый и второй теодолитные хода, изменяя «Класс НЕ» на 1-й разряд. Вводим номера пунктов, горизонтальные углы и расстояния между точками, во вкладке «Точки теодолитных ходов» в нижнем окне.

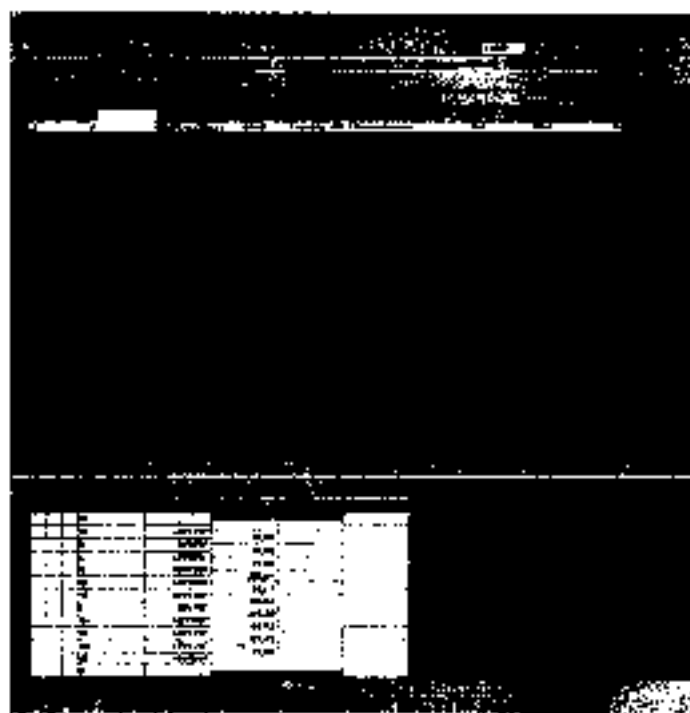


Рисунок 6

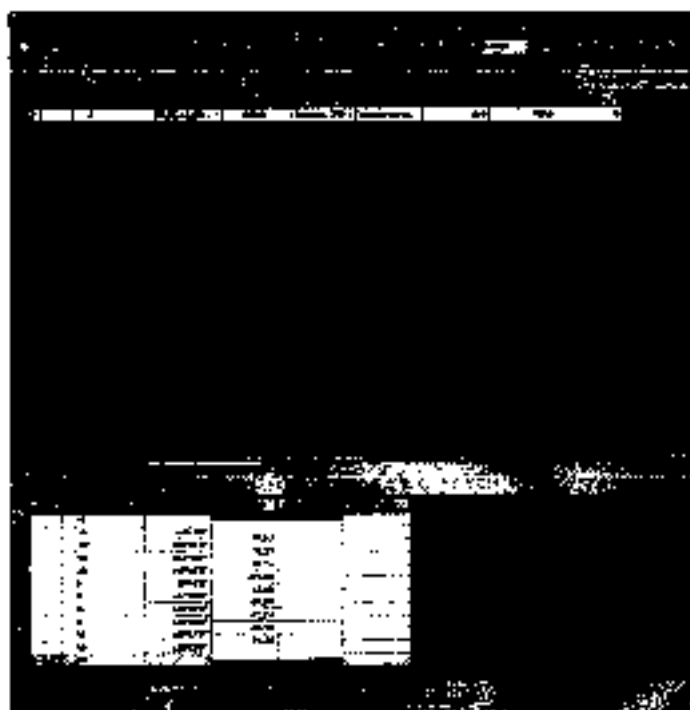


Рисунок 7

Создаем первый и второй нивелирные хода, изменяя «Класс Н» на IV-й класс. Вводим номера пунктов, превышения и расстояния между точками, во вкладке «Точки нивелирных ходов» в нижнем окне.

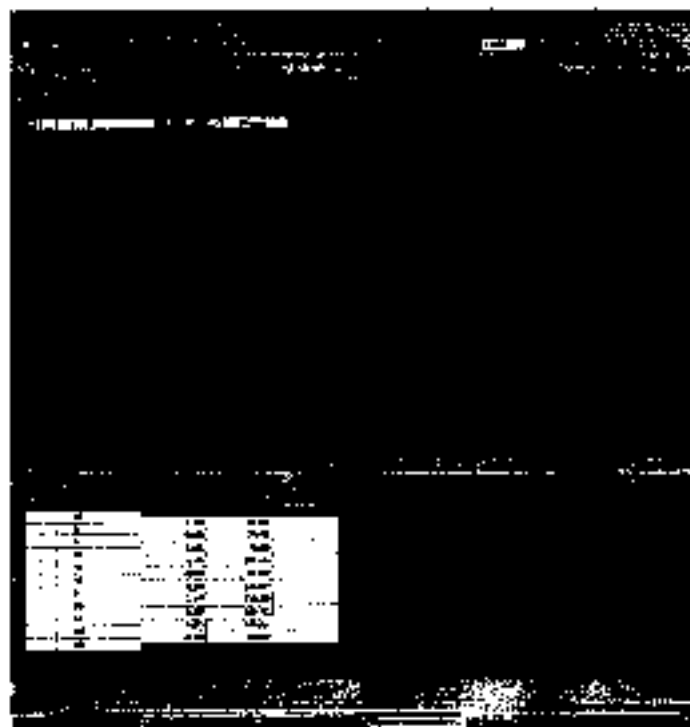


Рисунок 8

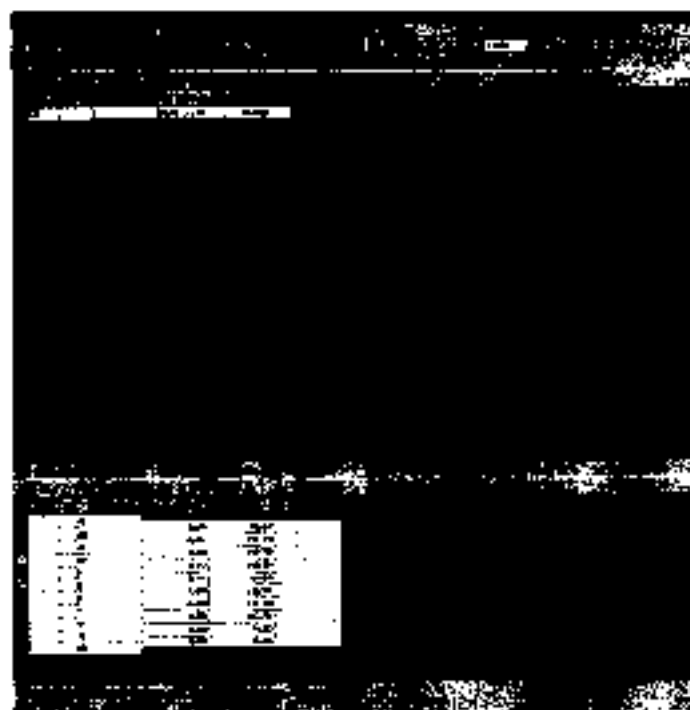


Рисунок 9

На панели инструментов во вкладке «Расчеты» выбираем пункт «Предобработка» - «Расчет».

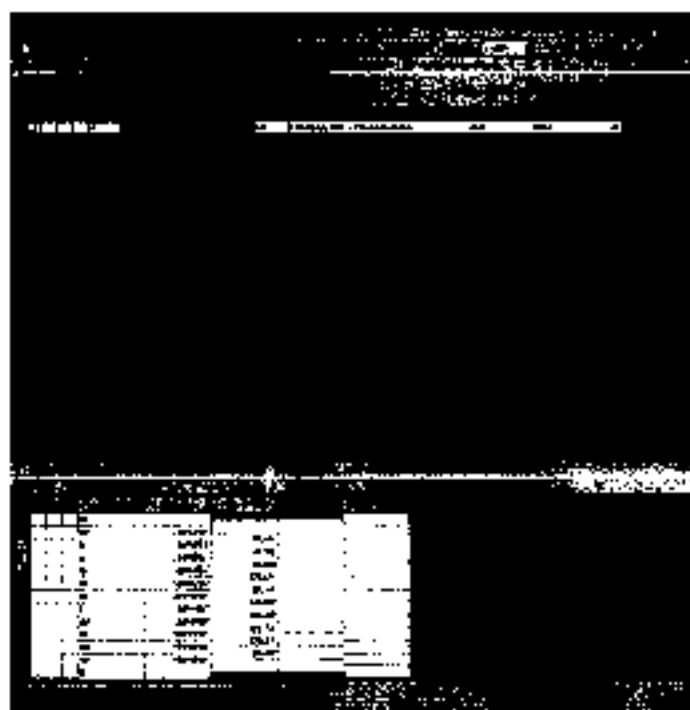


Рисунок 10

На панели инструментов во вкладке «Расчеты» выбираем пункт «Уравнивание» - «Расчет».

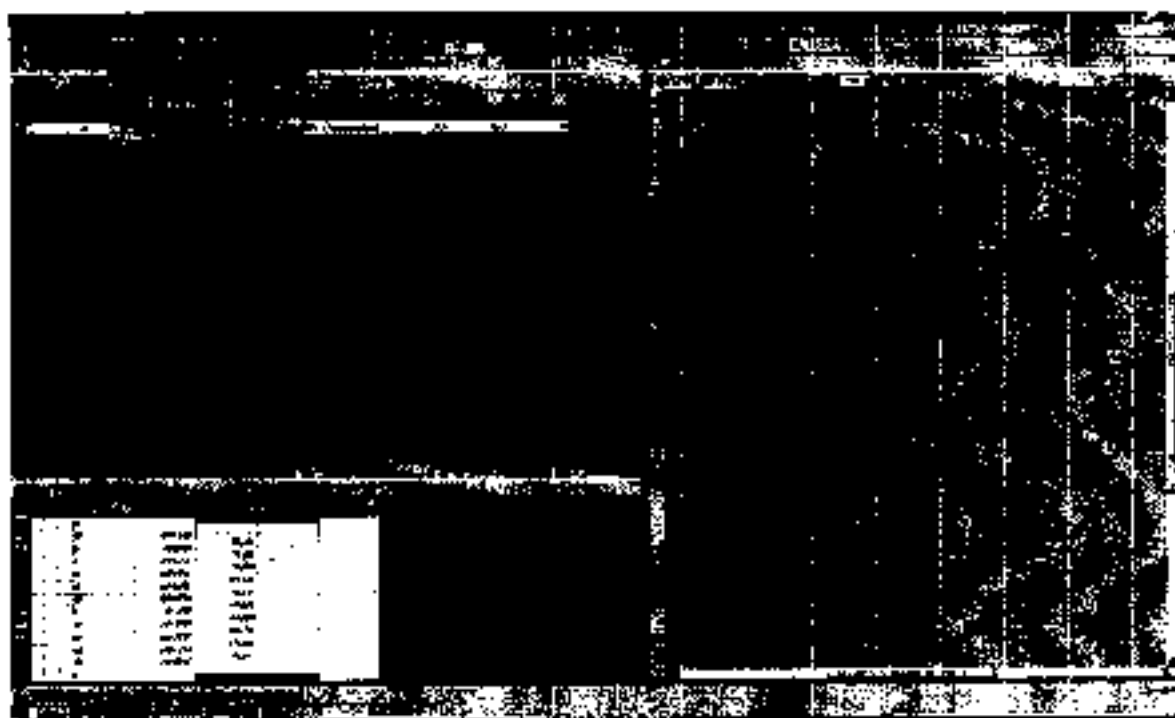


Рисунок 11

На панели инструментов во вкладке «Ведомости» выбираем пункт «Уравнивание» - «Ведомость оценки точности положения пунктов»

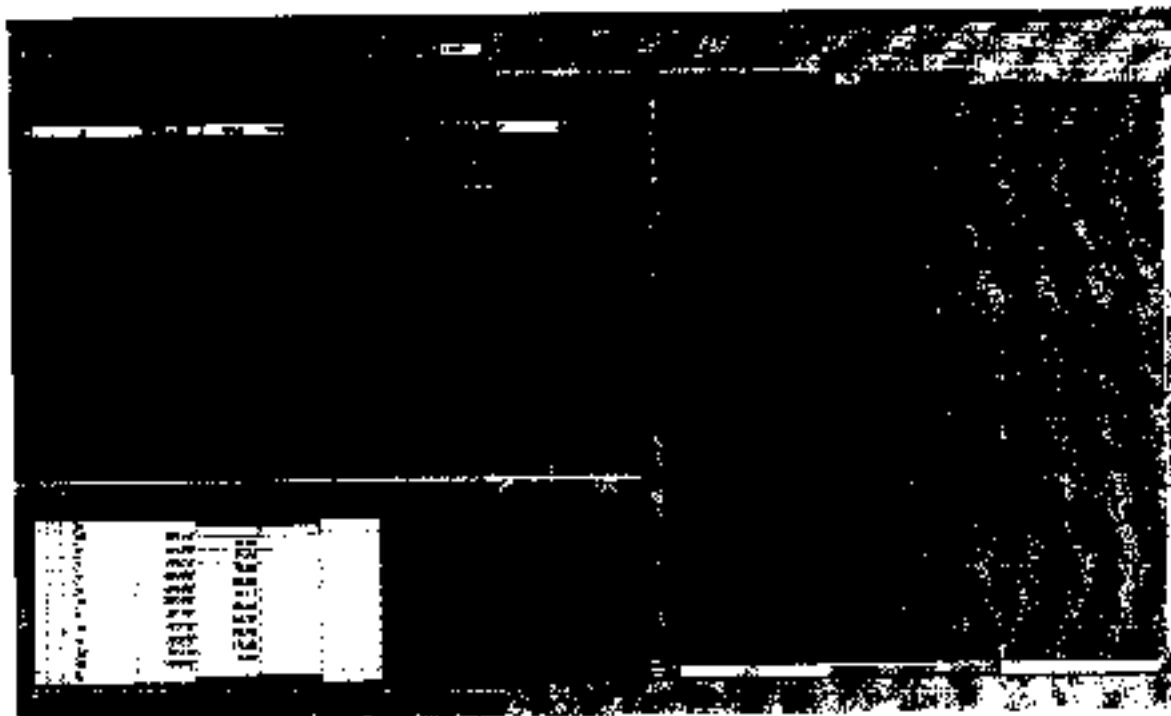


Рисунок 12

Ведомость открывается в новом окне.

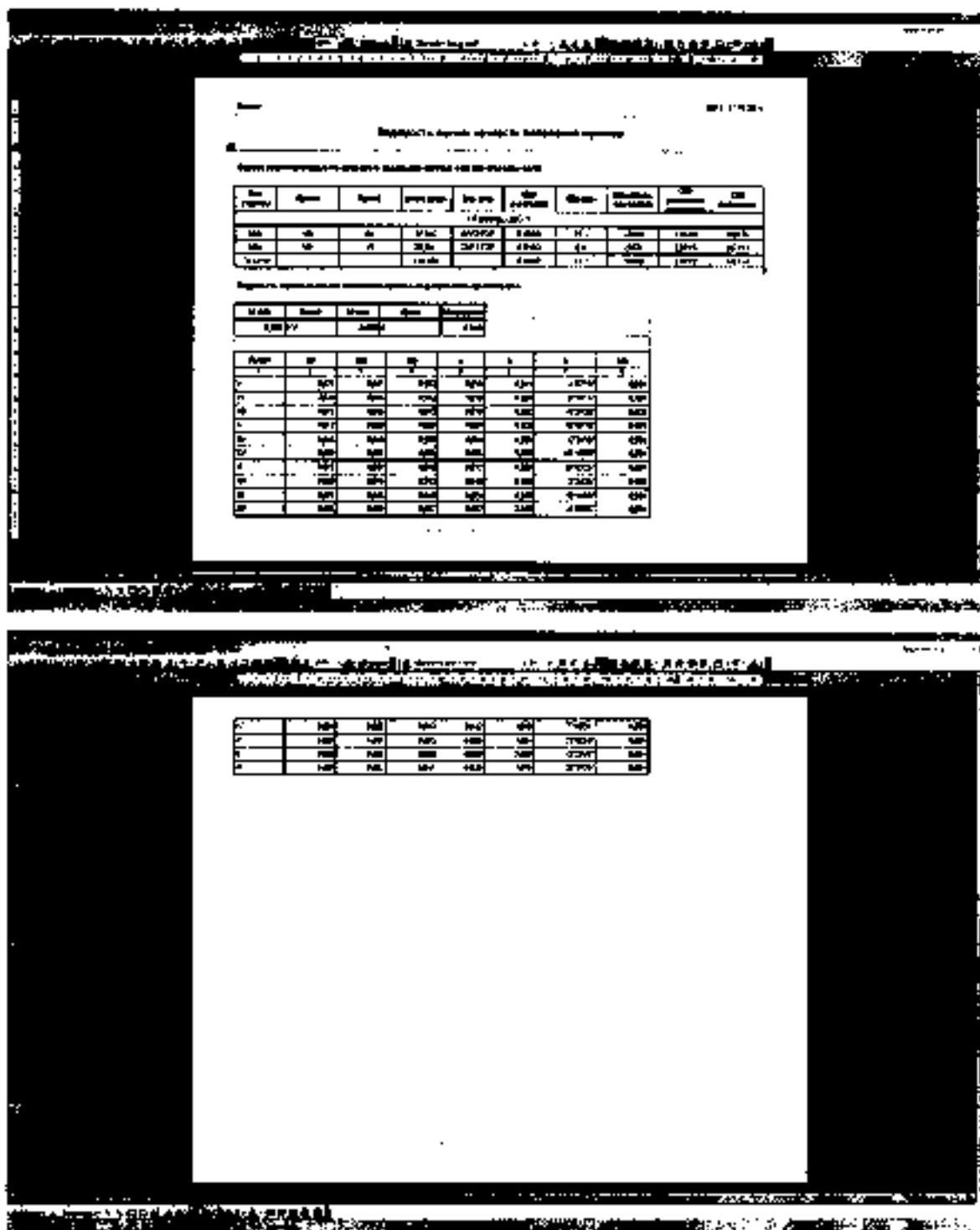


Рисунок 13

Аналогичную работу при необходимости производим с другими ведомостями.

На панели инструментов во вкладке «Ведомости» выбираем пункт «Уравнивание» - «Ведомость оценки теодолитных ходов»

| № п/п | Наименование | Сумма |
|-------|--------------|-------|
| 1 | ... | ... |
| 2 | ... | ... |
| 3 | ... | ... |

Рисунок 14

Вывод отчета по форме № 1

| | | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------|---------|-------|
| 2 | II, III, IV, V, VI | 6 | 1 й разряд, ОМС-1 | 608,068 | 27783 |
| 1 | II, III, IV, V, VI | 5 | 1 й разряд, ОМС-1 | 608,179 | 68890 |
| 3 | VII, VIII, IX, X, XI, XII | 7 | 1 й разряд, ОМС-1 | 644,849 | 38810 |

Рисунок 15

Ведомость открывается в новом окне.

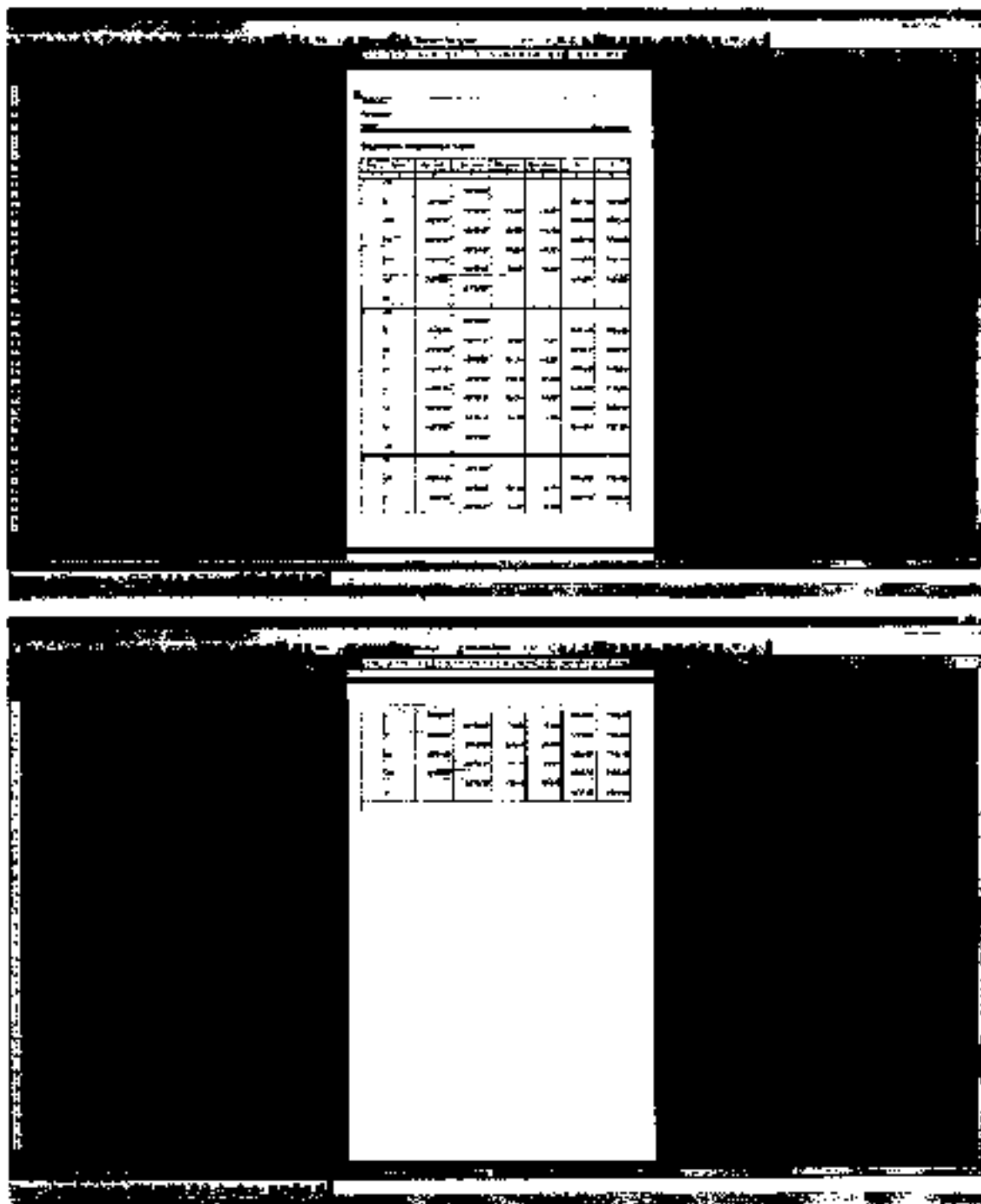


Рисунок 16

2. Работа с программой CREDO

2.1 Подготовка и использование бумажных картматериалов.

Далеко не всегда изыскания проводятся с применением только наземной съемки. При изысканиях на стадии ТЭО широко используются карты мелких масштабов, на застроенной территории зачастую имеются крупномасштабные топографические планы (планшеты). В таких ситуациях существующий картматериал сканируется и используется для создания ЦММ в качестве растровой подложки.

Для подготовки таких растров в CREDO используется программа **TRANSFORM**. С ее помощью карты и планы сканируются. Отсканированные фрагменты трансформируются в рабочую систему координат, причем локальные и общие деформации исходного материала частично или полностью устраняются. Фрагменты растра «сшиваются», «обрезаются» в нужной конфигурации и экспортируются в CREDO.

По растровым подложкам, в зависимости от задач изысканий, в заданной полосе или на заданной площади ведется дигитализация (оцифровка) растра, то есть создается ЦММ нужного содержания.

Участки местности, на которых не стоитя ЦММ, но необходимые заказчику для обзора прилегающей к участку территории, остаются в растровом виде.

Результаты инженерно-геодезических изысканий представляются в следующих видах:

- Собственно, **ЦММ в форматах CREDO**, позволяющая проектировщикам, работающим в CREDO, немедленно приступить к проектированию, минуя трудоемкие стадии конвертации, дигитализации.

- **Чертежи** – традиционные, оформленные по ГОСТ листы топографических планов на бумажном носителе.

- **Планшеты**, оформленные в принятой разграфке с соответствующим зарамочным оформлением.

- **Файлы в форматах ГИС MapInfo (MIF/MID)**, позволяющие данные изысканий вносить в действующую на территории города или предприятия базу.

- **Файлы в формате DXF**, обеспечивающие передачу данных в САПР. CREDO экспортирует ЦММ в выбранном фрагменте или нескольких фрагментах в двух видах: 2D – «плоская» модель, оформленная в виде чертежа (в форматах ГОСТ) или 3D – трехмерная модель в реальных координатах.

- **Файлы с данными трасс** – продольного, поперечного профилей и пересечек в текстовом или бинарном формате для систем проектирования дорог и трубопроводов (СЕТИ, САД_CREDO, DROGA и других).

2.2. Работа с программой TRANSFORM.

В качестве исходных данных для работы в программе CREDO мы используем планшет, отсканированный программой TRANSFORM.



Рисунок 17

Открываем программу ТРАНСФОРМ, создаем новый проект, импортируем предварительно отсканированные и сохраненные файлы в формате PDF.



Рисунок 18

Для того чтобы трансформировать отсканированные файлы, с помощью инструмента «опорные точки по сетке» присваиваем координаты с планшета на изображения. Это позволяет соединить два отсканированных изображения в одно и убрать искажения, которые были допущены при сканировании.

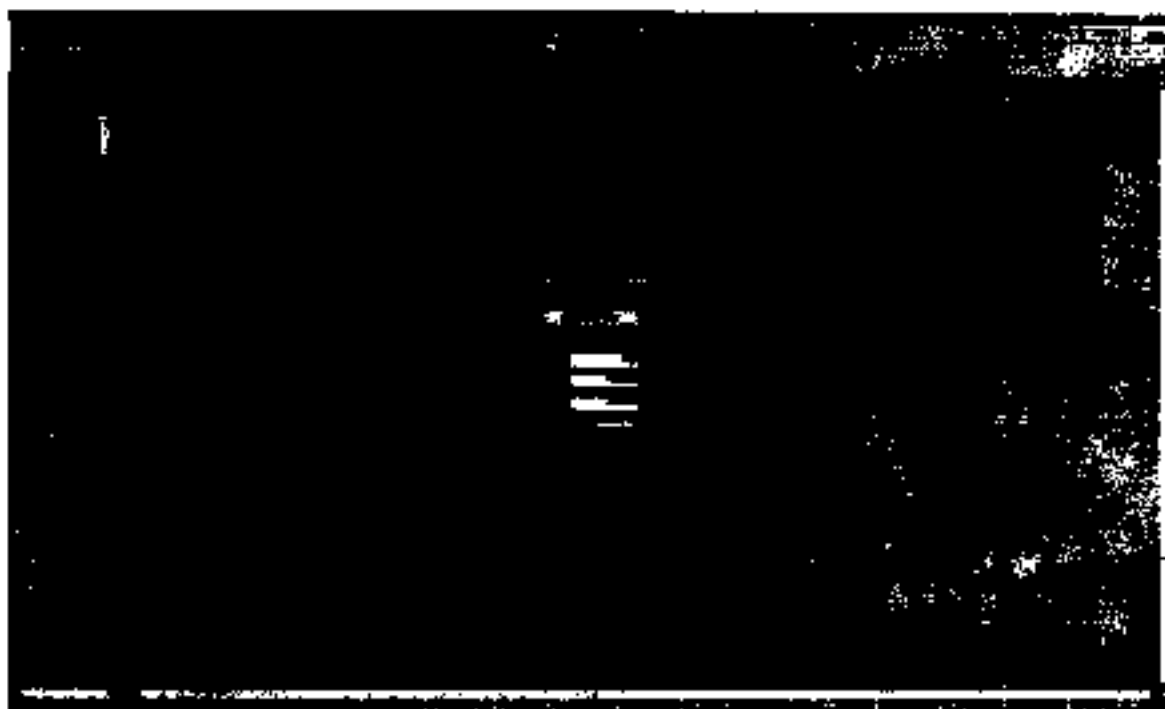


Рисунок 19

Координаты наносятся на оба изображения с перекрытиями.



Рисунок 20

Трансформировали изображение. После трансформации, возможно, на линии соединения изображения будет сдвиг. Для исправления, необходимо задать относительные точки, выбирая характерные точки изображения в полосе перекрытия, с одинаковыми именами. После чего изображение заново трансформируется.

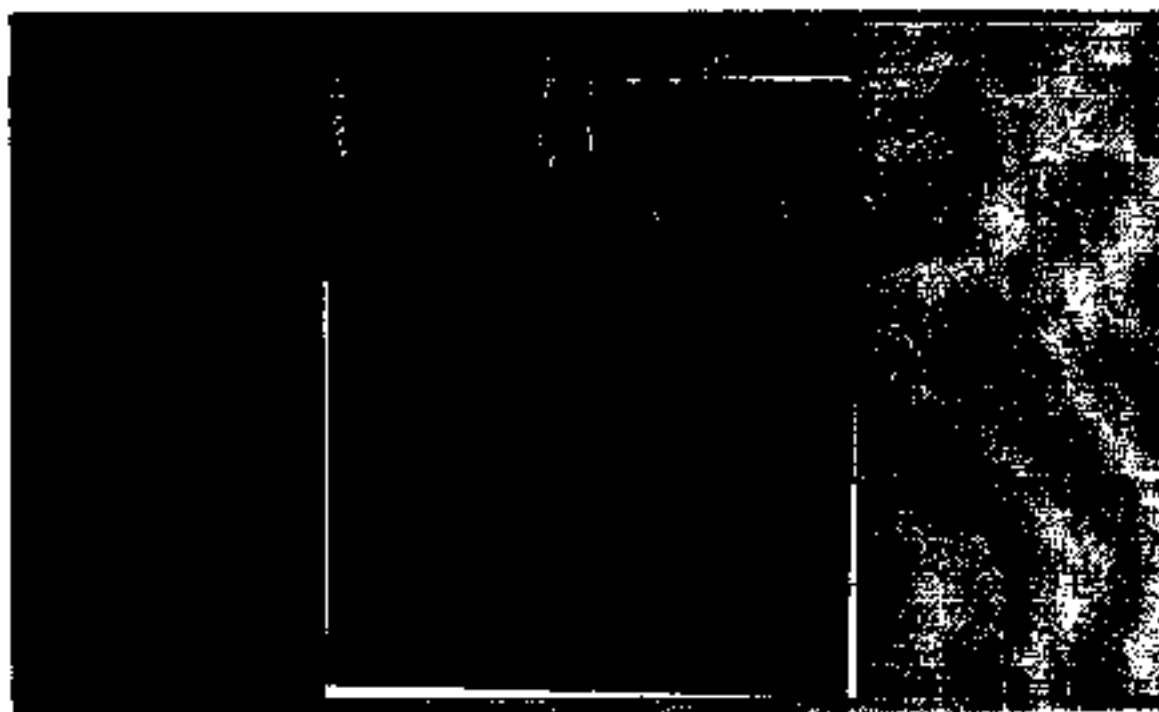


Рисунок 21

Чтобы убрать просветы в трансформированном изображении, а также избавиться от полосы перекрытия, применяем команду «Создать контур видимости». Выделяем области, которые нам необходимо соединить.

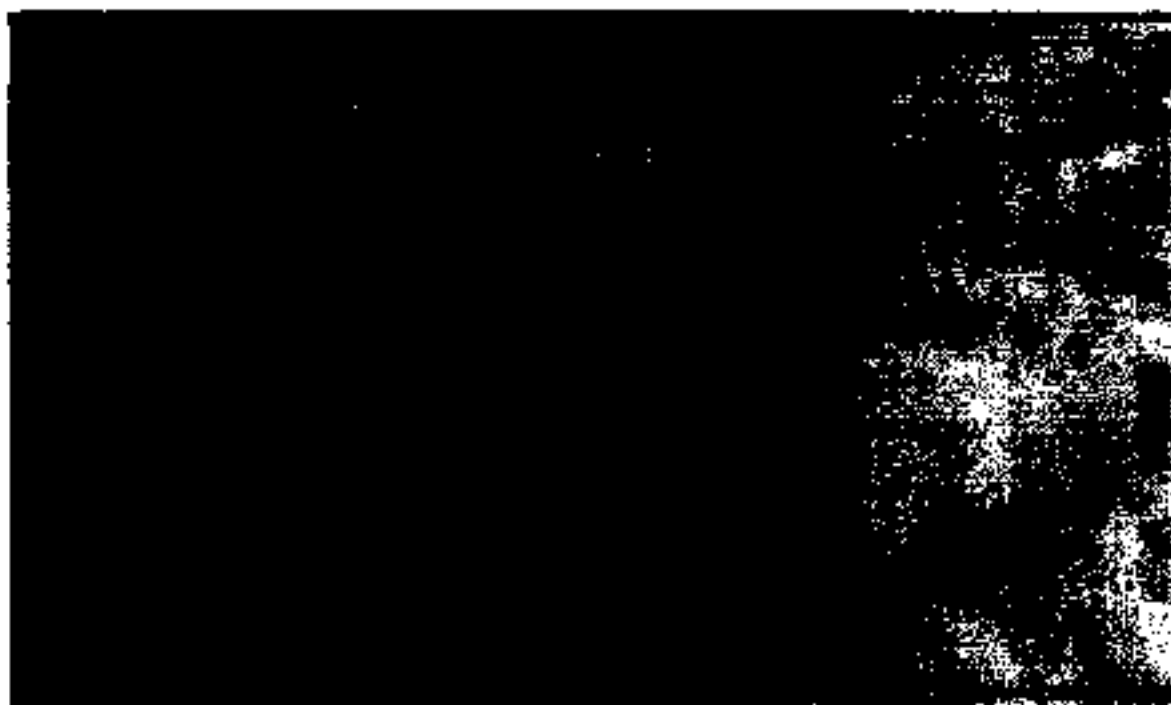


Рисунок 22

Так выглядит изображение после нанесения контура видимости.

2.3. Работа с программой CREDO ГЕНПЛАН.

В программе Credo ГЕНПЛАН создаём новый проект. В меню «Данные» выбираем «Растровые подложки», затем в появившемся окне выбираем «Импортировать».

В появившемся окне указываем способ импорта «Из файла», затем выбираем папку, из которой необходимо импортировать транспонированный объект. После импортирования закрываем окно «Управление растровыми подложками» и находим растр путём нажатия кнопки «Показать всё» на панели инструментов, в результате чего изображение встанет по центру экрана.

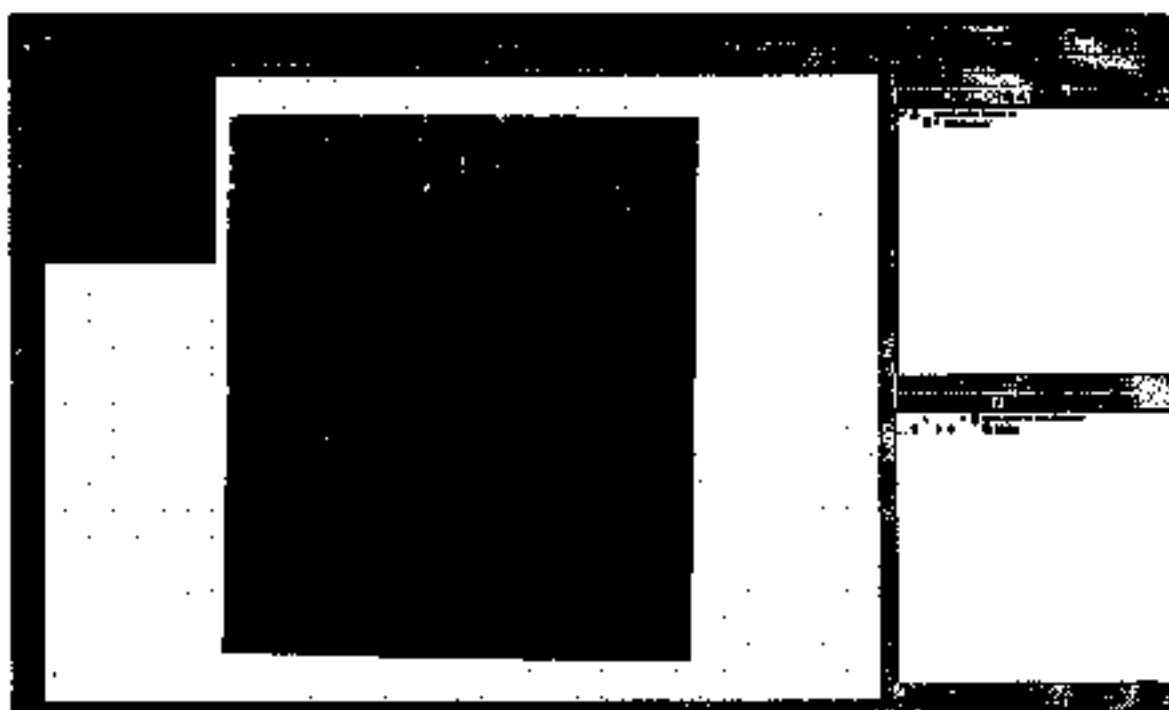


Рисунок 23

Для правильного отображения размеров на чертеже в меню «Установки» выбираем «Свойства набора проекта», затем в «Карточке набора проектов» в поле «Масштаб» меняем масштаб на 1:2000 в соответствии с масштабом отсканированного планшета. Также меняем остальные поля, если это необходимо. Растр встает по координатам сетки.

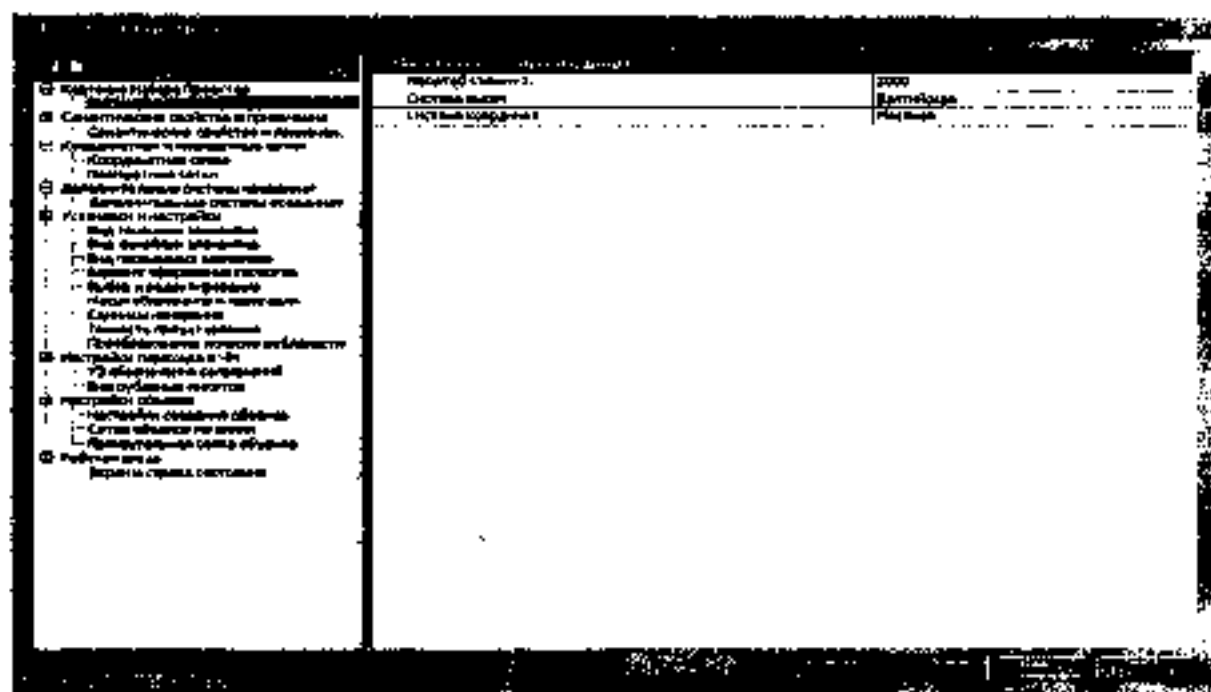


Рисунок 24

Переименовываем слой, в котором будет храниться растр в «Растр» и больше в этом слое не работаем, для того, чтобы не перегружать систему. С помощью организатора слоев создаем новый слой на том же уровне и называем его «Точки», устанавливаем его активным и сохраняем набор проектов.

Увеличиваем квадрат, который необходимо оцифровать, немного выходя за границы квадрата сетки и отмечаем характерные высотные точки, назначаем их высоту. Создаем еще два слоя: «Горизонтали» и «Бровки». Инструментом «Сплайн по точкам» в первом слое отрисовываем горизонтали с «постоянной высотой», задаем высоту в специальном поле. В слое «Бровки» этим же инструментом проводим верхние и нижние бровки уступа, привязываясь к характерным точкам. Меняем «С постоянной высотой» на «Сплайн-интерполяцию».



Рисунок 25

По отрисованным горизонталям и бровкам строим разрез.

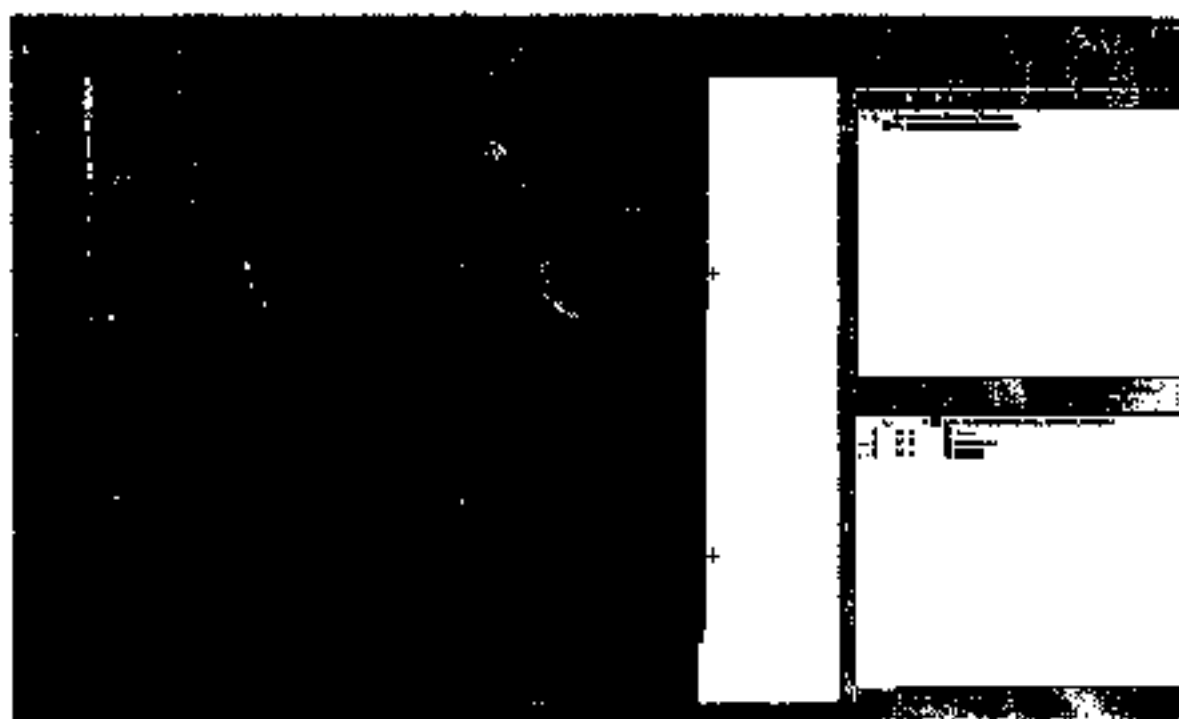


Рисунок 26

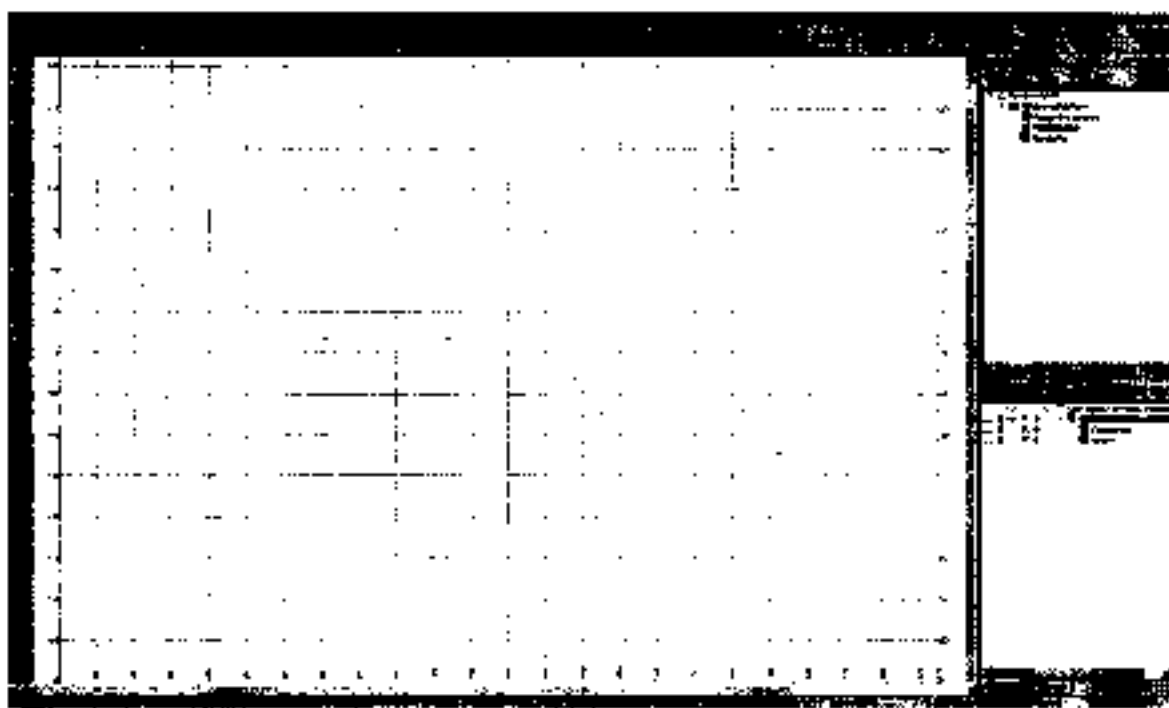


Рисунок 27

Создаем базовую поверхность с помощью инструмента «Поверхность» - «Создать поверхность» - «Создать в слое». Выбираем «Стиль поверхности» - горизонтали проектные.

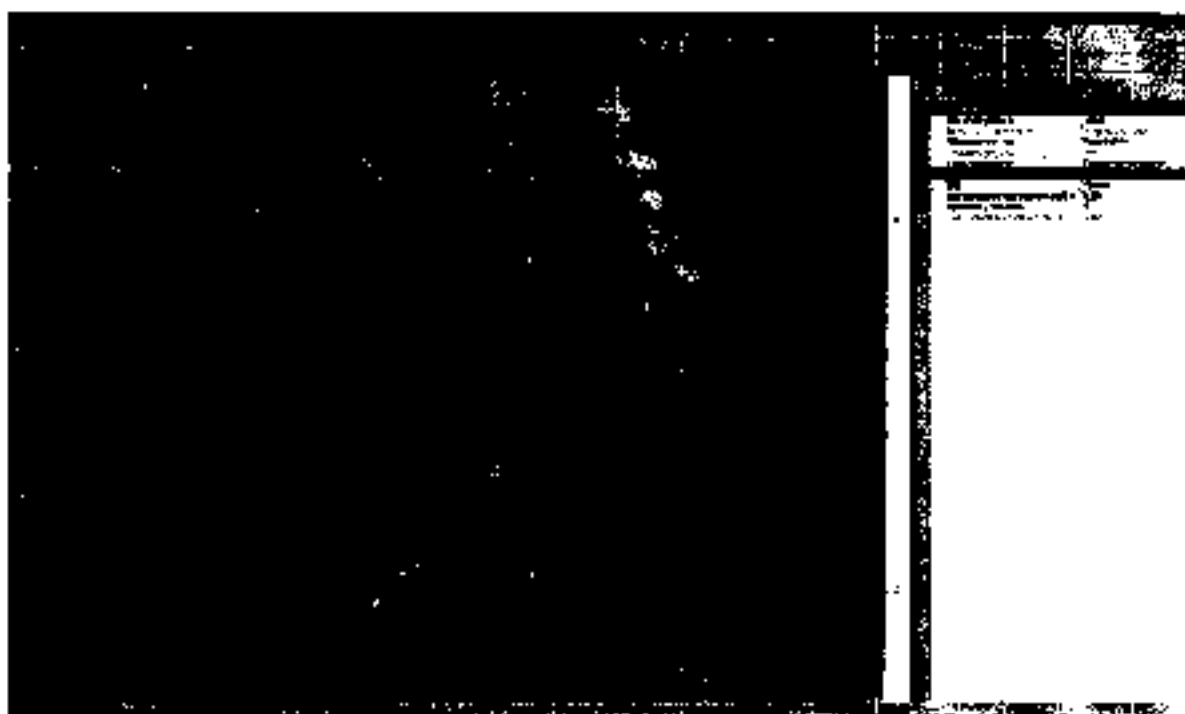


Рисунок 28

Заново строим разрез.

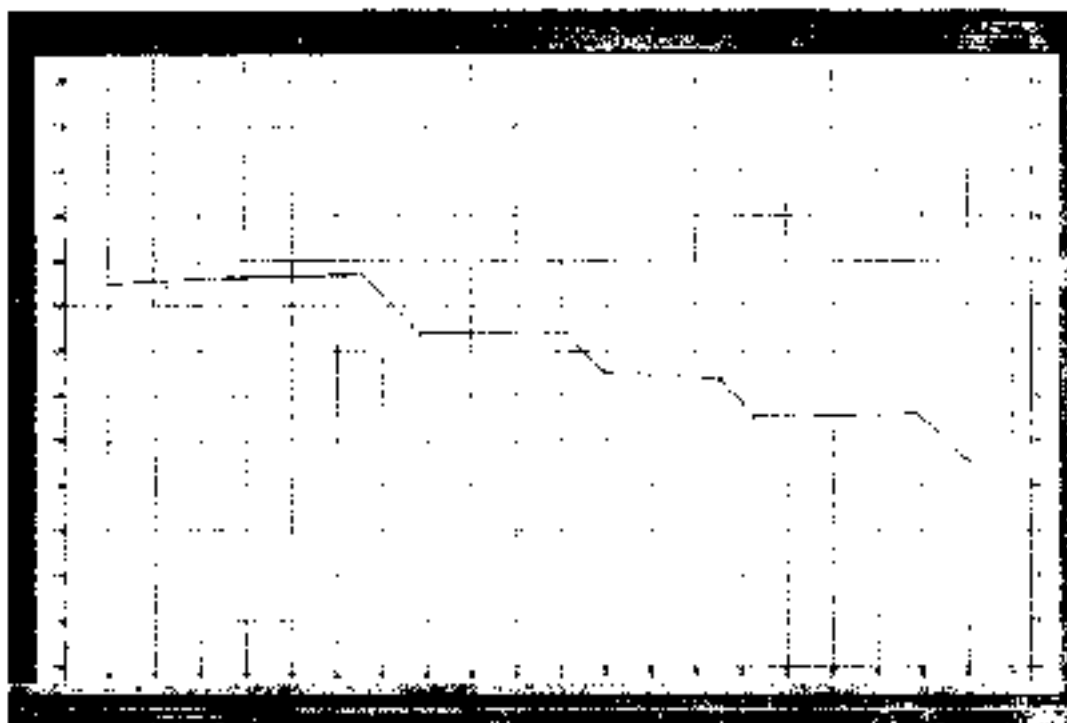


Рисунок 29

Для подсчета объемов необходимо изменить положение уступа, для этого воспользуемся новыми координатами положения уступа.

Создаем новый узел в проекте на том же уровне, «Новый проект» и импортируем в него координаты точек по варианту в формате txt. Переносим координаты в проект предварительно назначив номера точек и координаты XYZ.

```
1 15707.254 22635.649 174.0  
2 15709.004 22644.499 174.2  
3 15711.704 22655.299 174.1  
4 15713.954 22667.299 174.2  
5 15707.654 22677.649 174.2  
6 15689.654 22642.249 165.9  
7 15696.854 22646.749 165.5  
8 15700.454 22657.399 165.3  
9 15698.654 22666.399 165.3  
10 15693.704 22674.499 165.0
```

Рисунок 30

Далее открываем «Менеджер слоев» (в котором находится «Слой 1», его переименовываем в слой «Точки»). Создаем в этом проекте слой «Бровки» и копируем в него «Бровки» из предыдущего проекта и «Точки» из этого же. При копировании пользуемся инструментом «Врезать в слой». Сохраняем набор проектов.

Редактируем бровки уступов, для начала разрезаем структурную линию, удаляем лишний отрезок. Снова воспользовавшись инструментом «Слайд по точкам» продолжаем бровку, привязываясь уже к новым точкам.

Снова строим поверхность, но «стиль поверхности» меняем на «без отображения». Затем копируем полученную поверхность в новый слой базового проекта. Считаем объем «между слоями».

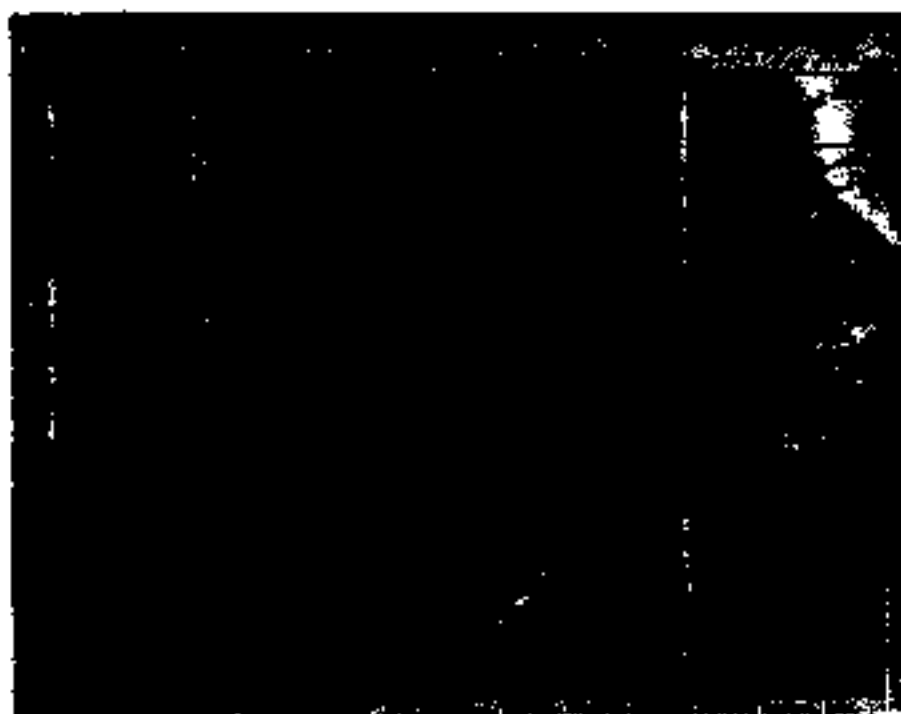


Рисунок 31

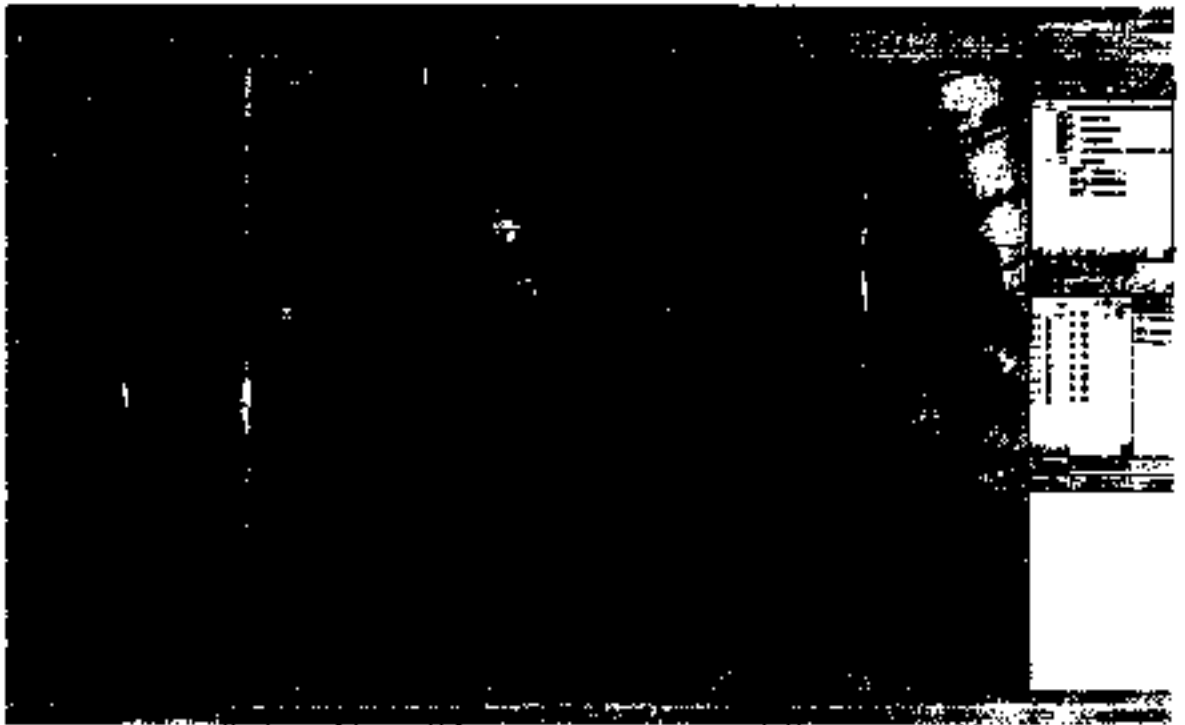


Рисунок 32

Строим разрез по вертикальной линии. На чертеже отчетливо видны положительные и отрицательные объемы.

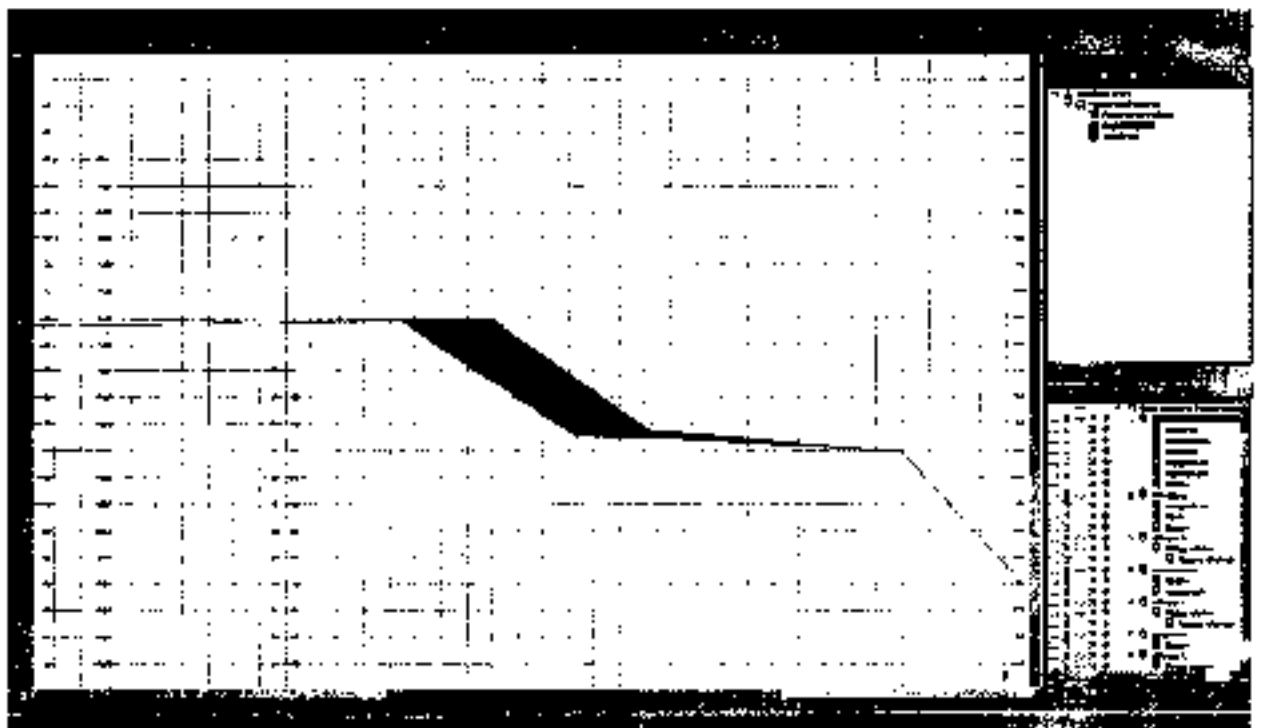


Рисунок 33

Откосы строим по уже существующим структурным линиям «Ситуация – откосы - создать». Выделяем первую точку и последнюю.

Для исправления направления бергштрихов необходимо зайти «Ситуация – Откосы - Исправить»

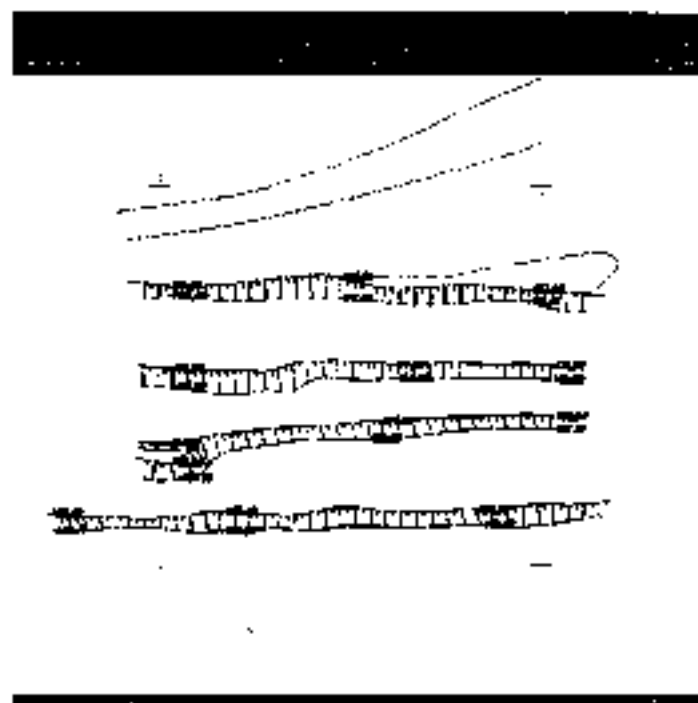


Рисунок 34



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

В.Л. Клепко

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

К практическим занятиям
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|------------------------------|-------|
| Введение..... | 3 |
| Лабораторная работа № 1..... | 4-9 |
| Лабораторная работа № 2..... | 10-42 |
| Лабораторная работа № 3..... | 43-70 |
| Лабораторная работа № 4..... | 71-79 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 80 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 81 |

ВВЕДЕНИЕ

Одним из разделов дисциплины «Высшая геодезия» является «Основные геодезические работы». Успешному освоению теоретических положений этого раздела должно способствовать выполнение лабораторных работ.

Все лабораторные работы выполняются в одной учебной тетради. Все записи должны вестись ручной записью, запрещается исправлять записи путем закрашивания «цифры по цифре». Разрешается оформлять выполненную работу с помощью калькулятора, но все листы должны быть пронумерованы и сброшюрованы в папку.

Прежде чем приступить к выполнению любой лабораторной работы, необходимо ознакомиться с последовательностью всех действий на предлагаемом примере.

Лабораторная работа № 1

Обработка результатов измерений горизонтальных направлений

Горизонтальные направления в сети триангуляции 1-го разряда измеряются тахеометром Т2 способом круговых приемов. Число приемов – VI. Результаты измерений записаны в журнал (табл. 1) в столбцах 3,4,5.

Журнал, в котором записаны измерения трех приемов, выдается каждому студенту. Необходимо вычислить в журнале значения направлений (табл. 2) и precision выходя средних направлений на дуге из шести приемов (табл. 3). Значения средних направлений в IV, V и VI приемах выносятся преподавателем.

Таблица 1

Журнал измерений горизонтальных направлений
способом круговых приемов

Пункт Барнаул Прием I
 Дата 9/07.2007г. $T \pm 18^\circ$ Погода облачно Ветер штиль
 Время 16 ч. 35м Видимость дополнительная Наблюдатели

| Название направления | № ст. | Отсчет по кругу | | Отсчет по лимбу | | $\alpha_1 - \alpha_2$ | $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ | Значение направления |
|----------------------|-------|-----------------|------|-----------------|-----|-----------------------|---------------------------------|----------------------|
| | | № 1 | № 2 | № 1 | № 2 | | | |
| 1 | II | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Среднее | II | 0 00 | 32,7 | 32,0 | | | | |
| | II | 100 00 | 36,4 | 36,3 | | | | |
| Конец | II | 60 37 | 23,3 | 23,1 | | | | |
| | II | 240 17 | 51,5 | 51,3 | | | | |
| Возв. | II | 111 17 | 38,8 | 37,8 | | | | |
| | II | 300 15 | 55,1 | 55,8 | | | | |
| Среднее | II | 0 30 | 01,7 | 02,2 | | | | |
| | II | 100 00 | 17,8 | 18,1 | | | | |

Неопределенности: $\Delta_{\alpha_1} = \Delta_{\alpha_2} = \Delta_{\alpha_{CP}} =$

Образец вычислений значений измеренных направлений в пункте 1, приведенных в табл. 1, показан в табл. 2.

Таблица 2

Журнал измерений горизонтальных направлений способом круговых приемов

Пункт Орск Прием 1
 Дата 20.07.2007 г. Т +18° Погода облачно Ветер слабый
 Время 11 ч. 20 м. Видимость хорошая Наблюдатели ...

| Название направления | Сторона отсчетной точки | Отсчеты по микрометру | | μ_1, μ_2 | $\frac{\Delta_{\text{ср}}}{n}$ | Значение направления |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------|----------------|--------------------------------|----------------------|
| | | μ_1 | μ_2 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Орск | Л | 00 00 | 01,0 | 01,0 | 00,0 | 0° 00' 00,0" |
| | П | 300 00 | 00,4 | 00,5 | 00,4 | |
| Казань | Л | 08 11 | 21,3 | 21,7 | 20,5 | -1,6 |
| | П | 249 07 | 07,5 | 07,1 | 07,3 | 20,3 |
| Рига | Л | 111 15 | 06,6 | 07,0 | 06,7 | -3,1 |
| | П | 291 14 | 11,1 | 07,0 | 07,0 | 01,8 |
| Орск | Л | 0 00 | 07,1 | 08,2 | 06,6 | -4,7 |
| | П | 300 00 | 11,8 | 11,1 | 11,8 | 09,5 |

Испытание: $\Delta_A = +4,8$; $\Delta_B = +4,6$; $\Delta_{\text{ср}} = +4,7$

В строке 6 по каждому направлению выводят средние значения отсчетов по микрометру при КЛ и КП.

Вычисляют разности между результатами наблюдений на начальное направление в начале и в конце полуцикла (испытание) Δ_A и Δ_B . Например, на пункт Орск в конце полуцикла средние из отсчетов равно $8,0''$, а в начале полуцикла — соответственно $3,2''$. Следовательно,

$$\Delta_A = 8,0'' - 3,2'' = +4,8'', \text{ аналогично } \Delta_B = 11,0'' - 6,4'' = +4,6''.$$

Значения Δ_A и Δ_B не должны превышать $8''$. Вычисляют среднее значение: $\Delta_{\text{ср}} = \frac{\Delta_A + \Delta_B}{2} = +4,7''$.

В строке 7 вычисляют средние значения каждого направления, учитывая разность средних значений начального направления, вычисленные дисперсии — в начале и в конце приема, делая разность среднему значению начального направления $\Delta_{\text{ср}}$.

Величину $\Delta_{\text{ср}}$ распределяют в средние значения направлений путем введения поправки с обратным знаком:

$$\delta_k = \frac{-\Delta_{\text{ср}}}{n} (k-1)$$

где δ_k — поправка в направлении; n — число направлений (в примере $n=3$); k — порядковый номер направления.

Поправка в начальное направление равна 0 ($k=1$), поправка в следующее направление в конце приема должна равняться $\Delta_{\text{ср}}$ (в примере $\delta_3 = -4,7''$).

Вычисленные поправки записывают в строке 7 над значениями направлений (за исключением первого направления).

Значения направлений вычисляют и записывают в строке 8. Начальное направление принимают равным $0^\circ 00' 00,0''$, остальные значения направлений (с учетом поправки) среднего значения первого направления. Например, значение третьего направления получают:

$$111^\circ 14' 59,9'' - 0^\circ 00' 04,8'' = 111^\circ 14' 55,1''.$$

Аналогично вычисляются значения направлений в остальных приемах. Колебания значений направлений, приведенных к общему нулю, в отдельных приемах не должны превышать установленных допусков (например, при измерениях под углом $72^\circ - 8''$).

Вывод средних направлений на пункте выписывают в строке 9.

В строках 3 и 5 выписывают значения направлений, полученных во всех приемах в порядке их номеров. По каждому направлению вычисляют

среднее значение из всех приемов, а затем уклонения V значений направлений в каждом приеме от среднего. Значения V записывают от своего знака в столбцы 4 и 5. ΣV должны равняться нулю. Возможно не соблюдение равенства $\Sigma V = 0$ из-за ошибок округления при вычислении среднего значения направления из всех приемов. Затем получают сумму абсолютных значений V из всех приемов $|V|$, которая необходима для оценки точности угловых измерений. Средняя квадратическая погрешность направления, измеренного одним приемом, вычисляют по формуле:

$$\mu = K \frac{\sum |V|}{n}, \text{ где } K = \frac{1,25}{\sqrt{n(n-1)}}, n - \text{число измерений, } m - \text{число приемов.}$$

Средняя квадратическая погрешность направления, полученного из всех приемов, вычисляют по формуле:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{m}}$$

Таблица 1
Выход средних направлений на пункте - Биданга
Направление хвостовки Осьево - П.00/00.0°

| Номер приема | Угловая точка | Данные | | Результат | | Наибольшие значения отклонения |
|--------------|---------------|--------|-------|-----------|-------|--------------------------------|
| | | Угол | V | Угол | V | |
| I | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 7 |
| I | 0° 00' | 21,9' | -0,9' | 55,3' | +2,2' | |
| II | 60 10 | 19,8 | -3,0 | 51,7 | -1,2 | |
| III | 120 20 | 26,3 | +3,5 | 49,5 | -3,4 | |
| IV | 180 30 | 20,7 | -2,1 | 24,3 | +1,4 | |
| V | 240 40 | 23,2 | +0,7 | 32,8 | +1,0 | |
| VI | 300 50 | 24,8 | +2,0 | 53,0 | +0,1 | |
| | Среднее | 22,8 | | 52,9 | | |
| | $\Sigma(+V)$ | | 5,2 | | 4,7 | $\Sigma V^2 = 57,77$ |
| | $\Sigma(-V)$ | | 6,0 | | 4,6 | $\Sigma V = 21,5'$ |

Средняя квадратическая погрешность направления, измеренного одним приемом

$$\mu = 0,2) \frac{21,5}{3} = 1,63'$$

Средняя квадратическая погрешность направления, полученная из VI приемов

$$M = \frac{1,63'}{\sqrt{6}} = 0,67'$$

Лабораторная работа № 2
Предварительные вычисления в сети триангуляции

Конечной целью предварительных вычислений является составление следных таблиц: векс измеренных в геодезической сети величин, приведенных к общему пункту и редуцированных на плоскость и проекции Гаусса-Крюгера. Кроме этого, одной из важнейших задач является анализ результатов измерений и их контроль по свободным членам условных уравнений.

Предварительные вычисления в сети триангуляции предусматривают:

- вывод средних направлений на пунктах и оценка их точности;
- составление рабочей схемы сети;
- предварительное решение треугольников;
- вычисление поправок в направлениях за центровку прибора и редуцирование измеренных директ;
- вычисление приближенных координат пунктов;
- вычисление поправок в направлениях за кривизну изображения геодезических линий на плоскости и проекции Гаусса-Крюгера;
- составление сводной таблицы приведенных в общий пункт и редуцированных на плоскость измеренных направлений;
- оценка точности измерений

Пример предварительных вычислений в сети триангуляции

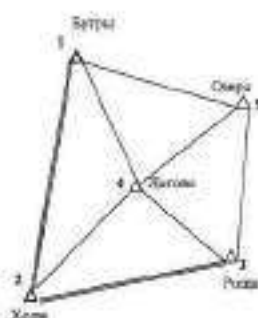
Исходные данные приведены в табл. 4.

Порядок составления сводки измеренных направлений (вывод средних направлений на пунктах) и оценка их точности рассмотрены в лабораторной работе № 1.

Таблица 4

Исходные данные

| Название пункта | Измеренная направленная | Эпохи отсчета |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|
| Буфры | | $l = 0,191$ м |
| Олего | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\theta = 10^{\circ} 00'$ |
| Логово | 48 45 46 | $\Delta = 0,150$ м |
| Холо | 84 16 40 | $\theta = 15^{\circ} 00'$ |
| | | на Олего |
| | | |
| Холо | | $l = 0,071$ м |
| Буфры | 0 00 00 | $\theta = 100^{\circ} 15'$ |
| Логово | 38 36 26 | $\Delta = 0,051$ м |
| Рога | 34 20 16 | $\theta = 10^{\circ} 00'$ |
| | | на Буфры |
| | | |
| Рога | | $l = 0,053$ м |
| Холо | 0 00 00 | $\theta = 210^{\circ} 15'$ |
| Логово | 38 00 34 | $\Delta = 0,053$ м |
| Олего | 87 49 45 | $\theta = 10^{\circ} 00'$ |
| | | на Холо |
| | | |
| Логово | | |
| Буфры | 0 00 00 | |
| Олего | 68 45 55 | |
| Рога | 149 11 41 | |
| Холо | 254 27 23 | |
| | | |
| Олего | | |
| Рога | 0 00 00 | $l = 0,101$ м |
| Логово | 50 30 58 | $\Delta = 150^{\circ} 30'$ |
| Буфры | 113 11 18 | на Рога |



Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| Буфры | 6 800 240,1 | 11 622 090,1 |
| Холо | 6 795 042,5 | 11 631 210,3 |
| Рога | 6 794 159,9 | 11 625 378,7 |

Рабочая схема сети составляется на листе бумаги (можно миллиметровой) формата А4 в проективном масштабе. Оцифровку координатных осей выбирают так, чтобы схема была расположена в центре листа. Исходные пункты выносят по прямоугольным координатам (табл. 4) полевые остальные пункты получают графически записывая по измеренным направлениям с погрешностью до $0,5^\circ$ с помощью транспортира (рис. 1). В начале сторон направления к исходным пунктам не определяются, а затем с определяемых пунктов.

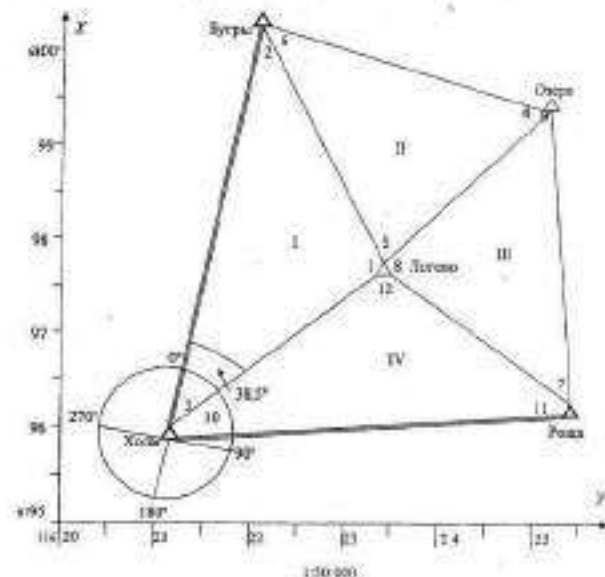


Рис. 1. Рабочая схема сети треугольника

Рабочая схема сети позволяет в дальнейшем осуществлять приближенный контроль правильности вычислений углов и длин сторон.

Для дальнейшего изложения необходимо знать дирекционные углы исходных направлений и длины сторон между исходными пунктами. Их получают из решения обратной геодезической задачи (табл. 5).

Таблица 5

| Исходные пункты | Координаты, м | | Дирекционный угол | Длина сторон, м |
|-----------------|---------------|--------------|------------------------|-----------------|
| | X | Y | | |
| Буерак | 6 900 246,1 | 11 822 060,1 | $107^\circ 18' 46,0''$ | 4884,9 |
| Холм | 6 790 842,5 | 11 821 230,0 | | |
| Ромак | 6 796 155,9 | 11 615 378,7 | $85^\circ 36' 34,5''$ | 6180,5 |

Предварительное решение треугольника выставляют с целью определения длин сторон сети, которые необходимы для вычисления поправки за центровку прибора и редукции визирных линий (табл. 6).

Собравшись с рабочей схемой сети (см. рис. 1), составляют треугольники в следующем порядке:

- в каждом треугольнике в столбце 3 записывают в первой строке номер угла, лежащий против исходной стороны, а в третьей - номер угла, лежащий против стороны, которая будет исходной в следующем треугольнике;
- в столбце 4 записывают значения этих углов, полученные как разность направлений, вычисляют их сумму, которая должна быть близкой к 180° , и определяют поправку w . Поправку вычисляют как разность между суммой углов и 180° и записывают в столбце 5.

В столбце 6 записывают значение исходной стороны в треугольнике I, лежащей против угла I и полученной из решения обратной геодезической задачи. Затем вычисляют остальные длины сторон этого треугольника. В треугольнике с известными углами A, B, C длины противоположных сторон a, b, c связаны соотношением (теорема синусов):

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

Если $\frac{a}{\sin A} = q$, то $b = q \sin B$, $c = q \sin C$. Длины сторон вычисляются с точностью до метра.

В следующих треугольниках в столбце б записывают в первой строке значение длины стороны, полученной в третьей строке предыдущего треугольника. Пример предварительного решения треугольников приведен в таблице 6.

Предварительное решение треугольников

Таблица 6

| Порядок треугольника | Название вершины | Азимут угла | Угол | n (знаменатель) | Длина стороны, м |
|----------------------|------------------|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| I | Логово | 1 | 105° 32' 37" | | 4485 |
| | Бугры | 2 | 35 50 54 | | 2526 |
| | Ходы | 3 | 38 36 25 | | 2825 |
| | | Σ | 179 59 56 | - 4" | |
| II | Озеро | 4 | 62 33 20 | | 2605 |
| | Логово | 5 | 68 49 53 | | 3050 |
| | Бугры | 6 | 48 45 44 | | 2462 |
| | | Σ | 180 00 01 | +1 | |
| III | Роща | 7 | 48 49 11 | | 2462 |
| | Логово | 8 | 80 30 46 | | 3226 |
| | Озеро | 9 | 50 39 58 | | 2550 |
| | | Σ | 179 59 55 | - 5 | |
| IV | Ходы | 10 | 35 43 31 | | 2550 |
| | Роща | 11 | 39 00 34 | | 2727 |
| | Логово | 12 | 105 15 42 | | 4189 |
| | | Σ | 180 00 07 | +7 | |

Контролем правильности вычислений является сходимость длины сторон, вычисленных дважды. Например, в треугольнике IV длина стороны напротив угла 12 равна 2727 м, а эта же длина стороны в треугольнике I против угла 2 равна 2726 м.

Поправки в направлении за центровку прибора и редукцию измеренных азисов вычисляются по формулам:

$$c^* = \frac{I \sin(M + \theta)}{r} c'$$

где c^* – поправка в направлении за центровку прибора;

I и θ – линейный и угловой элементы центровки;

r – расстояние между пучками;

M – измеренное направление;

$c' = 206265''$.

$$r = \frac{I_1 \sin(M + \theta_1)}{r}$$

где r – поправка в направлении за редукцию визирной цели;

I_1 и θ_1 – линейный и угловой элементы редукции.

Значения расстояний между пучками выбирают из таблицы 6. Поправки c и r вычисляются с точностью до 0,1". Пример вычислений приведен в таблице 7.

Таблица 7

Вычисления поправок за центровку и редукцию

| Имя точки | Пор. отв. | M | M + θ | M + θ ₁ | Σ, м | c | r |
|-----------|-----------|------------|-------------|--------------------|------|------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 5 | 0° 00' 00" | 10° 00' 00" | 15° 00' 00" | 5050 | +1,2 | +2,6 |
| | 4 | 48 45 46 | 58 45 46 | 67 45 46 | 2908 | +6,1 | +9,6 |
| | 3 | 84 36 40 | 94 36 40 | 99 36 40 | 4487 | +4,6 | +6,8 |
| 2 | 1 | 0 00 00 | 100 15 00 | 20 00 00 | 4487 | +3,2 | +0,8 |
| | 4 | 38 36 25 | 138 51 25 | 58 36 25 | 2728 | +3,8 | +3,2 |
| | 3 | 74 20 16 | 174 35 16 | 94 20 16 | 4189 | +0,3 | +2,5 |
| 3 | 2 | 0 00 00 | 230 15 00 | 13 00 00 | 4189 | -1,2 | +0,5 |
| | 4 | 39 00 34 | 249 15 34 | 49 00 34 | 2550 | -4,6 | +3,4 |
| | 5 | 87 49 45 | 268 04 45 | 97 49 45 | 3528 | -3,0 | +3,5 |

Оценочная табл. 7

| Пункт | Нам. сеть | X | Y | X ² | Y ² | X ³ | Y ³ |
|-------|-----------|-----------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | 0 00 00 | | | | 0 | 0 |
| | 3 | 68 40 33 | | | | 306 | 2482 |
| | 3 | 148 31 41 | | | | 2530 | |
| | 2 | 254 23 23 | | | | 3228 | |
| 5 | 3 | 0 00 00 | | 198 30 90 | | 1326 | -1,2 |
| | 4 | 30 39 58 | | 241 09 58 | | 2462 | -7,4 |
| | 1 | 113 13 13 | | 303 43 18 | | 3152 | -5,2 |

Для численной поправки в измеренные направления за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера необходимо знать **приближенные координаты пунктов**. Приближенные координаты пунктов в данном примере вычисляются (табл. 8) по формулам прямой геодезической задачи на плоскости:

$$X_P = X_A + \Delta_{AP} \cos \alpha_{AP};$$

$$Y_P = Y_A + \Delta_{AP} \sin \alpha_{AP};$$

Вычисление приближенных координат пунктов

Таблица 8

| Пункт | Угол | α | Δ_{AP} , м | ΔX , м | ΔY , м | X, м | Y, м |
|-------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------|-----------|
| 2 | | $18^\circ 18'$ | | | | | |
| 1 | $82^\circ 57'$ | 106 41 | 3,04 | -0,88 | +2,02 | 6 989,24 | 11 622,03 |
| 5 | $82 33'$ | 254 08 | 2,48 | -1,77 | -1,71 | 6 799,36 | 11 625,01 |
| 4 | $279 29'$ | 124 35 | 2,55 | -1,44 | +2,08 | 6 797,59 | 11 623,30 |
| 3 | $39 01'$ | 265 38 | | | | 6 796,15 | 11 625,35 |
| 2 | $74 20'$ | 11 18 | | | | | |

Поправка за кривизну изображения геодезической линии на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера вычисляется по формуле:

$$\delta_{1-2} = f(\alpha_1 - \alpha_2) R_{CP},$$

где δ_{1-2} - поправка в направлении с пункта 1 на пункт 2;

$$f = \frac{g}{2R^2} - \text{коэффициент, значение которого в тригонометрии 1 разряда принимается равным 0,00253;}$$

α_1, α_2 - приближенные азимуты точек 1 и 2;

R_{CP} - среднее расстояние сети от осевого меридиана.

Для вычисления R_{CP} необходимо вычислить истинные значения y^0 для всех точек сети, т. е. отбросить комер зоны в высоту 500 м, а затем взять среднее значение (табл. 9).

Таблица 9

Вычисление R_{CP}

| Пункт сети | y^0 | R^0 |
|------------|-----------|--------|
| 1 | 11 622,09 | 122,69 |
| 2 | 11 623,21 | 123,21 |
| 3 | 11 625,38 | 125,38 |
| 4 | 11 623,30 | 123,30 |
| 5 | 11 625,31 | 125,31 |
| среднее | | 123,40 |

Поправка в направлении δ_{1-2} должна быть решена с противоположным знаком поправке Δ_{1-2} , что является контролем правильности вычисления поправки. Поправка δ вычисляется с точностью до $0,1''$.

Составление сводной таблицы направлений, приведенных к центральным пунктам и рефракционных на плоскость проекции Гаусса-Крюгера.

Все вычисления выполняются в таблице 10. В столбцах 1, 2, 3 даны данные из соответствующих столбцов табл. 7, в столбце 4 - численные значения поправки δ . Особое внимание следует обратить на приведенную запись

поправку r за редукцию визирной оси. Вычисленное значение редукции и измеренные направления на пункте записаны в столбце 5, но для тех пунктов, с которых производились наблюдения по другой нивели...

Таблица 10

Сводная таблица измерений, приведенных к центром пунктов и редуцированных на плоскость, в проекции Гаусса-Крюгера

| Ном. пункта | Ном. нив. | Измеренное направление | c | r | β | $(c+r+\beta)$ | $(c+r+\beta) - (c+r+\beta)_0$ | Приведенное направление |
|-------------|-----------|------------------------|------|------|---------|---------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 3 | 0° 00' 00" | +1,2 | -5,2 | +0,3 | -4,2 | 0 | 0° 00' 00" |
| 1 | 4 | 48 45 46 | +6,1 | - | +0,8 | +6,9 | +11,2 | 48 45 57 |
| | 2 | 84 35 46 | +4,6 | +6,8 | -1,4 | +6,8 | +11,0 | 84 36 51 |
| | 1 | 0 00 00 | +3,2 | +6,8 | -1,4 | +6,6 | 0 | 0 00 00 |
| 2 | 4 | 38 35 25 | +3,5 | - | -3,5 | +1,0 | -5,8 | 38 34 19 |
| | 3 | 74 20 16 | +6,3 | +6,3 | +0,3 | +0,3 | -7,9 | 74 20 08 |
| | 2 | 0 00 00 | -1,3 | +2,5 | +6,1 | +1,3 | 0 | 0 00 00 |
| 3 | 4 | 39 03 34 | -4,0 | - | -0,4 | -4,4 | -5,7 | 39 00 28 |
| | 5 | 87 49 45 | -1,0 | -1,2 | -1,0 | -3,2 | -6,5 | 87 49 18 |
| | 1 | 0 00 00 | - | +3,6 | -3,8 | +8,8 | 0 | 0 00 00 |
| 4 | 5 | 68 46 55 | - | -7,4 | -5,3 | -7,9 | -16,7 | 68 40 38 |
| | 3 | 149 11 41 | - | +3,4 | +3,4 | +3,8 | -3,0 | 149 11 36 |
| | 2 | 234 27 23 | - | +3,3 | +6,3 | +3,7 | -3,1 | 234 27 18 |
| | 3 | 0 00 00 | +3,5 | +1,0 | +8,3 | 0 | 0 00 00 | |
| 5 | 4 | 30 39 58 | - | +6,5 | +0,5 | -4,0 | - | 30 39 54 |
| | 1 | 113 13 18 | +2,4 | -0,3 | +2,3 | -2,2 | - | 113 13 16 |

Например, на пункте 1 вычислено значение редукции в направлении 1-3: $r = +2,6''$ (табл. 7, столбец 4). Это значение должно быть записано в столбец 5 (табл. 10) на пункте 5 в направлении 5-1 с тем же знаком: $r = +2,6''$.

В столбце 7 записывают вычисленные значения суммарной поправки $(c+r+\beta)$. В столбце 8 записывают $(c+r+\beta) - (c+r+\beta)_0$, где $(c+r+\beta)_0$ — суммарное значение поправки $(c+r+\beta)$ в исходное направление на каждом пункте. На-

пример, на пункте 1: $(c+r+\beta)$ в направлении 1-5 равно: $-4,1''$, а в направлении 1-4: $+6,9''$. В столбце 8 записано в направлении 1-5: $(c+r+\beta) - (c+r+\beta)_0 = 0$, а в направлении 1-4: $(c+r+\beta) - (c+r+\beta)_0 = +6,9'' - (-4,1'') = +11,0''$.

В столбце 9 получают приведенные направления по формуле

$$M' = M + (c+r+\beta) - (c+r+\beta)_0$$

где M' — измеренное направление (например, направление 1-4: $48^\circ 45' 46''$).

M' — направление, приведенное к центром пунктов и редуцированное на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера (например, $48^\circ 45' 46'' + 11'' = 48^\circ 45' 57''$).

Оценки точности результатов измерений

По приведенным направлениям (см. табл. 10, столбец 9) составляют треугольники аналогично составленным треугольникам при их предварительном решении (табл. 4) и вычисляют невязку в каждом треугольнике по формуле:

$$w = \sum \alpha - 180''$$

где w — угловая невязка; $\sum \alpha$ — сумма углов в треугольнике.

Предельная невязка в треугольнике вычисляют по формуле

$$w_{\text{пред}} = 2,5 m'' \sqrt{n}$$

где m — средняя квадратическая погрешность измеренных углов в триангуляции соответствующего класса. В триангуляции 1 разряда $m = 5''$. Следовательно, предельная невязка в треугольнике не должна превышать $\pm 20''$.

Вычисления выполняются в табл. 11.

Таблица 11

Вычисления невязки треугольников

| Номер треугольника | Номер углов | Углы | w |
|--------------------|-------------|--------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 102° 32' 42" | -5'' |
| | 2 | 35 26 54 | |
| | 3 | 38 38 19 | |
| | Σ | 179 58 55 | |

Продолжение табл. 11

| | | | |
|-----|----|-----------|-----------|
| II | 4 | 62 33 22 | -3° |
| | 5 | 48 40 38 | |
| | 6 | 48 43 57 | |
| | | Σ | 179 34 57 |
| III | 7 | 48 49 11 | +3° |
| | 8 | 60 39 36 | |
| | 9 | 50 39 54 | |
| | | Σ | 180 00 01 |
| IV | 10 | 35 43 57 | +3° |
| | 11 | 39 00 28 | |
| | 12 | 100 15 42 | |
| | | Σ | 180 00 07 |

По полученным углам попарно треугольников (см. табл. 11, столбцы 4) вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения углов по формуле Феррери

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\sum m^2}{3n}} = \pm \sqrt{\frac{5^2 + 3^2 + 3^2 + 3^2}{12}} = \pm \sqrt{\frac{92}{12}} = \pm 2,8''$$

где n — число треугольников.

Средняя квадратическая погрешность измерения углов, вычисленная по попарно треугольникам, не должна превышать в триангуляции I порядка 5".

Вторым критерием оценки качества угловых измерений является соответствие свободных членов синусных условий допустимым значениям.

В рассматриваемой в качестве примера сети триангуляции выделяют два синусных условия: положительное и базисное.

Положительное условие (полюс в пункте 7) имеет вид:

$$\frac{\sin 2 \sin 4 \sin 7 \sin 10}{\sin 3 \sin 6 \sin 9 \sin 11} = \frac{\Pi_1}{\Pi_2} = 1$$

где Π_1 и Π_2 — произведения синусов углов в числителе и знаменателе соответственно.

Свободный член положительного условия

$$W_{\Pi} = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \cdot \rho'' = \frac{0,22844 - 0,22843}{0,22843} \cdot 206260'' = 9,03''$$

$$M_{\text{пол}} = \pm 2,5 m_{\beta} \sqrt{\sum \text{ctg}^2 \beta} = \pm 2,5 \cdot 5'' \cdot \sqrt{8,412} = \pm 16,25''$$

Вычисления выполнены в табл. 12.

Таблица 12

Вычисление свободного члена положительного условия и коэффициента для вычисления его квадратического значения

| Номер угла | Значение угла | ctg β | ctg ² β | ctg ³ β |
|------------|---------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 2 | 39° 59' 54" | 0,98364 | 1,9684 | 1,915 |
| 4 | 62 33 22 | 0,48746 | 0,2376 | 0,209 |
| 7 | 48 49 11 | 0,75264 | 0,872 | 0,766 |
| 10 | 35 43 57 | 0,98408 | 1,969 | 1,912 |
| | | $\Pi_1 =$ | 0,22844 | |
| 3 | 38 36 19 | 0,92391 | 1,253 | 1,368 |
| 6 | 48 45 57 | 0,75201 | 0,876 | 0,762 |
| 9 | 50 39 54 | 0,71145 | 0,820 | 0,672 |
| 11 | 39 00 28 | 0,22942 | 0,114 | 0,223 |
| | | $\Pi_2 =$ | 0,22843 | |

$$W_{\Pi} = 9,03''$$

$$M_{\text{пол}} = 16,25''$$

$$\sum \text{ctg}^2 \beta = 8,412$$

Базисное условие возникает при наличии в сети триангуляции избыточных выходных сторон (непосредственно измеренных или вычисленных по координатам соседних пунктов). В сети триангуляции (см. рис. 1) получены длины выходных сторон из решения обратных геодезических задач из шассетки (см. табл. 4). При составлении базисного условия выделяют в сеть цепочку треугольников, соединяющих выходные стороны по шассеточному пути. Вычисления выполнены в табл. 13.

Свободный член базисного условия вычисляют по формуле

$$W_{\Pi} = \left(\frac{\sin 3 \sin 6 \sin 9 \sin 12}{\sin 1 \sin 4 \sin 7 \sin 10} - \frac{B_2}{B_1} \right) = \left(\frac{\Pi_1}{\Pi_2} - \frac{B_2}{B_1} \right) \cdot \rho''$$

где Π_1 и Π_2 – произведения синусов углов в числителе и знаменателе соответственно;

B_1 и B_2 – длины исходных сторон 2-1 и 2-3.

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{0,15012}{0,17581} = 0,85364; \quad \frac{B_2}{B_1} = \frac{4181,2}{4467,4} = 0,93376; \quad \sum \operatorname{ctg}^2 \beta = 6,125$$

$$W_B = (0,85364 - 0,93376) 206265'' = 24,75''$$

$$W_{\text{доп}} = 22,5 \cdot \pi \cdot \sqrt{\sum \operatorname{ctg}^2 \beta} = 22,5 \cdot 5'' \cdot \sqrt{6,125} = 30,94''$$

Таблица 13

Вычисление погрешности угла базисного условия и коэффициента для вычисления попутного значения

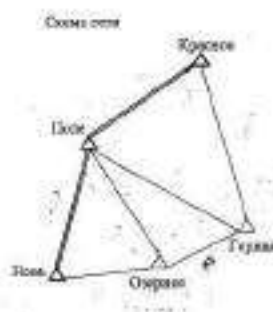
| Номер угла | Значение угла | sin β | ctg β | ctg ² β |
|------------|---------------|---------|--------|--------------------|
| 5 | 38 16 19 | 0,62295 | 1,252 | 1,568 |
| 6 | 48 45 57 | 0,75202 | 1,326 | 1,757 |
| 9 | 50 39 54 | 0,77345 | 1,320 | 1,732 |
| 12 | 105 15 42 | 0,96473 | -0,273 | 0,074 |
| $\Pi_1 =$ | | 0,15012 | | |
| 1 | 103 32 42 | 0,86341 | -0,278 | 0,077 |
| 4 | 62 33 20 | 0,88756 | 0,519 | 0,269 |
| 7 | 48 49 11 | 0,75264 | 0,975 | 0,950 |
| 10 | 35 43 57 | 0,58408 | 1,390 | 1,932 |
| $\Pi_2 =$ | | 0,17581 | | |

$$W_B = 24,75'' \quad W_{\text{доп}} = 30,94''$$

$$\sum \operatorname{ctg}^2 \beta = 6,125$$

Ниже приведены варианты для выполнения лабораторной работы. Номер варианта должен соответствовать номеру, под которым указан студент в журнале учета посещаемости студента.

Вариант № 1



| Название пункта | Угловое выражение | Углы выражены |
|-----------------|--------------------|---------------------------|
| Поле | | $\beta = 150^\circ 30'$ |
| Красное | $0^\circ 00' 00''$ | $\beta = 160^\circ 30'$ |
| Горное | 51 44 01 | $\beta = 160^\circ 30'$ |
| Озерное | 82 15 18 | $\beta_1 = 150^\circ 00'$ |
| Новое | 136 31 52 | на Красное |
| Красное | | $\beta = 107^\circ 30'$ |
| Горное | 0 00 00 | $\beta = 1^\circ 30'$ |
| Поле | 50 47 48 | $\beta = 110^\circ 30'$ |
| | | $\beta_2 = 108^\circ 30'$ |
| | | на Горное |
| Новое | | $\beta = 119^\circ 30'$ |
| Поле | 0 00 00 | $\beta = 120^\circ 30'$ |
| Озерное | 52 44 49 | $\beta = 110^\circ 30'$ |
| | | $\beta_3 = 108^\circ 00'$ |
| | | на Поле |
| Горное | | $\beta = 119^\circ 30'$ |
| Озерное | 0 00 00 | $\beta_4 = 117^\circ 30'$ |
| Поле | 76 14 34 | $\beta_5 = 27^\circ 00'$ |
| Красное | 143 43 44 | на Озерное |
| Озерное | | $\beta = 119^\circ 30'$ |
| Поле | 0 00 00 | $\beta_6 = 114^\circ 30'$ |
| Поле | 72 58 40 | $\beta_7 = 275^\circ 30'$ |
| Горное | 146 12 59 | на Поле |

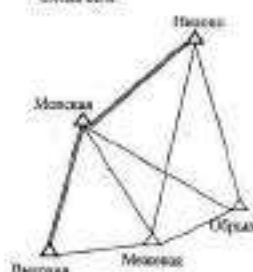
$$146^\circ 12' 52''$$

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Красное | 5 566 684,6 | 16 397 047,3 |
| Поле | 5 564 733,1 | 16 392 283,5 |
| Новое | 5 539 325,5 | 16 389 887,2 |

Вариант № 2

Схема сети



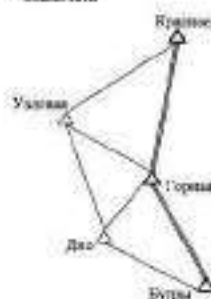
| Название пункта | Измеренные углы | Известные расстояния |
|-----------------|--------------------------------|--|
| Насосы | | $l = 0,215$ м |
| Моряки | $\alpha = 97^{\circ}06'$ | $a = 295^{\circ}30'$ |
| Обрыв | $\beta = 238^{\circ}38'16''$ | $b = 0,191$ м |
| Мешков | $\gamma = 314^{\circ}28'24''$ | $\alpha_1 = 102^{\circ}30'$
на Моряки |
| Моряки | | $l = 0,048$ м |
| Насосы | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $\alpha = 212^{\circ}40'$ |
| Обрыв | $\beta = 25^{\circ}16'20''$ | $b_1 = 0,042$ м |
| Мешков | $\gamma = 53^{\circ}17'20''$ | $\alpha_1 = 103^{\circ}10'$ |
| Высок | $\beta_1 = 121^{\circ}29'37''$ | на Насосы |
| Высок | | $l = 0,094$ м |
| Моряки | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $\alpha_1 = 314^{\circ}30'$ |
| Мешков | $\beta = 56^{\circ}51'00''$ | на Моряки |
| Мешков | | |
| Насосы | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | |
| Обрыв | $\beta = 42^{\circ}09'15''$ | $b = 6,127$ м |
| Насосы | $\gamma = 224^{\circ}02'05''$ | $\alpha = 16^{\circ}38'$ |
| Моряки | $\beta_1 = 178^{\circ}48'32''$ | на Насосы |
| Обрыв | | $l = 0,564$ м |
| Насосы | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $\alpha = 87^{\circ}00'$ |
| Мешков | $\beta = 277^{\circ}58'26''$ | $b_1 = 0,033$ м |
| Моряки | $\gamma = 307^{\circ}18'03''$ | $\alpha_1 = 145^{\circ}30'$
на Насосы |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Насосы | 6 349 496,2 | 11 358 220,0 |
| Моряки | 6 347 868,0 | 11 354 578,5 |
| Высок | 6 345 073,7 | 11 354 203,6 |

Вариант № 3

Схема сети



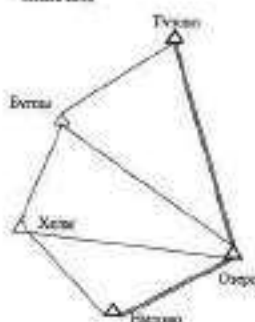
| Название пункта | Измеренные углы | Известные расстояния |
|-----------------|--------------------------------|---|
| Красное | | $l = 0,154$ м |
| Ухолова | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $\alpha = 57^{\circ}00'$ |
| Горы | $\beta = 335^{\circ}01'46''$ | $b_1 = 0,202$ м |
| | | $\beta_1 = 64^{\circ}30'$
на Ухолова |
| Горы | | |
| Бутры | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $b_1 = 5,120$ м |
| Дно | $\beta = 48^{\circ}50'57''$ | $\alpha_1 = 328^{\circ}00'$ |
| Ухолова | $\gamma = 134^{\circ}44'03''$ | на Бутры |
| Красное | $\beta_1 = 198^{\circ}32'25''$ | |
| Бутры | | $l = 0,237$ м |
| Горы | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $\alpha = 31^{\circ}30'$ |
| Дно | $\beta = 334^{\circ}22'04''$ | $b_1 = 0,475$ м |
| | | $\beta_1 = 32^{\circ}00'$
на Горы |
| Дно | | |
| Ухолова | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | |
| Горы | $\beta = 182^{\circ}58'49''$ | |
| Бутры | $\gamma = 158^{\circ}30'17''$ | |
| Ухолова | | |
| Красное | $\alpha = 0^{\circ}00'00''$ | $b_1 = 0,048$ м |
| Горы | $\beta = 60^{\circ}13'12''$ | $\alpha_1 = 117^{\circ}30'$ |
| Дно | $\gamma = 61^{\circ}21'36''$ | на Красное |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Красное | 6 366 084,6 | 11 397 047,6 |
| Горы | 6 362 337,5 | 11 395 519,2 |
| Бутры | 6 359 211,1 | 11 397 196,7 |

Вариант № 4

Схема сети



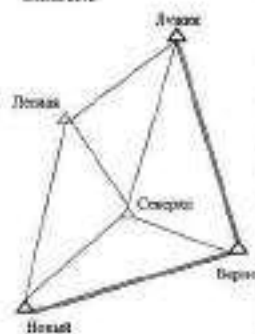
| Название пункта | Измеренная дирекционная | Длина линии |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
| Озеро | | $l = 0,021$ м |
| Холм | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 0^{\circ}00'00''$ |
| Болото | $17^{\circ}35'03''$ | $l_1 = 0,011$ м |
| Тушко | $42^{\circ}48'34''$ | $\theta_1 = 75^{\circ}30'$ |
| Озеро | $92^{\circ}21'25''$ | на Болото |
| Тушко | | $l_2 = 4,018$ м |
| Озеро | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta_2 = 302^{\circ}00'$ |
| Болото | $78^{\circ}55'06''$ | на Озеро |
| Холм | | $l = 0,067$ м |
| Холм | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 102^{\circ}00'$ |
| Озеро | $137^{\circ}59'44''$ | $l_3 = 0,014$ м |
| | | $\theta_3 = 201^{\circ}30'$ |
| | | на Холм |
| Болото | | $l_4 = 0,023$ м |
| Холм | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta_4 = 284^{\circ}00'$ |
| Тушко | $280^{\circ}22'18''$ | на Холм |
| Озеро | $253^{\circ}44'14''$ | на Холм |
| Холм | | $l = 0,045$ м |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 108^{\circ}10'$ |
| Озеро | $48^{\circ}38'16''$ | $l_5 = 0,040$ м |
| Холм | $72^{\circ}55'28''$ | $\theta_5 = 151^{\circ}30'$ |
| | | на Болото |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| Тушко | 6 428 517,8 | 11 158 193,5 |
| Озеро | 6 425 406,4 | 11 158 305,7 |
| Холм | 6 425 167,0 | 11 157 302,6 |

Вариант № 5

Схема сети



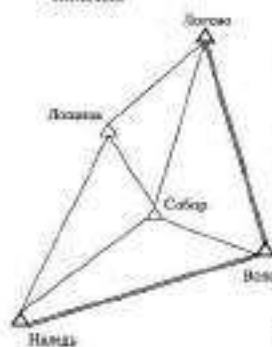
| Название пункта | Измеренная дирекционная | Длина линии |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
| Лукино | | $l_1 = 0,087$ м |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta_1 = 213^{\circ}30'$ |
| Озеро | $33^{\circ}04'11''$ | на Болото |
| Лукино | $72^{\circ}22'54''$ | на Болото |
| Болото | | $l = 0,423$ м |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 101^{\circ}00'$ |
| Лукино | $216^{\circ}19'34''$ | $l_2 = 0,333$ м |
| Озеро | $142^{\circ}19'36''$ | $\theta_2 = 104^{\circ}10'$ |
| | | на Болото |
| Болото | | $l = 0,219$ м |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 141^{\circ}00'$ |
| Озеро | $29^{\circ}17'20''$ | $l_3 = 0,030$ м |
| Лукино | $06^{\circ}54'19''$ | $\theta_3 = 108^{\circ}30'$ |
| | | на Болото |
| Озеро | | |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | |
| Лукино | $68^{\circ}59'02''$ | |
| Болото | $117^{\circ}38'47''$ | |
| Болото | $226^{\circ}57'38''$ | |
| Лукино | | |
| Болото | $0^{\circ}00'00''$ | |
| Лукино | $182^{\circ}57'42''$ | |
| Озеро | $224^{\circ}36'22''$ | |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Лукино | 6 350 094,3 | 11 350 757,0 |
| Болото | 6 345 431,2 | 11 352 987,4 |
| Болото | 6 345 103,6 | 11 345 312,2 |

Вариант № 6

Схема сети



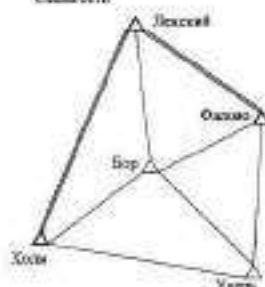
| Название пункта | Измеренные углы | Измеренные расстояния |
|-----------------|-----------------------------|------------------------|
| Лозово | | $l = 0,011 \text{ км}$ |
| Бор | $\beta = 96^{\circ}10'$ | $s = 0,014 \text{ м}$ |
| Лозово | $\beta_1 = 125^{\circ}10'$ | на Бор |
| Намак | | $l = 0,014 \text{ км}$ |
| Бор | $\beta = 210^{\circ}36'$ | $s = 0,010 \text{ м}$ |
| Лозово | $\beta_1 = 0,010 \text{ м}$ | на Бор |
| Намак | | $l = 0,012 \text{ км}$ |
| Бор | $\beta = 01^{\circ}10'$ | $s = 0,010 \text{ м}$ |
| Лозово | $\beta_1 = 230^{\circ}10'$ | на Намак |
| Собор | | $l = 0,029 \text{ км}$ |
| Намак | $\beta = 041^{\circ}15'$ | $s = 0,012 \text{ м}$ |
| Лозово | $\beta_1 = 191^{\circ}10'$ | на Намак |
| Бор | | $l = 0,010 \text{ км}$ |
| Намак | $\beta = 159^{\circ}20'$ | $s = 0,017 \text{ м}$ |
| Лозово | $\beta_1 = 210^{\circ}10'$ | на Намак |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Лозово | 8 435 122,9 | 11 455 984,1 |
| Бор | 8 440 611,4 | 11 458 835,6 |
| Намак | 8 448 971,9 | 11 450 221,1 |

Вариант № 7

Схема сети



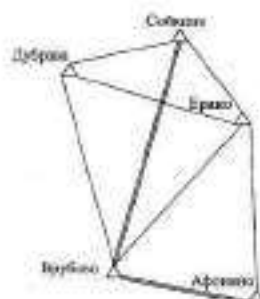
| Название пункта | Измеренные углы | Измеренные расстояния |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------|
| Лозово | | $l = 0,178 \text{ км}$ |
| Бор | $\beta = 255^{\circ}10'$ | $s = 0,170 \text{ м}$ |
| Уварь | $\beta_1 = 210^{\circ}00'$ | на Бор |
| Кома | | $l = 0,166 \text{ км}$ |
| Лозово | $\beta = 00^{\circ}00'$ | $s = 148^{\circ}20'$ |
| Бор | $\beta_1 = 0,117 \text{ м}$ | на Лозово |
| Уварь | $\beta_1 = 116^{\circ}30'$ | на Лозово |
| Овощи | | $l = 0,051 \text{ км}$ |
| Лозово | $\beta = 00^{\circ}00'$ | $s = 127^{\circ}20'$ |
| Уварь | $\beta_1 = 279^{\circ}46'24''$ | на Лозово |
| Бор | | $l = 0,100 \text{ км}$ |
| Кома | $\beta = 00^{\circ}00'$ | $\beta_1 = 336^{\circ}00'$ |
| Лозово | $\beta_1 = 126^{\circ}19'05''$ | на Кома |
| Овощи | $\beta_1 = 185^{\circ}37'11''$ | на Кома |
| Уварь | $\beta_1 = 259^{\circ}22'38''$ | на Кома |
| Уварь | | $l = 0,101 \text{ км}$ |
| Бор | $\beta_1 = 45^{\circ}17'49''$ | $\beta_1 = 127^{\circ}10'$ |
| Овощи | $\beta_1 = 110^{\circ}45'01''$ | на Кома |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Лозово | 8 564 733,1 | 11 392 283,1 |
| Уварь | 8 539 325,5 | 11 389 647,2 |
| Кома | 8 501 816,0 | 11 394 390,2 |

Вариант № 8

Схема сети



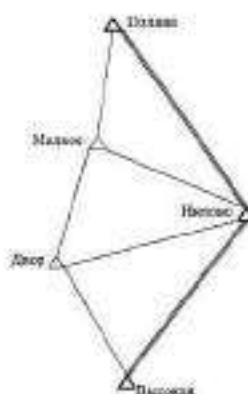
| Название пункта | Измеренные углы | Элементы triangulation |
|-----------------|----------------------|---|
| Соборная | | $\Gamma = 0,170\text{м}$ |
| Дубровка | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 156^{\circ}10'$ |
| Врубное | $40^{\circ}30'24''$ | $\Delta_1 = 0,126\text{м}$ |
| Афоньки | $90^{\circ}13'36''$ | $\theta_1 = 233^{\circ}20'$
на Врубное |
| | | $l = 0,886\text{м}$ |
| Врубное | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 283^{\circ}40'$ |
| Соборная | $28^{\circ}20'59''$ | $l_1 = 0,186\text{м}$ |
| Дубровка | $48^{\circ}06'48''$ | $\theta_1 = 217^{\circ}40'$ |
| Афоньки | $110^{\circ}23'56''$ | на Врубное |
| | | $l = 1,210\text{м}$ |
| Врубное | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 210^{\circ}30'$ |
| Дубровка | $63^{\circ}17'07''$ | $\Delta_1 = 4,118\text{м}$ |
| | | $\theta_1 = 328^{\circ}00'$
на Врубное |
| | | $l = 0,140\text{м}$ |
| Дубровка | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 307^{\circ}10'$ |
| Соборная | $38^{\circ}35'47''$ | $l_1 = 0,096\text{м}$ |
| Врубное | $102^{\circ}05'07''$ | $\theta_1 = 15^{\circ}10'$
на Соборная |
| | | $l = 4,140\text{м}$ |
| Дубровка | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 78^{\circ}40'$ |
| Врубное | $54^{\circ}26'06''$ | $l_1 = 5,191\text{м}$ |
| Афоньки | $32^{\circ}49'55''$ | $\theta_1 = 256^{\circ}10'$ |
| Соборная | $74^{\circ}01'24''$ | на Афоньки |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|----------|-------------|--------------|
| Соборная | 6 482 623,3 | 11 435 675,2 |
| Врубное | 6 477 843,0 | 11 433 336,3 |
| Афоньки | 6 475 992,8 | 11 437 126,2 |

Вариант № 9

Схема сети

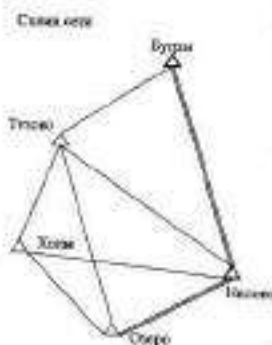


| Название пункта | Измеренные углы | Элементы triangulation |
|-----------------|----------------------|---|
| Полесье | | $l = 0,225\text{м}$ |
| Полесье | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 15^{\circ}30'$ |
| Высокая | $258^{\circ}47'12''$ | $l_1 = 0,215\text{м}$ |
| Двор | $189^{\circ}40'36''$ | $\theta_1 = 28^{\circ}00'$
на Полесье |
| Мельное | $133^{\circ}19'24''$ | на Полесье |
| | | $l = 0,897\text{м}$ |
| Высокая | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 308^{\circ}00'$ |
| Мельное | $41^{\circ}24'19''$ | $l_1 = 0,075\text{м}$ |
| | | $\theta_1 = 316^{\circ}30'$
на Высокая |
| | | $l_1 = 0,073\text{м}$ |
| Высокая | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta_1 = 327^{\circ}30'$ |
| Двор | $302^{\circ}32'32''$ | на Высокая |
| | | $l_1 = 0,045\text{м}$ |
| Высокая | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta_1 = 115^{\circ}30'$ |
| Двор | $248^{\circ}04'58''$ | на Высокая |
| | | $l_1 = 0,138\text{м}$ |
| Высокая | $83^{\circ}50'16''$ | $\theta_1 = 126^{\circ}00'$ |
| Мельное | $317^{\circ}51'30''$ | на Высокая |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Полесье | 6 349 490,2 | 11 358 126,0 |
| Полесье | 6 353 418,1 | 11 353 326,0 |
| Высокая | 6 345 077,7 | 11 354 203,6 |

Вариант № 10



| Название пункта | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Ницено | | $l = 0,021$ м |
| Озеро | $\beta = 0^\circ 00' 00''$ | $\theta = 95^\circ 30'$ |
| Холм | 17 25 03 | $l_1 = 0,011$ м |
| Тушино | 42 48 34 | $\theta_1 = 73^\circ 30'$ |
| Буры | 92 31 25 | на Озеро |
| Буры | | $l_1 = 0,018$ м |
| Ницено | 0 00 00 | $\theta_1 = 102^\circ 00'$ |
| Тушино | 76 25 06 | на Ницено |
| Озеро | | $l = 1,067$ м |
| Холм | 0 00 00 | $\theta = 322^\circ 00'$ |
| Тушино | 52 52 22 | $l_1 = 0,014$ м |
| Ницено | 117 39 44 | $\theta_1 = 201^\circ 30'$ |
| | | на Холм |
| Тушино | | $l = 1,022$ м |
| Холм | 0 00 00 | $l_1 = 0,022$ м |
| Буры | 306 22 14 | $\theta_1 = 284^\circ 00'$ |
| Ницено | 233 44 14 | на Холм |
| Озеро | 305 47 54 | |
| Холм | | $l = 0,043$ м |
| Тушино | 0 00 00 | $\theta = 108^\circ 30'$ |
| Ницено | 48 30 16 | $l_1 = 0,040$ м |
| Озеро | 72 53 28 | $\theta_1 = 151^\circ 30'$ |
| | | на Тушино |

Координаты известных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Буры | 6 329 317,8 | 11 408 193,3 |
| Ницено | 6 325 406,4 | 11 408 305,7 |
| Озеро | 6 325 167,0 | 11 405 723,5 |

Вариант № 11



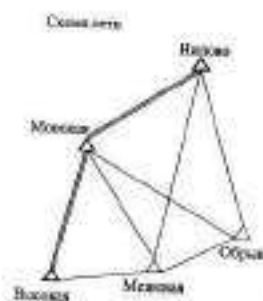
| Название пункта | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Волос | | $l = 0,210$ м |
| Красное | $\beta = 0^\circ 00' 00''$ | $\theta = 144^\circ 30'$ |
| Горькое | 51 46 01 | $l_1 = 0,233$ м |
| Озерное | 82 15 18 | $\theta_1 = 120^\circ 00'$ |
| Ница | 136 31 22 | на Красное |
| Красное | | $l = 0,182$ м |
| Горькое | 0 00 00 | $\theta = 157^\circ 30'$ |
| Волос | 60 47 40 | $l_1 = 0,233$ м |
| | | $\theta_1 = 28^\circ 30'$ |
| | | на Горькое |
| Ница | | $l = 0,270$ м |
| Волос | 0 00 00 | $\theta = 229^\circ 30'$ |
| Озерное | 52 44 49 | $l_1 = 0,232$ м |
| | | $\theta_1 = 108^\circ 00'$ |
| | | на Волос |
| Горькое | | $l = 0,242$ м |
| Озерное | 0 00 00 | $l_1 = 0,242$ м |
| Волос | 76 16 34 | $\theta_1 = 27^\circ 00'$ |
| Красное | 143 42 44 | на Озерное |
| Озерное | | |
| Ница | 0 00 00 | $l_1 = 0,160$ м |
| Волос | 72 58 40 | $\theta_1 = 273^\circ 30'$ |
| Горькое | 149 13 99 | на Ница |

144° 11' 58"

Координаты известных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Красное | 6 373 962,4 | 11 638 997,0 |
| Волос | 6 371 289,2 | 11 632 382,5 |
| Ница | 6 363 806,8 | 11 629 020,4 |

Вариант №12

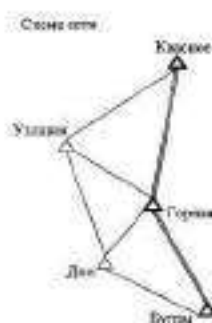


| Начальное пункт | Измеренная длина | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|--|
| Низкое | | $l = 0,179$ м |
| Мирская | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\theta = 290^{\circ} 00'$ |
| Обрыв | 258 28 16 | $l = 0,158$ м |
| Мешков | 314 28 24 | $\theta_1 = 302^{\circ} 30'$
на Мирская |
| Мирская | | $l = 0,040$ м |
| Низкое | 0 00 00 | $\theta = 212^{\circ} 40'$ |
| Обрыв | 25 56 15 | $l = 0,135$ м |
| Мешков | 35 17 20 | $\theta_1 = 195^{\circ} 30'$
на Низкое |
| Высокая | 120 39 17 | |
| Высокая | | $l = 0,036$ м |
| Мирская | 3 00 30 | $\theta_1 = 214^{\circ} 30'$
на Мирская |
| Мешков | 54 51 00 | |
| Мешков | | |
| Низкое | 4 00 30 | |
| Обрыв | 42 09 15 | $l = 0,115$ м |
| Высокая | 324 02 55 | $\theta = 26^{\circ} 30'$ |
| Мирская | 278 48 52 | на Низкое |
| Обрыв | | $l = 0,073$ м |
| Низкое | 0 00 00 | $\theta = 87^{\circ} 00'$ |
| Мешков | 275 59 26 | $l = 0,044$ м |
| Мирская | 307 18 00 | $\theta_1 = 345^{\circ} 50'$
на Низкое |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Низкое | 6 421 532,5 | 11 241 775,3 |
| Мирская | 6 420 184,4 | 11 258 745,1 |
| Высокая | 6 417 870,1 | 11 256 423,9 |

Вариант №13



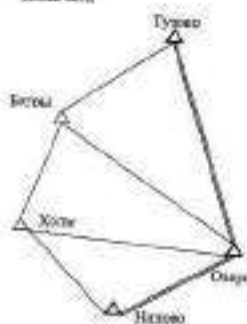
| Начальное пункт | Измеренная длина | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|--|
| Красное | | $l = 0,109$ м |
| Угловое | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\theta = 51^{\circ} 00'$ |
| Горное | 305 01 46 | $l = 0,143$ м |
| | | $\theta_1 = 04^{\circ} 30'$
на Угловое |
| Горное | | |
| Буры | 0 00 00 | $l = 0,082$ м |
| Дно | 48 50 57 | $\theta_1 = 128^{\circ} 00'$
на Буры |
| Угловое | 124 04 03 | |
| Красное | 199 32 23 | |
| Буры | | $l = 0,088$ м |
| Горное | 0 00 00 | $\theta = 21^{\circ} 30'$ |
| Дно | 324 22 04 | $l = 0,037$ м |
| | | $\theta_1 = 35^{\circ} 04'$
на Горное |
| Дно | | |
| Угловое | 0 00 00 | |
| Горное | 182 58 49 | |
| Буры | 128 30 17 | |
| Угловое | | |
| Красное | 0 00 00 | $l = 0,034$ м |
| Горное | 60 13 12 | $\theta_1 = 117^{\circ} 30'$
на Красное |
| Дно | 90 21 36 | |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Красное | 6 420 249,1 | 11 247 585,4 |
| Горное | 6 417 262,6 | 11 247 210,3 |
| Буры | 6 415 115,8 | 11 247 691,3 |

Вариант № 14

Схема сети



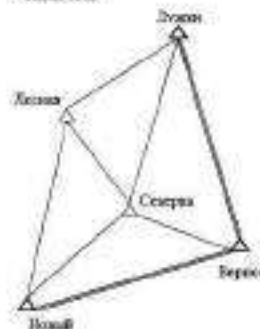
| Название пункта | Измеренная дирекционная | Длина дирекционной |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Тушино | 0°00'00" | $l = 0,477$ м |
| Холм | 17°55'00" | $l_1 = 0,012$ м |
| Берёза | 42°48'54" | $\theta_1 = 73°30'$ |
| Озеро | 92°31'55" | на Тушино |
| Низово | | $l = 0,056$ м |
| Озеро | 0°00'00" | $\theta_1 = 101°00'$ |
| Берёза | 76°55'06" | на Озеро |
| Холм | | $l = 0,054$ м |
| Холм | 0°00'00" | $\theta = 202°00'$ |
| Озеро | 157°59'40" | $l_1 = 0,011$ м |
| | | $\theta_1 = 207°30'$ |
| | | на Холм |
| Берёза | | $l = 0,018$ м |
| Холм | 0°00'00" | $\theta_1 = 288°00'$ |
| Тушино | 200°22'16" | на Холм |
| Озеро | 253°46'34" | |
| Холм | | $l = 0,033$ м |
| Берёза | 0°00'00" | $\theta = 168°30'$ |
| Озеро | 48°31'16" | $l_1 = 0,032$ м |
| Низово | 72°55'28" | $\theta_1 = 151°30'$ |
| | | на Берёза |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Тушино | 4 824 715,2 | 11 835 319,4 |
| Озеро | 4 822 195,0 | 11 834 410,3 |
| Низово | 4 822 001,1 | 11 832 944,8 |

Вариант № 15

Схема сети

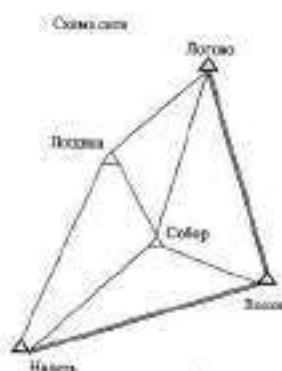


| Название пункта | Измеренная дирекционная | Длина дирекционной |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Тушино | 0°00'00" | $l = 0,460$ м |
| Берёза | 33°04'11" | $\theta_1 = 237°30'$ |
| Лесная | 72°22'54" | на Берёза |
| Низово | | $l = 0,336$ м |
| Берёза | 0°00'00" | $\theta = 101°00'$ |
| Лесная | 314°16'06" | $l_1 = 0,265$ м |
| Озеро | 90°19'56" | $\theta_1 = 104°30'$ |
| | | на Берёза |
| Берёза | | $l = 0,173$ м |
| Низово | 0°00'00" | $\theta = 161°00'$ |
| Озеро | 29°17'20" | $l_1 = 0,029$ м |
| Тушино | 66°54'19" | $\theta_1 = 168°30'$ |
| | | на Низово |
| Озеро | | $l = 0,018$ м |
| Низово | 0°00'00" | $\theta_1 = 288°00'$ |
| Лесная | 48°31'16" | $l_1 = 0,032$ м |
| Берёза | 167°38'43" | |
| Тушино | 226°57'38" | |
| Лесная | | $l = 0,033$ м |
| Низово | 0°00'00" | $\theta = 168°30'$ |
| Озеро | 382°37'42" | |
| Степь | 274°34'22" | |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Тушино | 4 547 189,7 | 11 646 625,8 |
| Берёза | 4 543 823,3 | 11 648 187,8 |
| Низово | 4 543 413,3 | 11 643 133,7 |

Вариант № 16

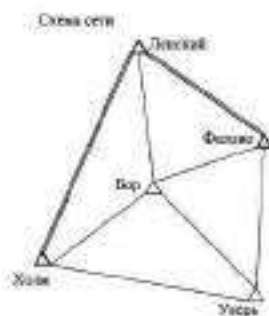


| Наименование пункта | Измеренные расстояния | Угловые привязки |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Волос | | $\beta = 0,056$ м |
| Лопух | 0700,00 | $\theta = 96^{\circ}12'$ |
| Сбор | 33 64 10 | $\beta_1 = 0,011$ м |
| Лопух | 72 22 96 | $\theta_1 = 153^{\circ}20'$ |
| | | на Волос |
| Наезд | | $\beta = 0,013$ м |
| Волос | 0 90 00 | $\theta = 219^{\circ}20'$ |
| Лопух | 516 39 04 | $\beta_1 = 0,008$ м |
| Сбор | 342 19 35 | $\theta_1 = 15^{\circ}10'$ |
| | | на Волос |
| Усолье | | $\beta = 0,013$ м |
| Наезд | 0 90 00 | $\theta = 52^{\circ}10'$ |
| Сбор | 29 17 19 | $\beta_1 = 0,008$ м |
| Лопух | 66 54 19 | $\theta_1 = 230^{\circ}30'$ |
| | | на Наезд |
| Сбор | | $\beta = 0,036$ м |
| Наезд | 0 00 00 | $\theta = 141^{\circ}12'$ |
| Лопух | 68 34 00 | $\beta_1 = 0,009$ м |
| Лопух | 117 38 41 | $\theta_1 = 101^{\circ}30'$ |
| Волос | 226 57 46 | на Наезд |
| Лопух | | $\beta = 0,038$ м |
| Наезд | 0 00 00 | $\theta = 155^{\circ}20'$ |
| Лопух | 142 57 44 | $\beta_1 = 0,013$ м |
| Сбор | 274 36 23 | $\theta_1 = 216^{\circ}32'$ |
| | | на Наезд |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| Лопух | 6 498 303,6 | 11 392 317,8 |
| Волос | 6 494 115,2 | 11 584 163,4 |
| Наезд | 6 492 628,8 | 11 577 827,9 |

Вариант № 17



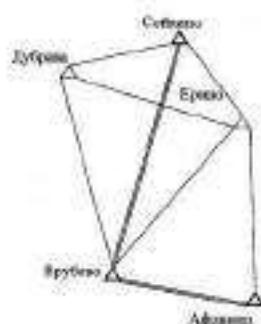
| Наименование пункта | Измеренные расстояния | Угловые привязки |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Лопух | | $\beta = 0,105$ м |
| Фасоль | 0700,00 | $\theta = 255^{\circ}00'$ |
| Сбор | 40 28 38 | $\beta_1 = 0,131$ м |
| Холм | 61 61 30 | $\theta_1 = 210^{\circ}30'$ |
| | | на Фасоль |
| Холм | | $\beta = 0,112$ м |
| Лопух | 0 00 00 | $\theta = 146^{\circ}30'$ |
| Сбор | 34 04 13 | $\beta_1 = 0,090$ м |
| Усолье | 68 09 35 | $\theta_1 = 116^{\circ}00'$ |
| | | на Лопух |
| Фасоль | | $\beta = 0,035$ м |
| Лопух | 0 00 00 | $\theta = 117^{\circ}20'$ |
| Усолье | 239 61 43 | $\theta_1 = 117^{\circ}20'$ |
| Сбор | 279 46 54 | на Лопух |
| Сбор | | $\beta = 0,077$ м |
| Холм | 0 00 00 | $\theta = 236^{\circ}00'$ |
| Лопух | 126 19 09 | $\theta_1 = 136^{\circ}00'$ |
| Фасоль | 185 57 11 | на Холм |
| Усолье | 259 22 38 | |
| Усолье | | $\beta = 0,078$ м |
| Холм | 0 00 00 | $\theta = 127^{\circ}30'$ |
| Сбор | 45 17 09 | $\theta_1 = 127^{\circ}30'$ |
| Фасоль | 116 46 41 | на Холм |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|--------|-------------|--------------|
| Лопух | 6 529 417,4 | 11 408 163,2 |
| Холм | 6 535 253,5 | 11 338 487,3 |
| Фасоль | 6 537 171,2 | 11 401 985,3 |

Вариант № 18

Схема сети



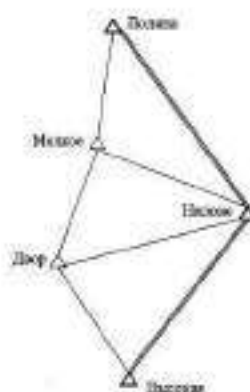
| Название пункта | Измеренные координаты | Элемента привязки |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| Сосновка | | $l = 5,118$ м |
| Ерево | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 150^{\circ}18'$ |
| Врубько | 40 19 24 | $l_1 = 6,160$ м |
| Дубровка | 90 13 16 | $\theta_1 = 233^{\circ}20'$ |
| | | на Ерево |
| Врубько | | $l = 6,071$ м |
| Дубровка | 0 00 00 | $\theta = 183^{\circ}40'$ |
| Сосновка | 28 20 26 | $l_1 = 6,151$ м |
| Ерево | 48 06 48 | $\theta_1 = 217^{\circ}40'$ |
| Аджакино | 110 21 36 | на Дубровка |
| Аджакино | | $l = 0,179$ м |
| Врубько | 0 00 00 | $\theta = 210^{\circ}50'$ |
| Ерево | 65 17 07 | $l_1 = 0,096$ м |
| | | $\theta_1 = 328^{\circ}00'$ |
| | | на Врубько |
| Дубровка | | $l = 0,183$ м |
| Сосновка | 0 00 00 | $\theta = 100^{\circ}10'$ |
| Ерево | 38 35 47 | $l_1 = 0,078$ м |
| Врубько | 102 06 07 | $\theta_1 = 157^{\circ}10'$ |
| | | на Сосновка |
| Ерево | | $l = 0,113$ м |
| Аджакино | 0 00 00 | $\theta = 75^{\circ}40'$ |
| Врубько | 54 26 06 | $l_1 = 0,156$ м |
| Дубровка | 122 49 55 | $\theta_1 = 250^{\circ}10'$ |
| Сосновка | 174 01 24 | на Аджакино |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|----------|-------------|--------------|
| Сосновка | 6 482 236,5 | 11 455 126,6 |
| Ерево | 6 477 718,8 | 11 453 843,7 |
| Аджакино | 6 476 866,7 | 11 457 075,4 |

Вариант № 15

Схема сети

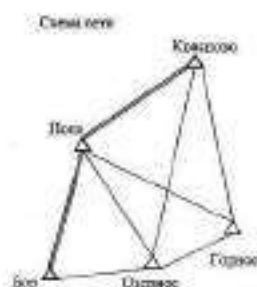


| Название пункта | Измеренные координаты | Элемента привязки |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| Писково | | $l = 5,167$ м |
| Полково | $0^{\circ}00'00''$ | $\theta = 157^{\circ}30'$ |
| Мелько | 258 47 32 | $l_1 = 6,161$ м |
| Двор | 297 49 26 | $\theta_1 = 20^{\circ}00'$ |
| Писково | 333 19 24 | на Полково |
| Писково | | $l = 3,043$ м |
| Мелько | 0 00 00 | $\theta = 308^{\circ}00'$ |
| Мелько | 42 34 16 | $l_1 = 6,026$ м |
| | | $\theta_1 = 316^{\circ}00'$ |
| | | на Мелько |
| Мелько | | $l_1 = 5,823$ м |
| Писково | 0 00 00 | $\theta_1 = 327^{\circ}30'$ |
| Двор | 202 52 32 | на Мелько |
| Мелько | | $l_1 = 0,034$ м |
| Писково | 0 00 00 | $\theta_1 = 212^{\circ}30'$ |
| Полково | 248 04 58 | на Мелько |
| Двор | | $l_1 = 0,184$ м |
| Писково | 0 00 00 | $\theta_1 = 126^{\circ}00'$ |
| Мелько | 83 50 16 | на Мелько |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|---------|-------------|--------------|
| Писково | 6 345 490,2 | 11 358 226,3 |
| Полково | 6 352 426,6 | 11 356 051,8 |
| Мелько | 6 346 181,0 | 11 355 209,2 |

Будулет № 20



| Название пункта | Измеренные направления | Известны расстояния |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|
| Поле | | $l = 0,152 \text{ м}$ |
| Крайково | $\beta = 108^\circ 30'$ | $b = 0,365 \text{ м}$ |
| Горное | $\delta_1 = 150^\circ 00'$ | |
| Озерное | | на Горное |
| Бор | | $l = 0,074 \text{ м}$ |
| Крайково | $\theta = 5^\circ 30'$ | $\Delta_1 = 1,100 \text{ м}$ |
| Горное | $\delta_2 = 28^\circ 10'$ | на Горное |
| Поле | | $l = 0,179 \text{ м}$ |
| Бор | $\theta = 120^\circ 30'$ | $\Delta_2 = 0,118 \text{ м}$ |
| Поле | $\delta_3 = 108^\circ 00'$ | на Горное |
| Озерное | | $l_1 = 0,118 \text{ м}$ |
| Бор | | $\theta_1 = 27^\circ 00'$ |
| Озерное | | на Озерное |
| Горное | | $l_2 = 0,118 \text{ м}$ |
| Поле | | $\theta_2 = 273^\circ 36'$ |
| Крайково | | на Бор |
| Горное | | |

Координаты исходных пунктов, м

| Пункт | X | Y |
|----------|-------------|--------------|
| Крайково | 6 265 936,5 | 11 495 168,8 |
| Поле | 6 264 733,3 | 11 492 283,5 |
| Бор | 6 261 149,0 | 11 490 670,7 |

Лабораторная работа № 3

Предварительные вычисления в полигонометрическом ходе

Целью предварительных вычислений в полигонометрическом ходе является составление сводных таблиц приведенных к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера измеренных направлений и длин линий и вычисления рабочих координат пунктов полигонометрического хода.

Предварительные вычисления в полигонометрическом ходе предусматривают:

- составление рабочей схемы сети;
- приведение измеренных горизонтальных направлений к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера;
- приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера.

Исходные данные для выполнения предварительных вычислений в конкретном полигонометрическом ходе, как пример, приведены в табл. 14, 15, 16.

Таблица 14

Прямоугольные координаты и абсолютные высоты исходных пунктов

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Луговец | 6 352 171,11 | 11 436 857,71 | |
| Роща | 6 348 347,60 | 11 436 173,83 | 230,28 |
| Холм | 6 345 856,09 | 11 436 485,28 | 215,50 |
| Валки | 6 342 485,09 | 11 434 339,44 | |

Таблица 15

Измеренные длины линий, проложенные между пунктами хода и их высоты

| Название пункта | a, м | b, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Розы | | | 230,28 |
| пк 213 | 798,32 | -30,44 | 179,84 |
| пк 214 | 706,23 | -23,90 | 155,94 |
| пк 215 | 548,98 | +18,18 | 174,62 |
| Холм | 619,26 | +40,18 | 215,50 |

Таблица 16

Измеренные направления и элементы триангуляций

| Название пункта | Название направления | Измеренное направление | Длина стороны |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Луговая | Розы | | $l_1 = 0,913$ м
$\theta_1 = 125^{\circ}00'$ |
| Розы | Луговая | $0^{\circ}32'06''$ | $l = 0,375$ м
$\theta = 104^{\circ}30'$
$l_2 = 0,165$ м
$\theta_2 = 360^{\circ}45'$ |
| пк 213 | Розы | $0^{\circ}30'08''$ | |
| пк 214 | пк 213 | $185^{\circ}11'41''$ | |
| пк 214 | пк 213 | $0^{\circ}30'08''$ | |
| пк 215 | пк 214 | $192^{\circ}39'49''$ | |
| пк 215 | пк 214 | $0^{\circ}00'00''$ | |
| Холм | Холм | $176^{\circ}48'29''$ | |
| Холм | пк 215 | $1^{\circ}00'00''$ | $l = 1,469$ м
$\theta = 169^{\circ}30'$
$l_3 = 0,357$ м
$\theta_3 = 215^{\circ}15'$ |
| Холм | Холм | $212^{\circ}44'59''$ | $l_4 = 0,754$ м
$\theta_4 = 13^{\circ}45'$ |
| Волок | Холм | | |

Рабочая схема полигонометрического хода составляется в произвольном масштабе. Сначала известны исходные пункты по их прямоугольным координатам, затем пункты полигонометрического хода построены из углов поворота и отложенным измеренным длинам линий (рис. 2).

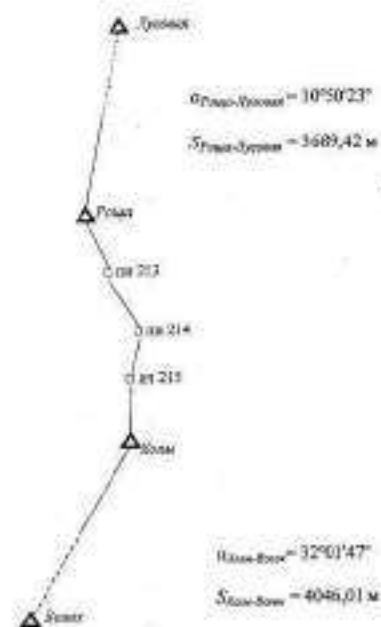


Рис. 2. Схема полигонометрического хода

Приведение измеренных направлений к центрам пунктов и редукция их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится так же, как в проективных вычислениях в сети триангуляции (см. табл. 6, 7, 8, 9).

Таблица 17

Вычисление поправок на центровку и редукцию

| Баз. пункт | Нач. напр. | M | M + θ | M + θ_0 | $\Delta, \text{м}$ | ϵ | r'' |
|------------|------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Луговая | Рома | 0° 00' 00" | - | 155° 00' | 3685 | - | -42,7 |
| Рома | Луговая | 0° 00' 00" | 100° 30' | 259° 45' | 3589 | 26,3 | -5,3 |
| | пт 213 | 134° 09' 50" | 258° 39' | 354° 54' | 759 | -95,0 | -3,8 |
| Холм | пт 215 | 000° 00' | 160° 30' | 315° 15' | 639 | 30,5 | -81,1 |
| | Волок | 312° 44' 39" | 15° 15' | 148° 00' | 4046 | 5,2 | 3,8 |
| Волок | Холм | - | - | 10° 45' | 4046 | - | 7,2 |

Таблица 18

Вычисление приближенных координат пунктов светодальномером

| Начальное пункта | Измерен. угол | D_i , км | Дирекционный угол | Приведенная координата, км | | Координаты, км | |
|------------------|---------------|------------|-------------------|----------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| | | | | ΔX | ΔY | X | Y |
| Луговая | | | 89° 30' | | | | 11 436,87 |
| Рома | 154° 07' | | | | | 6 348,55 | 11 436,17 |
| пт 213 | 185° 12' | 0,798 | 164° 57' | -4,77 | +0,21 | 6 347,78 | 11 436,38 |
| пт 214 | 192° 21' | 0,706 | 170° 49' | -6,70 | -0,12 | 6 347,08 | 11 436,50 |
| пт 215 | 176° 47' | 0,589 | 182° 30' | -4,55 | -0,02 | 6 346,53 | 11 436,48 |
| Холм | 212° 44' | 0,639 | 179° 17' | -4,84 | +0,01 | 6 345,69 | 11 436,49 |
| Волок | | | 212° 01' | | | | 11 434,34 |
| | | | | | | $Y_{\text{средн.}} =$ | 436,18 |

$$Y_{\text{средн.}} = 436,18 \text{ км} - 500 \text{ км} = -63,82 \text{ км}$$

Сводная таблица направлений, приведенных к центрам пунктов и редукция их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера

| Нач. пункт | Нач. направление | Изм. направление | ϵ'' | r'' | θ'' | свод. | $(\text{свод.} - \text{изм.}) \cdot \rho''$ | Приведенное направление |
|------------|------------------|------------------|--------------|-------|------------|-------|---|-------------------------|
| Рома | Луговая | 0 00 00 | +20,3 | +42,7 | +0,6 | 63,6 | 0 | 0° 00' 00" |
| | пт 213 | 134 09 50 | -95,0 | 0 | -0,1 | -95,1 | -156,7 | 134 06 51 |
| пт 213 | Рома | 0 00 00 | | -3,8 | -0,1 | -3,7 | 0 | 0 00 00 |
| | пт 214 | 185 11 41 | | | -0,2 | -0,1 | 3,6 | 185 11 45 |
| пт 214 | пт 213 | 0 00 00 | | | +0,1 | 0,1 | 0 | 0 00 00 |
| | пт 215 | 192 20 49 | | | -0,1 | -0,1 | -0,2 | 192 20 49 |
| пт 215 | пт 214 | 0 00 00 | | | +0,1 | 0,1 | 0 | 0 00 00 |
| | Холм | 176 48 29 | | -81,1 | -0,1 | -81,2 | -81,1 | 176 47 08 |
| Холм | пт 215 | 0 00 00 | +50,3 | 0 | +0,1 | 50,4 | 0 | 0 00 00 |
| Волок | Холм | 212 44 39 | +5,3 | +7,2 | -0,5 | 12,2 | -38,4 | 212 44 21 |

Приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редукция их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится путем введения поправок: $\Delta D_{ij}, \Delta D_{ij}^1, \Delta D_{ij}^2, \Delta D_{ij}^3$.

Приведение длин линий к центрам пунктов производится путем введения поправки ΔD_{ij} по формуле

$$\Delta D_{ij} = -\{l_i \cos(M_{i-j} + \theta_i) + l_j \cos(M_{j-i} + \theta_j)\}$$

где $i \neq j$ - номера пунктов, между которыми измерена длина линии;

M_{i-j}, M_{j-i} - начальные направления на пунктах i и j соответственно;

l_i, θ_i - элементы центровки, определенные на пункте i ;

l_j, θ_j - элементы центровки, определенные на пункте j .

Например, при измерении длины линии Рома - пт 213 светодальномер был установлен на пункте Рома, а опрачник - на пункте пт 213 над центром пункта. Следовательно, элементы центровки определяются только на пункте Рома (табл. 16), и поправка на центровку вычисляется по формуле:

$$\Delta D_{ij} = -\{l_i \cos(M_{i-j} + \theta_i)\}$$

Приведенная длина линии вычисляют по формуле:

$$D_{II} = D_M + \Delta D_{II}$$

где D_{II} – приведенная к центрам пунктов длина стороны;

D_M – измеренное расстояние (см. табл. 15);

Поправка за центрировку в одну линию Роша – пп. 213

$$\Delta D_{II} = -[0,375 \text{ м} \cos(154^{\circ}09' + 104^{\circ}30')] = +0,07 \text{ м}$$

и приведенная к центрам пунктов длина стороны –

$$D_M = 798,32 \text{ м} + 0,07 \text{ м} = 798,39 \text{ м}$$

Приведение D_{II} к горизонту осуществляется по формулам:

$$D_{II} = D_{II} + \Delta D_{II}; \quad \Delta D_{II} = -\frac{h_{i-j}^2}{2D_{II}}; \quad h_{i-j} = H_j - H_i$$

где D_{II} – приведенная к горизонту длина линии D_{II} ;

D_{II} – приведенная к центру пунктов измеренная длина линии;

H_i, H_j – абсолютные высоты начальной и конечной точек линии;

h_{i-j} – превышение между начальной и конечной точками линии.

Длина линии Рошало – пп. 213, приведенная к центрам пунктов,

$$D_M = 798,39 \text{ м}; \quad h = -50,44 \text{ м}$$

$$\Delta D_{II} = -\frac{(-50,44 \text{ м})^2}{2 \cdot 798,39 \text{ м}} = -1,59 \text{ м}; \quad D_{II} = 798,39 \text{ м} - 1,59 \text{ м} = 796,80 \text{ м}$$

Редуцирование длины линии D_{II} на уровень моря производится по

формулам: $D_H = D_{II} + \Delta D_H; \quad \Delta D_H = -\frac{H_M}{R} D_{II}$

где H_M – средняя высота линии над уровнем моря;

R – средний радиус Земли ($R = 6371 \text{ км}$).

$$H_M = \frac{230,28 \text{ м} + 179,84 \text{ м}}{2} = 205,06 \text{ м}$$

$$D_H = -\frac{205,06 \text{ м}}{6371000 \text{ м}} \cdot 796,80 \text{ м} = -0,02 \text{ м}$$

$$D_H = 796,80 \text{ м} - 0,02 = 796,78 \text{ м}$$

Редуцирование длины линии D_H на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится по формулам:

$$D_{II} = D_H + \Delta D_{II}; \quad \Delta D_{II} = +\frac{Y_M^2}{2R^2} D_H$$

где Y_M – среднее удаление стороны хода от осевого меридиана зоны.

Для решения этой задачи необходимы приближенные прямоугольные координаты пунктов полигонометрического хода (табл. 18).

$$Y_M = \frac{436,17 \text{ км} + 436,38 \text{ км}}{2} - 500 \text{ км} = -63,72 \text{ км}$$

$$\Delta D_{II} = +\frac{(-63,72 \text{ км})^2}{2 \cdot 6371^2} \cdot 796,78 \text{ м} = 0,04 \text{ м}; \quad D_{II} = 796,78 \text{ м} + 0,04 \text{ м} = 796,82 \text{ м}$$

Таблица 20

Приведение измеренных длин линий к центрам пунктов и редуцирование их на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера

| Имя пункта | D , м | ΔD_{II} , м | D_{II} , м | ΔD_H , м | D_H , м | ΔD_{II} , м | D_H , м | Y_M , км | ΔD_{II} , м | D_{II} , м |
|------------|---------|---------------------|--------------|------------------|-----------|---------------------|-----------|------------|---------------------|--------------|
| Роша | | | | | | | | | | |
| пп. 213 | 798,32 | 0,07 | 798,39 | -1,59 | 796,80 | -0,02 | 796,78 | -63,72 | 0,04 | 796,82 |
| пп. 124 | 798,35 | | | -0,80 | 797,55 | -0,02 | 797,53 | -63,58 | 0,04 | 797,57 |
| Пп. 215 | 548,58 | | | -0,32 | 548,26 | -0,01 | 548,25 | -63,51 | 0,03 | 548,28 |
| Ноль | 639,26 | 0,44 | 639,70 | -1,29 | 638,41 | -0,02 | 638,39 | -63,52 | 0,03 | 638,42 |

После приведения измеренных величин (горизонтальных выносов и длин линий) к центрам пунктов и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера производится вычисление прямоугольных координат пунктов полигонометрического хода и оценки точности (табл. 21, 22).

Вычисление географических координат пунктов полигонометрического хода и оценки точности

Таблица 21

| Наименование пункта | Измеренный угол | Исправленный угол | Дирекционный угол | D, м | Географические координаты, м | | | |
|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------|------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | | полярная координата | ΔX | ΔY | ΔN | ΔE |
| Луговая | -1° | 190°5048' | | | | | | |
| Ручей | 154°2651' | 154°0652' | | | +0,01 | +0,03 | | |
| пн 213 | 185 11 45 | 185 11 46 | 164 57 40 | 796,83 | -769,57 | +296,72 | -769,52 | +296,78 |
| пн 214 | 192 20 49 | 192 20 50 | 170 49 26 | 726,85 | -695,46 | -129,66 | -695,48 | +129,60 |
| пн 215 | 176 47 38 | 176 47 39 | 182 30 16 | 548,58 | -548,16 | -23,98 | -548,18 | -23,70 |
| Хвост | 212 44 21 | 212 44 22 | 179 17 25 | 638,42 | -616,37 | +7,91 | -616,37 | +7,94 |
| Возле | | | 212 01 47 | | | | | |

$$\Sigma \alpha = 92^{\circ} 10' 54'' \quad \Sigma \beta = 2689,77 \quad f_{\alpha} = \frac{\Sigma \alpha - \alpha_{\text{зам}}}{n} = \frac{-0,01\text{м}}{5} = -0,002\text{м}$$

$$f_{\beta} = \frac{\Sigma \beta - \beta_{\text{зам}}}{n} = \frac{0,01\text{м}}{5} = 0,002\text{м}$$

$$f_{\alpha} = 1,24432; \quad f_{\beta} = -1,10000$$

$$f_{\alpha} = 10' \sqrt{n} = 22', \quad \text{где } n - \text{число углов; } n = 5$$

Таблица 22

Вычисление прямоугольных координат пунктов полигонометрического хода

| Наименование пункта | Прямоугольные координаты, м | | Координаты, м | |
|---------------------|-----------------------------|---------|---------------|---------------|
| | ΔX | ΔY | X | Y |
| Ручей | | | 6 548 547,60 | 11 436 173,63 |
| пн 213 | -769,52 | +296,78 | 6 547 778,08 | 11 436 380,21 |
| пн 214 | -695,46 | -129,66 | 6 547 082,62 | 11 436 250,55 |
| пн 215 | -548,16 | -23,98 | 6 546 534,46 | 11 436 226,57 |
| Хвост | -616,37 | +7,94 | 6 545 918,09 | 11 436 234,51 |

Нарисовки для исполнительной работы

Вариант № 1

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 327 145,10 | 11 411 842,48 | 486,13 |
| Озёрки | 6 326 529,36 | 11 411 148,18 | 486,13 |
| Ручей | 6 326 870,84 | 11 411 463,87 | 349,89 |
| Пески | 6 317 440,74 | 11 409 314,74 | |

Измеренные длины линий, приваленные высоты пунктов

| Наименование пункта | B, м | A, м | H, м |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Озёрки | | | 400,13 |
| пн 123 | 796,12 | -49,99 | 350,14 |
| пн 124 | 706,23 | +19,48 | 369,60 |
| пн 125 | 349,28 | +20,31 | 389,91 |
| Ручей | 679,26 | -49,01 | 349,89 |

Измеренные выносы и элементы привалки

| Наименование пункта | Наименование привалки | Измеренный вынос, м | Элементы привалки |
|---------------------|-----------------------|---------------------|--|
| Горка | Озёрки | | $f_1 = 1,512\text{ м}$
$\theta_1 = 129^{\circ} 00'$ |
| Озёрки | Горка | 0' 00' 00" | $f_1 = 0,553\text{ м}$ |
| | пн 123 | 194 09' 48" | $\theta_1 = 104^{\circ} 30'$
$f_1 = 0,432\text{ м}$
$\theta_1 = 209^{\circ} 45'$ |
| пн 123 | Озёрки | 0' 00' 00" | |
| | пн 124 | 185 11 41 | |
| пн 124 | пн 123 | 0' 00' 00" | |
| | пн 125 | 192 20 40 | |
| пн 125 | пн 124 | 0' 00' 00" | |
| | Ручей | 176 48 29 | |
| Ручей | пн 125 | 0' 00' 00" | $f_1 = 0,113\text{ м}$ |
| | Пески | 212 44 20 | $\theta_1 = 160^{\circ} 30'$
$f_1 = 0,357\text{ м}$
$\theta_1 = 217^{\circ} 15'$ |
| Пески | Ручей | | $f_1 = 1,091\text{ м}$
$\theta_1 = 107^{\circ} 45'$ |

Вариант № 2

Исходные данные

| Название пункта | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 327 327,04 | 11 411 877,17 | |
| Опелово | 6 323 523,26 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 320 738,20 | 11 411 475,82 | 347,38 |
| Леска | 6 317 136,85 | 11 409 272,49 | |

Измеренные длины линий, провисания и высоты пунктов

| Название пункта | D, м | h, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опелово | | | 400,13 |
| ст 123 | 835,03 | -52,49 | 347,64 |
| ст 124 | 741,54 | +20,44 | 368,08 |
| ст 125 | 576,85 | +21,32 | 369,70 |
| Ручей | 671,21 | -42,02 | 347,38 |

Измеренные направления и элементы привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Горка | Опелово | | $\beta = 125^{\circ} 00'$ |
| Опелово | Горка | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,591 \text{ м}$ |
| | ст 123 | 154 09 46 | $\beta = 104^{\circ} 30'$ |
| | | | $\beta = 0,454 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 209^{\circ} 45'$ |
| ст 123 | Опелово | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 124 | 185 11 41 | |
| ст 124 | ст 123 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 125 | 192 20 40 | |
| ст 125 | ст 124 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Ручей | 176 48 29 | |
| Ручей | ст 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,124 \text{ м}$ |
| | Леска | 212 44 29 | $\beta = 169^{\circ} 30'$ |
| | | | $\beta = 0,375 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 319^{\circ} 15'$ |
| Леска | Ручей | | $\beta = 1,092 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 3

Исходные данные

| Название пункта | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 327 908,22 | 11 411 911,89 | |
| Опелово | 6 323 523,26 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 320 695,66 | 11 411 491,21 | 344,56 |
| Леска | 6 316 832,28 | 11 409 130,79 | |

Измеренные длины линий, провисания и высоты пунктов

| Название пункта | D, м | h, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опелово | | | 400,13 |
| ст 123 | 877,94 | -54,59 | 345,54 |
| ст 124 | 736,34 | +21,41 | 366,55 |
| ст 125 | 604,37 | +22,34 | 366,89 |
| Ручей | 700,19 | -44,03 | 344,56 |

Измеренные направления и элементы привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| Горка | Опелово | | $\beta = 111,13 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 125^{\circ} 00'$ |
| Опелово | Горка | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,619 \text{ м}$ |
| | ст 123 | 154 09 46 | $\beta = 104^{\circ} 30'$ |
| | | | $\beta = 0,275 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 209^{\circ} 45'$ |
| ст 123 | Опелово | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 124 | 185 11 41 | |
| ст 124 | ст 123 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 125 | 192 20 40 | |
| ст 125 | ст 124 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Ручей | 176 48 29 | |
| Ручей | ст 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,124 \text{ м}$ |
| | Леска | 212 44 29 | $\beta = 169^{\circ} 30'$ |
| | | | $\beta = 0,393 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 319^{\circ} 15'$ |
| Леска | Ручей | | $\beta = 1,123 \text{ м}$ |
| | | | $\beta = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 4

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 327 689,35 | 11 411 986,60 | |
| Опекло | 6 327 522,36 | 11 411 148,19 | 400,13 |
| Ручей | 6 326 473,11 | 11 411 506,81 | 340,35 |
| Леска | 6 316 528,48 | 11 408 029,09 | |

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

| Название пункта | D, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опекло | | | 400,13 |
| пт 123 | 917,84 | -57,48 | 342,65 |
| пт 124 | 810,17 | +22,58 | 365,23 |
| пт 125 | 451,78 | +23,25 | 388,48 |
| Ручей | 735,13 | -49,02 | 342,35 |

Измеренные углы наклона и элементы привязки

| Исходные пункты | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Горка | Опекло | | $I_1 = 1,164$ м
$\theta_1 = 125^\circ 00'$ |
| Опекло | Горка | $0^\circ 00' 00''$ | $I_2 = 0,867$ м |
| | пт 123 | 154 09 45 | $\theta_2 = 104^\circ 30'$
$I_3 = 0,497$ м
$\theta_3 = 297^\circ 45'$ |
| пт 123 | Опекло | $0^\circ 00' 00''$ | |
| пт 124 | пт 123 | 185 11 41 | |
| пт 124 | пт 125 | 180 29 40 | |
| пт 125 | пт 124 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | Ручей | 176 48 29 | |
| Ручей | пт 125 | $0^\circ 00' 00''$ | $I_4 = 0,136$ м |
| | Леска | 213 44 39 | $\theta_4 = 160^\circ 30'$
$I_5 = 0,410$ м
$\theta_5 = 315^\circ 15'$ |
| Леска | Ручей | | $I_6 = 1,174$ м
$\theta_6 = 10^\circ 45'$ |

Вариант № 5

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 327 675,37 | 11 411 981,31 | |
| Опекло | 6 327 522,36 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 326 440,24 | 11 411 522,40 | 339,84 |
| Леска | 6 316 528,42 | 11 408 947,29 | |

Измеренные длины линий, превышения и высоты пунктов

| Название пункта | D, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опекло | | | 400,13 |
| пт 123 | 897,79 | -33,98 | 340,15 |
| пт 124 | 847,48 | +23,26 | 363,41 |
| пт 125 | 459,25 | -24,27 | 387,88 |
| Ручей | 747,02 | -48,04 | 339,84 |

Измеренные углы наклона и элементы привязки

| Исходные пункты | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Горка | Опекло | | $I_1 = 1,214$ м
$\theta_1 = 125^\circ 00'$ |
| Опекло | Горка | $0^\circ 00' 00''$ | $I_2 = 0,676$ м |
| | пт 123 | 154 09 45 | $\theta_2 = 104^\circ 30'$
$I_3 = 0,518$ м
$\theta_3 = 287^\circ 45'$ |
| пт 123 | Опекло | $0^\circ 00' 00''$ | |
| пт 124 | пт 123 | 185 11 41 | |
| пт 124 | пт 125 | 180 29 40 | |
| пт 125 | пт 124 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | Ручей | 176 48 29 | |
| Ручей | пт 125 | $0^\circ 00' 00''$ | $I_4 = 0,136$ м |
| | Леска | 213 44 39 | $\theta_4 = 160^\circ 30'$
$I_5 = 0,428$ м
$\theta_5 = 315^\circ 15'$ |
| Леска | Ручей | | $I_6 = 1,225$ м
$\theta_6 = 10^\circ 45'$ |

Вариант № 6

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 328 051,74 | 11 412 016,03 | |
| Опозоло | 6 323 522,30 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 320 207,96 | 11 411 537,09 | 337,33 |
| Лески | 6 313 920,32 | 11 408 855,69 | |

Измеренные длины линий, приведенные к высоте пункта

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опозоло | | | 400,13 |
| пн 123 | 997,66 | -62,48 | 337,65 |
| пн 124 | 883,79 | +24,33 | 361,08 |
| пн 125 | 686,73 | +25,38 | 387,36 |
| Ручей | 789,08 | -50,03 | 337,33 |

Измеренные азимуты и азимуты проложения

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Азимуты проложения |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Горка | Опозоло | | $\Delta = 1,265$ м
$\phi = 125^{\circ} 07'$ |
| Опозоло | Горка | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,384$ м
$\phi = 104^{\circ} 30'$ |
| | пн 123 | 154 09 46 | $\Delta = 0,540$ м
$\phi = 209^{\circ} 45'$ |
| пн 123 | Опозоло | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пн 124 | пн 123 | 185 11 41 | |
| пн 124 | пн 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пн 125 | пн 124 | 182 20 40 | |
| пн 125 | Ручей | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| Ручей | пн 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,141$ м
$\phi = 169^{\circ} 30'$ |
| | Лески | 212 44 39 | $\Delta = 0,466$ м
$\phi = 319^{\circ} 19'$ |
| Лески | Ручей | | $\Delta = 1,276$ м
$\phi = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 7

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 328 232,92 | 11 412 050,74 | |
| Опозоло | 6 323 522,36 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 320 075,38 | 11 411 551,58 | 334,82 |
| Лески | 6 313 816,23 | 11 408 701,99 | |

Измеренные длины линий, приведенные к высоте пункта

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|---------|--------|--------|
| Опозоло | | | 400,13 |
| пн 123 | 1097,56 | -84,98 | 331,55 |
| пн 124 | 918,11 | +25,30 | 360,45 |
| пн 125 | 714,19 | +26,40 | 380,85 |
| Ручей | 813,04 | -52,03 | 334,82 |

Измеренные азимуты и азимуты проложения

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Азимуты проложения |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Горка | Опозоло | | $\Delta = 1,318$ м
$\phi = 125^{\circ} 07'$ |
| Опозоло | Горка | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,732$ м
$\phi = 104^{\circ} 30'$ |
| | пн 123 | 154 09 46 | $\Delta = 0,562$ м
$\phi = 209^{\circ} 45'$ |
| пн 123 | Опозоло | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пн 124 | пн 123 | 185 11 41 | |
| пн 124 | пн 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пн 125 | пн 124 | 182 20 40 | |
| пн 125 | Ручей | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| Ручей | пн 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,147$ м
$\phi = 169^{\circ} 30'$ |
| | Лески | 212 44 39 | $\Delta = 0,464$ м
$\phi = 319^{\circ} 19'$ |
| Лески | Ручей | | $\Delta = 1,327$ м
$\phi = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 8

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горы | 6 328 964,69 | 11 411 407,74 | |
| Опекло | 6 323 522,36 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 321 003,42 | 11 411 444,44 | 352,40 |
| Лесня | 6 317 344,82 | 11 409 405,89 | |

Измеренные длины линий, привязанные к высоте пунктов

| Название пункта | A, м | B, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опекло | | | 400,13 |
| ст 123 | 758,22 | -47,49 | 352,64 |
| ст 124 | 670,92 | +18,48 | 371,12 |
| ст 125 | 521,91 | +19,28 | 390,42 |
| Ручей | 497,10 | -38,02 | 352,40 |

Измеренные направления и азимуты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренная направленность | Азимуты привязки |
|-----------------|----------------------|---------------------------|---|
| Горы | Опекло | | $\beta_1 = 0,961$ м
$\theta = 125^{\circ} 00'$ |
| Опекло | Горы | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,535$ м |
| | ст 123 | $154^{\circ} 09' 46''$ | $\theta = 104^{\circ} 30'$
$\beta_1 = 0,403$ м
$\theta_1 = 200^{\circ} 45'$ |
| ст 123 | Опекло | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 124 | $185^{\circ} 11' 41''$ | |
| ст 124 | ст 123 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 125 | $192^{\circ} 20' 40''$ | |
| ст 125 | ст 124 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Ручей | $176^{\circ} 48' 20''$ | |
| Ручей | ст 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,107$ м |
| | Лесня | $212^{\circ} 44' 20''$ | $\theta = 169^{\circ} 30'$
$\beta_1 = 0,339$ м
$\theta_1 = 313^{\circ} 13'$ |
| Лесня | Ручей | | $\beta_1 = 0,970$ м
$\theta_1 = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 9

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горы | 6 328 783,32 | 11 411 773,05 | |
| Опекло | 6 323 522,36 | 11 411 148,18 | 400,13 |
| Ручей | 6 321 135,90 | 11 411 428,84 | 354,91 |
| Лесня | 6 318 048,90 | 11 409 497,28 | |

Измеренные длины линий, привязанные к высоте пунктов

| Название пункта | A, м | B, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Опекло | | | 400,13 |
| ст 123 | 718,31 | -44,99 | 355,14 |
| ст 124 | 625,61 | +17,32 | 372,66 |
| ст 125 | 494,64 | +15,28 | 392,94 |
| Ручей | 475,34 | -36,03 | 354,91 |

Измеренные направления и азимуты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренная направленность | Азимуты привязки |
|-----------------|----------------------|---------------------------|---|
| Горы | Опекло | | $\beta_1 = 0,511$ м
$\theta = 125^{\circ} 00'$ |
| Опекло | Горы | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,507$ м |
| | ст 123 | $154^{\circ} 09' 46''$ | $\theta = 104^{\circ} 30'$
$\beta_1 = 0,385$ м
$\theta_1 = 200^{\circ} 45'$ |
| ст 123 | Опекло | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 124 | $185^{\circ} 11' 41''$ | |
| ст 124 | ст 123 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | ст 125 | $192^{\circ} 20' 40''$ | |
| ст 125 | ст 124 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Ручей | $176^{\circ} 48' 20''$ | |
| Ручей | ст 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $\beta = 0,102$ м |
| | Лесня | $212^{\circ} 44' 20''$ | $\theta = 169^{\circ} 30'$
$\beta_1 = 0,325$ м
$\theta_1 = 313^{\circ} 13'$ |
| Лесня | Ручей | | $\beta_1 = 0,619$ м
$\theta_1 = 10^{\circ} 45'$ |

Вариант № 10

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Горка | 6 326 682,34 | 11 411 718,22 | |
| Ольхово | 6 323 322,36 | 11 411 148,18 | 400,15 |
| Ручей | 6 321 268,57 | 11 411 413,25 | 357,42 |
| Леска | 6 318 358,96 | 11 409 388,29 | |

Измеренные длины линий, привязки и высоты пунктов

| Исходные пункты | D, м | h, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Ольхово | 678,41 | -42,49 | 400,15 |
| пк 123 | | | 387,64 |
| пк 124 | 600,10 | +16,54 | 374,18 |
| пк 125 | 465,97 | +17,25 | 391,44 |
| Ручей | 543,17 | -36,02 | 357,42 |

Измеренные направления в моменты привязки

| Исходные пункты | Исходные направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Горка | Ольхово | | $\beta_1 = 0,911$ м
$\theta_1 = 125^{\circ} 00'$ |
| Ольхово | Горка | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 4,507$ м |
| | пк 123 | $154 09 46$ | $\theta = 104^{\circ} 30'$ |
| | | | $l_1 = 0,289$ м |
| | | | $\theta_1 = 200^{\circ} 45'$ |
| пк 123 | Ольхово | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пк 124 | пк 123 | $185 11 41$ | |
| пк 124 | пк 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пк 125 | пк 124 | $192 29 40$ | |
| пк 125 | пк 124 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Ручей | $76 48 28$ | |
| Ручей | пк 125 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,102$ м |
| | Леска | $212 44 35$ | $\theta = 162^{\circ} 30'$ |
| | | | $l_1 = 1,321$ м |
| | | | $\theta_1 = 312^{\circ} 15'$ |
| Леска | Ручей | | $l_1 = 1,919$ м
$\theta_1 = 10^{\circ} 00'$ |

Вариант № 11

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Ольхово | 6 324 548,51 | 11 399 863,24 | |
| Шахта | 6 326 777,44 | 11 404 288,19 | 300,11 |
| Урочище | 6 331 238,51 | 11 402 081,65 | 37,20 |
| Леска | 6 334 381,68 | 11 405 131,89 | |

Измеренные длины линий, привязки и высоты пунктов

| Исходные пункты | D, м | h, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 659,62 | -33,44 | 300,11 |
| пк 173 | | | 123,53 |
| пк 174 | 702,65 | -10,08 | 113,47 |
| пк 175 | 666,79 | -35,08 | 58,48 |
| Урочище | 759,45 | -40,68 | 17,76 |

Измеренные направления в моменты привязки

| Исходные пункты | Исходные направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Ольхово | Шахта | | $l_1 = 0,623$ м
$\theta_1 = 160^{\circ} 00'$ |
| Шахта | Ольхово | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,532$ м |
| | пк 173 | $194 59 36$ | $\theta = 120^{\circ} 30'$ |
| | | | $l_1 = 0,459$ м |
| | | | $\theta_1 = 200^{\circ} 45'$ |
| пк 173 | Ольхово | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пк 174 | пк 173 | $175 11 41$ | |
| пк 174 | пк 175 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| пк 175 | пк 174 | $182 51 51$ | |
| пк 175 | пк 174 | $0^{\circ} 00' 00''$ | |
| | Урочище | $176 48 28$ | |
| Урочище | пк 175 | $0^{\circ} 00' 00''$ | $l = 0,256$ м |
| | Леска | $189 44 35$ | $\theta = 210^{\circ} 30'$ |
| | | | $l_1 = 1,320$ м |
| | | | $\theta_1 = 280^{\circ} 15'$ |
| Леска | Урочище | | $l_1 = 0,862$ м
$\theta_1 = 90^{\circ} 45'$ |

Вариант № 12

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Ольхово | 6 323 819,30 | 11 400 427,52 | |
| Шахта | 6 323 265,65 | 11 403 149,68 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,31 | 11 402 683,65 | 13,24 |
| Холо | 6 333 733,68 | 11 404 634,32 | |

Измеренные длины линий, привязки и высоты пунктов

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 527,70 | +18,76 | 100,11 |
| на 173 | 362,12 | - 8,96 | 118,87 |
| на 174 | 535,43 | -44,03 | 110,81 |
| на 175 | 639,56 | -37,54 | 66,78 |
| Урочище | | | 13,24 |

Измеренные направления и элементы привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Ольхово | Шахта | | $\Delta = 0,016$ м
$\theta_1 = 160^\circ 00'$ |
| Шахта | Ольхово | $0^\circ 00' 00''$ | $l = 0,418$ м
$\theta = 120^\circ 30'$
$l_1 = 0,385$ м
$\theta_1 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Ольхово | $0^\circ 00' 00''$ | |
| на 174 | на 174 | 175 11 41 | |
| на 174 | на 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| на 175 | на 175 | 182 51 52 | |
| на 175 | на 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | $l = 0,045$ м
$\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холо | 189 44 36 | $\Delta = 1,056$ м
$\theta_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холо | Урочище | | $\Delta = 0,690$ м
$\theta_1 = 00^\circ 45'$ |

Вариант № 13

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Ольхово | 6 324 210,8 | 11 399 722,23 | |
| Шахта | 6 328 655,39 | 11 401 705,37 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,31 | 11 402 683,65 | 13,24 |
| Холо | 6 334 518,84 | 11 403 243,99 | |

Измеренные длины линий, привязки и высоты пунктов

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 692,60 | +24,62 | 100,11 |
| на 173 | 737,79 | -10,58 | 124,57 |
| на 174 | 700,23 | -57,18 | 114,15 |
| на 175 | 829,43 | -40,71 | 56,37 |
| Урочище | | | 13,24 |

Измеренные направления и элементы привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Ольхово | Шахта | | $\Delta = 0,021$ м
$\theta_1 = 160^\circ 00'$ |
| Шахта | Ольхово | $0^\circ 00' 00''$ | $l = 0,580$ м
$\theta = 120^\circ 30'$
$l_1 = 0,479$ м
$\theta_1 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Ольхово | $0^\circ 00' 00''$ | |
| на 174 | на 174 | 175 11 41 | |
| на 174 | на 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| на 175 | на 175 | 182 51 52 | |
| на 175 | на 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | $l = 0,055$ м
$\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холо | 189 44 36 | $\Delta = 1,196$ м
$\theta_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холо | Урочище | | $\Delta = 0,906$ м
$\theta_1 = 00^\circ 45'$ |

Вариант № 14

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Ольхово | 4 335 545,41 | 11 403 288,30 | |
| Шахта | 4 329 143,90 | 11 401 878,81 | 100,11 |
| Урочище | 4 331 216,31 | 11 402 683,62 | 9,54 |
| Холм | 4 333 890,21 | 11 404 756,24 | |

Измеренные длины линий, привязанные к высоте пунктов

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|---------|--------|
| Шахта | | | 100,11 |
| на 173 | 660,44 | +19,93 | 120,04 |
| на 174 | 397,28 | - 8,50 | 111,48 |
| на 175 | 566,79 | -40,78 | 64,20 |
| Урочище | 679,54 | - 34,58 | 30,12 |

Измеренные направления и азимуты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Азимуты привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Ольхово | Шахта | | $\beta_1 = 0,117$ м
$\alpha_1 = 160^\circ 50'$ |
| Шахта | Ольхово | $\beta = 00^\circ 00'$ | $\beta = 0,469$ м
$\alpha = 130^\circ 30'$
$\beta_1 = 0,388$ м
$\alpha_1 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Ольхово | $\beta = 00^\circ 00'$ | |
| на 174 | на 173 | 175 11 41 | |
| на 174 | на 175 | 182 51 32 | |
| на 175 | на 174 | $\beta = 00^\circ 00'$ | |
| Урочище | на 175 | 176 48 29 | $\beta = 0,048$ м
$\alpha = 210^\circ 30'$
$\beta_1 = 1,322$ м
$\alpha_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холм | Урочище | 189 44 26 | $\beta_1 = 0,734$ м
$\alpha_1 = 60^\circ 45'$ |

Вариант № 15

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Ольхово | 6 323 877,12 | 11 399 281,20 | |
| Шахта | 6 328 333,34 | 11 401 326,94 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,31 | 11 402 683,62 | 9,54 |
| Холм | 6 334 076,00 | 11 405 365,82 | |

Измеренные длины линий, привязанные к высоте пунктов

| Название пункта | B, м | A, м | H, м |
|-----------------|--------|---------|--------|
| Шахта | | | 100,11 |
| на 173 | 725,58 | +25,79 | 125,90 |
| на 174 | 732,82 | -11,08 | 113,82 |
| на 175 | 735,46 | -63,54 | 54,28 |
| Урочище | 879,40 | - 44,74 | 9,54 |

Измеренные направления и азимуты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Азимуты привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|--|
| Ольхово | Шахта | | $\beta_1 = 0,022$ м
$\alpha_1 = 160^\circ 00'$ |
| Шахта | Ольхово | $\beta = 00^\circ 30'$ | $\beta = 0,667$ м
$\alpha = 130^\circ 30'$
$\beta_1 = 0,502$ м
$\alpha_1 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Ольхово | $\beta = 00^\circ 30'$ | |
| на 174 | на 173 | 175 13 41 | |
| на 174 | на 175 | $\beta = 00^\circ 00'$ | |
| на 175 | на 174 | 182 51 32 | |
| Урочище | на 175 | 176 48 29 | $\beta = 0,082$ м
$\alpha = 210^\circ 30'$
$\beta_1 = 1,452$ м
$\alpha_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холм | Урочище | 189 44 26 | $\beta_1 = 0,589$ м
$\alpha_1 = 60^\circ 45'$ |

Вариант № 16

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | Z, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Опалово | 6 325 211,81 | 11 402 145,28 | |
| Шахта | 6 329 021,33 | 11 401 407,93 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,31 | 11 402 643,63 | 25,00 |
| Холм | 6 334 047,37 | 11 406 878,35 | |

Измеренные длины линий, проделанные в высоте пунктов

| Название пункта | D, м | Δ, м | Z, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 593,66 | -21,10 | 100,11 |
| на 173 | 632,39 | - 9,07 | 121,21 |
| на 174 | 608,10 | -49,23 | 112,14 |
| на 175 | 719,51 | -36,61 | 62,64 |
| Урочище | | | 25,00 |

Измеренные направления в моменты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Опалово | Шахта | | $\Delta = 0,018 \text{ м}$
$\theta_1 = 180^\circ 00'$ |
| Шахта | Опалово | $0^\circ 00' 30''$ | $l = 0,430 \text{ м}$ |
| | на 173 | 144 59 36 | $\theta = 120^\circ 30'$
$l_1 = 0,430 \text{ м}$
$\theta_2 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Опалово | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | на 174 | 175 11 41 | |
| на 174 | на 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | на 175 | 182 51 32 | |
| на 175 | на 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | $l = 0,664 \text{ м}$ |
| | на 175 | $0^\circ 00' 00''$ | $\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холм | 189 44 56 | $l = 1,188 \text{ м}$
$\theta_3 = 280^\circ 33'$ |
| Холм | Урочище | | $l = 0,777 \text{ м}$
$\theta_4 = 90^\circ 45'$ |

Вариант № 17

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | Z, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Опалово | 6 325 143,41 | 11 399 440,18 | |
| Шахта | 6 328 411,38 | 11 401 253,17 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,31 | 11 402 643,63 | 25,00 |
| Холм | 6 334 033,30 | 11 405 487,34 | |

Измеренные длины линий, проделанные в высоте пунктов

| Название пункта | D, м | Δ, м | Z, м |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 594,36 | -20,96 | 100,11 |
| на 173 | 608,05 | -11,59 | 127,07 |
| на 174 | 764,79 | -63,29 | 115,48 |
| на 175 | 618,37 | -46,78 | 52,19 |
| Урочище | | | 25,00 |

Измеренные направления в моменты привязки

| Название пункта | Название направления | Измеренные направления | Элементы привязки |
|-----------------|----------------------|------------------------|---|
| Опалово | Шахта | | $\Delta = 0,023 \text{ м}$
$\theta_1 = 180^\circ 00'$ |
| Шахта | Опалово | $0^\circ 00' 30''$ | $l = 0,615 \text{ м}$ |
| | на 173 | 144 59 36 | $\theta = 120^\circ 30'$
$l_1 = 0,324 \text{ м}$
$\theta_2 = 200^\circ 45'$ |
| на 173 | Опалово | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | на 174 | 175 11 41 | |
| на 174 | на 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | на 175 | 182 51 32 | |
| на 175 | на 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | $l = 0,664 \text{ м}$ |
| | на 175 | $0^\circ 00' 00''$ | $\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холм | 189 44 56 | $l = 1,518 \text{ м}$
$\theta_3 = 280^\circ 33'$ |
| Холм | Урочище | | $l = 0,990 \text{ м}$
$\theta_4 = 90^\circ 45'$ |

Вариант № 18

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Опелето | 6 324 878,23 | 11 460 004,26 | |
| Шахта | 6 328 889,50 | 11 460 137,50 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,51 | 11 462 883,65 | 38,89 |
| Холм | 6 334 204,53 | 11 463 660,97 | |

Измеренные длины линий, прокладываемые в высоты пунктов

| Начальные пункты | D, м | B, м | H, м |
|------------------|--------|---------|--------|
| Шахта | 626,64 | +22,27 | 100,11 |
| сп 173 | | | 122,38 |
| сп 174 | 997,52 | - 9,37 | 112,81 |
| сп 175 | 651,44 | -32,28 | 60,53 |
| Урочище | 738,68 | - 38,54 | 21,89 |

Измеренные углы наклона в азимуты трассы

| Начальные пункты | Начальное направление | Измеренные направления | Элементы азимутной |
|------------------|-----------------------|------------------------|---|
| Опелето | Шахта | | $\beta_1 = 0,019$ м
$\theta_1 = 180^\circ 00'$ |
| Шахта | Опелето | $0^\circ 00' 00''$ | $r = 0,524$ м
$\theta = 120^\circ 30'$ |
| | сп 173 | 194 59 36 | $r_1 = 0,423$ м
$\theta_1 = 200^\circ 45'$ |
| сп 173 | Опелето | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | сп 174 | 175 11 41 | |
| сп 174 | сп 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | сп 175 | 182 51 32 | |
| сп 175 | сп 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | |
| | сп 175 | $0^\circ 00' 00''$ | $r = 0,053$ м
$\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холм | 189 44 56 | $r_1 = 1,254$ м
$\theta_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холм | Урочище | | $r_1 = 0,820$ м
$\theta_1 = 10^\circ 45'$ |

Вариант № 19

Исходные данные

| Исходные пункты | X, м | Y, м | H, м |
|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Опелето | 6 334 219,01 | 11 460 568,14 | |
| Шахта | 6 329 387,71 | 11 460 670,55 | 100,11 |
| Урочище | 6 331 218,21 | 11 462 063,63 | 38,89 |
| Холм | 6 333 575,89 | 11 464 512,40 | |

Измеренные длины линий, прокладываемые в высоты пунктов

| Начальные пункты | D, м | B, м | H, м |
|------------------|--------|--------|--------|
| Шахта | 604,72 | +17,58 | 100,11 |
| сп 173 | | | 117,69 |
| сп 174 | 526,99 | - 7,56 | 100,13 |
| сп 175 | 460,38 | -41,21 | 38,83 |
| Урочище | 399,56 | -30,31 | 38,34 |

Измеренные углы наклона в азимуты трассы

| Начальные пункты | Начальное направление | Измеренные направления | Элементы азимутной |
|------------------|-----------------------|------------------------|---|
| Опелето | Шахта | | $\beta_1 = 0,013$ м
$\theta_1 = 180^\circ 00'$ |
| Шахта | Опелето | $0^\circ 00' 00''$ | $r = 0,414$ м
$\theta = 120^\circ 10'$ |
| | сп 173 | 194 58 36 | $r_1 = 0,342$ м
$\theta_1 = 200^\circ 45'$ |
| сп 173 | Опелето | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | сп 174 | 175 11 41 | |
| сп 174 | сп 173 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| | сп 175 | 182 51 32 | |
| сп 175 | сп 174 | $0^\circ 00' 00''$ | |
| Урочище | Урочище | 176 48 29 | |
| | сп 175 | $0^\circ 00' 00''$ | $r = 0,042$ м
$\theta = 210^\circ 30'$ |
| | Холм | 189 44 56 | $r_1 = 0,990$ м
$\theta_1 = 280^\circ 15'$ |
| Холм | Урочище | | $r_1 = 0,647$ м
$\theta_1 = 10^\circ 45'$ |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практикум содержит лабораторные работы, выполняемые студентами очного и заочного обучения, по разделу «Основные геодезические работы» дисциплины «Высшая геодезия». Их выполнение должно способствовать более глубокому осмыслению теоретических положений, приобретению практических навыков в предварительной обработке результатов геодезических измерений, оценке их точности, и подготовке данных для их дальнейшего использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авдеев Е. А., Коченов В. Л.* Оценка геодезических работ: учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: УГГА, 2003. – 19 с.
2. *Высшая геодезия: учебник* / В. Г. Зайкович [и др.]. – М.: Недра, 1970. – 312 с.
3. *Высшая геодезия по вычислению координат*. – М.: Недра, 1971. – 112 с.
4. *Савко В. Л., Александров А. В.* Высшая геодезия: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ, 2009. – 195 с.
5. *Войткевич Н. В.* Высшая геодезия: учебник. – М.: Недра, 1989. – 445 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для обучающихся по специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«__» _____ 2019 г.

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе

по дисциплине для обучающихся по специальности

21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Высшая геодезия: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы обучающихся по специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Высшая геодезия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела « ___ » _____ 2019 г., протокол № _____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 6 |
| 2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения | 7 |
| 3. Расчётно-графические работы | 9 |
| 3.1. Расчётно-графическая работа №1. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений в триангуляции . | 9 |
| 3.2. Расчётно-графическая работа №2. Предварительные вычисления в триангуляции | 11 |
| Рекомендуемая литература | 13 |

Введение

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки обучающихся по дисциплине «Высшая геодезия» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 35 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Высшая геодезия» обязательная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Высшая геодезия». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Высшая геодезия» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины «Высшая геодезия»

Содержание, задачи и разделы дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи основных разделов высшей геодезии.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные научные задачи высшей геодезии.
2. Назовите основные научно-технические задачи высшей геодезии.
3. Назовите основные разделы дисциплины «высшая геодезия».
4. Какие показатели заложены в классификацию триангуляции?
5. объекты изучения и задачи основных разделов высшей геодезии?
6. . Что изучает теоретическая геодезия?
7. Что изучает сфероидическая геодезия?
8. Что изучает геодезическая астрономия?
9. Что изучает раздел «основные геодезические работы»?
10. Теоретическое и практическое значение высшей геодезии для маркшейдеров?

Тема 2. Основные понятия сфероидической геодезии

Земной эллипсоид в качестве модели Земли. Общеземные эллипсоиды ПЗ-90 и WGS-84, референц-эллипсоид Красовского. Радиус кривизны меридиана. Радиус кривизны первого вертикала. Средний радиус кривизны. Вычисление длин дуг меридианов и параллелей. Взаимные нормальные сечения. Геодезическая линия на поверхности эллипсоида.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Земной эллипсоид в качестве математической модели Земли.
2. Что такое референц-эллипсоид?
3. Чем различаются общеземной и референц-эллипсоид?
4. Какими параметрами характеризуется Земной эллипсоид?

5. К какому типу эллипсоидов относятся эллипсоиды ПЗ-90 и WGS-84?
6. Каковы параметры общеземных эллипсоидов ПЗ-90 и WGS-84?
7. Каковы параметры референц-эллипсоида Красовского?
8. Как определяется радиус кривизны меридиана?
9. Как определяется радиус кривизны первого вертикала?
10. Как определяется средний радиус кривизны?
11. Как определяется длина дуги меридиана?
12. Как определяется длина дуги параллели?
13. Что такое взаимные нормальные сечения эллипсоида?
14. Что такое геодезическая линия на поверхности эллипсоида?
15. Что такое «полярное сжатие» эллипсоида?

Тема 3. Основные понятия теоретической геодезии

Основные сведения о фигуре и гравитационном поле земли. Сила тяжести и уровенные поверхности Земли. Потенциал силы притяжения земли и потенциал центробежной силы. Потенциал силы тяжести. Физическая поверхность Земли. Геоид и квазигеоид. Нормальная Земля и фигура реальной Земли. Уклонение отвесных линий.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что понимается фигурой «геоид»?
2. Чем отличается квазигеоид от геоида?
3. Какие науки изучают гравитационное поле Земли?
4. Где на Земле сила тяжести имеет наименьшее значение?
5. Каким прибором измеряется ускорение силы тяжести?
6. Как влияет вращение Земли на значение силы тяжести на её поверхности?
7. В каких единицах измерения определяется ускорение силы тяжести в пригравиметрических измерениях?
8. Как связаны сила тяжести и уровенные поверхности Земли?
9. Что принято называть «Нормальной Землёй»?
10. Что такое фигура «реальной Земли»?

11. Что такое геодезическая высота?

12. Что такое аномалия высот?

Тема 4. Геодезические сети, их виды, назначение и методы создания

Государственная геодезическая сеть. Методы создания государственной геодезической сети традиционные и современные. Геодезические сети сгущения. Геодезические съемочные сети. Геодезические сети специального назначения.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Основные положения построения ГГС в России?
2. Классификация государственных геодезических сетей.
3. Какие виды геодезических сетей используются на горных предприятиях?
4. Что такое «центр» и «знак» у государственного геодезического пункта?
5. Сущность и область применения государственной триангуляции?
6. Сущность и область применения государственной полигонометрии.
7. Сущность и область применения государственной трилатерации?
8. Какими параметрами характеризуется геодезическая сеть
9. Как и для чего строится государственная гравиметрическая сеть
10. Геодезические сети специального назначения.

Тема 5. Системы координат в геодезии

Системы координат в геодезии. Пространственная прямоугольная геоцентрическая система координат. Геодезические широта и долгота. Геодезическая высота. Система плоских прямоугольных координат в картографической проекции Гаусса-Крюгера. Единая государственная система координат и высот. Вычисление плоских прямоугольных координат пункта по его широте и долготе. Вычисление широты и долготы пункта по его плоским прямоугольным координатам.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Классификация систем координат в геодезии.
2. Что такое прямоугольная геоцентрическая подвижная система координат?
3. Что такое геодезическая широта?

4. Что такое геодезическая долгота?
5. Где используется прямоугольная геоцентрическая подвижная система координат?
6. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
7. Система государственных координат 1942 года (СК-42).
8. Система государственных координат 1995 года (СК-95).
9. Система государственных координат 2011 года (ГСК-2011).
10. Где применяются системы координат ПЗ-90 и WGS-84?

Тема 6. Проектирование геодезических сетей

Проектирование сетей триангуляции полигонометрии. Порядок составления технического проекта. Расчёт высоты геодезических знаков. Центры и знаки геодезических сетей. Оценка точности построения геодезической сети. Проектирование спутниковых измерений в сети. Расчёт объёмов геодезических работ, времени их выполнения и сметы расходов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Основные положения о составлении проекта сети триангуляции.
2. Для чего нужно проектировать геодезическую сеть на топографической карте?
3. Какие задачи должны быть решены в проекте геодезической сети?
4. Как спроектировать сеть триангуляции IV класс?
5. Как спроектировать сеть триангуляции 1 и 2 разрядов?
6. Как спроектировать полигонометрию 1 и 2 разрядов?
7. Каковы требования Инструкции к параметрам триангуляции 1 и 2 разрядов?
8. Каковы требования Инструкции к параметрам триангуляции IV класса?
9. Каковы требования Инструкции к параметрам полигонометрии 1 и 2 разрядов?
10. Как рассчитывается высота геодезического знака?

Тема 7. Предварительные вычисления в геодезических сетях

Способы измерения горизонтальных направлений в сети триангуляции. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений способом круговых приёмов. Предварительное решение треугольников в сети триангуляции и вычисление приближённых координат пунктов сети. Вычисление поправок в измеренные направления за центрировку прибора и редукцию визирных целей. Вычисление поправок в измеренные направления за кривизну изображения геодезических линий на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера. Вычисление приведённых к центрам пунктов направлений и оценка точности измерений в сети триангуляции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Обработка результатов измерений горизонтальных направлений в сети триангуляции.
2. Как производится вывод средних направлений на пункте триангуляции?
3. Как производится предварительное решение треугольников в сети?
4. Как и для чего составляется рабочая схема сети триангуляции?
5. Что такое элементы приведения и как они используются?
6. Как вычисляются поправки в направления за центрировку прибора?
7. Как вычисляются поправки в направления за редукцию визирных целей?
8. Как и для чего вычисляются приближенные координаты пунктов триангуляции?
9. Как вычисляются поправки за кривизну изображения геодезических линий на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера?
10. Как выполняется оценка точности результатов измерений по приведённым направлениям?

Тема 8. Государственная нивелирная сеть

Понятие о системах высот. Государственная нивелирная сеть. Уравнивание нивелирных сетей.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Каков основной принцип развития государственной нивелирной сети?.
2. Что такое репера и как они создаются?
3. Основные положения о геометрическом нивелировании III и IV классов.
4. Основные положения о геометрическом нивелировании I и II классов.
5. В чем суть нивелирных сетей с узловыми точками и какими методами производится их уравнивание?

Тема 9. Глобальные навигационные спутниковые системы

Современные глобальные навигационные спутниковые системы. (ГНСС) Сущность геодезических измерений спутниковыми методами. Методы измерений и вычислений. Основные источники ошибок. Использование ГНСС для создания опорных геодезических сетей.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие глобальные навигационные спутниковые системы сейчас работают?
2. Какие 3 сегмента входят в глобальную навигационную спутниковую систему?
3. Как классифицируются спутниковые приёмники по назначению?
4. Чем отличаются космические группировки спутников ГЛОНАСС и GPS
5. Какова точность измерения координат навигационным спутниковым приёмником?
6. Какова точность измерения координат геодезическим спутниковым приёмником?
7. Чем отличаются абсолютный и относительный метод определения координат спутниковыми приёмниками?
8. Назовите источники ошибок при спутниковом позиционировании.
9. Какой DOP используется при спутниковых координатных измерениях?
10. Чем различаются методы спутниковых измерений «статика» и «кинематика»?
11. Какие технологии используются при создании опорных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приёмниками?

12. Какие технологии используются при создании съёмочных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приёмниками?

Рекомендуемая литература

1. Высшая геодезия: учебное пособие / В.Л. Клепко, А.В. Александров; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. - 429 с.

2. Высшая геодезия: практикум /В.Л. Клепко, Уральский гос. горный ун-т. 2-е издание, исправленное. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.- 81 с

3. Высшая геодезия: учебно-методическое пособие / В. Л. Клепко. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 47 с

4. Клепко В. Л. Системы координат в геодезии /В. Л. Клепко, А. В. Александров. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 114 с



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 5 |
| 2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ..... | 11 |
| 2.1 Общие требования..... | 11 |
| 2.2 Порядок брошюровки работы..... | 12 |
| 2.3 Требования к оформлению титульного листа..... | 12 |
| 2.4 Требования к оформлению реферата..... | 14 |
| 2.5 Требования к оформлению содержания..... | 15 |
| 2.6 Требования к оформлению введения..... | 15 |
| 2.7 Требования к оформлению основных разделов документа..... | 16 |
| 2.7.1 Построение документа..... | 16 |
| 2.7.2 Изложение текста документов..... | 18 |
| 2.7.3 Требования к оформлению формул..... | 20 |
| 2.7.4 Требования к оформлению примечаний..... | 23 |
| 2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций..... | 24 |
| 2.7.6 Построение таблиц..... | 24 |
| 2.8 Требования к оформлению заключения..... | 28 |
| 2.9 Требования к оформлению списка литературы..... | 28 |
| 2.10 Требования к оформлению приложений..... | 30 |
| 3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 32 |
| 3.1 Виды горно-графической документации..... | 32 |
| 3.2 Комплектность горно-графических документов..... | 32 |
| 3.3 Общие правила выполнения горных чертежей..... | 33 |
| 3.3.1 Форматы..... | 33 |
| 3.3.2 Масштабы..... | 33 |
| 3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы..... | 34 |
| 3.3.4 Нанесение размеров..... | 37 |
| 3.3.5 Основные надписи..... | 39 |
| 3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов..... | 43 |
| 3.4.3 Рамки и поля чертежей..... | 45 |
| 3.4.4 Сетка координат..... | 49 |
| 3.5 Правила выполнения условных обозначений..... | 51 |
| 3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности..... | 55 |
| 3.6.1 Чертежная бумага и пластики..... | 55 |
| 3.6.2 Тушь, краски..... | 58 |
| 3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности..... | 60 |
| 4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... | 65 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на $1/3$ больше единицы. При этом четные цифры выступают на $1/3$ строки вверх, а нечетные на $1/3$ вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съёмочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съёмочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съёмочных сетей (отдельно по опорным и съёмочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записки к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;
- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняются одним из следующих способов:

- типографским;
- ксерокопированием;
- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

| | |
|--|--|
| МИНОБР РОССИИ
поле 1 | |
| ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2 | |
| Кафедра маркшейдерского дела
поле 3 | |
| <p style="text-align: right;">УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
" ____ " _____ 2019 г.</p> <p style="text-align: center;">поле 4</p> | |
| ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА
КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5 | |
| Выпускная квалификационная работа
поле 6 | |
| Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1 | Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И. |
| поле 7 | |
| Екатеринбург
2019
поле 8 | |

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

- поле 1 — наименование министерства;
- поле 2 — полное наименование вуза;
- поле 3 – наименование факультета (кафедры);
- поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;
- поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;
- поле 6 – вид работы;
- поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;
- поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;
- поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника

1.3 Гидрогеологические условия

} ***Нумерация подразделов
первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки

2.2.2 Погрузочное оборудование

2.2.3 Транспортное оборудование

} ***Нумерация пунктов второго
подраздела второго раздела***

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: *2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.*

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

- a) _____
 - 1) _____
 - 2) _____
- в) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требования в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “Ø” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “Ø”;

- применять без числовых значений математические знаки, например $>$ (больше), $<$ (меньше), $=$ (равно), \geq (больше или равно), \leq (меньше или равно), \neq (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготавливаемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, “Сигнал + 27 включено”.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ ".

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м.***

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например, ***если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32.***

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — *Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле*

$$\sigma = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например **формула (B.1)**.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например **(3.1)**.

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1 _____

2 _____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается “*Рисунок 1*” или - “*Рисунок 1- Схема полигона*”.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - *Рисунок А.3*.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - *Рисунок 1.1*.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – “*Рисунок 1 — Схема полигона*”.

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - *Таблица 1 - Сводные данные*.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, *“Размеры в миллиметрах”*, *“Напряжение в вольтах”*, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например *D — диаметр, H — высота, L — длина*.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента k_T

| Средняя скорость подвигания очистного забоя C , м/мес | Глубина горных работ H , м | | |
|---|------------------------------|--------|------------|
| | до 100 | до 300 | ≥ 500 |
| 20 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| 60 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| до150 | 2,0 | 1,5 | 1,5 |

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе "Список литературы" следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);
- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);
- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;
- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов и др.;
Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник:
В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с.

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ³ Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ³ F 02 С 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ: Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пищев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[18, т. I, с. 75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И.Н., 1965]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 x 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{\text{Вид А}}{1:500}; \frac{1}{1:100}; \frac{\text{Профиль пути откаточного штрека}}{\begin{matrix} 1:2000 \\ 1:200 \end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 – сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------|-------------|--|------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | | | | Минобразования
РФ | 090100.00
ДП | |
| Должность | Фамилия | Подп. | Дата | | | Отдел | Масштаб |
| Студент | | | | Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда” | ГТФ
Каф. МД | 1:100 | |
| Руковод. | | | | | | | |
| Консульт. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | |
| Зав. каф. | | | | | | | |
| | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| | | | | | УГГА | | |

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

| Название чертежей | Масштаб
(один из указанных) | Примечание |
|-------------------|--------------------------------|------------|
|-------------------|--------------------------------|------------|

| | | |
|--|------------------------------|---|
| План промышленной площадки | 1:500; 1:1000 | |
| Подземный способ разработки | | |
| План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности |
| План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию) | 1:1000;
1:2000 | Мощные пласты |
| Проекция горных выработок на вертикальную плоскость | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более |
| Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела |
| План горных выработок по основным горизонтам горных работ | 1:1000;
1:2000;
1:5000 | Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы |
| Открытый способ разработки | | |
| План горных выработок по горизонтам горных работ | 1:500; 1:1000; 1:2000 | Карьеры |
| План горных выработок полигонов | 1:2000 | Прииски |
| Разрезы, приуроченные к разведочным линиям | 1:500, 1:1000; 1:2000 | Карьеры и прииски |
| Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок | 1:5000; 1:10000;
1:25000 | Карьеры и прииски |

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

| Название ошибок | Допустимая величина ошибки, мм |
|--|--------------------------------|
| Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки | ± 0,2 |

| | |
|--|-----------|
| координат | |
| Ошибка положения пунктов опорной и съёмочной сетки по отношению к линиям сетки координат | $\pm 0,4$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров | $\pm 0,8$ |

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км² составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для деления на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Деление листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

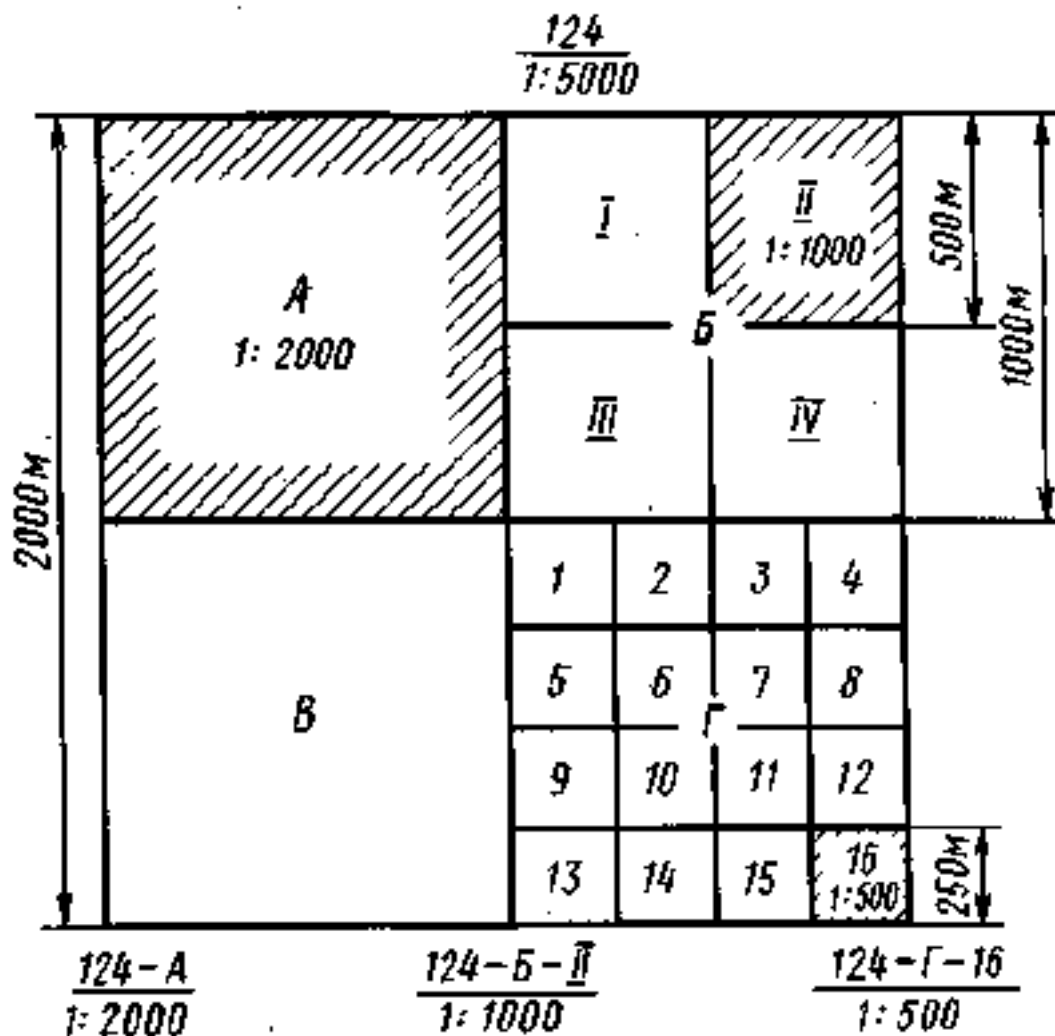


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16).

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.

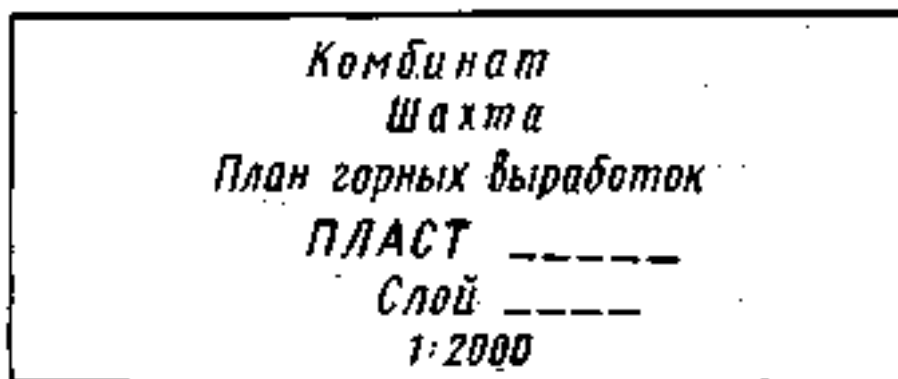


Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

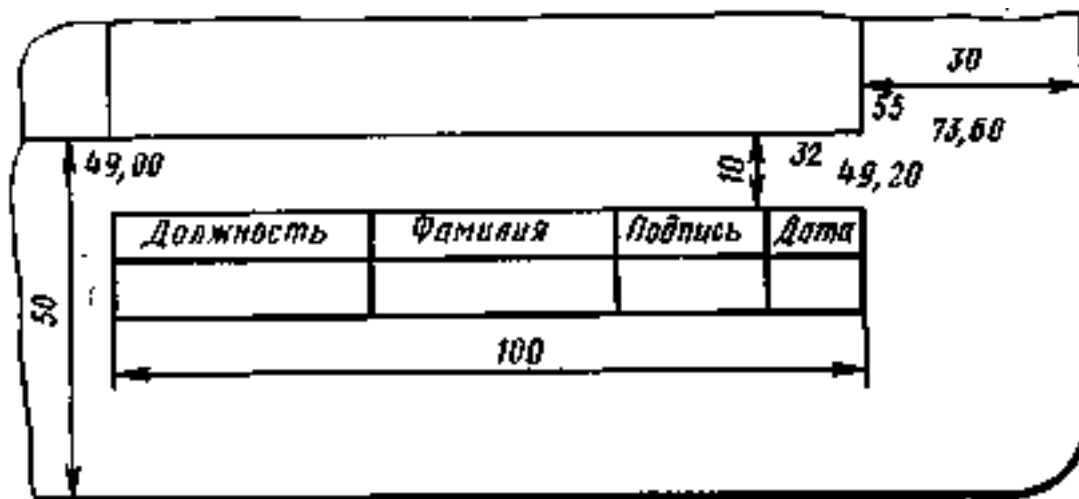


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

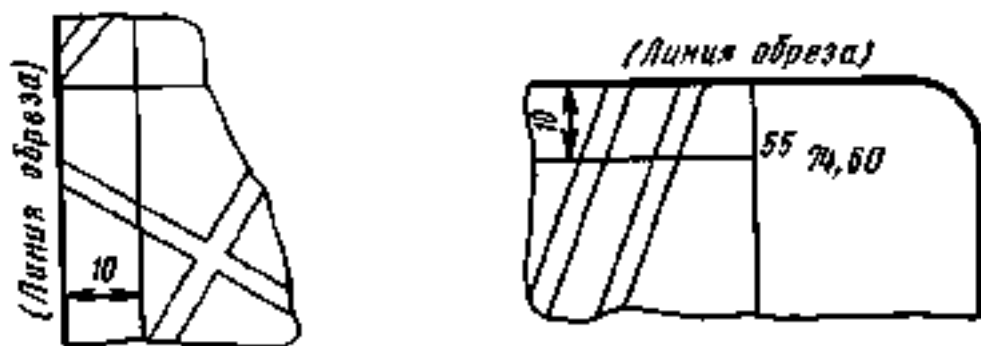


Рисунок 3.19

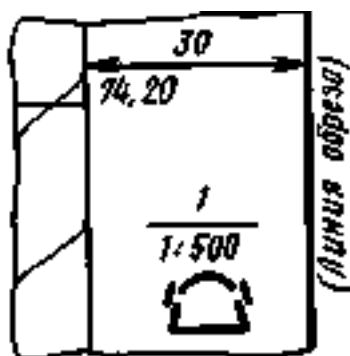


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Содержание надписи | Размер шрифта, мм |
|---|--|
| Числовые значения координаты | 2,5 |
| Названия чертежей | 4,0; 5,0; 6,0; 7,0;
8,0; 10,0; 14,0 |
| Числовые значения координат Y и X | 1,6; 2,0; 2,5 |
| Масштабы | 3,0 |
| Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах | 2,5 |
| Номенклатурные номера планшетов | 5,0 |
| Условные номера планшетов на схемах расположения | 3,0 |
| Обозначения сторон света | 3,0 |
| Номера планшетов на картограммах расположения | 5,0 |
| Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий | 2,5 |

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты Y и X для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

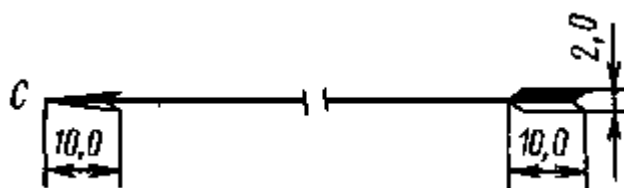


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

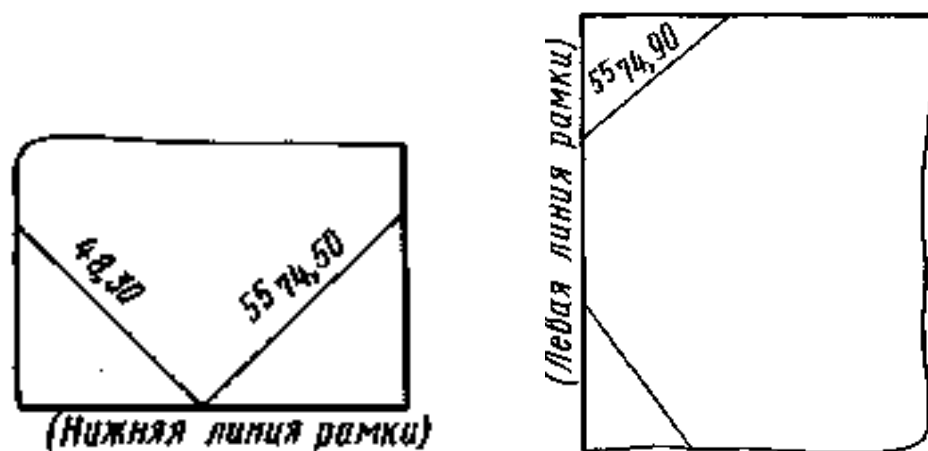


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат X и Y на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для немасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показываются следующими цветами:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| бетон, железобетон | – зеленый 7; |
| металл | - светлый фиолетовый 10 С; |
| кирпич, камень, шлакоблоки | – оранжевый 3; |
| дерево | - желтый 4. |

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

| | |
|---------|----------------------------|
| 0 или 5 | – светлый фиолетовый 10 С; |
| 1 или 6 | – светлый красный 2С; |
| 2 или 7 | – светлый зеленый 7С; |
| 3 или 8 | – оранжевый 3С; |
| 4 или 9 | – светлый синий 9С. |

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, обратная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька готовится из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на перо, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двуххромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от +5⁰С до +30⁰С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина *Коструктор* 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горнографической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7, 12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется за жиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе пищевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{\circ}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 x 40 см и 50 x 50 см с квадратами 10 x 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 x 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 x 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.
2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.
3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.
2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.
3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.
4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.
5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.
6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.
7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
 2. План застроенной части земной поверхности.
 3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
 4. План промышленной площадки.
 5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
 6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
 7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
 8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
 9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
 10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
 11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.
- Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Колесатова О.С.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело» специализации № 4 «Маркшейдерское дело»*

Екатеринбург, 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург
2019

Маркшейдерское черчение: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» / О.С. Колесатова; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с рабочей программой.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» по курсу «Топографическое черчение».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТА..... | 6 |
| 2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ..... | 7 |
| 3 СОДЕРЖАНИЕ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ)..... | 17 |

Введение

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений.
- Стимулирование самообразования и самовоспитания.
- Развитие способности планировать и распределять свое время.

Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций.

Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов).
- Информационно-обучающая.
- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования).
- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста).

Виды самостоятельной работы студентов в настоящее время весьма разнообразны и дают широкий выбор для преподавателя.

К ним относятся:

- работа с книжными источниками (учебниками, задачками, с основной и дополнительной рекомендованной литературой);
- работа с электронными источниками (обучающие программы, самоучители и т.п.);
- работа в сети Internet (поиск нужной информации, обработка противоречивой и взаимодополняющей информации; работа со специализированными образовательными сайтами);
- выполнение домашних работ.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Программа дисциплины содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется основная и дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков выполнения расчетно-графических работ по отдельным разделам дисциплины необходимо использовать методические указания к выполнению практических работ.

При освоении указанных тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебно-методическим материалам освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны учебники и учебные пособия, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Выполните указанные расчетно-графические работы. Условия и примеры выполнения приведены в данном учебном пособии. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

2.1 Тема: Содержание и задачи дисциплины

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: связь курса с другими дисциплинами; предмет, объекты изучения и задачи дисциплины.

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва : Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66452>
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>.

2.2 Тема: «Классификация чертежей».

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды чертежей: план, карта, профиль, разрез, проекция; классификация чертежей: по характеру построения, по своему назначению; требования к графической документации.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
2. Историческая справка о развитии топографического черчения.
3. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
4. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
5. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дро- бышева.
6. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
7. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
8. Требования к составлению топографических карт и планов.
9. Порядок вычерчивания элементов содержания.
10. Особенности оформления топографических карт и планов

Расчетно-графическая работа 1

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

На чертежной бумаге формата А6 вертикальными линиями разделить рабочее поле на три равные части. В каждой из них сделать карандашом разметки для четырех линий. По завершении чертежа эти вспомогательные линии аккуратно убрать резинкой.

В левой части рабочего поля вычертить четыре сплошные линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Остро отточенным карандашом вычертить первую, самую тонкую линию методом наращивания движением карандаша к себе (сверху вниз) в виде отдельных штрихов, длиной 2–3 мм. Каждый последующий штрих начинать с середины предыдущего.

Каждую последующую линию чертить в два раза толще предыдущей. Все линии вычерчивать произвольной кривизны примерно параллельно друг другу. Весь чертеж, кроме рамки, выполнять от руки.

Толщину линий и интервалы определять вначале по специальной шкале, в дальнейшем необходимо учиться оценивать толщину на глаз.

В центральной части рабочего поля вычертить четыре штриховые линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм, длина штрихов 4 мм, интервал между штрихами 1 мм. Длину нескольких первых штрихов проверить по шкале, затем тренировать глазомер. При вычерчивании штрихов добиваться четкого исполнения краев – они должны быть ровными, образовывать угол примерно 90°.

При нанесении штриховки длину штриха можно немного изменить, чтобы штрих доходил до рамки.

В правой части рабочего поля вычертить четыре линии, состоящие из точек диаметром 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Расстояние между краями точек принять равным 1 мм.

Проверить и скорректировать чертеж. Разделить рабочее поле на верхнюю и нижнюю части горизонтальной линией, прочерченной карандашом с применением линейки. Все вычерченные ранее линии, расположенные в верхней части рабочего поля, обвести тушью чертежным пером. Линии, расположенные в верхней части, оставить в карандашном исполнении.

Пример выполнения работы приведен на рис. 1

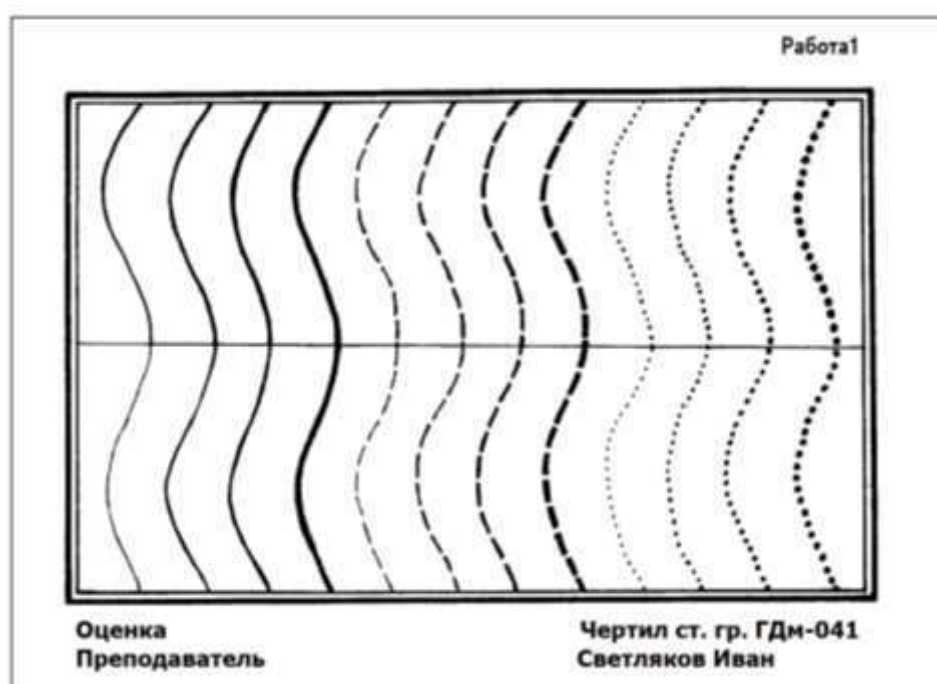


Рисунок 1

В левой части рабочего поля вычертить кронциркулем четыре серии окружностей заданного диаметра: 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 мм.

Для этого левое поле дополнительно разделить горизонтальными линиями на четыре равные части. В каждой из них карандашом построить сетку 5×5 мм, в вершинах квадратов в шахматном порядке вычертить окружности заданных размеров: в каждом прямоугольнике окружности одного диаметра (рис. 2).

Правую часть рабочего поля разделить на две равные части горизонтальной линией.

В верхней части правого поля вычертить сетку взаимно перпендикулярных линий, расположенных под углом 45° к рамке. Толщина линий 0,1 мм, расстояние между ними 1 мм.

В нижней части правого поля вычертить три серии линий: сплошные, штриховые и точечные.

Толщина линий в серии: 0,2; 0,4 и 0,8 мм.

Для штриховых линий принять длину штриха 4 мм, интервал между ними 1 мм.

Для точечных линий расстояние между точками принять 1 мм.

Длину штрихов и интервалов определять вначале по линейке – на пробном листе, в дальнейшем – на глаз.

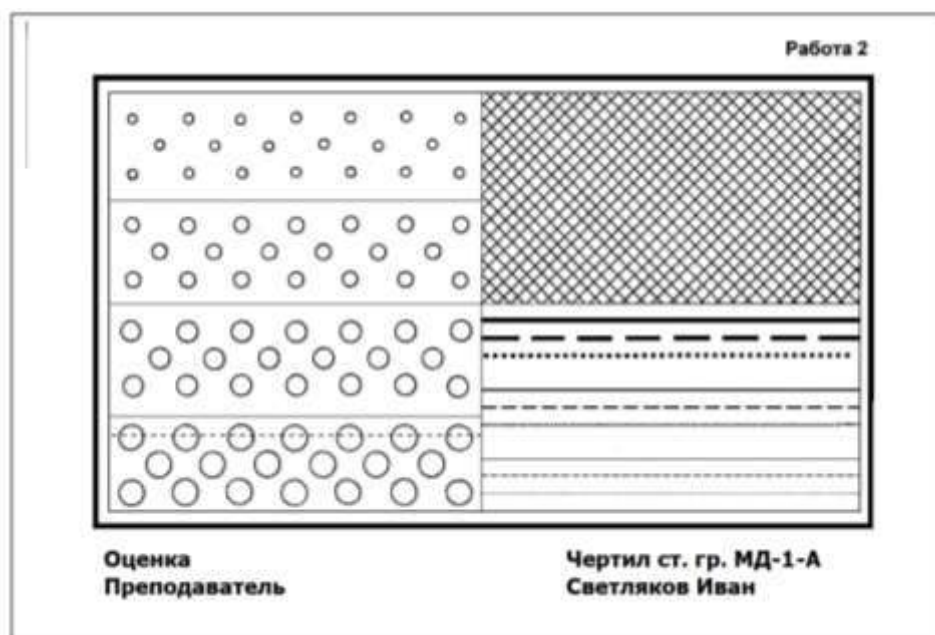


Рисунок 2

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

2.3 Тема: «Топографические шрифты»

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды шрифтов для надписей на топографических картах и планах;

применение указанных шрифтов на топографических картах и планах; конструкция каждого шрифта: основные размеры, особенности рисунка отдельных букв и их элементов.

Контрольные вопросы

1. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
2. Значение надписей на топографических картах.
3. Требования, предъявляемые к шрифтам.
4. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?
5. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?
6. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?
7. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?
8. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических карт и планах.
9. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических карт и планах.
10. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Расчетно-графическая работа 2

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

До выполнения задания необходимо изучить технику написания цифр вычислительным (скорописным) шрифтом.

В верхней части рабочего поля вычертить две строчки для написания цифр: пять линий с интервалом 2 мм между ними.

В первой строке написать все цифры от 1 до 0 в соответствии с требованиями. На второй строке написать дату своего рождения.

В нижней части рабочего поля черной тушью вычертить фрагмент ведомости в соответствии с рис. 3. Здесь цифры писать, используя лишь одну вспомогательную линию – по аналогии с полевым журналом.

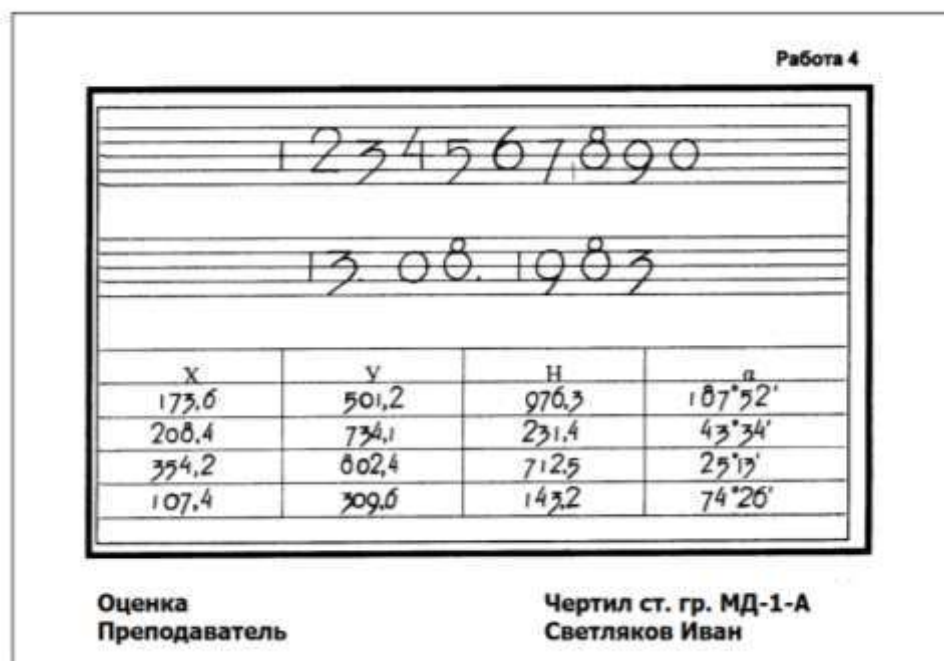


Рисунок – Пример выполнения работы

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

2.4 Тема: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.
3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?

6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?
7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?
8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?
9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?
10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?
11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?
12. Что такое немасштабные условные знаки? Приведите пример.
13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?
14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?
15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?
16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?
17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?
18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?
19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?
20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Расчетно-графическая работа 3

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Условные знаки топографических карт сведены в специальные таблицы, составленные для различных масштабов карт и планов.

Они подразделяются по признаку однородности: геодезические пункты, строения, здания и их части, объекты промышленные, коммунальные и сельскохозяйственного производства и др. Изучать их надо тоже по

тематикам, начиная с наиболее употребляемых. Таблицы включают условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Для выполнения работ принять исходный масштаб 1:2000.

До выполнения работы изучить условные знаки соответствующих разделов. Вычертить ниже перечисленные условные знаки:

Раздел «Железные дороги и сооружения при них»: условные знаки

Раздел «Автомобильные и грунтовые дороги, тропы»

Раздел «Мосты, путепроводы и переправы»

Раздел «Гидрография»

Раздел «Растительность»

Раздел «Сельскохозяйственные угодья»

Раздел «Болота и солончаки»

Раздел «Геодезические пункты»

Раздел «Рельеф»

Раздел «Грунты и микроформы земной поверхности»

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>

2.4 Тема: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?

3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

Тема 6: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа 4

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Необходимо изучить виды маркшейдерско–геологических чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис.).

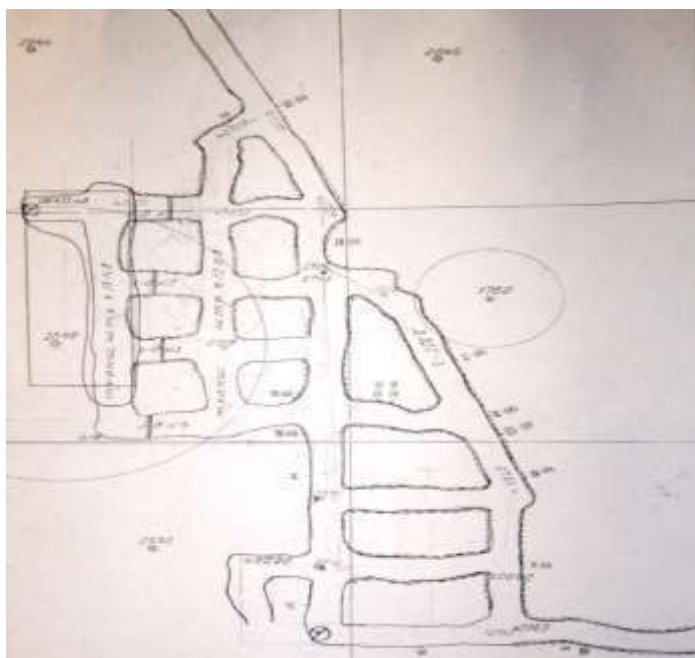


Рисунок 4

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

3 СОДЕРЖАНИЕ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ)

3.1 Тема 1: Содержание и задачи дисциплины. Классификация чертежей. Топографические шрифты

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертёжнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?
9. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
10. Историческая справка о развитии топографического черчения.
11. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
12. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
13. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дробышева.
14. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
15. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
16. Требования к составлению топографических карт и планов.
17. Порядок вычерчивания элементов содержания.
18. Особенности оформления топографических карт и планов
19. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
20. Значение надписей на топографических картах.
21. Требования, предъявляемые к шрифтам.
22. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

23. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?
24. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?
25. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?
26. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.
27. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.
28. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

3. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва: Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66452>

4. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>.

5. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

3.2 Тема 2: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.

3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?
6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?
7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?
8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?
9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?
10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?
11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?
12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.
13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?
14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?
15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?
16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?
17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?
18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?
19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?
20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный

университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>

3.3 Тема 3: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

3.4 Тема 4: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа

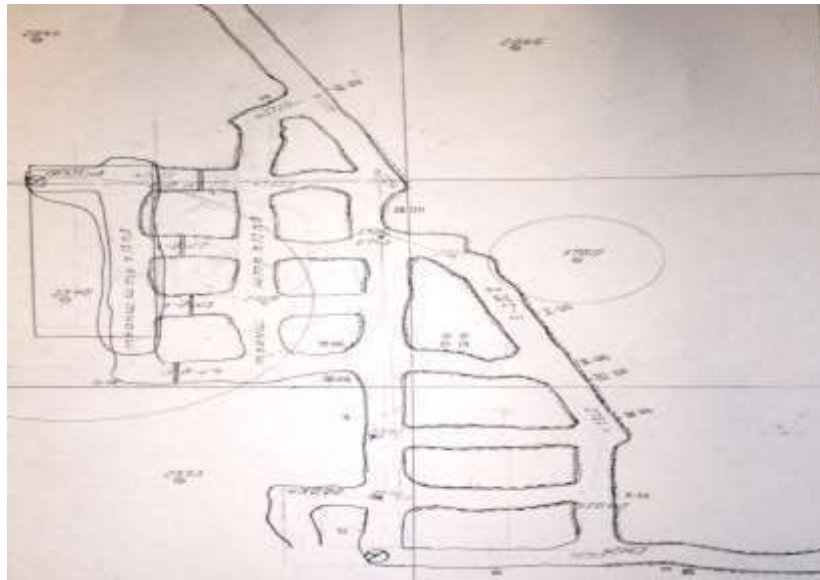
Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Правила составления маркшейдерско – геологических чертежей (МГЧ)

Необходимо изучить виды маркшейдерско–геологических чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис).



Рисунок

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 5 |
| 2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ..... | 11 |
| 2.1 Общие требования..... | 11 |
| 2.2 Порядок брошюровки работы..... | 12 |
| 2.3 Требования к оформлению титульного листа..... | 12 |
| 2.4 Требования к оформлению реферата..... | 14 |
| 2.5 Требования к оформлению содержания..... | 15 |
| 2.6 Требования к оформлению введения..... | 15 |
| 2.7 Требования к оформлению основных разделов документа..... | 16 |
| 2.7.1 Построение документа..... | 16 |
| 2.7.2 Изложение текста документов..... | 18 |
| 2.7.3 Требования к оформлению формул..... | 20 |
| 2.7.4 Требования к оформлению примечаний..... | 23 |
| 2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций..... | 24 |
| 2.7.6 Построение таблиц..... | 24 |
| 2.8 Требования к оформлению заключения..... | 28 |
| 2.9 Требования к оформлению списка литературы..... | 28 |
| 2.10 Требования к оформлению приложений..... | 30 |
| 3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 32 |
| 3.1 Виды горно-графической документации..... | 32 |
| 3.2 Комплектность горно-графических документов..... | 32 |
| 3.3 Общие правила выполнения горных чертежей..... | 33 |
| 3.3.1 Форматы..... | 33 |
| 3.3.2 Масштабы..... | 33 |
| 3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы..... | 34 |
| 3.3.4 Нанесение размеров..... | 37 |
| 3.3.5 Основные надписи..... | 39 |
| 3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов..... | 43 |
| 3.4.3 Рамки и поля чертежей..... | 45 |
| 3.4.4 Сетка координат..... | 49 |
| 3.5 Правила выполнения условных обозначений..... | 51 |
| 3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности..... | 55 |
| 3.6.1 Чертежная бумага и пластики..... | 55 |
| 3.6.2 Тушь, краски..... | 58 |
| 3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности..... | 60 |
| 4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... | 65 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на $\frac{1}{3}$ больше единицы. При этом четные цифры выступают на $\frac{1}{3}$ строки вверх, а нечетные на $\frac{1}{3}$ вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съёмочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съёмочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съёмочных сетей (отдельно по опорным и съёмочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записки к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;
- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняются одним из следующих способов:

- типографским;
- ксерокопированием;
- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

| | |
|---|--|
| МИНОБР РОССИИ
поле 1 | |
| ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2 | |
| Кафедра маркшейдерского дела
поле 3 | |
| <p style="text-align: right;">УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
" ___ " _____ 2019 г.</p> | |
| поле 4 | |
| ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА
КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА
поле 5 | |
| Выпускная квалификационная работа
поле 6 | |
| Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1 | Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И. |
| поле 7 | |
| Екатеринбург
2019
поле 8 | |

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

- поле 1 — наименование министерства;
- поле 2 — полное наименование вуза;
- поле 3 – наименование факультета (кафедры);
- поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;
- поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;
- поле 6 – вид работы;
- поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;
- поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;
- поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника

1.3 Гидрогеологические условия

} ***Нумерация подразделов
первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки

2.2.2 Погрузочное оборудование

2.2.3 Транспортное оборудование

} ***Нумерация пунктов второго
подраздела второго раздела***

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съёмочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: *2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.*

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

- a) _____
 - 1) _____
 - 2) _____
- в) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требования в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “Ø” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “Ø”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготавливаемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, “Сигнал + 27 включено”.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м.***

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, ***содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.***

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например, ***если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.***

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, ***5/32.***

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — *Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле*

$$\sigma = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например **формула (B.1)**.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например **(3.1)**.

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1 _____

2 _____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается ***“Рисунок 1”*** или - ***“Рисунок 1- Схема полигона”***.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать ***“... в соответствии с рисунком 2”*** при сквозной нумерации и ***“... в соответствии с рисунком 1.2”*** при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово ***“Рисунок”*** с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – ***“Рисунок 1 — Схема полигона”***.

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - *Таблица 1 - Сводные данные*.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, *“Размеры в миллиметрах”*, *“Напряжение в вольтах”*, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например *D — диаметр, H — высота, L — длина*.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента k_T

| Средняя скорость подвигания очистного забоя C , м/мес | Глубина горных работ H , м | | |
|---|------------------------------|--------|------------|
| | до 100 | до 300 | ≥ 500 |
| 20 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| 60 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| до150 | 2,0 | 1,5 | 1,5 |

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе "Список литературы" следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);
- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);
- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;
- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов и др.;
Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник:
В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе.
Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с.

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ³ Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ³ F 02 С 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ:
Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пищев. пром-сти (ВЗИПП);
Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[18, т. I, с. 75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И.Н., 1965]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобах для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 x 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{\text{Вид А}}{1:500}; \frac{1}{1:100}; \frac{\text{Профиль пути откаточного штрека}}{\begin{matrix} 1:2000 \\ 1:200 \end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 – сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------|-------------|--|------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | | | | Минобразования
РФ | 090100.00
ДП | |
| Должность | Фамилия | Подп. | Дата | | | Отдел | Масштаб |
| Студент | | | | Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда” | ГТФ
Каф. МД | 1:100 | |
| Руковод. | | | | | | | |
| Консульт. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | |
| Зав. каф. | | | | | | | |
| | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| | | | | | УГГА | | |

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

| Название чертежей | Масштаб
(один из указанных) | Примечание |
|-------------------|--------------------------------|------------|
|-------------------|--------------------------------|------------|

| | | |
|--|------------------------------|---|
| План промышленной площадки | 1:500; 1:1000 | |
| Подземный способ разработки | | |
| План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности |
| План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию) | 1:1000;
1:2000 | Мощные пласты |
| Проекция горных выработок на вертикальную плоскость | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более |
| Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела |
| План горных выработок по основным горизонтам горных работ | 1:1000;
1:2000;
1:5000 | Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы |
| Открытый способ разработки | | |
| План горных выработок по горизонтам горных работ | 1:500; 1:1000; 1:2000 | Карьеры |
| План горных выработок полигонов | 1:2000 | Прииски |
| Разрезы, приуроченные к разведочным линиям | 1:500, 1:1000; 1:2000 | Карьеры и прииски |
| Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок | 1:5000; 1:10000;
1:25000 | Карьеры и прииски |

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

| Название ошибок | Допустимая величина ошибки, мм |
|--|--------------------------------|
| Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки | ± 0,2 |

| | |
|--|-----------|
| координат | |
| Ошибка положения пунктов опорной и съёмочной сетки по отношению к линиям сетки координат | $\pm 0,4$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров | $\pm 0,8$ |

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км² составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для деления на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Деление листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

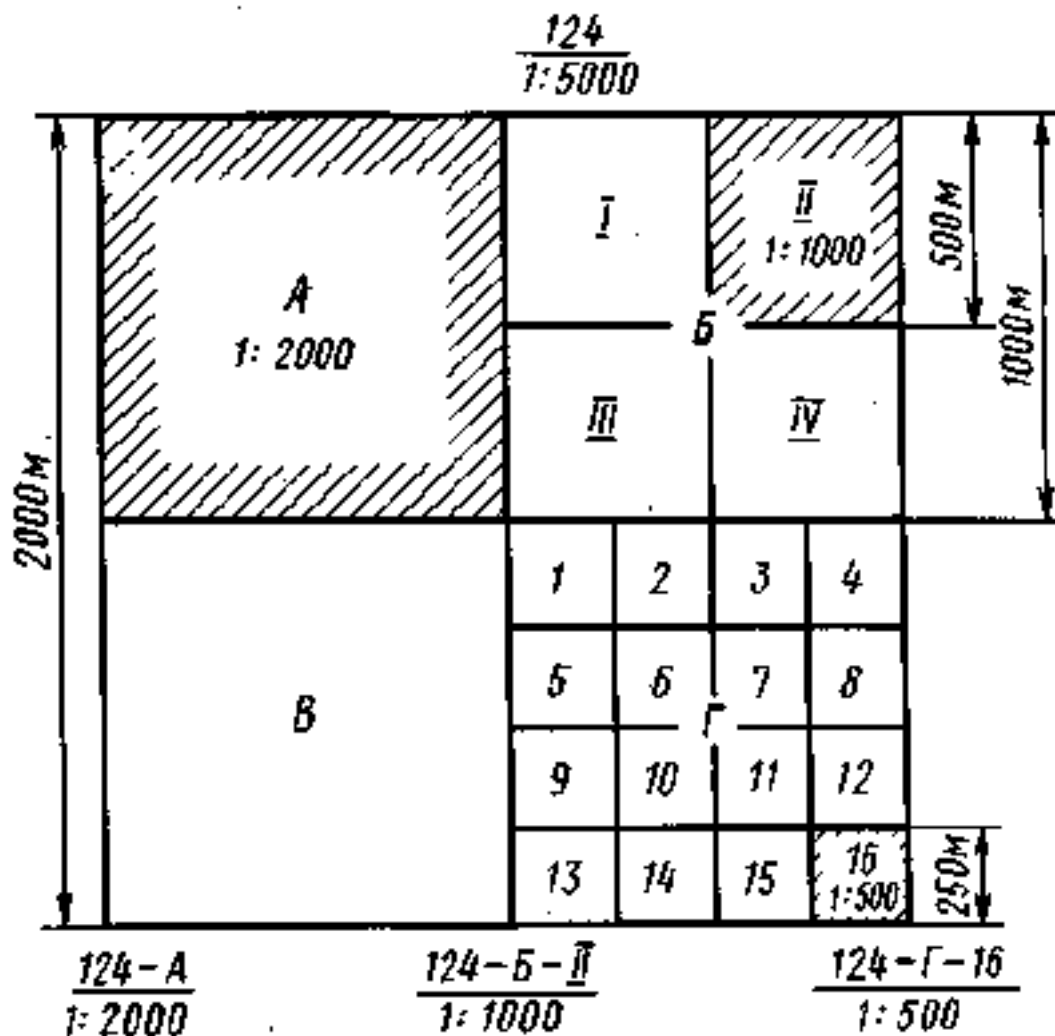


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16).

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.

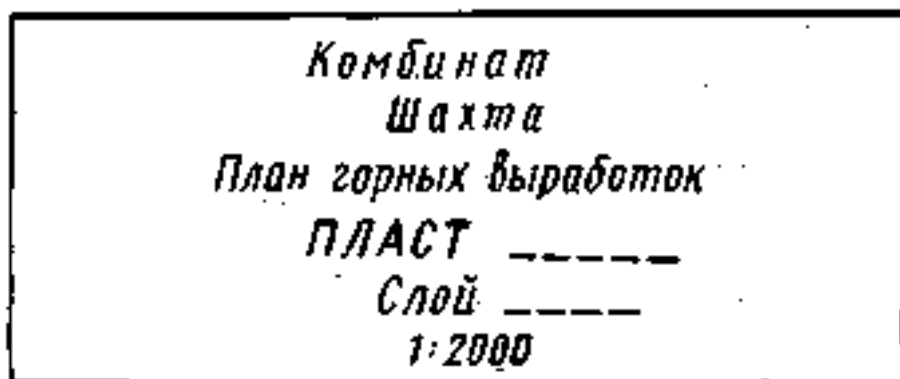


Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

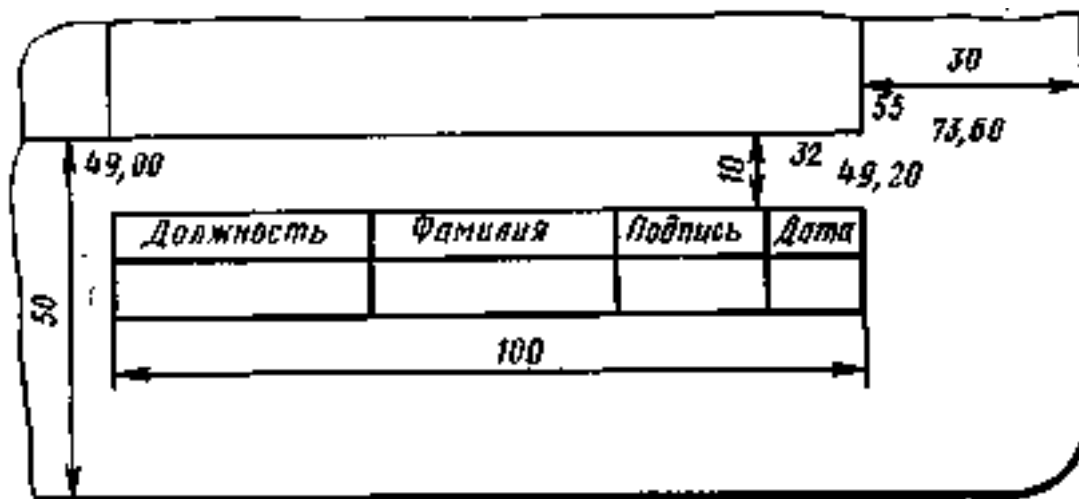


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

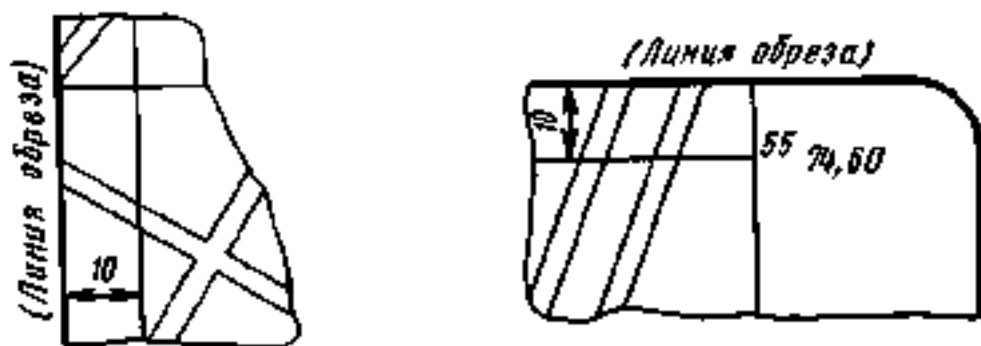


Рисунок 3.19

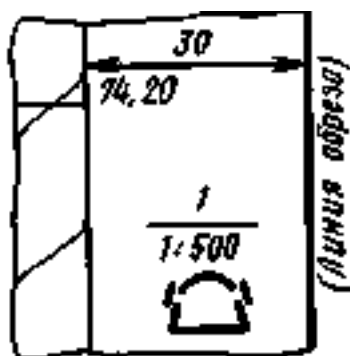


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Содержание надписи | Размер шрифта, мм |
|---|--|
| Числовые значения координаты | 2,5 |
| Названия чертежей | 4,0; 5,0; 6,0; 7,0;
8,0; 10,0; 14,0 |
| Числовые значения координат Y и X | 1,6; 2,0; 2,5 |
| Масштабы | 3,0 |
| Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах | 2,5 |
| Номенклатурные номера планшетов | 5,0 |
| Условные номера планшетов на схемах расположения | 3,0 |
| Обозначения сторон света | 3,0 |
| Номера планшетов на картограммах расположения | 5,0 |
| Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий | 2,5 |

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты Y и X для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

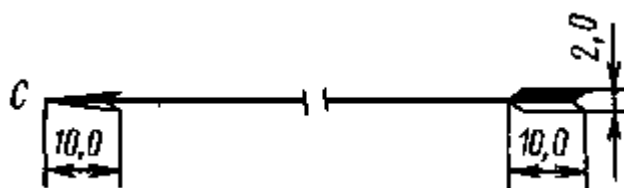


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

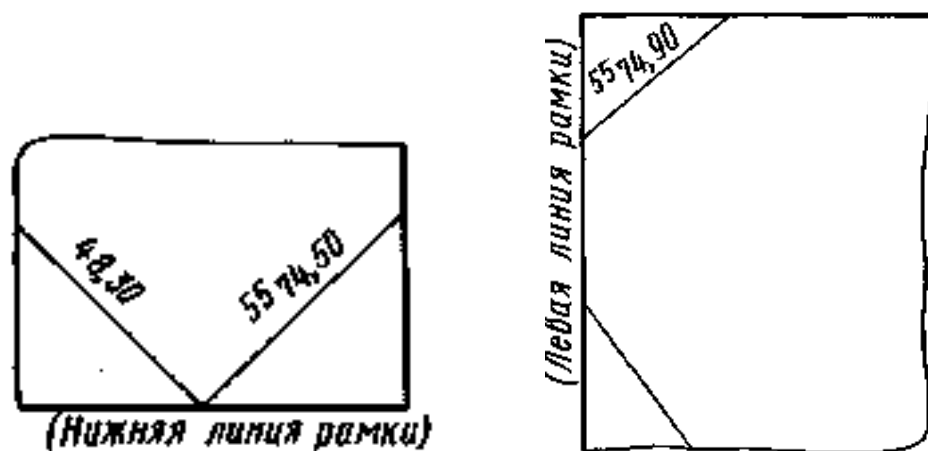


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат X и Y на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для немасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показываются следующими цветами:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| бетон, железобетон | – зеленый 7; |
| металл | - светлый фиолетовый 10 С; |
| кирпич, камень, шлакоблоки | – оранжевый 3; |
| дерево | - желтый 4. |

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

| | |
|---------|----------------------------|
| 0 или 5 | – светлый фиолетовый 10 С; |
| 1 или 6 | – светлый красный 2С; |
| 2 или 7 | – светлый зеленый 7С; |
| 3 или 8 | – оранжевый 3С; |
| 4 или 9 | – светлый синий 9С. |

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, обратная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька готовится из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на перо, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двуххромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от +5⁰С до +30⁰С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина *Коструктор* 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горнографической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7, 12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется за жиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе пищевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{\circ}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 x 40 см и 50 x 50 см с квадратами 10 x 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 x 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 x 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.
2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.
3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.
2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.
3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.
4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.
5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.
6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.
7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
 2. План застроенной части земной поверхности.
 3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
 4. План промышленной площадки.
 5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
 6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
 7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
 8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
 9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
 10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
 11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.
- Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Колесатова О.С.

ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело» специализации № 4 «Маркшейдерское дело»*

Екатеринбург, 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург
2019

Топографическое черчение: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» / О.С. Колесатова; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с рабочей программой.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация № 4 «Маркшейдерское дело» по курсу «Топографическое черчение».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол №19

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТА..... | 6 |
| 2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ..... | 7 |
| 3 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ | 18 |
| 3.1 Контрольная работа 1 | 18 |
| 3.2 Контрольная работа 2 | 20 |
| 4 СОДЕРЖАНИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО
ОБУЧЕНИЯ) | 22 |

Введение

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений.
- Стимулирование самообразования и самовоспитания.
- Развитие способности планировать и распределять свое время.

Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций.

Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов).
- Информационно-обучающая.
- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования).
- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста).

Виды самостоятельной работы студентов в настоящее время весьма разнообразны и дают широкий выбор для преподавателя.

К ним относятся:

- работа с книжными источниками (учебниками, задачниками, с основной и дополнительной рекомендованной литературой);
- работа с электронными источниками (обучающие программы, самоучители и т.п.);
- работа в сети Internet (поиск нужной информации, обработка противоречивой и взаимодополняющей информации; работа со специализированными образовательными сайтами);
- выполнение домашних работ.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Программа дисциплины содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется основная и дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков выполнения расчетно-графических работ по отдельным разделам дисциплины необходимо использовать методические указания к выполнению практических работ.

При освоении указанных тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебно-методическим материалам освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны учебники и учебные пособия, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Выполните указанные расчетно-графические работы. Условия и примеры выполнения приведены в данном учебном пособии. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу. При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

2.1 Тема: Содержание и задачи дисциплины

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: связь курса с другими дисциплинами; предмет, объекты изучения и задачи дисциплины.

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва : Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66452>
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>.

2.2 Тема: «Классификация чертежей».

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды чертежей: план, карта, профиль, разрез, проекция; классификация чертежей: по характеру построения, по своему назначению; требования к графической документации.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
2. Историческая справка о развитии топографического черчения.
3. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
4. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
5. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дро- бышева.
6. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
7. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
8. Требования к составлению топографических карт и планов.
9. Порядок вычерчивания элементов содержания.
10. Особенности оформления топографических карт и планов

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

2.3 Тема: «Топографические шрифты»

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды шрифтов для надписей на топографических картах и планах; применение указанных шрифтов на топографических картах и планах; конструкция каждого шрифта: основные размеры, особенности рисунка отдельных букв и их элементов.

Контрольные вопросы

1. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
2. Значение надписей на топографических картах.
3. Требования, предъявляемые к шрифтам.
4. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

5. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?
6. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?
7. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?
8. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.
9. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.
10. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Расчетно-графическая работа 1

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

До выполнения задания необходимо изучить технику написания цифр вычислительным (скорописным) шрифтом.

В верхней части рабочего поля вычертить две строчки для написания цифр: пять линий с интервалом 2 мм между ними.

В первой строке написать все цифры от 1 до 0 в соответствии с требованиями. На второй строке написать дату своего рождения.

В нижней части рабочего поля черной тушью вычертить фрагмент ведомости в соответствии с рис. 3. Здесь цифры писать, используя лишь одну вспомогательную линию – по аналогии с полевым журналом.

Работа 4

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

13. 08. 1983

| х | у | h | α |
|-------|-------|-------|---------|
| 173,6 | 501,2 | 976,3 | 107°52' |
| 208,4 | 734,1 | 231,4 | 43°34' |
| 354,2 | 802,4 | 712,5 | 25°15' |
| 107,4 | 309,6 | 143,2 | 74°26' |

Оценка
Преподаватель

Чертил ст. гр. МД-1-А
Светляков Иван

Рисунок – Пример выполнения работы

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

2.4 Тема: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.
3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?
6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съемочной сети долговременного и временного закрепления на местности?
7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?
8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?
9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?
10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?
11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?
12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.
13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?

14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?
15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?
16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?
17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съемка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?
18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?
19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?
20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Расчетно-графическая работа 2 (для заочной формы обучения РГР

1)

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Условные знаки топографических карт сведены в специальные таблицы, составленные для различных масштабов карт и планов.

Они подразделяются по признаку однородности: геодезические пункты, строения, здания и их части, объекты промышленные, коммунальные и сельскохозяйственного производства и др. Изучать их надо тоже по тематикам, начиная с наиболее употребляемых. Таблицы включают условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Для выполнения работ принять исходный масштаб 1:2000.

До выполнения работы изучить условные знаки соответствующих разделов. Вычертить ниже перечисленные условные знаки:

Раздел «Железные дороги и сооружения при них»: условные знаки

Раздел «Автомобильные и грунтовые дороги, тропы»

Раздел «Мосты, путепроводы и переправы»

Раздел «Гидрография»

Раздел «Растительность»

Раздел «Сельскохозяйственные угодья»

Раздел «Болота и солончаки»

Раздел «Геодезические пункты»

Раздел «Рельеф»

Раздел «Грунты и микроформы земной поверхности»

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>

2.4 Тема: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа 3

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму

представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

На чертежной бумаге формата А6 вертикальными линиями разделить рабочее поле на три равные части. В каждой из них сделать карандашом разметки для четырех линий. По завершении чертежа эти вспомогательные линии аккуратно убрать резинкой.

В левой части рабочего поля вычертить четыре сплошные линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Остро отточенным карандашом вычертить первую, самую тонкую линию методом наращивания движением карандаша к себе (сверху вниз) в виде отдельных штрихов, длиной 2–3 мм. Каждый последующий штрих начинать с середины предыдущего.

Каждую последующую линию чертить в два раза толще предыдущей. Все линии вычерчивать произвольной кривизны примерно параллельно друг другу. Весь чертеж, кроме рамки, выполнять от руки.

Толщину линий и интервалы определять вначале по специальной шкале, в дальнейшем необходимо учиться оценивать толщину на глаз.

В центральной части рабочего поля вычертить четыре штриховые линии толщиной 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм, длина штрихов 4 мм, интервал между штрихами 1 мм. Длину нескольких первых штрихов проверить по шкале, затем тренировать глазомер. При вычерчивании штрихов добиваться четкого исполнения краев – они должны быть ровными, образовывать угол примерно 90°.

При нанесении штриховки длину штриха можно немного изменить, чтобы штрих доходил до рамки.

В правой части рабочего поля вычертить четыре линии, состоящие из точек диаметром 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм. Расстояние между краями точек принять равным 1 мм.

Проверить и скорректировать чертеж. Разделить рабочее поле на верхнюю и нижнюю части горизонтальной линией, прочерченной карандашом с применением линейки. Все вычерченные ранее линии, расположенные в верхней части рабочего поля, обвести тушью чертежным пером. Линии, расположенные в верхней части, оставить в карандашном исполнении.

Пример выполнения работы приведен на рис. 1

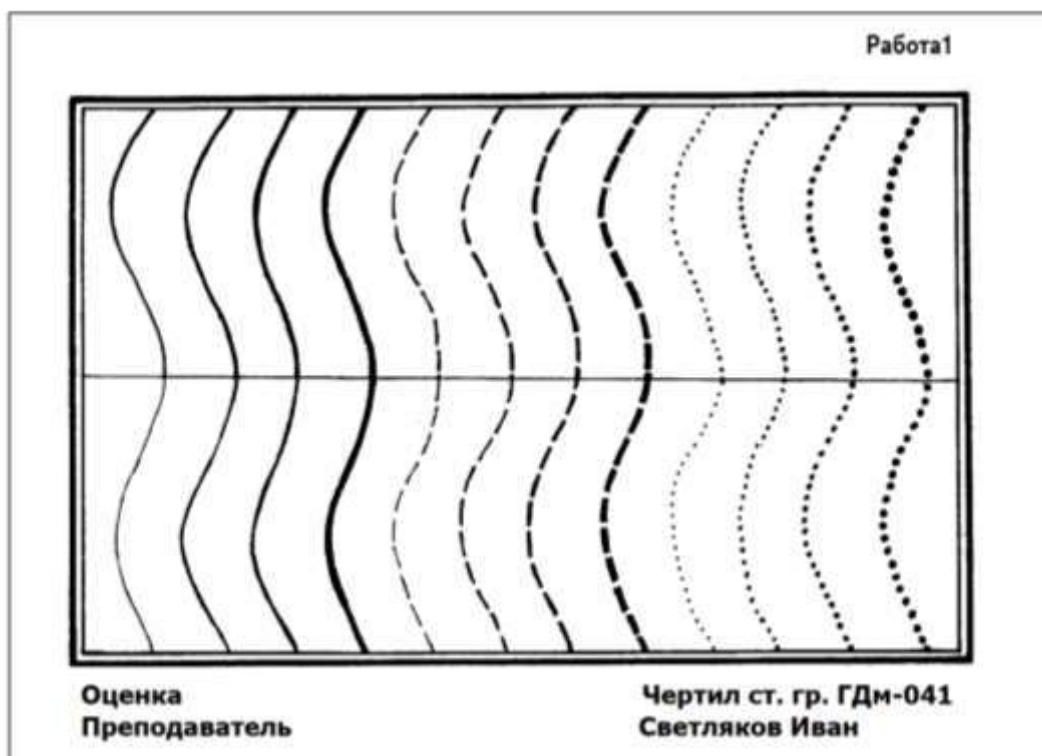


Рисунок 1

В левой части рабочего поля вычертить кронциркулем четыре серии окружностей заданного диаметра: 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 мм.

Для этого левое поле дополнительно разделить горизонтальными линиями на четыре равные части. В каждой из них карандашом построить сетку 5×5 мм, в вершинах квадратов в шахматном порядке вычертить окружности заданных размеров: в каждом прямоугольнике окружности одного диаметра (рис. 2).

Правую часть рабочего поля разделить на две равные части горизонтальной линией.

В верхней части правого поля вычертить сетку взаимно перпендикулярных линий, расположенных под углом 45° к рамке. Толщина линий 0,1 мм, расстояние между ними 1 мм.

В нижней части правого поля вычертить три серии линий: сплошные, штриховые и точечные.

Толщина линий в серии: 0,2; 0,4 и 0,8 мм.

Для штриховых линий принять длину штриха 4 мм, интервал между ними 1 мм.

Для точечных линий расстояние между точками принять 1 мм.

Длину штрихов и интервалов определять вначале по линейке – на пробном листе, в дальнейшем – на глаз.

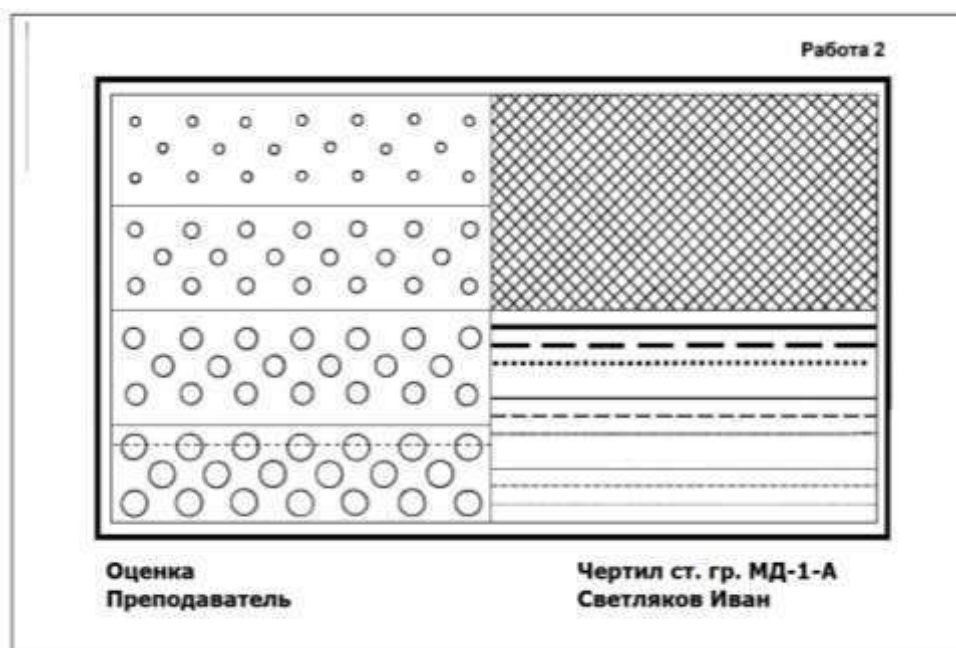


Рисунок 2

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

Тема 6: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?

6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Расчетно-графическая работа 4 (для заочной формы обучения РГР 2)

Студент предварительно должен ознакомиться по методическим указаниям к выполнению практическим работ с планом занятия, включающим тему практической работы, ее цель и решаемые задачи, объем работы, теоретическую основу, порядок выполнения работы и форму представления результатов. Особое внимание необходимо уделить разделу теоретические основы.

Необходимо изучить виды маркшейдерско-геологических чертежей в соответствии с правилами составления МГЧ, выполнить, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа:

- исходный чертеж,
- производный чертеж.

Используемое оборудование: чертежная бумага формата А4 и картон (либо недеформирующаяся прозрачная пленка), линейка, карандаш (черного, синего, красного, зеленого и желтого цвета), циркуль, измеритель, клей и чертежи, на которых представлены фрагменты планов различных горных выработок открытого и подземного способов разработки МПИ (рис.).

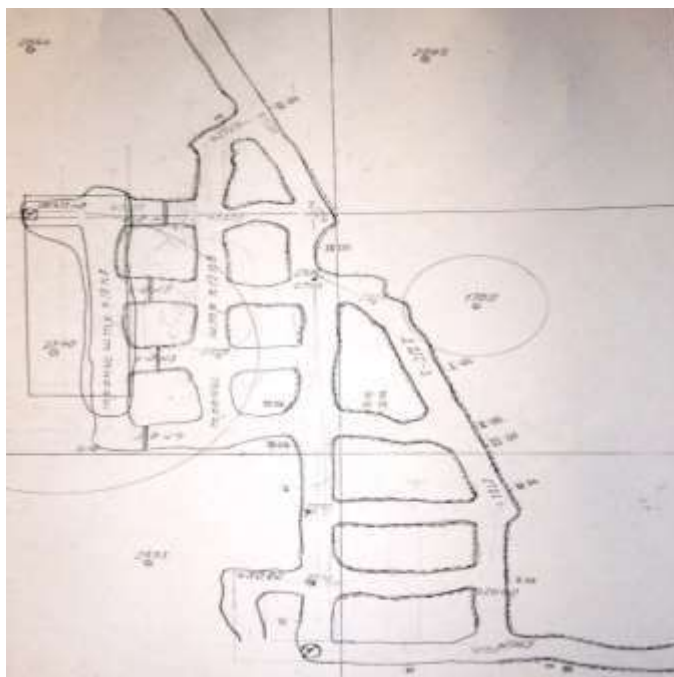


Рисунок 1

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

3 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1 Контрольная работа 1

Вычерчивание участка топографического плана

Контрольная работа студента выполняется в графической форме. Задачами выполнения контрольной работы являются: систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности; развитие навыков самостоятельной работы; определение подготовленности выпускника к самостоятельному выполнению профессиональных задач

На чертежной бумаге формата А4 вычертить участок топографического плана масштаба 1:2000.

С учебного образца, выданного преподавателем, через светокопировальный стол снять копию контуров в карандаше. Контурные линии копировать сплошными линиями. Пояснительные надписи на план не переносить, их используют для правильного вычерчивания соответствующих условных знаков в соответствии с таблицами. При поиске условных знаков в таблице необходимо пользоваться алфавитным указателем. Тип и размер используемых шрифтов определить, используя условные знаки и также вкладку с образцами оформления рамок.

Порядок работы:

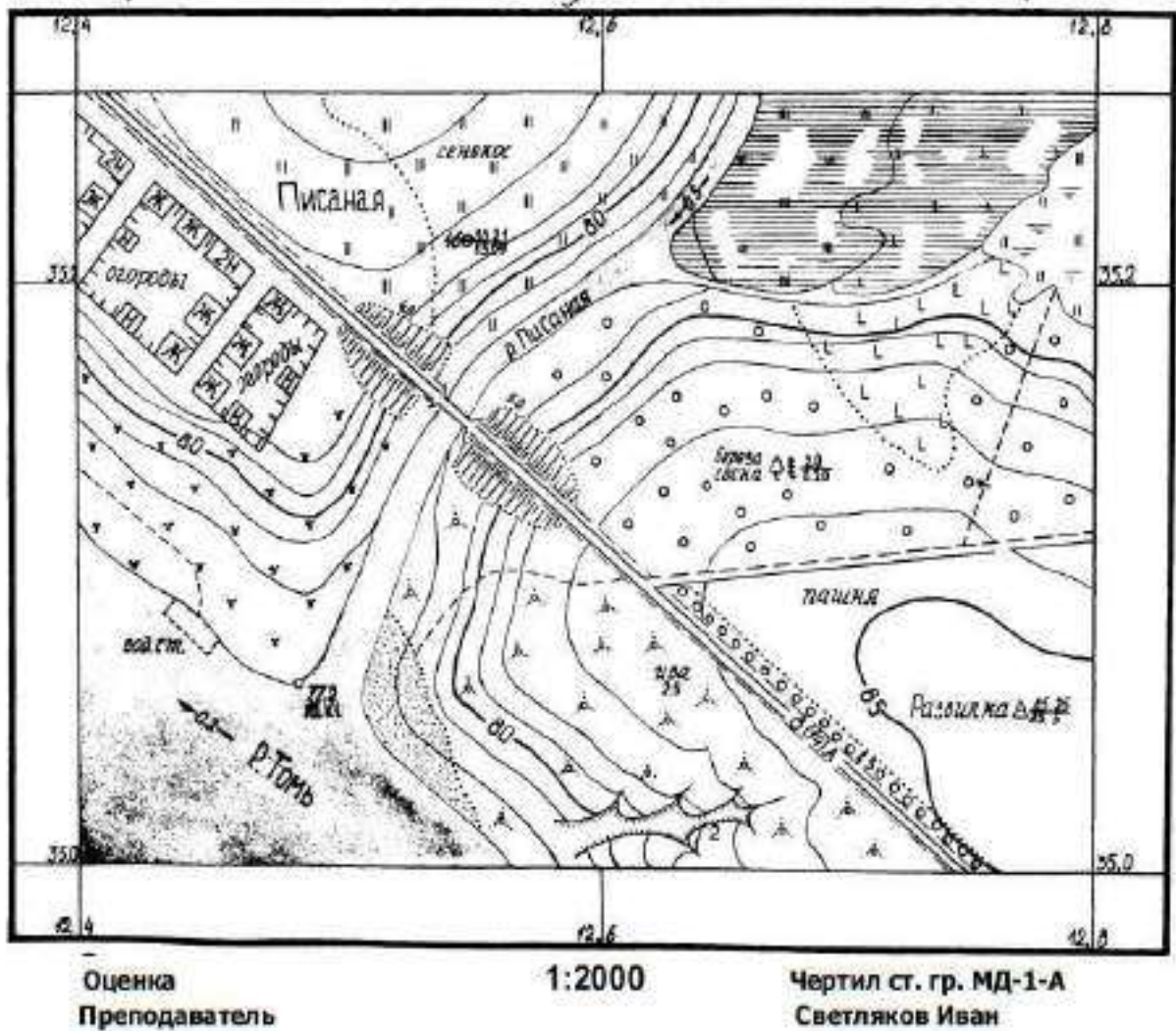
- окрасить водную поверхность;
- вычертить названия населенного пункта (определив предварительно тип и размер шрифта), геодезических пунктов, пояснительные надписи на дороге, отметки точек и горизонталей и т.д.;
- вычертить береговые линии, дороги, строения и другие предметы;
- вычертить рельеф;
- вычертить площадные условные знаки;
- вычертить рамку и зарамочные надписи по приложениям к таблицам условных знаков.

Исходный материал и пример оформления плана приведены на рисунке в уменьшенном виде.

Оценивание выполнения контрольной работы

| <i>Критерии оценки контрольной работы</i> | <i>Количество баллов</i> |
|---|--------------------------|
| Правильность нанесения условных знаков | 0-2 |
| Правильность оформления плана | 0-2 |
| Правильность записи основных надписей | 0-1 |
| Итого | 0-5 |

- 5 баллов - оценка «отлично»;
- 4 балла - оценка «хорошо»;
- 3 балла - оценка «удовлетворительно»;
- 0-2 балла - оценка «неудовлетворительно».



Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие /

3.2 Контрольная работа 2

Вычерчивание участка маркшейдерского плана (выполняется для очной и заочной формы обучения)

Контрольная работа студента выполняется в графической форме. Задачами выполнения контрольной работы являются: систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности; развитие навыков самостоятельной работы; определение подготовленности выпускника к самостоятельному выполнению профессиональных задач

На чертежной бумаге вычертить маркшейдерский планшет (рисунок). На планшет нанести горные выработки, соблюдая размеры, масштаб, требования к линиям и оформлению чертежа.

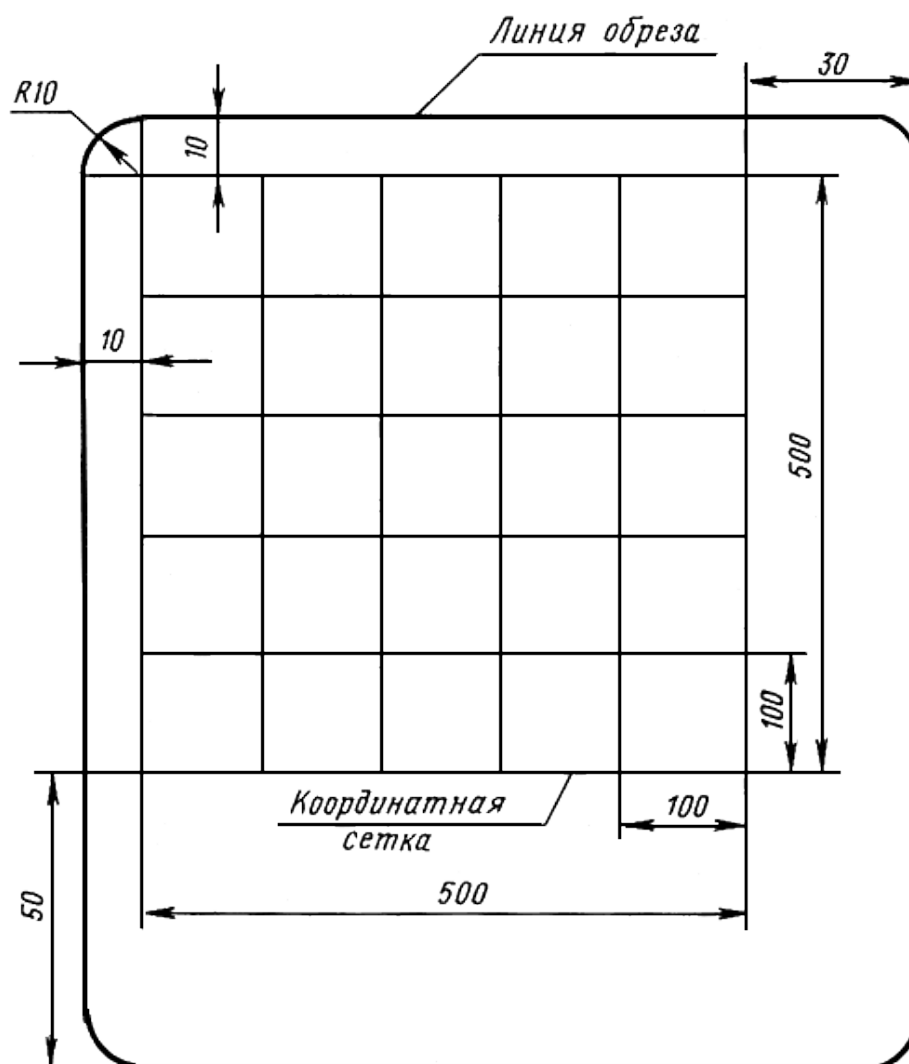


Рисунок – Маркшейдерский планшет

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»

4 СОДЕРЖАНИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ)

4.1 Тема 1: Содержание и задачи дисциплины. Классификация чертежей. Топографические шрифты

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы

Контрольные вопросы

1. Цель и основные задачи дисциплины.
2. Связь предмета с другими дисциплинами геодезического цикла.
3. Основные приемы и методы топографического черчения.
4. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов топографических карт и планов.
5. Совершенствование техники и технологии чертежнооформительских работ, их механизация и автоматизация.
6. Инструменты и принадлежности для топографического черчения, методы и приемы работы с ними.
7. Виды программного обеспечения для топографического черчения
8. В чем заключаются особенности топографического черчения?
9. Требования, предъявляемые к графическому качеству оригиналов карт.
10. Историческая справка о развитии топографического черчения.
11. Чертежные материалы и принадлежности (бумага, краски, тушь, клей).
12. Принадлежности для черчения (карандаши, линейки, треугольники, лекала, транспортиры, трафареты).
13. Устройство линейки с поперечным масштабом и координатной линейки Дробышева.
14. Построение прямоугольной сетки координат с помощью линейки Дробышева.
15. Чертежная бумага. Виды бумаги. Классификация бумаги. Требования, предъявляемые к чертежной бумаге
16. Требования к составлению топографических карт и планов.
17. Порядок вычерчивания элементов содержания.
18. Особенности оформления топографических карт и планов
19. Виды шрифтов. Классификация картографических шрифтов.
20. Значение надписей на топографических картах.
21. Требования, предъявляемые к шрифтам.
22. Какие картографические шрифты применяются в топографическом черчении?

23. Какие оптические иллюзии необходимо устранить при вычерчивании букв?
24. Какое соотношение между высотой строчных и заглавных букв?
25. Что такое вычислительный шрифт, где он применяется, как вычерчиваются цифры вычислительного шрифта?
26. Правила расстановки букв при выполнении надписей на оригиналах топографических картах и планах.
27. Размещение и вычерчивание надписей на оригиналах топографических картах и планах.
28. Что регламентируют: ГОСТ 2.105-95 и ГОСТы 2.850 (851-857)?

Литература:

1. Геодезия [Текст]: курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный горный университет". - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 148 с.

2. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.

3. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие / В.Н. Попов, В.А. Букринский, П.Н. Бруевич, Д.И. Боровский. — 3-е изд. — Москва: Горная книга, 2010. — 453 с. — ISBN 978-5-98672-179-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66452>

4. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>.

5. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

4.2 Тема 2: Условные знаки для составления чертежей земной поверхности

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения.

Контрольные вопросы

1. Условные знаки для изображения местных предметов. Их классификация.
2. Требования к начертанию условных знаков.

3. Правила вычерчивания условных знаков.
4. Порядок работы при построении внемасштабных условных знаков.
5. На какие группы делятся таблицы «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»?
6. Какими условными знаками обозначаются геодезические пункты триангуляции и полигонометрии, пункты съёмочной сети долговременного и временного закрепления на местности?
7. Какими условными знаками вычерчиваются реки и береговые линии? Как правильно подписать горизонтали?
8. Какими условными знаками вычерчиваются усовершенствованные автомобильные, грунтовые и железные дороги?
9. Какими условными знаками вычерчиваются мосты металлические, кирпичные и деревянные, брод через реку?
10. Какими условными знаками вычерчиваются болота проходимые и непроходимые, высокоствольный смешанный лес, пашни, овраги, урез воды, просеки в лесу?
11. Какими условными знаками вычерчиваются рельеф, жилые здания, сенокос?
12. Что такое внемасштабные условные знаки? Приведите пример.
13. Какими условными знаками вычерчиваются одиноко стоящие хвойные, лиственные деревья, паром через реку?
14. Какими условными знаками вычерчиваются автомобильные дороги в выемке, по насыпи?
15. Как правильно вычертить пересечение штриховых линий?
16. Какими условными знаками вычерчиваются пересечения координатных осей на плане, какой шрифт применяют для вычерчивания численного масштаба?
17. Где на плане располагают надпись численного масштаба, надпись «Топографическая съёмка 2000 года»? Какой шрифт используют для этого?
18. Какими условными знаками вычерчиваются направление и скорость течения реки, контуры угодий?
19. Какое различие в изображении основных горизонталей и полугоризонталей?
20. Какими условными знаками вычерчиваются сплошные заросли кустарника?

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный

университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

3. Захаров, М.С. Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.С. Захаров, А.Г. Кобзев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97679>

4.3 Тема 3: Горно-графическая документация

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: виды горно-графической документации. Классификация горно-графической документации. Комплектность маркшейдерских документов. Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей. Картограммы и схемы расположения планшетов. Рамки и поля чертежей. Сетка координат. Правила оформления и хранения маркшейдерской документации.

Контрольные вопросы

1. Как следует оформлять рисунки в текстовой документации?
2. К какому виду документации следует отнести картограмму земляных масс?
3. К какому виду документации можно отнести ведомость координат вершин теодолитного хода?
4. В чем заключаются особенности оформления реферата?
5. Какие требования предъявляются к таблицам?
6. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
7. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
8. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
9. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>

4.4 Тема 4: Условные знаки для составления чертежей горных выработок

Чтение и разбор материалов лекции в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. Работа над конспектом производится с привлечением дополнительных книжных и электронных источников. При выполнении самостоятельной работы необходимо рассмотреть следующие вопросы: классификация условных знаков. Основные условные обозначения. Изображение элементов горных объектов. Методы изображения. Виды, разрезы, сечения. Обозначение элементов открытых горных работ. Изображение элементов подземных горных выработок и сооружений.

Контрольные вопросы

1. Какая толщина сплошной основной линии допускается на маркшейдерско-геологических чертежах?
2. Как оформляется текстовая часть на поле чертежа?
3. Какие контуры на чертежах допускается выделять цветом?
4. Когда размеры на чертежах указываются в метрах?
5. Какой цифрой обозначается отсчетный уровень?
6. Как следует указывать отметки ниже и выше отсчетного уровня?
7. Когда на МГЧ используются масштабные, безмасштабные, разномасштабные изображения?
8. Как обозначаются промышленные здания, сооружения и их элементы?
9. Как изображаются элементы электроснабжения?
10. Порядок вычерчивания элементов содержания.

Литература:

1. Лебедев, К.М. Топографическое и маркшейдерское черчение: учебное пособие / К.М. Лебедев, В.М. Табаков. – Москва: Недра, 1971. – 108 с.
2. Шпаков, П. С. Маркшейдерско-топографическое черчение [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков. — Электрон. текстовые данные. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. — 288 с. — 978-5-7638-2837-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84371.html>
3. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75 «Горная графическая документация»



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 5 |
| 2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ..... | 11 |
| 2.1 Общие требования..... | 11 |
| 2.2 Порядок брошюровки работы..... | 12 |
| 2.3 Требования к оформлению титульного листа..... | 12 |
| 2.4 Требования к оформлению реферата..... | 14 |
| 2.5 Требования к оформлению содержания..... | 15 |
| 2.6 Требования к оформлению введения..... | 15 |
| 2.7 Требования к оформлению основных разделов документа..... | 16 |
| 2.7.1 Построение документа..... | 16 |
| 2.7.2 Изложение текста документов..... | 18 |
| 2.7.3 Требования к оформлению формул..... | 20 |
| 2.7.4 Требования к оформлению примечаний..... | 23 |
| 2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций..... | 24 |
| 2.7.6 Построение таблиц..... | 24 |
| 2.8 Требования к оформлению заключения..... | 28 |
| 2.9 Требования к оформлению списка литературы..... | 28 |
| 2.10 Требования к оформлению приложений..... | 30 |
| 3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 32 |
| 3.1 Виды горно-графической документации..... | 32 |
| 3.2 Комплектность горно-графических документов..... | 32 |
| 3.3 Общие правила выполнения горных чертежей..... | 33 |
| 3.3.1 Форматы..... | 33 |
| 3.3.2 Масштабы..... | 33 |
| 3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы..... | 34 |
| 3.3.4 Нанесение размеров..... | 37 |
| 3.3.5 Основные надписи..... | 39 |
| 3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов..... | 43 |
| 3.4.3 Рамки и поля чертежей..... | 45 |
| 3.4.4 Сетка координат..... | 49 |
| 3.5 Правила выполнения условных обозначений..... | 51 |
| 3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности..... | 55 |
| 3.6.1 Чертежная бумага и пластики..... | 55 |
| 3.6.2 Тушь, краски..... | 58 |
| 3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности..... | 60 |
| 4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... | 65 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на $\frac{1}{3}$ больше единицы. При этом четные цифры выступают на $\frac{1}{3}$ строки вверх, а нечетные на $\frac{1}{3}$ вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съемочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съемочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съемочных сетей (отдельно по опорным и съемочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записки к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;
- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняются одним из следующих способов:

- типографским;
- ксерокопированием;
- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

| | |
|---|--|
| МИНОБР РОССИИ
поле 1 | |
| ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2 | |
| Кафедра маркшейдерского дела
поле 3 | |
| <p style="text-align: right;">УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
" ___ " _____ 2019 г.</p> <p style="text-align: center;">поле 4</p> | |
| ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА
КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5 | |
| Выпускная квалификационная работа
поле 6 | |
| Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1 | Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И. |
| поле 7 | |
| Екатеринбург
2019
поле 8 | |

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

- поле 1 — наименование министерства;
- поле 2 — полное наименование вуза;
- поле 3 – наименование факультета (кафедры);
- поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;
- поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;
- поле 6 – вид работы;
- поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;
- поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;
- поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника

1.3 Гидрогеологические условия

} ***Нумерация подразделов
первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки

2.2.2 Погрузочное оборудование

2.2.3 Транспортное оборудование

} ***Нумерация пунктов второго
подраздела второго раздела***

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съёмочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: *2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.*

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

- a) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

- в) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требования в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “Ø” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “Ø”;

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготавливаемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, “Сигнал + 27 включено”.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ ”.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м.***

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, *содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.*

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например, *если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.*

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, 5/32.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — *Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле*

$$\sigma = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например **формула (B.1)**.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например **(3.1)**.

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1 _____

2 _____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается “***Рисунок 1***” или - “***Рисунок 1- Схема полигона***”.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - ***Рисунок А.3***.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - ***Рисунок 1.1***.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – “***Рисунок 1 — Схема полигона***”.

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - *Таблица 1 - Сводные данные*.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, *“Размеры в миллиметрах”*, *“Напряжение в вольтах”*, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например *D — диаметр, H — высота, L — длина*.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента k_T

| Средняя скорость подвигания очистного забоя C , м/мес | Глубина горных работ H , м | | |
|---|------------------------------|--------|------------|
| | до 100 | до 300 | ≥ 500 |
| 20 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| 60 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| до150 | 2,0 | 1,5 | 1,5 |

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе "Список литературы" следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);
- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);
- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;
- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов и др.;
Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник:
В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе.
Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с.

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ³ Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ³ F 02 С 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ:
Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пищев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[18, т. I, с. 75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И.Н., 1965]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 x 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается вверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{\text{Вид А}}{1:500}; \frac{1}{1:100}; \frac{\text{Профиль пути откаточного штрека}}{\begin{matrix} 1:2000 \\ 1:200 \end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 – сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------|-------------|--|------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | | | | Минобразования
РФ | 090100.00
ДП | |
| Должность | Фамилия | Подп. | Дата | | | Отдел | Масштаб |
| Студент | | | | Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда” | ГТФ
Каф. МД | 1:100 | |
| Руковод. | | | | | | | |
| Консульт. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | |
| Зав. каф. | | | | | | | |
| | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| | | | | | УГГА | | |

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

| Название чертежей | Масштаб
(один из указанных) | Примечание |
|-------------------|--------------------------------|------------|
|-------------------|--------------------------------|------------|

| | | |
|--|------------------------------|---|
| План промышленной площадки | 1:500; 1:1000 | |
| Подземный способ разработки | | |
| План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности |
| План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию) | 1:1000;
1:2000 | Мощные пласты |
| Проекция горных выработок на вертикальную плоскость | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более |
| Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела |
| План горных выработок по основным горизонтам горных работ | 1:1000;
1:2000;
1:5000 | Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы |
| Открытый способ разработки | | |
| План горных выработок по горизонтам горных работ | 1:500; 1:1000; 1:2000 | Карьеры |
| План горных выработок полигонов | 1:2000 | Прииски |
| Разрезы, приуроченные к разведочным линиям | 1:500, 1:1000; 1:2000 | Карьеры и прииски |
| Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок | 1:5000; 1:10000;
1:25000 | Карьеры и прииски |

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

| Название ошибок | Допустимая величина ошибки, мм |
|--|--------------------------------|
| Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки | ± 0,2 |

| | |
|--|-----------|
| координат | |
| Ошибка положения пунктов опорной и съёмочной сетки по отношению к линиям сетки координат | $\pm 0,4$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров | $\pm 0,8$ |

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км² составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для деления на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Деление листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

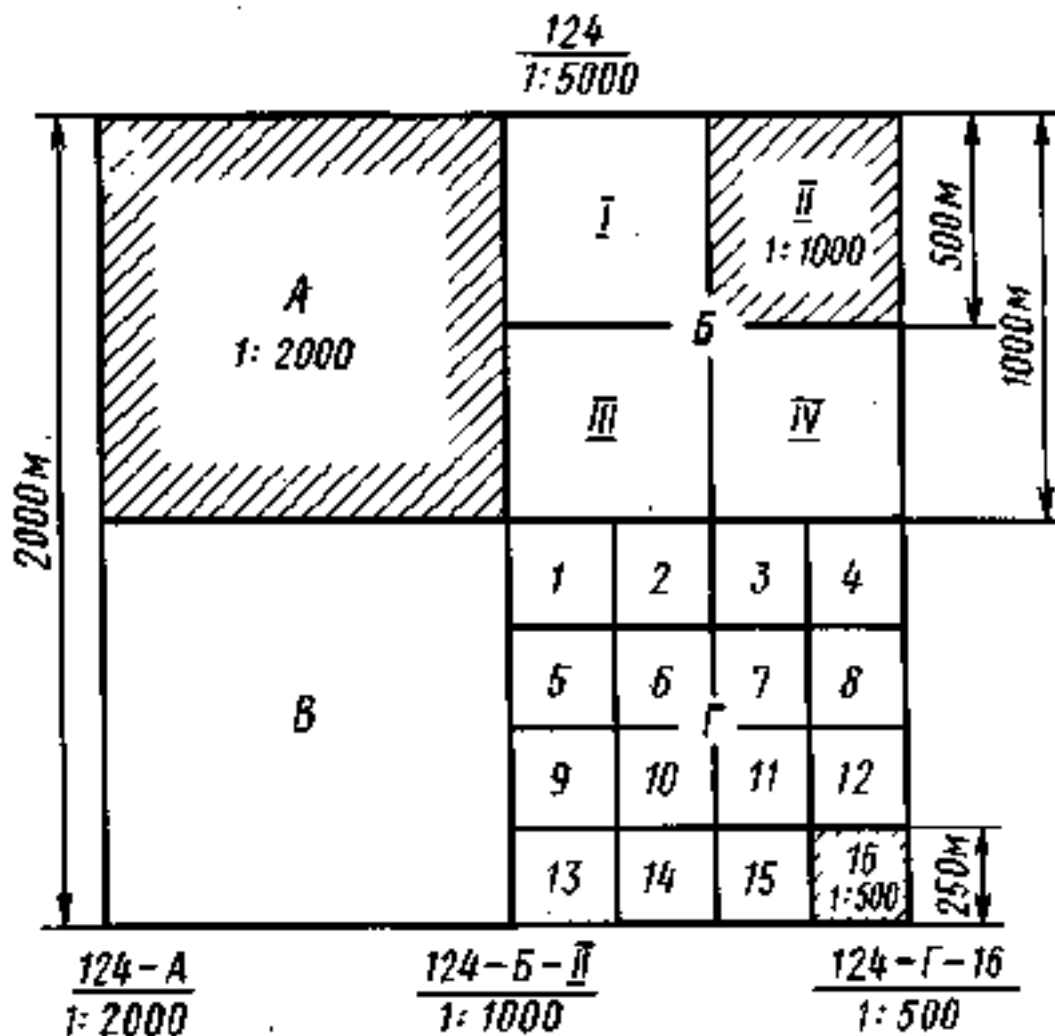


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16).

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.

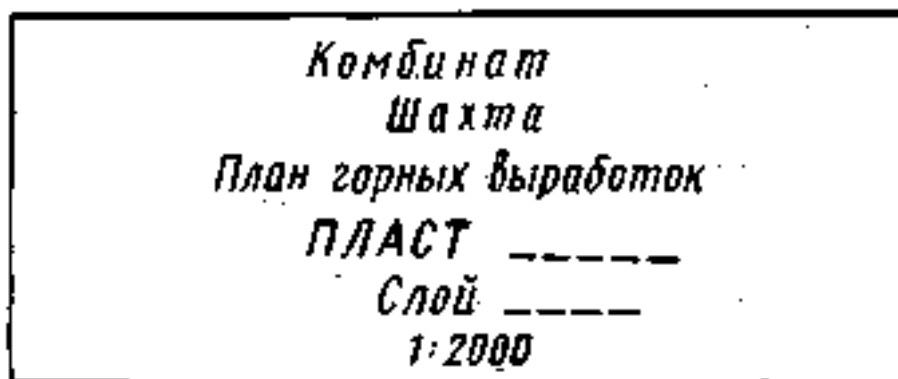


Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

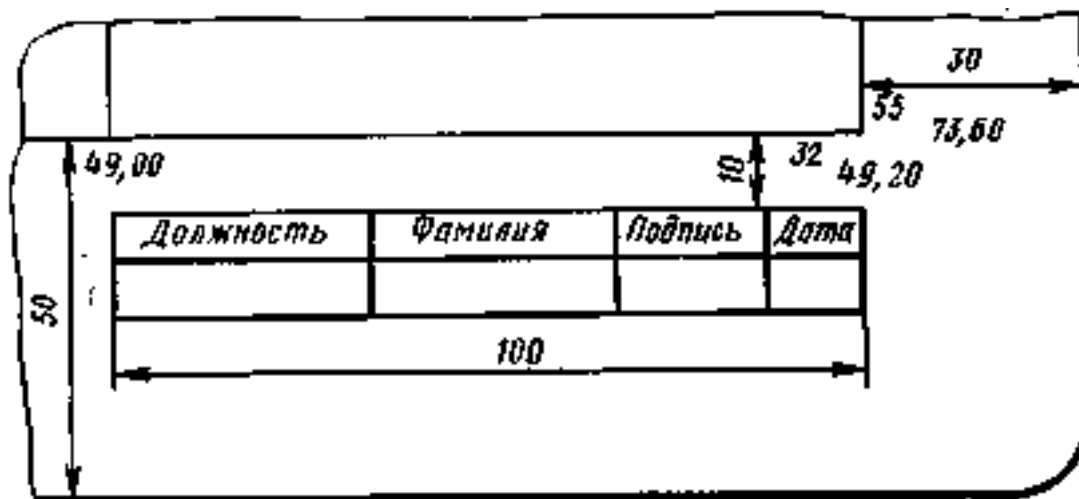


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

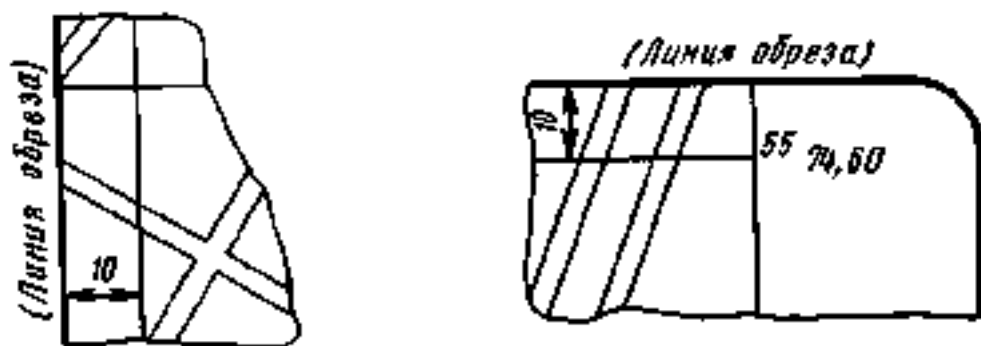


Рисунок 3.19

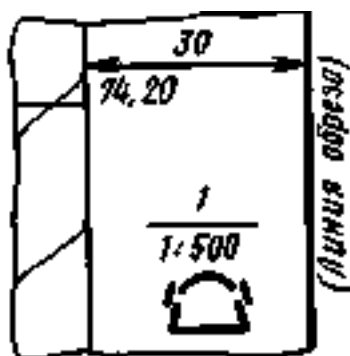


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Содержание надписи | Размер шрифта, мм |
|---|--|
| Числовые значения координаты | 2,5 |
| Названия чертежей | 4,0; 5,0; 6,0; 7,0;
8,0; 10,0; 14,0 |
| Числовые значения координат Y и X | 1,6; 2,0; 2,5 |
| Масштабы | 3,0 |
| Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах | 2,5 |
| Номенклатурные номера планшетов | 5,0 |
| Условные номера планшетов на схемах расположения | 3,0 |
| Обозначения сторон света | 3,0 |
| Номера планшетов на картограммах расположения | 5,0 |
| Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий | 2,5 |

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты Y и X для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

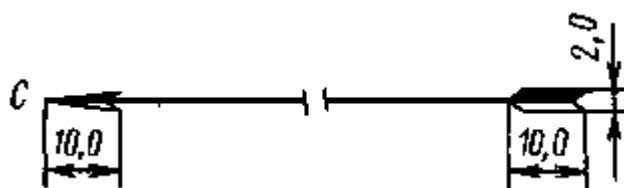


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

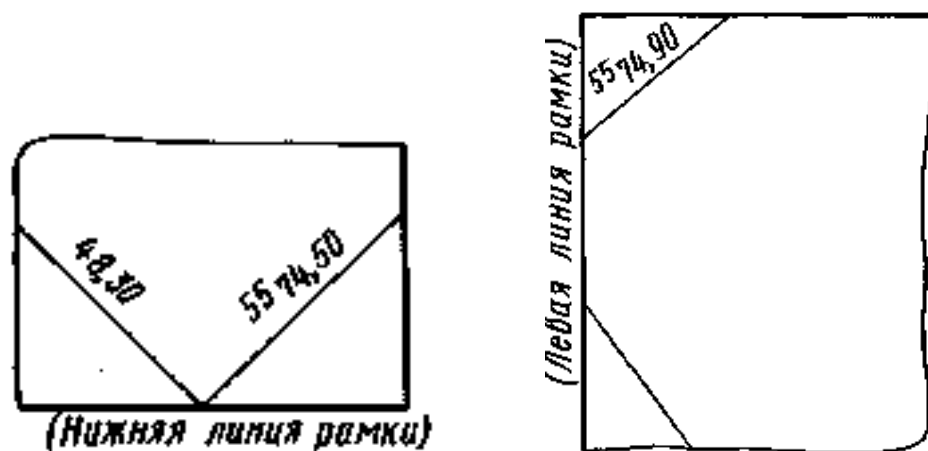


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат X и Y на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для немасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показываются следующими цветами:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| бетон, железобетон | – зеленый 7; |
| металл | - светлый фиолетовый 10 С; |
| кирпич, камень, шлакоблоки | – оранжевый 3; |
| дерево | - желтый 4. |

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

| | |
|---------|----------------------------|
| 0 или 5 | – светлый фиолетовый 10 С; |
| 1 или 6 | – светлый красный 2С; |
| 2 или 7 | – светлый зеленый 7С; |
| 3 или 8 | – оранжевый 3С; |
| 4 или 9 | – светлый синий 9С. |

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, обратная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька готовится из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на перо, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двуххромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от +5⁰С до +30⁰С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина *Коструктор* 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горнографической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7, 12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется за жиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе пищевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{\circ}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 x 40 см и 50 x 50 см с квадратами 10 x 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 x 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 x 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.
2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.
3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.
2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.
3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.
4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.
5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.
6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.
7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
 2. План застроенной части земной поверхности.
 3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
 4. План промышленной площадки.
 5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
 6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
 7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
 8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
 9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
 10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
 11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.
- Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по
учебно-методическому
комплексу
С.А.Упоров

20 ____ г.

Патко В.А.

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ
методические указания
к самостоятельной работе обучающихся специальности
21.05.04 «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 от 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Методические указания к практическим занятиям (семинарам)
3. Организация самостоятельной работы
4. Рекомендуемая литература

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Маркшейдерская документация» включает в себя основные правила составления, ведения и хранения маркшейдерской документации горнодобывающих предприятий на всех стадиях недропользования: разведке, эксплуатации, ликвидации или консервации лицензируемого участка недр и тематически связана с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».

Целью изучения практического курса «Маркшейдерская документация» является формирование у студентов:

- навыков практического применения теоретических знаний базовой специальности «Маркшейдерское дело» в решении вопросов государственного и корпоративного регулирования вопросов недропользования и маркшейдерского контроля;

- получение теоретических и практических знаний о нормативных требованиях и методах составления, ведения и хранения маркшейдерской документации;

- формирование теоретических и практических знаний и умений, которые дают возможность решать маркшейдерские задачи в соответствии с видами профессиональной направленности: производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной;

- знаний о полномочиях и функциях маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий при выполнении установленных государственных процедур для получения недр в пользование, по проектированию и планированию горных работ, рациональному использованию и охране недр при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, рекультивации нарушенных горными работами земель;

- владение входящими в компетенцию маркшейдерской службы правовыми, разрешительными, организационными и отчетными документами, ведение которых обеспечивается недропользователем.

Процесс изучения практического курса: ознакомление студентов с системами государственного устройства и управления в сфере недропользования, документооборота и делопроизводства при выполнении

установленных процедур – имеет целью получения представлений о роли будущей профессии в решении вопросов маркшейдерского сопровождения недропользования, а также включает практические занятия и самостоятельную работу студентов по изучению требований законодательных актов и нормативных документов к оформлению правоустанавливающей, составлению и разработке разрешительной и организационно-распорядительной документации, заполнению отчетной документации, правилах ведения полевой, вычислительной, графической горной документации, и оформления текстовых документов, условиях хранения и архивации маркшейдерских документов.

В процессе изучения дисциплины формируется следующая компетенция: способность организовывать деятельность подразделений маркшейдерского обеспечения недропользования, в том числе в режиме чрезвычайных ситуаций (ПСК-4-6).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ (СЕМИНАРАМ)

Целью практических занятий (семинаров) по изучаемому курсу дисциплины «Маркшейдерская документация» является:

- формирование указанной выше компетенции,
- закрепление на практике и углубление знаний теоретической части дисциплины,
- получения студентами навыков раскрытия изучаемой тематики дисциплины методами доклада и письменного эссе;
- приобретение навыков работы с различными источниками информации, в том числе с применением компьютерных технологий.

Тематика семинаров:

1. Правоустанавливающая документация.
2. Разрешительная документация.
3. Организационно-распорядительная документация.
4. Горно-графическая документация.
5. Отчетная документация.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

2.1 Общие положения

Цель самостоятельной работы при изучении курса – повышение эффективности изучения теоретической части дисциплины «Маркшейдерская документация» и полноценной работы на практических занятиях, а также получения навыков сбора и анализа информации печатных источников и специализированных сайтов Интернета.

Задачами самостоятельной работы являются систематизация и закрепление теоретических знаний, реализуемых методом практического моделирования процедур недропользования с выделением ситуативных аспектов, результатом которых является формирование комплектов маркшейдерской документации.

Тематические направления для самостоятельного изучения студентом приведены ниже.

Форма представления:

- эссе по тематике, предложенной преподавателем;
- вариантный опрос

2.2 Тематика курса «Маркшейдерская документация»

1. Техническая документация горного предприятия. Устав предприятия, ЕГРЮЛ, ОКВЭД. Правовой аспект маркшейдерской документации.
2. Правоустанавливающая документация. Лицензия на недропользование. Горный и земельный отводы. Акт о ликвидации или консервации горного предприятия.
3. Разрешительная документация. Технический проект. Проект производства маркшейдерских работ.
4. План развития горных работ
5. Организационно-распорядительная документация. Положение о маркшейдерской службе. Должностные инструкции работников маркшейдерской службы.
6. Горно-графическая маркшейдерская документация. Требования ИПМР к комплекту. Стандарты и регламенты.
7. Нормативные требования ведения полевых, вычислительных и сводных журналов и чертежей. Книга маркшейдерских указаний.
8. Отчетная документация. Формы Государственной статистической отчетности 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация).
9. Структура полного комплекта маркшейдерской документации. Процедуры согласования и утверждения. Условия архивации различных видов маркшейдерской документации

Ниже приводится перечень вопросов, предлагаемых к самостоятельному изучению обучающимися по материалам лекционных конспектов. Непонятые вопросы выносятся на следующее лекционное занятие в форме контрольного опроса и консультации (разъяснение). В целях лучшего усвоения лекционного материала обучающимся не рекомендуется оставлять невыясненные тематические вопросы до экзамена.

Тема 1: Техническая документация горного предприятия

- содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров.
- связь курса с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».
- уставная и техническая документация горнодобывающего предприятия.
- государственная регистрация и классификация предприятия – недропользователя.
- правовое значение маркшейдерской документации.

Тема 2: Правоустанавливающая документация

- получение правоустанавливающей маркшейдерской документации предприятием – недропользователем (арендатором недр) посредством участия в установленных государством процедурах:
 - лицензирования (в органах МПР РФ),
 - оформление горного отвода (в органах Ростехнадзора),
 - получение земельного отвода (в органах местного самоуправления),
 - получение лицензии на производство МР (в органах Ростехнадзора).
- состав материалов комплекта правоустанавливающей документации:
 - лицензия на пользование недрами,
 - горный и земельный отводы,
 - лицензия на производство маркшейдерских работ.
- процедурное оформление документов.

Тема 3: Разрешительная документация

- комплект технической документации, приобретающей статус разрешительной после её согласования в органах государственной исполнительной власти (Ростехнадзор, Росприроднадзор, Минприроды, Департаменты субъектов федерации по недропользованию) и утверждения первым руководителем предприятия.
- состав комплекта разрешительной документации:

технический проект,
план развития горных работ,
проект производства маркшейдерских работ.

- содержание, основные положения и оформление разрешительных документов.

- обязанности пользователя недр по соблюдению технических проектов, планов развития горных работ, недопущения сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых.

Тема 4: План развития горных работ

- понятие о планировании.

- перспективное и текущее планирование.

- план развития горных работ как документ перспективного (годового) планирования, составленный маркшейдерской службой совместно с другими технологическими подразделениями предприятия, определяющий направление развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, в том числе объемы вскрышных, горно-подготовительных и рекультивационных работ.

- основание для разработки годовых планов. Правовое условие для специализированных проектных организаций.

- технический проект – документальная основа планирования.

- состав планов развития горных работ: направления и объемы производства геологоразведочных работ, переработки и обогащения минерального сырья, нормативы эксплуатационных потерь, нормативы потерь полезных ископаемых при переработке и обогащении, мероприятия по охране недр и промышленной безопасности.

- оформление материалов планов, согласование и утверждение.

Тема 5: Организационно – распорядительная документация

- маркшейдерская служба – неотъемлемая и составная часть производственного контроля системы промышленной безопасности горнодобывающего предприятия.

- положение о маркшейдерской службе – документ, регламентирующий кадровый состав, должностные права и обязанности работников маркшейдерской службы.

- должностные инструкции работников маркшейдерской службы закрепляют функциональные обязанности, декларируют производственные полномочия в рамках обязанностей маркшейдерского контроля горнодобывающих предприятий.

- книга маркшейдерских указаний - основной документ по доведению до руководителей участков, цехов и других подразделений организации обязательных для исполнения указаний по вопросам маркшейдерского обеспечения горных работ, а также по устранению

нарушений требований законодательства о недрах, промышленной безопасности, охране недр и окружающей природной среды, проектной и технологической документации, годовых планов развития горных работ (годовых программ работ).

Тема 6: Горно-графическая документация

- состав маркшейдерской горно-графической документации и её классификация по назначению и содержанию: первичная (поле, забой, промплощадка), вычислительная (все виды камеральных работ), графическую (маркшейдерские чертежи).

- маркшейдерская горно-графическая документация – комплект журналов первичных вычислений, инструментальных наблюдений, журналов камеральной обработки и сводных маркшейдерских материалов (книг, журналов, актов, протоколов, справок, форм статистических наблюдений). Требования регламентов и ГОСТов.

Тема 7: Нормативные требования к документации

- законодательные и нормативные требования к составу и содержанию комплекта маркшейдерской документации.

- назначение и порядок исполнения чертежей.

- маркшейдерские чертежи (планы, разрезы и профили).

- условные знаки и ГОСТы.

- классификация и масштабы по инструктивным требованиям и условиям.

- нормативные сроки пополнения.

- условия хранения и архивации.

Тема 8: Отчетная документация

- сущность и задачи отчетной маркшейдерской.

- основные принципы построения отчетных документов (актов и справок).

- правовые нормы и правила заполнения форм государственной статистической отчетности.

- выбор отчетных форм в зависимости от специфики добываемого минерального сырья.

- погашенные балансовые запасы.

- основное уравнение отчетной формы 5-ГР.

- система отчетных форм фактического извлечения полезных ископаемых из недр.

- оценка нормативных показателей извлечения из недр в статистически измеренных величинах фактических величин потерь.

- формы государственных статистических наблюдений: 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация), 2-ТП (водхоз). Содержание и правила заполнения форм.

- контроль и обобщение данных маркшейдерского учета.

Тема 9: Процедурные вопросы документации в государственной системе недропользования

- правовые вопросы необходимости долговременного существования и практического использования маркшейдерской документации в практике горного производства при различных организационно-правовых формах предприятий и формах собственности на недра.

- государственный контроль недропользования, реализуемый процедурами согласования и утверждения маркшейдерской документации. Ведомственный контроль горно-графической документации.

- экспертизы: промышленной безопасности, охраны недр, строительной, экологической при разработке и производственном внедрении разрешительной документации.

- наличие полного комплекта документации как показатель эффективности работы маркшейдерской службы.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Закон РФ «О недрах» от 03.03.1995 № 27-ФЗ.

2. Положение о геолого-маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр, РД

3. Правила охраны недр, ПБ 07-601-03.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Н.В. Кортев, А.Т. Леонтьев, А.В. Самарин

ДОКУМЕНТАЦИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 5 |
| 2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ..... | 11 |
| 2.1 Общие требования..... | 11 |
| 2.2 Порядок брошюровки работы..... | 12 |
| 2.3 Требования к оформлению титульного листа..... | 12 |
| 2.4 Требования к оформлению реферата..... | 14 |
| 2.5 Требования к оформлению содержания..... | 15 |
| 2.6 Требования к оформлению введения..... | 15 |
| 2.7 Требования к оформлению основных разделов документа..... | 16 |
| 2.7.1 Построение документа..... | 16 |
| 2.7.2 Изложение текста документов..... | 18 |
| 2.7.3 Требования к оформлению формул..... | 20 |
| 2.7.4 Требования к оформлению примечаний..... | 23 |
| 2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций..... | 24 |
| 2.7.6 Построение таблиц..... | 24 |
| 2.8 Требования к оформлению заключения..... | 28 |
| 2.9 Требования к оформлению списка литературы..... | 28 |
| 2.10 Требования к оформлению приложений..... | 30 |
| 3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ..... | 32 |
| 3.1 Виды горно-графической документации..... | 32 |
| 3.2 Комплектность горно-графических документов..... | 32 |
| 3.3 Общие правила выполнения горных чертежей..... | 33 |
| 3.3.1 Форматы..... | 33 |
| 3.3.2 Масштабы..... | 33 |
| 3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы..... | 34 |
| 3.3.4 Нанесение размеров..... | 37 |
| 3.3.5 Основные надписи..... | 39 |
| 3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей..... | 41 |
| 3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов..... | 43 |
| 3.4.3 Рамки и поля чертежей..... | 45 |
| 3.4.4 Сетка координат..... | 49 |
| 3.5 Правила выполнения условных обозначений..... | 51 |
| 3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности..... | 55 |
| 3.6.1 Чертежная бумага и пластики..... | 55 |
| 3.6.2 Тушь, краски..... | 58 |
| 3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности..... | 60 |
| 4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... | 65 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская документация включает журналы измерений, вычислительную, текстовую и графическую документацию.

К оформлению различного вида маркшейдерских документов предъявляются определенные требования в соответствии с действующими межгосударственными и федеральными стандартами, инструкциями и положениями. Таких же требований следует придерживаться при составлении отчетной документации о выполнении маркшейдерских работ в учебных целях (отчетов по практикам и лабораторным работам, курсовых проектов, рефератов, выпускных квалификационных работ и т.п.).

Данное учебное пособие содержит сведения о правилах оформления различных маркшейдерских документов, в основу которых положены требования межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 "Общие требования к текстовым документам", ГОСТ 2.850 (851, 852, 853, 854, 855, 856, 857) – 75 "Горная графическая документация", Инструкции по производству маркшейдерских работ.

1 ЖУРНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выполнении работ, связанных с производством маркшейдерско-геодезических измерений, следует использовать специальные журналы измерений. Форма журналов должна соответствовать виду выполняемой работы.

При работах, на земной поверхности и открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых используются журналы:

- угловых и линейных измерений в полигонометрических ходах;
- геометрического нивелирования;
- технического нивелирования;
- угловых и линейных измерений при определении пунктов съемочной сети;
- угловых и линейных измерений в теодолитных ходах;
- съемки (мензульной, тахеометрической, стереофотограмметрической, ординатной) поверхности карьеров, складов полезного ископаемого;
- разбивочных работ;
- нивелирования транспортных путей;
- измерений по проверке соотношений геометрических элементов горнотранспортного оборудования.

При подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых, кроме необходимых журналов из числа вышеперечисленных:

- измерений при ориентировании подземных маркшейдерских опорных сетей;
- передачи высот от реперов на земной поверхности к пунктам подземной маркшейдерской опорной сети;
- угловых и линейных измерений в подземных опорных и съемочных сетях;
- технического нивелирования;

- съемки стенок и армировки шахтных стволов;
- замеров горных выработок;
- проверки соотношений геометрических элементов подъемных установок.

При строительстве горного предприятия (кроме необходимых журналов из числа приведенных):

- определение пунктов разбивочной сети;
- проходки вертикальных шахтных стволов;
- армирования шахтных стволов;
- съемки замораживающих скважин.

Типовые формы журналов представлены на рисунках 1.1 – 1.3.

Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

Основные правила ведения журналов следующие.

- Каждому журналу присваивается номер.
- Страницы журнала нумеруются, на последней странице указывается общее количество страниц.
- Записи в журналах должны быть четкими. Рекомендуемое написание цифр представлено на рисунке 1.4. Размер цифр задается высотой единицы (шириной строки). Все остальные цифры пишутся на $\frac{1}{3}$ больше единицы. При этом четные цифры выступают на $\frac{1}{3}$ строки вверх, а нечетные на $\frac{1}{3}$ вниз.

Рисунок 1.4 – Написание цифр

- Ошибочные результаты зачеркивают, а повторные записывают в новых строках.
- Указывается дата и место измерений.
- Указывается тип и номер измерительного прибора.
- Указывается фамилия исполнителей.

Вычислительная документация включает журналы и ведомости для обработки результатов полевых измерений и решения различных инженерных задач.

При работах на земной поверхности и открытом способе добычи полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация горного предприятия включает журналы (каталоги):

- вычисления длин сторон полигонометрических ходов;
- вычисления и уравнивания полигонометрических ходов;
- уравнивания нивелирных ходов и вычисления высот пунктов маркшейдерской опорной сети;
- подсчета объемов полезного ископаемого на складах;
- подсчета объемов выемки горной массы и полезного ископаемого;
- вычисления координат и высот пунктов маркшейдерской съёмочной сети;
- подсчета объемов перемещения почв и горных пород при рекультивации земель;
- каталог координат и высот пунктов маркшейдерской опорной съёмочной сети;
- каталог координат и высот устьев разведочных и технических скважин.

При подземном способе разработки месторождения полезных ископаемых маркшейдерская вычислительная документация, кроме необходимой документации из числа вышеприведенной, содержит журналы:

- вычисления ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети и передачи высот;
- вычисления длин сторон подземных полигонометрических ходов;
- вычисления координат пунктов подземных маркшейдерских опорных и съёмочных сетей (отдельно по опорным и съёмочным сетям);
- вычисления высот пунктов, определенных тригонометрическим нивелированием;

- вычисления высот пунктов, определенных геометрическим нивелированием;
- учета горных работ (прохождения очистных забоев, объемов выработанного пространства, добычи полезного ископаемого).

Основным требованием ведения вычислительной документации является четкость и однозначность, т.е. должна полностью исключаться возможность двойного толкования записанных результатов.

При оформлении вычислительных документов необходимо указывать источники исходных данных. Вычислительная документация должна быть подписана исполнителем работ и проверяющим.

Образец оформления вычислительной документации приведен на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5

2 ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Маркшейдерская документация, такая как пояснительные записки к планам развития горных работ, отчеты по выполненным научно-исследовательским или производственным работам, должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам.

2.1 Общие требования

Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью, пастой;
- машинописным, при этом шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Копии документов выполняются одним из следующих способов:

- типографским;
- ксерокопированием;
- светокопированием.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки рукописным способом, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Текстовые документы как правило оформляются на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Для формата А 4 следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм).

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного

текста машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям ксерокопирования.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Номера страниц следует проставлять внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

Нумерация страниц до раздела "Содержание" включительно ведется римскими цифрами, остальных страниц документа – арабскими (начиная с цифры 1).

2.2 Порядок брошюровки работы

Работа брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование (если есть);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

2.3 Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом документа. Титульный лист выполняют на листах формата А4 по следующей форме (рис. 2.1):

| | |
|--|--|
| МИНОБР РОССИИ
поле 1 | |
| ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
поле 2 | |
| Кафедра маркшейдерского дела
поле 3 | |
| <p style="text-align: right;">УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Жабко
" ____ " _____ 2019 г.</p> <p style="text-align: center;">поле 4</p> | |
| ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОСТОЧНОГО БОРТА
КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

поле 5 | |
| Выпускная квалификационная работа
поле 6 | |
| Исполнитель
Петров И.Л.
МД – 97 – 1 | Руководитель
д-р техн. наук
Туринцев Ю.И. |
| поле 7 | |
| Екатеринбург
2019
поле 8 | |

Рисунок 2.1 – Образец титульного листа

- поле 1 — наименование министерства;
- поле 2 — полное наименование вуза;
- поле 3 – наименование факультета (кафедры);
- поле 4 – в левой части (поле согласования) – не заполняется, в правой части (поле утверждения) — УТВЕРЖДАЮ, Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени заведующего кафедрой;
- поле 5 — наименование (строчными буквами) работы;
- поле 6 – вид работы;
- поле 7 - в левой части - шифр учебной группы , Ф.И.О., подпись разработчика документа;
- поле 7 – в правой части -Ф.И.О. с указанием ученого звания и ученой степени руководителя работы;
- поле 8 - город – год.

2.4 Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример реферата.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет об учебной маркшейдерской практике 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ШАХТА, ПОЛИГОН, ИЗМЕРЕНИЯ, ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА, КООРДИНАТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по методике выполнения маркшейдерских работ путем выполнения комплекса маркшейдерских работ на поверхности и на горизонте 262 м шахты "Южная" ОАО "Березовский рудник".

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

2.5 Требования к оформлению содержания

Содержание документа включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и номера страниц.

Слово "СОДЕРЖАНИЕ" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами.

2.6 Требования к оформлению введения

Слово "ВВЕДЕНИЕ" записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Введение должно содержать:

- основание для выполнения работы;
- исходные данные;
- цели и задачи работы.

Раздел "ВВЕДЕНИЕ" не нумеруется.

2.7 Требования к оформлению основных разделов документа

2.7.1 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример нумерации разделов работы:

1 Геологическая характеристика месторождения

1.1 Геологическое строение

1.2 Тектоника

1.3 Гидрогеологические условия

} ***Нумерация подразделов
первого раздела документа***

2 Технология разработки месторождения

2.1 Система разработки

2.2 Горное оборудование

2.2.1 Буровые станки

2.2.2 Погрузочное оборудование

2.2.3 Транспортное оборудование

} ***Нумерация пунктов второго
подраздела второго раздела***

3 Маркшейдерские работы при разработке месторождения

3.1 Опорные и съемочные сети

3.2 Методика выполнения маркшейдерских работ

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: *2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т.д.*

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, а при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

- a) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

- в) _____
 - 1) _____
 - 2) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении

рукописным способом — 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела—2 интервала, при выполнении рукописным способом— 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.7.2 Изложение текста документов

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требования в тексте должны применяться слова “должен”, “следует”, “необходимо”, “требуется, чтобы”, “разрешается только”, “не допускается”, “запрещается”, “не следует”. При изложении других положений следует применять слова - “могут быть”, “как правило”, “при необходимости”, “может быть”, “в случае” и т.п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста документа, например “применяют”, “указывают” и т. п.

В документах должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской

орфографии, соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед (отрицательными значениями величин (следует писать слово “минус”);

- применять знак “Ø” для обозначения диаметра (следует писать слово диаметр”). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак “Ø”;

- применять без числовых значений математические знаки, например $>$ (больше), $<$ (меньше), $=$ (равно), \geq (больше или равно), \leq (меньше или равно), \neq (неравно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготавливаемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками - если надпись состоит из цифр и (или) знаков.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками, например, “Сигнал + 27 включено”.

Перечень допускаемых сокращений слов установлен ГОСТ 2.316 и ГОСТ 2.853-75. Если в документе принята особая система сокращения слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например “Средняя квадратическая

погрешность σ ".

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417,

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

1) Провести измерения длины семи линий с точность до 5 мм.

2) Отобрать 15 проб для испытаний на прочность.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например ***1,50; 1,75; 2,00 м.***

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4 От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание “должно быть не более (не менее)”.

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание “не должно быть более (менее)”.

Например, *содержание полезного компонента должно быть не менее 14 %.*

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требований нормативных документов, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для величин одного наименования должно быть одинаковым. Например, *если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.*

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать его в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, 5/32.

2.7.3 Требования к оформлению формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Пример — *Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле*

$$\sigma = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операции, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены машинописным, машинным способами или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках,

например,

... в формуле (1), (1.1), (1.1.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например **формула (B.1)**.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например **(3.1)**.

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

2.7.4 Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова “Примечание” ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример.

Примечание -

Данные приведены на 1999 г.

Примечания

1 _____

2 _____

2.7.5 Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается “*Рисунок 1*” или - “*Рисунок 1- Схема полигона*”.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - *Рисунок А.3*.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - *Рисунок 1.1*.

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования - в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – “*Рисунок 1 — Схема полигона*”.

2.7.6 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на два интервала. Например - *Таблица 1 - Сводные данные*.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена “Таблица 1” или “Таблица В.1”, если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово “таблица” с указанием ее номера.

Например: заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет

пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют колонку таблицы. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией двойной толщины.

Графу “Номер по порядку” в таблицу включать не допускается. Нумерация граф арабскими цифрами допускается и тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерация показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми

значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с приложением.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные и одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, *“Размеры в миллиметрах”*, *“Напряжение в вольтах”*, а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначения других единиц физических величин.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например *D — диаметр, H — высота, L — длина*.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов.

Ограничительные слова “более”, “не более”, “менее”, “не менее” и др. должны быть помещены в одной строке или графе таблицы с наименованием соответствующего показателя после обозначения его единицы физической величины, если они относятся ко всей строке или графе. При этом после наименования показателя перед ограничительными словами ставится запятая.

Пример оформления таблицы

Таблица 2.5 - Значения коэффициента k_T

| Средняя скорость
подвигания очистного
забоя C , м/мес | Глубина горных работ H , м | | |
|---|------------------------------|--------|------------|
| | до 100 | до 300 | ≥ 500 |
| 20 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| 60 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| до150 | 2,0 | 1,5 | 1,5 |

Примечание: промежуточные значения определяются интерполяцией

2.8 Требования к оформлению заключения

Слово "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" записывают симметрично тексту прописными буквами.

Заключение должно содержать краткое изложение результатов работы.

Раздел "ЗАКЛЮЧЕНИЕ" не нумеруется.

2.9 Требования к оформлению списка литературы

В конце текстового документа в разделе "Список литературы" следует приводить перечень литературы, которая была использована при составлении документа. Список литературы и ссылки на него в тексте выполняются по ГОСТ 7.1-76.

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т.д., материал которых использован при составлении документа. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

- заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);
- основного заглавия - название издания (книги, статьи и т.п.);
- места издания - название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М, Ленинград - Л., Санкт-Петербург - СПб.;
- издательства - наименование издательства приводят, как правило,

в сокращенной форме - Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;

- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографических ссылок:

Книга, имеющая более трех авторов и общего научного редактора

Теория тепломассообмена / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов и др.;
Под ред. А. И. Леонтьева. - М.: Высш. школа, 1979. - 495с.

Отдельный том (или часть) из двухтомного справочника

Палей М. А., Романов А. Б., Братинский В. А. Допуски и посадки: Справочник:
В 2 ч. Ч. 1. - Л.: Политехника, 1991. - 576с.

Методическое пособие (разработка, указания), изданное в ВУЗе

Расчет подшипников качения: Методические указания по курсу "Детали машин" / Н. В. Шабалин; Свердловский горный ин-т им. В. В. Вахрушева. - Свердловск, 1988. - 40с.

Стандарт

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82). Отчет о научно-исследовательской работе.
Структура и правила оформления. - М.: Изд-во стандартов, 1991. -18с.

Авторское свидетельство

А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 ; 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин. -Опубл. 30.03.83, Бюл. №12. - 2с.

Изобретение, запатентованное в нашей стране

Пат. 1007559 СССР, МКИ³ Р 02 М 35/10. Впускной трубопровод для двигателей внутреннего сгорания / М. Урбинати, А. Маннини (Италия) -Опубл. 23.03.83, Бюл. №11.- 5с.

Иностранный патент

Пат. 4050242 США, МКИ³ F 02 С 3/06. Miltiple bypass/ D.J. Dusa (США). - Опубл. 27.09.77, НКИ 60-204. - 3с.

Промышленный каталог

Центробежные консольные насосы с осевым входом для воды типов К и КМ:
Каталог / ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М., 1985. - 20с.

Отчет о научно-исследовательской работе

Проведение испытаний и исследований теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР / Всесоюз. заоч. ин-т. пищев. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В. М. Шавра. - ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057138; инв. №Б119699.-М., 1981.-90с.

Диссертация

Натепров В. И. Исследование газовых пищеварочных котлов с непосредственным обогревом: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969. - 133с.

Автореферат диссертации

Москвина С. И. Пути экономии металла за счет снижения потерь от коррозии в сфере обращения: Автореф. дис.... канд. экон. наук. - М., 1983. -24с.

Дипломный проект

Универсальный лабораторный стенд по курсу "Гидравлика и гидравлические машины": Дипломный проект / Немытов В. Н.; СИНХ. Кафедра МАПП. - Свердловск, 1989. -119с.

Статья из журнала

Кокурин В., Королева Н., Демидюк А. Проект базовой столовой на 500 мест для промпредприятия // Общественное питание. - 1983. - №2. - с. 28-29.

Статья из газеты

Подойницына О. Салат со стихами // Вечерний Екатеринбург. - 1995. -24 марта.

Статья из сборника научных работ

Луценко С. Д. Гибкие нагреватели для пищеварочных котлов // Процессы и аппараты пищевых производств: Межвузовский сборник / МИНХ им. Г. В. Плеханова. - М., 1985. - с. 124-128.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и, в необходимых случаях, страницы, например:

[18, т. I, с. 75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И.Н., 1965]

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы ссылаются на документ в целом или его разделы с указанием обозначения и наименования документа, номера и

наименования раздела. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются. Список литературы включают в содержание документа.

2.10 Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть: графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного — “рекомендуемое” или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается “Приложение А”.

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4.

Допускается оформлять приложения на листах формата, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

3 ГОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1 Виды горно-графической документации

Горно-графические документы подразделяются на два вида: Маркшейдерско-геологические документы и Эксплуатационно-технологические документы.

Маркшейдерско-геологические документы – это документы, выполненные на стадиях детальной разведки, строительства и разработки месторождения, составляемые по результатам натурных измерений и вычислений, отражающие рельеф и ситуацию земной поверхности территории экономической заинтересованности горного предприятия, геологические условия залегания месторождения твердого полезного ископаемого, пространственное положение и конфигурацию горных выработок, технологию разработки месторождения, качественную и количественную характеристику полезного ископаемого.

Эксплуатационно-технологические документы отражают: ведение горных работ; состояние проветривания горных выработок и пылегазового режима, рудничного транспорта и подъема, электротехнического хозяйства, рудничного освещения; предупреждение и тушение рудничных пожаров;

предотвращение затоплений действующих выработок, внезапных выбросов угля и газа, горных ударов; санитарные правила и т.д.

3.2 Комплектность горно-графических документов

Комплектность горно-графических документов регламентируется ГОСТ 2.850 – 75 и включает в себя набор маркшейдерско-геологических и эксплуатационно-технологических документов.

В свою очередь оба эти комплекта документов содержат большой набор конкретных планов, картограмм, разрезов, профилей, отражающих рельеф и ситуацию земной поверхности конкретного горного предприятия, характеристику геологической и гидрогеологической ситуации месторождения, границ и запасов поля горного предприятия, а так же комплект документов выработок горных предприятий, учитывающих конкретный способ разработки месторождения (подземный, открытый). Необходимый набор комплекта документов для каждого типа горного предприятия приведены в табл. 2, 3, 4, 5 ГОСТ 2.850 – 75.

3.3 Общие правила выполнения горных чертежей

Общие правила выполнения горных чертежей регламентируются и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.851 – 75. Данный стандарт устанавливает общие правила выполнения чертежей горной графической документации всех отраслей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых, независимо от формы собственности.

Стандарт не распространяется на планы земной поверхности горных предприятий, выполняемые по техническим требованиям ГУГК.

3.3.1 Форматы

Форматы горных чертежей, за исключением маркшейдерских планшетов выполняются на листах чертежной бумаги стандартных размеров согласно

ГОСТ 2.301.-68 Форматы. Предпочтение отдается основным форматам А1 и А4. Дополнительные форматы используются в случае необходимости.

Чертежи профилей рельсовых путей в подземных горных выработках и продольные профили коммуникаций на земной поверхности и на открытых разработках следует выполнять на формате с размерами 210 x 594 мм.

3.3.2 Масштабы

Масштабы изображений на горных чертежах должны выбираться из следующего ряда: 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000.

Разрезы, сечения, профили допускается выполнять в разных масштабах в горизонтальном и вертикальном направлениях. В таких случаях указывается сверху масштаб горизонтальный, а под ним – вертикальный.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной или титульной (для Маркшейдерско-геологических чертежей) надписи, следует указывать непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{\text{Вид А}}{1:500}; \frac{1}{1:100}; \frac{\text{Профиль пути откаточного штрека}}{\begin{matrix} 1:2000 \\ 1:200 \end{matrix}}$$

На маркшейдерско-геологических чертежах масштаб следует указывать под титульной подписью.

3.3.3 Линии, надписи, обозначения, таблицы

Начертания и основные назначения линий, кроме маркшейдерско-геологических чертежей выполняется согласно ГОСТ 2.303-68 и табл. 1 ГОСТ 2.851-75.

На маркшейдерско-геологических чертежах допускается толщина сплошной основной линии от 0,1 до 0,8 мм. На чертежах, применяемых в качестве технических плакатов, допускается увеличивать толщину линий по

сравнению с указанными в ГОСТ 2.303-68. Примеры применения линий показаны на рисунках 3.1 –3.4.

В случаях, когда на горных чертежах, кроме фактических контуров горных выработок, указывают и проектные контуры, то их следует выделять линиями того же типа, но меньшей толщины.

В этом случае допускается выделять проектные контуры цветом.

Надписи, условные и цифровые обозначения на горных чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи на топографических планах поверхности должны выполняться шрифтами, принятыми в условных знаках ГУГК.

Названия изображаемых объектов следует указывать полностью, если места для написания полного названия недостаточно, то допускается название сокращать в соответствии с ГОСТ 2.853-75.

Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

Рисунок 3.3

Рисунок 3.4

Надписи на горных чертежах, кроме маркшейдерско-геологических, следует располагать параллельно основной надписи – в контуре изображения, над ним или слева от него на линии – выноске (рисунок 3.5). Название или пояснительные надписи вытянутых объектов следует выполнять внутри изображения или над ним параллельно продольной оси (рисунок 3.6). Цифровые данные, поясняющие изображаемых объект, следует наносить справа от изображения (см. рисунок 3.1, 3.2, 3.3).

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Надписи на геолого-маркшейдерских чертежах и условных обозначениях следует выполнять шрифтами по ГОСТ 2.853-75.

Значения горизонталей, изогибс и других изолиний наносят в разрывах, при этом цифры основаниями должны быть направлены в сторону уклона (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7

Разрезы, сечения, профили на горных чертежах обозначаются по ГОСТ 2.305.-68. Допускается сечение, разрез, профиль сопровождать надписями, например: «Профиль рельсового пути откаточного штрека», «Геологический разрез», «Разрез в крест простирания».

Текстовую часть, помещаемую на поле чертежа, следует располагать над основной надписью (штампом) или оформлять в виде таблиц. Таблицы (подсчета объема горных выработок, подсчета объема и расхода материалов и т.д.) следует размещать на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполнять по ГОСТ 2. 205.- 68 (рисунок 3.8). Если на поле чертежа размещены одна или несколько разных таблиц, то допускается их не нумеровать и слово «Таблица» не писать. Тематический заголовок следует размещать над таблицей. При переносе таблицы следует повторить

головку таблицы и указать слово «Продолжение». Перенос таблицы следует выполнять справа на лево.

Таблица 4.1. – Подсчет объемов работ и расхода материалов

Рисунок 3.8

3.3.4 Нанесение размеров

Правила нанесения размеров на горных чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.307. – 68 и ГОСТ 2.851. – 75.

Линейные размеры на горных чертежах следует указывать в миллиметрах (рисунок 3.9). Кроме чертежей, на которых изображают большие площади и протяженные объекты, например: чертежи шахтных полей, чертежи систем разработки, схемы вскрытия, погоризонтные планы, планы горных работ, чертежи транспортных и энергетических коммуникаций, чертежи всех видов по открытым разработкам, чертежи целиков и т.д. На таких чертежах все линейные размеры следует приводить в метрах, не указывая единицы измерения (рисунок 3.10).

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Высотные отметки следует указывать в метрах с точностью до сотых долей. Отчетный уровень принимается за «нулевой» и обозначается цифрой «0». Отметки уровня ниже отсчетного следует указывать со знаком « - » (минус), выше отсчетного – со знаком «+» (плюс).

3.3.5 Основные надписи

Каждый лист горного чертежа должен иметь основную надпись (угловой штамп). На маркшейдерско-геологических чертежах допускается основную надпись не помещать. Маркшейдерско-геологические чертежи должны иметь титульную надпись (раздел 3.4).

Основную надпись следует располагать в нижнем правом углу чертежа. Над основной надписью каждого листа или слева от нее следует оставлять свободное поле (около 50 мм) для указаний о применении, снятии копии, дубликата, замены и т.д.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи для производственно-технических чертежей должны соответствовать приведенным на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11

В графах основной надписи (номера граф на чертеже показаны в скобках) следует указывать:

в графе 1 – наименование чертежа;

в графе 2 – наименование вышестоящей организации, которой подчиняется предприятие (министерство, главк, комбинат);

в графе 3 – конкретное содержание чертежа;

в графе 4 – обозначение чертежа (индекс, шифр, номер);

в графе 5 – наименование горного предприятия (шахта, рудник, карьер), выпускающего чертеж;

в графе 6 – сокращенное наименование отдела, разработавшего чертеж;

в графе 7—масштаб;

в графе 8—порядковый номер листа данного чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 — общее количество листов данного чертежа (графу заполняют только на первом листе);

в графе 10 — должности лиц, участвующих в выпуске чертежа;

в графе 11 — фамилию лица, подписывающего чертеж;

в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 10;

в графе 13—дату подписания чертежа;

в графах 14—18 — отметки об изменении чертежа, заполняют их в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74;

в графе 19—обозначение чертежа, повернутое на 180°;

в графе 20 — подпись лица, копировавшего чертеж;

в графе 21 — обозначение формата листа по ГОСТ 2.301—68.

Пример заполнения основной надписи приведен на рисунке 3.12.

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------------|-------------|--|------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | | | | Минобразования
РФ | 090100.00
ДП | |
| Должность | Фамилия | Подп. | Дата | | | Отдел | Масштаб |
| Студент | | | | Создание опорного
обоснования
на карьере “Уралруда” | ГТФ
Каф. МД | 1:100 | |
| Руковод. | | | | | | | |
| Консульт. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | |
| Зав. каф. | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| | | | | | УГГА | | |

Рисунок 3.12

3.4 Правила составления маркшейдерско-геологических чертежей

3.4.1 Виды маркшейдерско-геологических чертежей

Маркшейдерско-геологические чертежи в зависимости от назначения разделяют на исходные и производные. Исходные чертежи следует составлять непосредственно по результатам измерений, и они должны служить основой для составления всех маркшейдерско-геологических чертежей. Производные чертежи следует составлять на копиях исходных чертежей, дополняя их специальным содержанием в соответствии с назначением чертежа. Исходные чертежи следует составлять на стандартных планшетах. Размеры планшетов с учетом полей: 440 х 460 мм — в масштабе 1 : 5000; 540 х 560 мм — в масштабах 1 : 500—1: 2000.

Перечень исходных чертежей, составляемых на планшетах, и масштабов, должен соответствовать приведенному в таблице 3.1.

Ошибки при составлении исходных чертежей не должны превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Исходные чертежи следует выполнять на чертежной бумаге высшего качества ручного или машинного отлива, наклеенной на жесткую или мягкую основу для обеспечения длительного срока службы и хранения, и на недеформирующихся прозрачных синтетических материалах — пленках.

Исходные чертежи должны храниться в горизонтальном или вертикальном положении. Свертывать исходные чертежи запрещается.

Производные чертежи рекомендуется выполнять на прозрачных синтетических материалах, бумажной натуральной кальке, светочувствительной позитивной, диазотипной бумаге и бумажной светочувствительной диазотипной кальке.

Производные чертежи разрешается свертывать и складывать на формат 11 или 12 по ГОСТ 2.301—68.

Таблица 3.1.

| Название чертежей | Масштаб
(один из указанных) | Примечание |
|-------------------|--------------------------------|------------|
|-------------------|--------------------------------|------------|

| | | |
|--|------------------------------|---|
| План промышленной площадки | 1:500; 1:1000 | |
| Подземный способ разработки | | |
| План горных выработок по пласту, пластообразной залежи и россыпи | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи и россыпи зависимо от угла падения и мощности |
| План горных выработок по каждому слою (при выемке слоями, параллельными напластованию) | 1:1000;
1:2000 | Мощные пласты |
| Проекция горных выработок на вертикальную плоскость | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы с углами падения 60° и более |
| Разрезы вкрест простирания, приуроченные к основным вскрывающим выработкам | 1:1000;
1:2000 | Пласты, пластообразные залежи, россыпи, жилы, линзы, мощные рудные тела |
| План горных выработок по основным горизонтам горных работ | 1:1000;
1:2000;
1:5000 | Свита пластов крутого падения, мощные рудные залежи и жилы |
| Открытый способ разработки | | |
| План горных выработок по горизонтам горных работ | 1:500; 1:1000; 1:2000 | Карьеры |
| План горных выработок полигонов | 1:2000 | Прииски |
| Разрезы, приуроченные к разведочным линиям | 1:500, 1:1000; 1:2000 | Карьеры и прииски |
| Картограммы расположения планшетов, съемки земной поверхности и горных выработок | 1:5000; 1:10000;
1:25000 | Карьеры и прииски |

Примечание –

При протяженности изображаемого объекта не более 1 км допускается составлять перечисленные исходные чертежи на листах форматов по ГОСТ 2.301—68. В этом случае координатная сетка по отношению к рамке чертежа может быть расположена с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта.

Таблица 3.2

| Название ошибок | Допустимая величина ошибки, мм |
|--|--------------------------------|
| Ошибка взаимного положения точек пересечения линий сетки | ± 0,2 |

| | |
|--|-----------|
| координат | |
| Ошибка положения пунктов опорной и съёмочной сетки по отношению к линиям сетки координат | $\pm 0,4$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших друг к другу пунктов опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка положения четких контуров по отношению ближайшим пунктам опорной и съёмочной сети | $\pm 0,6$ |
| Ошибка взаимного положения ближайших точек четких контуров | $\pm 0,8$ |

3.4.2 Картограммы и схемы расположения планшетов

Чертежи горных выработок при открытом и подземном способах разработки месторождений для участков менее 20 км² составляют на квадратных планшетах, размеры которых указаны в п. 3.4.1. Исходным форматом для деления на планшеты принимают лист в масштабе 1:5000, охватывающий площадь 2х2 км. Деление листа в масштабе 1 :5000 на планшеты в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 и составление их номенклатур показаны на рисунке 3.13.

Картограммы расположения планшетов карт и планов следует составлять для всей территории экономической заинтересованности горного предприятия, тел полезных ископаемых и горизонтов горных работ в целом; картограммы расположения планшетов с разрезами и проекциями на вертикальную плоскость следует составлять от земной поверхности до нижнего проектного горизонта горных работ.

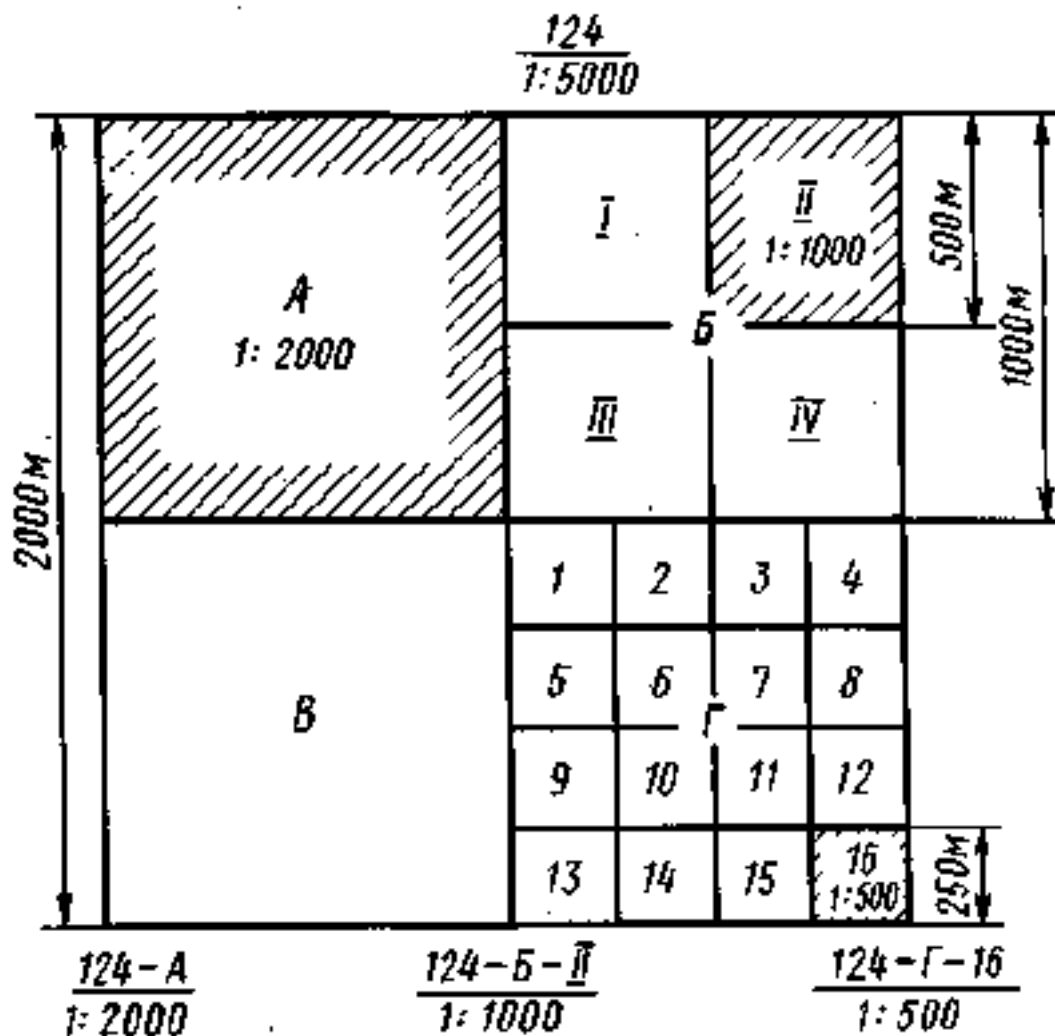


Рисунок 3.13

Каждую картограмму расположения планшетов чертежей одного и того же названия и масштаба следует составлять на отдельном планшете. Масштаб картограммы следует выбирать в зависимости от размеров горного отвода, тел полезных ископаемых, горизонтов горных работ и глубины разработок с таким расчетом, чтобы все картограммы поместились на одном планшете.

На картограмме следует показывать планшеты в виде клеток и важнейшие ориентирующие объекты ситуации земной поверхности, горные выработки или геологические нарушения. В клетках следует указывать условные номера планшетов.

Положение планшета в картограмме следует показывать на нижнем поле планшета в виде схемы, без соблюдения масштаба картограммы.

На схемах, кроме данного планшета, отмеченного штриховкой, следует изображать примыкающие к нему планшеты и указывать их условные номера по картограмме (рисунок 3.14).

При изображении схемы планшета вертикального разреза или проекции на вертикальную плоскость следует указывать высотные отметки горизонтальных линий сетки, приуроченных к горизонтам горных работ (рисунок 3.14 б).

Рисунок 3.14

3.4.3 Рамки и поля чертежей

Линии рамок чертежей, выполняемых на планшетах, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии от линии обреза планшета по 10 мм сверху и слева, 30 мм справа и 50 мм снизу. Линии рамок чертежей проводить не следует, если они совпадают с линиями координатной сетки (рисунок 3.15). Линии рамки чертежей, выполняемых на форматах листов по ГОСТ 2.301—68, следует выполнять толщиной 0,2 мм на расстоянии 10 мм от верхнего, левого и правого края листа и 50—60 мм снизу. Если на поле чертежа помещают титульную надпись, то нижнюю линию рамки следует проводить на расстоянии 10 мм от линии обреза листа. В середине нижнего поля чертежа следует помещать титульную надпись. Титульная надпись должна содержать название вышестоящей организации и горного предприятия (комбината, шахты, карьера), название чертежа и его масштаб (рисунок 3.16).

Рисунок 3.15

В титульной надписи следует указывать: для планов горных выработок и геологических разрезов—обозначение горизонта (например, «Горизонт—215 м»), для приисков—номер или название полигона. Вместо слова «пласт» в четвертой строке соответственно месторождению следует указывать «залежь», «линза» и т. д.



Рисунок 3.16

В левой стороне нижнего поля планшета следует помещать схему расположения планшета среди планшетов, примыкающих к нему, с указанием их условных номеров по картограмме (рисунок 3.17).

Рисунок 3.17

В правой стороне нижнего поля планшета следует помещать таблицу, в которой указывают должность, фамилию, подпись лица, начавшего составление планшета, и дату (рисунок 3.18).

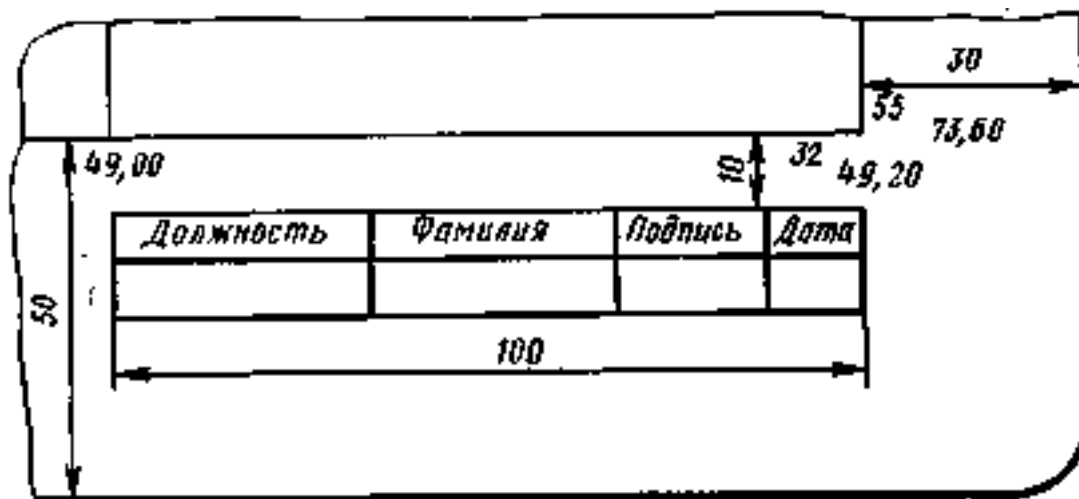


Рисунок 3.18

На левом и верхнем полях планшета по линии обреза следует наносить линии сетки и изображать объекты со смежных планшетов (рисунок 3.19).

На правом поле планшета следует изображать выноски отдельных элементов изображения в более крупном масштабе. Около выноски следует указать ее номер и масштаб (рисунок 3.20).

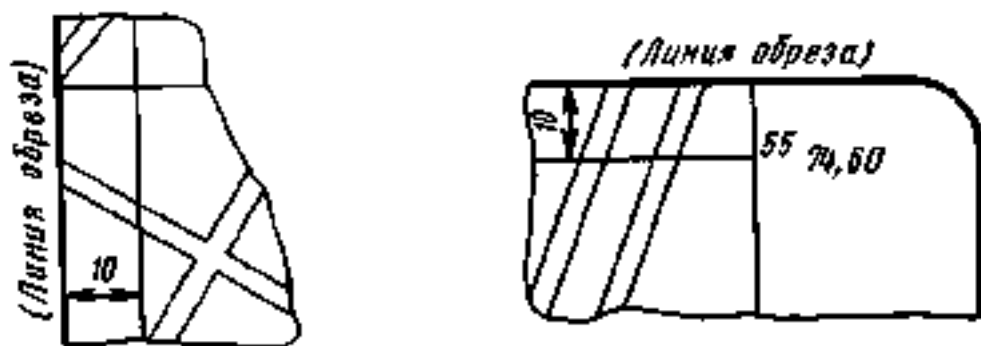


Рисунок 3.19

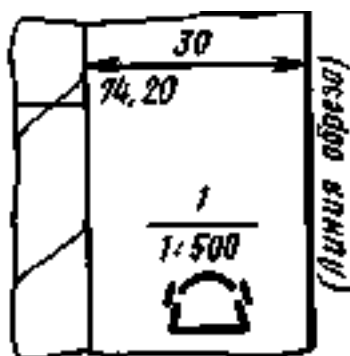


Рисунок 3.20

Размеры шрифта для надписей, выполняемых за пределами рамки чертежей, должны соответствовать приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Содержание надписи | Размер шрифта, мм |
|---|--|
| Числовые значения координаты | 2,5 |
| Названия чертежей | 4,0; 5,0; 6,0; 7,0;
8,0; 10,0; 14,0 |
| Числовые значения координат Y и X | 1,6; 2,0; 2,5 |
| Масштабы | 3,0 |
| Заголовки и записи в таблице подписей на чертежах | 2,5 |
| Номенклатурные номера планшетов | 5,0 |
| Условные номера планшетов на схемах расположения | 3,0 |
| Обозначения сторон света | 3,0 |
| Номера планшетов на картограммах расположения | 5,0 |
| Номера следов вертикальных разрезов, проекции на вертикальную плоскость, линий совмещения, разведочных линий, точек поворота следов и линий | 2,5 |

3.4.4 Сетка координат

На планшеты и листы карт и планов должна быть нанесена квадратная координатная сетка со стороной 100 мм черной тушью сплошными тонкими линиями толщиной 0,1 мм (рисунок 3.15).

Координаты Y и X для линий сетки следует указывать до сотых долей километра, для линий сетки с наибольшим и наименьшим значениями координат они должны быть указаны полностью, а для всех остальных линий — начиная с десятков километров (рисунок 3.17 – 3.20).

На чертежах производной, а также производственно-технической документации вместо линий сетки допускается изображать только их пересечения длиной 6 мм через 100 мм без оцифровки координат. В этом случае координатную сетку по отношению к рамке можно располагать с учетом наилучшего размещения изображаемого объекта. При этом на чертеже следует изобразить стрелку меридиана (рисунок 3.21). Стрелку меридиана следует изображать также в случаях, когда в изображении сетки нет необходимости или для сетки, параллельной рамкам чертежа, при отсутствии координат, а также для сетки непараллельной рамкам чертежа. Длина стрелки должна быть пропорциональна размеру чертежа.

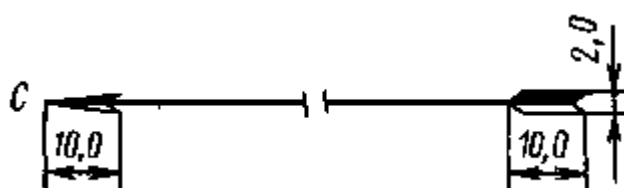


Рисунок 3.21

В случае непараллельности линий сетки линиям рамки чертежа координаты линий сетки следует указывать внутри рамки вдоль нижней и левой ее линий (рисунок 3.22).

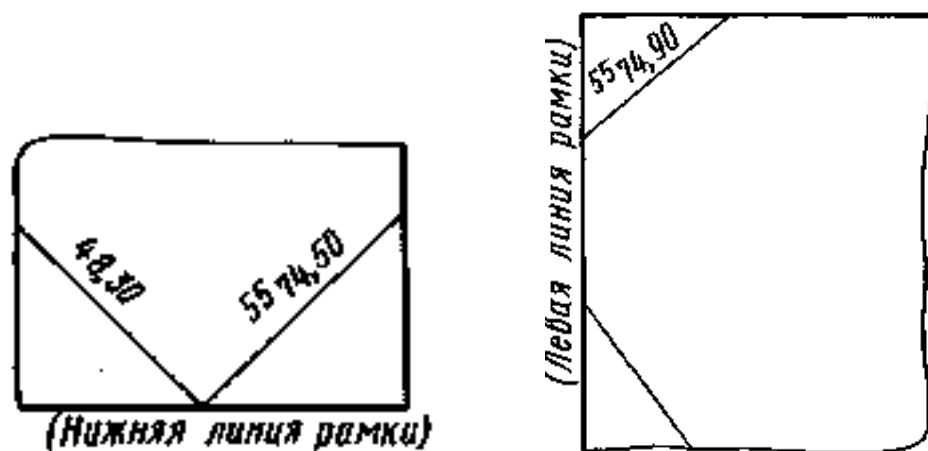


Рисунок 3.22

Сетку координат на вертикальных разрезах и проекциях на вертикальную плоскость следует изображать согласно рисунку 3.23.

Рисунок 3.23

Горизонтальные линии сетки на вертикальных разрезах и проекциях следует изображать сплошными тонкими линиями синего цвета толщиной 0,1 мм. У линий горизонтов (глубин) на правом поле планшета следует указывать числовые значения: без скобок – высотные отметки горизонтов, в скобках –

глубины от поверхности. Линии горизонтов оцифровываются кратными 10, 20 м и более в зависимости от высоты горизонтов горных работ, этажа, системы разработки и масштаба разреза или проекции.

Вертикальные линии сетки на разрезах и проекциях соответствуют положению точек пересечения следов вертикальных плоскостей с одной из линий сетки координат X и Y на плане.

3.5 Правила выполнения условных обозначений

При вычерчивании горной графической документации (планы, разрезы, профили и т.д.) применяют масштабные, разномасштабные, безмасштабные и пояснительные условные обозначения. Масштабные условные обозначения применяют, когда объект может быть изображен в масштабе чертежа. Разномасштабные условные обозначения применяют для изображения вытянутых объектов, размер которых по ширине не может быть выражен в масштабе чертежа. Безмасштабные условные обозначения применяют в случаях, когда размеры объекта не возможно выразить в масштабе чертежа.

Масштабные и разномасштабные условные обозначения наносят на чертежи в соответствии с размерами и положением изображаемых объектов в натуре. Безмасштабные условные обозначения наносят так, чтобы их центры и ориентировка на чертежах соответствовали центрам и ориентировке объектов в натуре.

Размеры разномасштабных и безмасштабных условных обозначений приведены в ГОСТ 2.854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 и даны в миллиметрах. Условные обозначения в форме равносторонних фигур (квадратов, треугольников, ромбов) строят по размеру, указанному для одной из сторон. Для вычерчивания условных обозначений используют линии различной толщины и начертания (сплошные, штриховые, пунктирные) согласно ГОСТ 2. 853. – 75.

Пояснительные условные обозначения применяют как дополнительные к масштабным, разномасштабным и безмасштабным условным обозначением

при изображении геометрических элементов (осей, стрелок, стрелок направлений и др.).

Размеры шрифта для пояснительных надписей около условных обозначений должны быть высотой: 1,6; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 мм в зависимости от изображаемого объекта и масштаба чертежа. Конкретные размеры следует выбирать в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 2. 853. – 75. Надписи наносят шрифтом ГОСТ 2. 304 – 68, а также наклонным узким.

Названия объектов, изображаемые масштабными, разномасштабными условными обозначениями, как правило, указывают полностью. Если места для полного названия недостаточно, то его следует указывать сокращенно. Для немасштабных условных обозначений применяют названия объектов только в сокращенном виде.

На масштабных условных обозначениях названия и цифровые данные следует помещать на площади условных обозначений, ориентируя их вдоль длинной стороны объекта (рисунок 3.24, а). Если надписи не помещаются внутри условного обозначения, то названия следует наносить слева от условных обозначений, а цифровые данные справа, ориентируя их параллельно нижней рамки чертежа (рисунок 3.24, б). Аналогично располагают надписи и цифровые данные для безмасштабных условных обозначений (рисунок 3.24, в).

На плане горных выработок на масштабных условных обозначениях названия помещают рядом с выработкой и параллельно ей. Названия стволов следует ориентировать параллельно изображению околоствольных выработок. На безмасштабных условных обозначениях названия и номера следует указывать слева, а цифровые данные справа от условных обозначений, ориентируя их параллельно изображению выработок.

На всех чертежах для разномасштабных и пояснительных условных обозначений вытянутой формы названия и цифровые данные указывают вдоль этих обозначений, ориентируя их, как показано на рисунке 3.24,г. Для отдельных пояснительных условных обозначений указывают только цифровые данные, помещая их справа параллельно контурам (рисунок 3.24, д).

-

Рисунок 3.24

На оригиналах чертежей условные обозначения следует выполнять в основном черным цветом. Некоторые условные обозначения или их отдельные элементы дополняют цветами хроматической гаммы. При этом цвет условных обозначений должен соответствовать опорной шкале цветов ГОСТ 2. 853. – 75 табл. 2. Указания о цвете условных обозначений приведены в ГОСТ 2. 854. – 75 – ГОСТ 2. 857. – 75 в графе «Цвет».

На чертежах, предназначенных для размножения и на чертежах производной документации цветовые условные обозначения и их элементы выполняются черным цветом.

Строительные материалы и материалы крепей горных выработок показываются следующими цветами:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| бетон, железобетон | – зеленый 7; |
| металл | - светлый фиолетовый 10 С; |
| кирпич, камень, шлакоблоки | – оранжевый 3; |
| дерево | - желтый 4. |

Годовые канты по контуру очистной выработки на чертежах горных выработок (сводных планов горных работ) выполняют в зависимости от последней цифры года следующим цветом:

| | |
|---------|----------------------------|
| 0 или 5 | – светлый фиолетовый 10 С; |
| 1 или 6 | – светлый красный 2С; |
| 2 или 7 | – светлый зеленый 7С; |
| 3 или 8 | – оранжевый 3С; |
| 4 или 9 | – светлый синий 9С. |

На всех чертежах высотные отметки объектов, расположенных на земной поверхности, изображают черным цветом, а подземных объектов – цветом синий 9.

Площадь условных обозначений горных выработок, пройденных по породе, на чертежах всех видов может быть окрашена цветом желтый 4.

Площадь условных обозначений целиков и участков полезного ископаемого, отнесенных в потери, окрашивают цветом лимонный 5.

Линии штриховки в условном обозначении выработанного пространства ориентируют произвольно, не допуская при этом штриховки, параллельной горным выработкам.

Элементы условных обозначений горных пород на геологических и маркшейдерских планах и разрезах следует размещать в шахматном порядке по сетке, параллельной рамкам чертежа. Для мощных и средней мощности пластовых и пластообразно залегающих пород элементы условных обозначений следует размещать так же в шахматном порядке, но по сетке, у которой одна система линий параллельна, а вторая перпендикулярна линиям контакта. Для пород, залегающих в виде тонких и весьма тонких пластов, жил, элементы условных обозначений размещают параллельно линиям контактов.

Условные обозначения геологической ситуации, не прослеженной горными выработками (предполагаемой), разрешается наносить на геолого-маркшейдерские чертежи карандашом.

Условные обозначения объектов, не находящихся в плоскости проекции, изображают штриховой линией размером 3,0 / 1,5 мм. При наложении условных обозначений нескольких объектов, тот который находится ниже, изображают штриховой линией размером 2,0 / 1,0 мм.

Условные обозначения конкретных объектов ситуации земной поверхности, горных выработок (при открытом и подземном способе разработке), производственно-технических объектов и т. п. – должно соответствовать ГОСТ 2.854 – 75 - ГОСТ 2.857 - 75.

3.6 Чертежные материалы, инструменты и принадлежности

3.6.1 Чертежная бумага и пластики

Чертежная бумага. Маркшейдерские чертежи служат и сохраняются многие годы, поэтому важно выбрать чертежный материал (бумагу),

удовлетворяющий требованию длительного хранения. Чертежная бумага должна иметь хорошую проклейку, быть прочной, гибкой, хорошо воспринимать тушь (не допускать разлива), после подчисток оставаться гладкой, от нескольких перегибов в одном месте не ломаться и длительное время сохранять белизну. В качестве материалов для выполнения чертежей маркшейдерской горно-графической документации применяются чертежные бумаги ручного и машинного отлива, миллиметровка, прозрачные пластинки и кальки.

В нисходящем по качеству порядке можно назвать такие сорта чертежной бумаги: бумага чертежная марки "В" (высшая), ручного отлива; бумага чертежная марки "В" ручного отлива со знаком качества; бумага чертежная марки "В" машинного отлива; бумага чертежная марки "О" (обыкновенная) машинного отлива № 1; бумага чертежная марки «О» машинного отлива № 2; бумага чертежная с прозрачностью 48-50 % марки "Д" со знаком качества (длительного хранения); бумага чертежная марки "Д" со знаком качества.

Для вычерчивания чертежей, требующих длительного хранения, применяется бумага марок "В" и "Д". Наилучшей считается бумага с водяным знаком "ГОЗНАК". Чертеж выполняется на лицевой стороне, которой соответствует нормальное расположение знака.

Бумага марки "О" предназначена для выполнения чертежей, не требующих длительного хранения. Лицевая сторона этой бумаги гладкая, обратная слегка шероховатая.

Чертежная бумага выпускается как в листах, так и в рулонах шириной 878, 640, 440 мм и длиной 10, 20, 40 м в зависимости от марки.

Миллиметровая бумага – применяется для вычерчивания различных графиков, диаграмм, профилей и т.д. Миллиметровка представляет собой тонкую плотную бумагу с разграфкой через миллиметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чтобы не затемнять чертеж, клетки

печатаются голубой, синей или коричневой краской. Миллиметровая бумага выпускается в листах или рулонами шириной 878 мм, длиной 10, 20, 40 м.

Калька – это прозрачный сорт бумаги, применяемый для изготовления копий с чертежей. Калька бывает полотняная или бумажная (восковка). Полотняная калька готовится из тонкого батиста, а бумажная из тонких сортов бумаги. Для придания прозрачности, кальку пропитывают специальным химическим составом.

В настоящее время для вычерчивания маркшейдерской документации широко применяются прозрачные пластики - пленки (лавсан, астролон, винипроз, хастофан и др.) благодаря их прочности, прозрачности и незначительной деформации.

Пленка лавсан обладает высокими физико-механическими свойствами. Она однородна, прозрачна, бесцветна, имеет с двух сторон глянцевую поверхность. Для придания пленке необходимых чертежных свойств ее зернят механическим способом на специальных машинах или покрывают специальным глянцевым слоем. Механическое зернение обеспечивает необходимый микрорельеф поверхности пленки, что позволяет чертить по ней карандашом и тушью. На пленках покрытых специальным глянцевым слоем чертить можно только тушью. Тушевое изображение с таких пленок может быть легко удалено путем смыва без оставления следа, что особенно важно для пополнения тушью сводных планов горных разработок.

Астролон – вид органического стекла, но имеет по сравнению с ним меньшую прозрачность, но более эластичен. Рабочая поверхность астролона перед работой предварительно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, после чего тщательно промывается и просушивается при комнатной температуре. Планы вычерчиваются карандашом или тушью. Вычерченный план покрывают защитным слоем специального лака для предохранения вычерченного изображения от смывания водой и осыпания туши. При необходимости пополнения плана лаковое покрытие в нужном месте смывают ацетоном, а после вычерчивания покрытие возобновляют.

Винипроз – данный вид пластика получают путем термической обработки виниловых смол. Рабочая поверхность винипроза обезжиривается раствором азотной кислоты или 10 % раствором уксусной эссенции, а затем промывается водой. После вычерчивания изображения тушью производится покрытие лаком. Для вычерчивания изображений применяется специальная винипрозная тушь, устойчивая к воздействию воды, спирта, кислот и щелочей. Раскраска планов при применении винипрозной туши производится на обратной глянцевой стороне листа.

3.6.2 Тушь, краски

Тушь – прозрачная краска, в которой красящим веществом является сажа или различные каменноугольные красители. Тушь бывает черного, зеленого, синего, коричневого и других цветов. Для вычерчивания оригиналов планов применяется тушь в жидком виде (во флаконах), концентрированная (в тубах) и сухая (в виде палочек).

Жидкая тушь во флаконах (Колибри, Гриф) выпускается 12 различных цветов: черная, коричневая, красная, желтая, желто-зеленая, синяя, зеленая, фиолетовая, оранжевая, лимонно-желтая, голубая и светло-розовая. Жидкая тушь удобна в работе как на бумаге так и на пленках, вычерченные ею чертежи не смываются водой, а со временем прочность изображения возрастает. Недостатком жидкой туши является то, что она довольно быстро засыхает в рейсфедере или на перо, что затрудняет работу. Исправления и подчистки на чертежах, вычерченных жидкой тушью, делать труднее, так как она глубоко проникает в бумагу.

Концентрированная тушь (в металлических тубах) имеет вид пасты. Тушь разводят водой до необходимой густоты, выдавив несколько капель туши в тушницу. Разведенную тушь проверяют: пером или рейсфедером проводят толстый штрих, после чего его смазывают кусочком бумаги. Хорошо разведенная тушь дает по площади мазка ровный интенсивный фон, слабо

разведенная - бледный фон. Очень густая тушь плохо смазывается, дает не ровный по светлоте фон.

Правильно разведенная тушь дает интенсивное, непрозрачное, матовое изображение. Чтобы сделать тушь несмываемой, в нее добавляют 1-2 капли двуххромовокислого калия или уксуса. Несмываемость туши проверяют следующим образом: на листе чертежной бумаги вычерчивают пером или рейсфедером несколько линий различной толщины. На другой день, когда тушь высохнет, листок обливают водой из под крана в течении одной минуты, держа его наклонно и перемещая под струей воды влево и право. Струя воды должна падать на верхнее, чистое поле листка. Несмываемая тушь не размоется и не потечет. План (чертеж) вычерченный несмываемой тушью, облитый водой, после высыхания не боится влаги, его можно смело раскрашивать акварельными красками.

Сухая тушь изготавливается в виде палочек. Для приготовления жидкого раствора ее натирают в теплой воде в тушнице с шероховатым дном. Для того, чтобы определить, достаточно ли натерта тушь, тушницу немного наклоняют, а затем ставят в прежнее положение. Готовая тушь, стекая со стенки тушницы, оставляет черный цвет. Недостаточно натертая – серый цвет. После натирания палочку туши тщательно протирают гладкой бумагой, иначе она будет трескаться и крошиться. Во время работы тушь полагается держать закрытой. Натертая сухая тушь быстро засыхает на бумаге, не впитывается глубоко в бумагу, в результате не растекается и сравнительно легко удаляется при необходимых исправлениях чертежа. Для определения качества туши нужно намочить палец и потереть его концом палочки туши. Хорошая тушь оставляет темный след и издает своеобразный запах. Плохая тушь дает серый след и запаха не имеет.

Независимо от вида туши работать следует свежеприготовленной тушью, обычно в течение суток, иначе качество ее снижается. В процессе черчения тушь следует держать закрытой и открывать только во время набора ее на инструмент. Прежде чем зарядить чертежный инструмент тушью, ее

следует помешать. Хранить тушь следует в темном месте при температуре от +5⁰С до +30⁰С.

Краски. Для большей наглядности и выразительности горно-графические планы, разрезы вычерчиваются в цвете. Для этого можно пользоваться жидкой или концентрированной цветной тушью, но лучше применять краски, выпускаемые в плитках. Краски состоят из красящего вещества, связующего и различных добавок. В зависимости от связующего вещества они подразделяются на клеевые, масляные и лаковые. Для маркшейдерско-графических работ применяются клеевые краски, к ним относятся акварельные и гуашевые краски, туши темпера. Наиболее часто применяются акварельные краски, состоящие из красящего порошкообразного вещества и растительного клея (гумиарабика). Акварельные краски выпускаются в плитках (сухие) и тюбиках (пастообразные) они хорошо разводятся водой, не дают осадка, ровно и однотонно ложатся на бумагу.

Акварельные краски бывают прозрачные и непрозрачные (гуашь). В маркшейдерском черчении, для окрашивания чертежей, применяют прозрачные краски т.к. они позволяют получить новый тон повторным нанесением одной краски на другой. Непрозрачные краски этим свойством не обладают. Основными являются краски трех цветов: красная, синяя и желтая. Имея краски трех основных цветов, остальные тона можно получить их смешиванием, например: смесь красок красной и синей дает фиолетовый цвет; смесь синей и желтой дает зеленый цвет; желтая, голубая и красная краски в смеси дают коричневый цвет и т.д. Перед покраской, разведенной в воде краске, дают отстояться и сливают ее без осадка в другую посуду. Несмываемость красок водой достигается подмешиванием раствора двухромкислого калия или уксуса к жидкой краске. Для маркшейдерского черчения наиболее пригодны краски в наборе. В наборах бывает от 6 до 30 красок.

3.6.3 Чертежные инструменты и принадлежности

Карандаши. В зависимости от материала пишущего стержня карандаши делятся на черные (графитные), цветные и копировальные (чернильные). По назначению карандаши подразделяются на чертежные, канцелярские, школьные, рисовальные и др. В маркшейдерском черчении широко применяются чертежные карандаши. По своим чертежным свойствам карандаши делятся на твердые и мягкие. Твердые карандаши обозначаются буквой Т, мягкие – М, степень твердости или мягкости обозначается цифрой, стоящей перед буквой. В порядке возрастания твердость обозначается: 6М, 5М, 4М, 3М, 2М, М, ТМ, Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т, 7Т. Карандаши от 2Т до 7Т считаются твердыми, Т, ТМ, М – промежуточные и от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей обозначены латинскими буквами Н и В. Твердые карандаши от 2Н до 9Н, мягкие от 2В до 6В и промежуточные Н, НВ, В.

Качество черчения зависит от правильного выбора карандаша. Слишком жесткий графит оставляет ложбинку на бумаге, слишком мягкий – пачкает бумагу. Для выполнения чертежных работ применяются карандаши от 2М до 6Т: 2М – 2Т – при черчении в сырую и холодную погоду на фотобумаге и бумаге низшего качества, 3Т – 6Т – на чертежной бумаге высшего качества и при работах в сухую, жаркую погоду, 2М – ТМ – для простых записей, зарисовок. Для выполнения чертежных работ на обыкновенной бумаге в обычных комнатных условиях берут карандаши твердости примерно Т – 3Т.

В правой части каждого карандаша имеется маркировка, состоящая из названия фабрики-изготовителя, названия карандаша, обозначения степени твердости и года выпуска, например: ф-ка им.Красина *Коструктор* 5Т 56.

Очинку карандаша следует выполнять с конца, противоположного маркировке. Для этого используют различные точилки, скальпели. Сначала срезают дерево на 30 мм, обнажая графит на 8-10 мм, затем на мелкозернистой наждачной бумаге или бруске затачивают графитный стержень. Окончательную шлифовку производят на чертежной бумаге. Заточенный карандаш должен иметь форму конуса.

В последнее время получили распространение механические карандаши с цанговыми держателями и убирающимся грифелем. Однако не все из них можно применять при черчении. Это зависит от конструкции держателя, наличия необходимых грифелей.

Чертежные перья и ручки. Вычерчивание маркшейдерской горнографической документации выполняется специальными чертежными перьями, имеющими по сравнению с канцелярскими перьями меньшие размеры и тонкий рабочий конец. Чертежные перья изготавливают из стали высоких сортов под № 41, 44, 290, 291 и 2350. Для черчения на бумаге более удобны перья 44, 290 и 291, так как они имеют мягкий пружинящий конец. Тонкий конец этих перьев позволяет без заточки получать линии толщиной 0,1 мм. Перья 41 и 2350 более жесткие и с более толстым концом, поэтому их используют при черчении на пластике, фотобумаге, кальке.

Чертежные перья должны удовлетворять следующим требованиям: створки пера не должны иметь просвета; должны быть одной длины и толщины; перо не должно царапать бумагу и должно давать тонкую ровную линию.

Раздвоение пера устраняют надавливанием на внутреннюю сторону створок пера карандашом. При этом чертежную ручку слегка приподнимают, а карандаш сдвигают к концу пера. Разную длину створок пера устраняют, стачивая на бруске длинную створку до уровня короткой. Делают это с легким нажимом, держа ручку перпендикулярно к поверхности бруска. Разную ширину створок устраняют заточкой боковых граней. Для этого в разрез пера вставляют тонкий плотный кусочек бумаги и легким нажимом затачивают широкую створку. Ширина каждой створки пера должна быть не более 0,15 мм. Образовавшиеся после заточки на створках острые грани закругляют на бруске. Перед работой новое чертежное перо надо 2-3 раза пронести через пламя спички, свечи, чтобы удалить жирный налет, иначе тушь не будет смачивать перо.

Для чертежного пера предназначен специальный держатель - чертежная ручка. От канцелярской ручки она отличается меньшими размерами и тем, что кончик чертежного пера можно предохранить от повреждений, вставив перо в ручку острым концом во внутрь. Вместо чертежной ручки можно пользоваться и канцелярской, однако перо из нее после работы, например при транспортировке, следует вынимать.

Кисти. При вычерчивании маркшейдерских планов, разрезов в цвете достаточно иметь две – три кисти средних размеров (№ 5, 7, 12), всего существует 24 номера кисти (от № 1 до № 24). Для проверки качества кисти ее смачивают водой и встряхивают. Хорошая кисть "жадно" впитывает воду, а волоски после встряхивания собираются в острый конус, плотно прилегая друг к другу. Однако, если кисть окажется за жиренной, пользуясь описанным методом проверки можно ошибочно забраковать хорошую кисть. Чтобы избежать ошибки, кисть перед проверкой следует хорошо промыть в слабом растворе пищевой соды, а затем высушить. Лучшими для чертежных работ считаются колонковые или хорьковые, в крайнем случае, беличьи кисти. После работы кисти надо тщательно промыть, высушить и хранить в сухом месте в плотно закрывающейся коробочке.

Линейки и треугольники применяют для проведения прямых линий, поэтому их ребра должны быть прямыми, а нижняя поверхность линейки (треугольника) – плотно прилегать к чертежу. Прямолинейность ребра линейки проверяют следующим образом. Линейку кладут на чистый лист бумаги и по ребру проводят линию. Затем линейку переворачивают на 180° и проводят новую линию. Если проведенные линии совпадают на всем протяжении, значит ребро линейки (треугольника) прямолинейно. Для работы с тушью, нижний край ребра линейки должен иметь скос. При этом линейку кладут на чертеж скосом вниз.

Кроме обычных линеек в маркшейдерском черчении применяют масштабные, пропорциональные линейки и линейку Дробышева.

Масштабная линейка служит для определения длин линий отрезков и откладывания их в определенных масштабах с точностью до 0,1 мм.

Пропорциональную линейку (синусную) используют для проведения параллельных линий. Пропорциональная линейка состоит из 2-х линеек. Одна из них представляет собой обычную линейку, другая – прямоугольный треугольник, острый угол которого составляет $5^{\circ}44'$. Синус этого угла равен 0,1. Передвигая длинный катет треугольника по линейке, можно провести по гипотенузе параллельные линии на расстоянии в 10 раз меньше тех, на которые передвигается длинный катет по линейке.

Линейка Дробышева применяется для построения координатной сетки размером 30 x 40 см и 50 x 50 см с квадратами 10 x 10 см. Она представляет собой металлическую линейку с вырезами через 10 см. Длина от скошенного края первого выреза до конца линейки равна 70.71 см, что соответствует диагонали квадрата 50 x 50 см. С помощью линейки Дробышева можно построить прямоугольник со сторонами 30 x 40 см с длиной диагонали 50 см.

Рейсфедер – служит для проведения прямых линий тушью или красками. Основные его части – ручка и "линейное перо". Перо состоит из двух стальных створок с заостренными концами в виде овальных лопаточек, которые наглухо соединены с ручкой. Толщина проводимой линии устанавливается регулировочным винтом, который позволяет уменьшить или увеличить интервал между створками лопаточек. Тушь в рейсфедер заправляется полоской твердой бумаги на высоту 3- 6 мм.

Рейсфедер при работе должен быть в одной вертикальной плоскости с проводимой линией и слегка наклонен в сторону движения. Линия рейсфедером всегда проводится слева направо.

Круговой циркуль – предназначен для вычерчивания окружностей диаметром от 0,5 до нескольких сантиметров. Одна из ножек заканчивается острой иглой, другая – рейсфедером или карандашом. Разновидностью кругового циркуля является кронциркуль, который применяется для вычерчивания окружностей очень малых радиусов (0,5 – 3,0 мм).

Вращающийся рейсфедер (кривоножка) применяется для вычерчивания кривых линий на плане (горизонталей, изолиний, дорог, берега рек и т.п.).

4 ХРАНЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Сроки хранения различных видов маркшейдерской документации зависят от важности отраженной в них информации.

Документация, подлежащая хранению в течение трех лет со дня окончания отраженных в ней работ:

1. Материалы определения остатков полезного ископаемого на складах.
2. Чертежи по перенесению в натуру проектного положения главного технологического комплекса, блоков и отдельных промышленных зданий, сооружений, коммуникаций.
3. Чертежи по расчету границ безопасного ведения горных работ.
4. Контрольные профили армировки вертикальных шахтных стволов и башенных копров.
5. Контрольные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.
6. Контрольные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
7. Контрольные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.
8. Журналы измерений по всем видам работ.

Примечание. Три года хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей, а также материалы фотограмметрической съемки – снимки (негативы) и списки координат опорных точек, использованных для ориентирования (корректирования) стереомоделей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации отдельных объектов и до погашения горных выработок:

1. Исполнительные профили армировки вертикальных шахтных стволов.
2. Исполнительные и контрольные профили стенок вертикальных шахтных стволов.
3. Исполнительные продольные профили рельсовых путей в откаточных горных выработках.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления названных чертежей.

Документация, подлежащая хранению до ликвидации горного предприятия:

1. Планы отвалов некондиционных полезных ископаемых, хранилищ отходов обогатительных фабрик и природных отвалов.
2. План земной поверхности с отражением результатов работ по рекультивации земель, нарушенных горными работами.
3. Схемы осевых пунктов шахтных отвалов.
4. Чертежи по изучению процесса сдвижения земной поверхности и горных работ под влиянием подземных разработок и по наблюдениям за подрабатываемыми зданиями и сооружениями.
5. Чертежи по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах.
6. Схема подземных маркшейдерских плановых опорных сетей и высотного обоснования.
7. Исполнительные продольные профили железных, автомобильных и подвесных канатных дорог.
8. Исполнительные профили руслоотводных, водозаводных и других капитальных траншей и канав.

Примечание. До этого же времени хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

Документация, подлежащая постоянному хранению (уничтожению не подлежит):

1. План земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия.
 2. План застроенной части земной поверхности.
 3. План горного отвода и разрезы к нему, план отвода земельного участка.
 4. План промышленной площадки.
 5. Картограммы расположения планшетов съемок земной поверхности и горных выработок.
 6. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной геодезической сети на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия, абрисы и схемы конструкций реперов и пунктов.
 7. Чертежи горных выработок, отражающие вскрытие, подготовку и разработку месторождения.
 8. Разрезы по вертикальным и наклонным шахтным стволам.
 9. Чертежи околоствольных горных выработок и приемно-отправительных площадок главных этажных уклонов и бремсбергов.
 10. Чертежи по расчету предохранительных целиков под зданиями, сооружениями и природными объектами.
 11. Чертежи по расчету барьерных целиков между шахтными полями.
- Примечание. Постоянно хранят журналы вычислений, послужившие основой составления чертежей.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по
учебно-методическому
комплексу
С.А.Упоров

20 г.

Патко В.А.

**ДОКУМЕНТАЦИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОМ
ДЕЛЕ**

методические указания

к самостоятельной работе обучающихся специальности
21.05.04 «Маркшейдерское дело» очного и заочного обучения

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)
Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 от 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)
Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Методические указания к практическим занятиям (семинарам)
3. Организация самостоятельной работы
4. Рекомендуемая литература

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Документация недропользования в горном деле» включает в себя основные правила составления, ведения и хранения маркшейдерской документации горнодобывающих предприятий на всех стадиях недропользования: разведке, эксплуатации, ликвидации или консервации лицензируемого участка недр и тематически связана с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».

Целью изучения практического курса «Документация недропользования в горном деле» является формирование у студентов:

- навыков практического применения теоретических знаний базовой специальности «Маркшейдерское дело» в решении вопросов государственного и корпоративного регулирования вопросов недропользования и маркшейдерского контроля;

- получение теоретических и практических знаний о нормативных требованиях и методах составления, ведения и хранения маркшейдерской документации;

- формирование теоретических и практических знаний и умений, которые дают возможность решать маркшейдерские задачи в соответствии с видами профессиональной направленности: производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной;

- знаний о полномочиях и функциях маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий при выполнении установленных государственных процедур для получения недр в пользование, по проектированию и планированию горных работ, рациональному использованию и охране недр при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, рекультивации нарушенных горными работами земель;

- владение входящими в компетенцию маркшейдерской службы правовыми, разрешительными, организационными и отчетными документами, ведение которых обеспечивается недропользователем.

Процесс изучения практического курса: ознакомление студентов с системами государственного устройства и управления в сфере недропользования, документооборота и делопроизводства при выполнении

установленных процедур – имеет целью получения представлений о роли будущей профессии в решении вопросов маркшейдерского сопровождения недропользования, а также включает практические занятия и самостоятельную работу студентов по изучению требований законодательных актов и нормативных документов к оформлению правоустанавливающей, составлению и разработке разрешительной и организационно-распорядительной документации, заполнению отчетной документации, правилах ведения полевой, вычислительной, графической горной документации, и оформления текстовых документов, условиях хранения и архивации маркшейдерских документов.

В процессе изучения дисциплины формируется следующая компетенция: способность организовывать деятельность подразделений маркшейдерского обеспечения недропользования, в том числе в режиме чрезвычайных ситуаций (ПСК-4-6).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ (СЕМИНАРАМ)

Целью практических занятий (семинаров) по изучаемому курсу дисциплины «Документация недропользования в горном деле» является:

- формирование указанной выше компетенции,
- закрепление на практике и углубление знаний теоретической части дисциплины,
- получения студентами навыков раскрытия изучаемой тематики дисциплины методами доклада и письменного эссе;
- приобретение навыков работы с различными источниками информации, в том числе с применением компьютерных технологий.

Тематика семинаров:

1. Правоустанавливающая документация.
2. Разрешительная документация.
3. Организационно-распорядительная документация.
4. Горно-графическая документация.
5. Отчетная документация.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

2.1 Общие положения

Цель самостоятельной работы при изучении курса – повышение эффективности изучения теоретической части дисциплины «Документация недропользования в горном деле» и полноценной работы на практических занятиях, а также получения навыков сбора и анализа информации печатных источников и специализированных сайтов Интернета.

Задачами самостоятельной работы являются систематизация и закрепление теоретических знаний, реализуемых методом практического моделирования процедур недропользования с выделением ситуативных аспектов, результатом которых является формирование комплектов маркшейдерской документации.

Тематические направления для самостоятельного изучения студентом приведены ниже.

Форма представления:

- эссе по тематике, предложенной преподавателем;
- вариантный опрос

2.2 Тематика курса «Документация недропользования в горном деле»

1. Техническая документация горного предприятия. Устав предприятия, ЕГРЮЛ, ОКВЭД. Правовой аспект маркшейдерской документации.
2. Правоустанавливающая документация. Лицензия на недропользование. Горный и земельный отводы. Акт о ликвидации или консервации горного предприятия.
3. Разрешительная документация. Технический проект. Проект производства маркшейдерских работ.
4. План развития горных работ
5. Организационно-распорядительная документация. Положение о маркшейдерской службе. Должностные инструкции работников маркшейдерской службы.
6. Горно-графическая маркшейдерская документация. Требования ИПМР к комплекту. Стандарты и регламенты.
7. Нормативные требования ведения полевых, вычислительных и сводных журналов и чертежей. Книга маркшейдерских указаний.
8. Отчетная документация. Формы Государственной статистической отчетности 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация).

9. Структура полного комплекта маркшейдерской документации. Процедуры согласования и утверждения. Условия архивации различных видов маркшейдерской документации

Ниже приводится перечень вопросов, предлагаемых к самостоятельному изучению обучающимися по материалам лекционных конспектов.

Непонятые вопросы выносятся на следующее лекционное занятие в форме контрольного опроса и консультации (разъяснение). В целях лучшего усвоения лекционного материала обучающимся не рекомендуется оставлять невыясненные тематические вопросы до экзамена.

Тема 1: Техническая документация горного предприятия

- содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров.
- связь курса с дисциплиной «Рациональное использование и охрана недр».
- уставная и техническая документация горнодобывающего предприятия.
- государственная регистрация и классификация предприятия – недропользователя.
- правовое значение маркшейдерской документации.

Тема 2: Правоустанавливающая документация

- получение правоустанавливающей маркшейдерской документации предприятием – недропользователем (арендатором недр) посредством участия в установленных государством процедурах:
 - лицензирования (в органах МПР РФ),
 - оформление горного отвода (в органах Ростехнадзора),
 - получение земельного отвода (в органах местного самоуправления),
 - получение лицензии на производство МР (в органах Ростехнадзора).
- состав материалов комплекта правоустанавливающей документации:
 - лицензия на пользование недрами,
 - горный и земельный отводы,
 - лицензия на производство маркшейдерских работ.
- процедурное оформление документов.

Тема 3: Разрешительная документация

- комплект технической документации, приобретающей статус разрешительной после её согласования в органах государственной исполнительной власти (Ростехнадзор, Росприроднадзор, Минприроды,

Департаменты субъектов федерации по недропользованию) и утверждения первым руководителем предприятия.

- состав комплекта разрешительной документации:
технический проект,
план развития горных работ,
проект производства маркшейдерских работ.
- содержание, основные положения и оформление разрешительных документов.
- обязанности пользователя недр по соблюдению технических проектов, планов развития горных работ, недопущения сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых.

Тема 4: План развития горных работ

- понятие о планировании.
- перспективное и текущее планирование.
- план развития горных работ как документ перспективного (годового) планирования, составленный маркшейдерской службой совместно с другими технологическими подразделениями предприятия, определяющий направление развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, в том числе объемы вскрышных, горно-подготовительных и рекультивационных работ.
- основание для разработки годовых планов. Правовое условие для специализированных проектных организаций.
- технический проект – документальная основа планирования.
- состав планов развития горных работ: направления и объемы производства геологоразведочных работ, переработки и обогащения минерального сырья, нормативы эксплуатационных потерь, нормативы потерь полезных ископаемых при переработке и обогащении, мероприятия по охране недр и промышленной безопасности.
- оформление материалов планов, согласование и утверждение.

Тема 5: Организационно – распорядительная документация

- маркшейдерская служба – неотъемлемая и составная часть производственного контроля системы промышленной безопасности горнодобывающего предприятия.
- положение о маркшейдерской службе – документ, регламентирующий кадровый состав, должностные права и обязанности работников маркшейдерской службы.
- должностные инструкции работников маркшейдерской службы

закрепляют функциональные обязанности, декларируют производственные полномочия в рамках обязанностей маркшейдерского контроля горнодобывающих предприятий.

- книга маркшейдерских указаний - основной документ по доведению до руководителей участков, цехов и других подразделений организации обязательных для исполнения указаний по вопросам маркшейдерского обеспечения горных работ, а также по устранению нарушений требований законодательства о недрах, промышленной безопасности, охране недр и окружающей природной среды, проектной и технологической документации, годовых планов развития горных работ (годовых программ работ).

Тема 6: Горно-графическая документация

- состав маркшейдерской горно-графической документации и её классификация по назначению и содержанию: первичная (поле, забой, промплощадка), вычислительная (все виды камеральных работ), графическую (маркшейдерские чертежи).

- маркшейдерская горно-графическая документация – комплект журналов первичных вычислений, инструментальных наблюдений, журналов камеральной обработки и сводных маркшейдерских материалов (книг, журналов, актов, протоколов, справок, форм статистических наблюдений). Требования регламентов и ГОСТов.

Тема 7: Нормативные требования к документации

- законодательные и нормативные требования к составу и содержанию комплекта маркшейдерской документации.

- назначение и порядок исполнения чертежей.

- маркшейдерские чертежи (планы, разрезы и профили).

- условные знаки и ГОСТы.

- классификация и масштабы по инструктивным требованиям и условиям.

- нормативные сроки пополнения.

- условия хранения и архивации.

Тема 8: Отчетная документация

- сущность и задачи отчетной маркшейдерской.

- основные принципы построения отчетных документов (актов и справок).

- правовые нормы и правила заполнения форм государственной статистической отчетности.

- выбор отчетных форм в зависимости от специфики добываемого минерального сырья.

- погашенные балансовые запасы.
- основное уравнение отчетной формы 5-ГР.
- система отчетных форм фактического извлечения полезных ископаемых из недр.
- оценка нормативных показателей извлечения из недр в статистически измеренных величинах фактических величин потерь.
- формы государственных статистических наблюдений: 5-ГР, 70-ТП, 71-ТП, 2-ТП (рекультивация), 2-ТП (водхоз). Содержание и правила заполнения форм.
- контроль и обобщение данных маркшейдерского учета.

Тема 9: Процедурные вопросы документации в государственной системе недропользования

- правовые вопросы необходимости долговременного существования и практического использования маркшейдерской документации в практике горного производства при различных организационно-правовых формах предприятий и формах собственности на недр.
- государственный контроль недропользования, реализуемый процедурами согласования и утверждения маркшейдерской документации. Ведомственный контроль горно-графической документации.
- экспертизы: промышленной безопасности, охраны недр, строительной, экологической при разработке и производственном внедрении разрешительной документации.
- наличие полного комплекта документации как показатель эффективности работы маркшейдерской службы.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Закон РФ «О недрах» от 03.03.1995 № 27-ФЗ.
2. Положение о геолого-маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр, РД
3. Правила охраны недр, ПБ 07-601-03.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ
ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«__» _____ 2019 г.

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ
ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья:

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела « ____ » _____ 2019 г., протокол № _____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|---|--|----|
| | Введение | |
| 1 | Методические указания к организации самостоятельной работы обучающихся | 5 |
| 2 | Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения. | 6 |
| 3 | Методические указания к выполнению расчётно-графических работ | 12 |
| | Рекомендуемая литература | 16 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 67 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачёт. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи маркшейдерского обеспечения разработки месторождений углеводородного сырья.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные практические задачи маркшейдерских работ при разработке месторождений углеводородного сырья.
2. Назовите основные научно-технические задачи, решаемые при маркшейдерском обеспечении разработок месторождений углеводородного сырья.
3. Какова связь данного курса с другими дисциплинами?
4. Предмет, объекты изучения и задачи курса «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья».
5. Каковы организационные и технические особенности маркшейдерских работ при добыче углеводородного сырья?

Тема 2. Общие сведения о геологии и технологиях

разработки углеводородов

Геологическое строение месторождений нефти и газа. Геологическая разведка углеводородных месторождений. Производственные процессы при добыче и обогащении углеводородного сырья.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Коллекторы нефти и газа, их характеристика?
2. Системы разработки залежей нефти.

3. Каковы стадии разработки месторождений нефти и газа?
4. Как производится геологическая разведка месторождений нефти и газа?
5. Что такое пластовое давление и как оно меняется в процессе разработки месторождений нефти и газа?

Тема 3. Инфраструктура нефтепромысла

Основные структурные элементы нефтепромысла. Коммуникации промысла. Способы утилизации попутного нефтяного газа

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое инфраструктура нефтепромысла?
2. Какова стандартная инфраструктура нефтепромысла?
3. Перечислите стандартные коммуникации нефтепромысла?
4. Какие вы знаете способы утилизации попутного нефтяного газа?
5. Что такое кустовые площадки и их типовая инфраструктура?

Тема 4. Создание опорных и съёмочных геодезических сетей на нефтегазовых месторождениях

Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на промысле. Закрепление опорных пунктов. Способы развития опорных сетей. Способы сгущение высотной сети.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на нефтепромысле?
2. Особенности привязки опорных маркшейдерских сетей к государственным геодезическим сетям на нефтепромыслах.
3. Какие виды геодезических сетей используются на нефтепромыслах?
4. Какие методы построения съёмочных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке нефтегазовых месторождений?
5. Какие методы построения опорных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке нефтегазовых месторождений?

Тема 5. : Маркшейдерское обеспечение процесса обустройства промысла

Создание опорной геодезической сети на строительной площадке. Понятие о строительной сетке. Связь строительной сетки и опорной геодезической сети. Вынос в натуру строительных осей объектов и инженерных сооружений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве сети дорог на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве кустовых площадок на нефтегазовых месторождениях.
3. Создание опорной и съёмочной геодезических сетей на строительной площадке.
4. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве нефтепроводов.
5. Маркшейдерские работы при изысканиях, строительстве и эксплуатации карьеров стройматериалов для нефтегазовых месторождений?
6. Что такое геодезическая строительная сетка и каковы способы её построения?
7. Технология выноса в натуру строительных осей инженерных сооружений.
8. .Технологии детальной разбивки осей инженерных сооружений.
9. Какова связь строительной геодезической сетки и опорной маркшейдерской сети?
10. Технологии маркшейдерского контроля инженерных сооружений по высоте.

Тема 6. Маркшейдерское обеспечение строительства

эксплуатационных скважин

Виды добывающих скважин (одиночные кусты скважин, скважины с горизонтальным отходом). Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки. Контроль траектории бурения скважины. Маркшейдерские работы при обустройстве кустовой площадки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое трассирование линейных сооружений?

2. Как разбивают пикетаж на трассе линейного сооружения?
3. Как выполняется геометрическое нивелирование связующих и промежуточных точек?
4. Что такое горизонт прибора и для чего он применяется?
5. Как осуществляется полевой контроль при нивелировании?
6. Как вычисляется невязка в нивелирном ходе?
7. Опишите последовательность обработки журнала нивелирования.
8. Опишите технологию построения продольного профиля трассы.
9. Опишите технологию проектирования автодороги по продольному профилю трассы и расчёта проектных уклонов.
10. Как вычисляются проектные и рабочие отметки на продольном профиле трассы?
11. Опишите технологию построения поперечных профилей.
12. Опишите технологию выноса в натуру точек с проектными высотными отметками.
13. Опишите технологию выноса в натуру линии с проектным уклоном.

Тема 7. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов

Понятие об опасных производственных объектах. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов. Возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий. Экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды и назначение скважин на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при определении фактических координат и высот устьев скважин на нефтегазовых месторождениях.
3. Какие задачи должны быть решены маркшейдером при задании направления скважины?
4. Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки?
5. Маркшейдерский контроль траектории бурения скважины?
6. Построение фактической траектории пробуренной скважины по данным инклинометрической съёмки?

7. Каковы допустимые предельные погрешности при перенесении в натуру проектного положения устьев скважин?
8. Контрольные предельные параметры при строительстве буровой вышки.
9. Какие маркшейдерские работы выполняются при обустройстве кустовой площадки?
10. Как производится исполнительная съёмка кустовой площадки?

Тема 8. Маркшейдерское обеспечение геодинамической безопасности при разработке месторождений нефти и газа

Создание геодезических сетей для наблюдений за деформациями земной поверхности и сооружений. Методы наблюдений. Наблюдения за деформациями земной поверхности на большой площади. Наблюдения за деформациями земной поверхности в зонах тектонических разломов и контактов. Наблюдения с применением дистанционных методов зондирования Земли.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. 1. Понятие об опасных производственных объектах.
2. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов?
3. Каковы виды деформаций опасных производственных объектов?
4. Как проектируются нивелирные сети для мониторинга осадок инженерных сооружений на нефтепромыслах?
5. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций резервуаров временного хранения нефти?
6. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций нефтепроводов?
7. Как определяются оседания поверхности кустовых площадок?
8. Как осуществляется маркшейдерский контроль крена буровой вышки ?
9. Каковы возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий?
10. Каковы экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов?

Методические указания к выполнению расчётно-графических работ

Расчётно-графическая работа № 1

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья»

Тема: РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИНЫ ПО ДАНЫМ ИНКЛИНОМЕТРИИ

Цель работы: освоить методику определения пространственного положения оси скважины по данным инклинометрических измерений. Определить координаты точки встречи скважины с пластом. Построить вертикальный разрез по скважине и план искривления скважины.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор, геодезический транспортир.

Содержание задания:

По данным инклинометрической съемки скважины произвести расчет координат точек замеров, определить координаты и высотную отметку точки встречи скважины с пластом. Построить план искривления скважины в масштабе 1:1000 и проекцию траектории скважины на вертикальную плоскость.

Исходные данные:

Пространственные координаты устья скважины приведены в таблице № 1. Данные инклинометрической съемки приведены в таблице № 2. Расстояние между точками замеров принять равным **50 (100)** м. поправка для перехода от гироскопического азимута к дирекционному углу равна минус **3°20'**

Таблица 1- Координаты устья скважины (г. С)

| № варианта | Координаты, м | | Высотная отметка, м | № варианта | Координаты, м | | Высотная отметка, м |
|------------|---------------|---------|---------------------|------------|---------------|---------|---------------------|
| | X | Y | | | X | Y | |
| 1 | 191,816 | 64,186 | 415,0 | 19 | 93,807 | 219,764 | 402,0 |
| 2 | 192,186 | 67,812 | 416,0 | 20 | 264,218 | 232,614 | 404,5 |
| 3 | 68,821 | 134,164 | 417,0 | 21 | 224,146 | 69,825 | 406,0 |
| 4 | 201,713 | 71,807 | 418,0 | 22 | 267,815 | 243,707 | 405,5 |
| 5 | 58,822 | 122,618 | 419,0 | 23 | 245,321 | 58,517 | 407,0 |
| 6 | 296,307 | 191,406 | 420,0 | 24 | 164,128 | 278,617 | 407,5 |
| 7 | 261,128 | 27,316 | 421,0 | 25 | 89,801 | 157,411 | 408,5 |
| 8 | 62,108 | 61,406 | 422,0 | 26 | 126,706 | 288,617 | 409,0 |
| 9 | 149,206 | 48,311 | 423,0 | 27 | 224,627 | 217,232 | 410,5 |
| 10 | 71,307 | 52,618 | 424,0 | 28 | 72,326 | 218,604 | 411,5 |
| 11 | 81,623 | 218,322 | 412,0 | 29 | 161,328 | 64,681 | 404,0 |
| 12 | 66,213 | 134,617 | 411,0 | 30 | 193,681 | 68,713 | 402,5 |

| | | | | | | | |
|----|---------|---------|-------|----|---------|---------|-------|
| 13 | 225,164 | 69,815 | 410,0 | 31 | 69,217 | 45,186 | 400,5 |
| 14 | 168,518 | 225,707 | 409,0 | 32 | 232,713 | 72,807 | 398,5 |
| 15 | 47,113 | 267,715 | 408,0 | 33 | 159,821 | 63,516 | 396,5 |
| 16 | 95,811 | 217,716 | 407,0 | 34 | 297,304 | 272,608 | 397,5 |
| 17 | 88,118 | 109,141 | 406,0 | 35 | 262,821 | 108,316 | 398,0 |
| 18 | 207,607 | 287,716 | 405,0 | 36 | 103,104 | 122,801 | 394,5 |

Таблица № 2 – Результаты инклинометрических измерений

| Номер точки замера | Гироскопический азимут, градус | Зенитный угол | Примечание |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------|
| С | 0 | 5 | Устье скважины |
| 1 | 70 | 10 | |
| 2 | 75 | 15 | |
| 3 | 80 | 20 | |
| 4 | 85 | 25 | |
| 5 | 90 | 30 | |
| 6 | 95 | 35 | |

Вычисления свести в таблицу.

| Номера точек замера | Зенитный угол | Расстояние между точками замера (по геофиз. кабелю) | Превышения между точками замера | Горизонтальное проложение | Гироскопический азимут | Дирекц. угол интевала | Приращения координат, м | | Координаты, м | | Высотные отметки, м |
|---------------------|---------------|---|---------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---|---------------|---|---------------------|
| | | | | | | | X | Y | X | Y |  | H |
| | | | | | | | | | | | |

Расчётно-графическая работа № 2

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья»

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГРУНТА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОТСЫПКИ ПЛОЩАДКИ КУСТОВОГО БУРЕНИЯ

Цель работы: освоить методику определения объемов отсыпки кустовых площадок с учетом просадок основания насыпи. Научиться определять объем необходимого грунта в плотном теле. Построить план кустовой площадки и поперечный вертикальный разрез насыпи.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор.

Содержание задания:

Площадка для выполнения кустового бурения отсыпается скальным грунтом на горизонтальное основание из суглинков. По исходным данным (габаритам площади и за-

ложению откосов) построить план площадки в масштабе 1:1000 или 1:2000 и поперечный разрез в масштабе 1:100. Определить прогнозную величину осадок основания насыпи. Определить объем насыпи выше исходной поверхности отсыпки и объем просадок основания насыпи, а также общий объем необходимого грунта. Перевести объем насыпанного грунта в плотное тело (объем породы в целике).

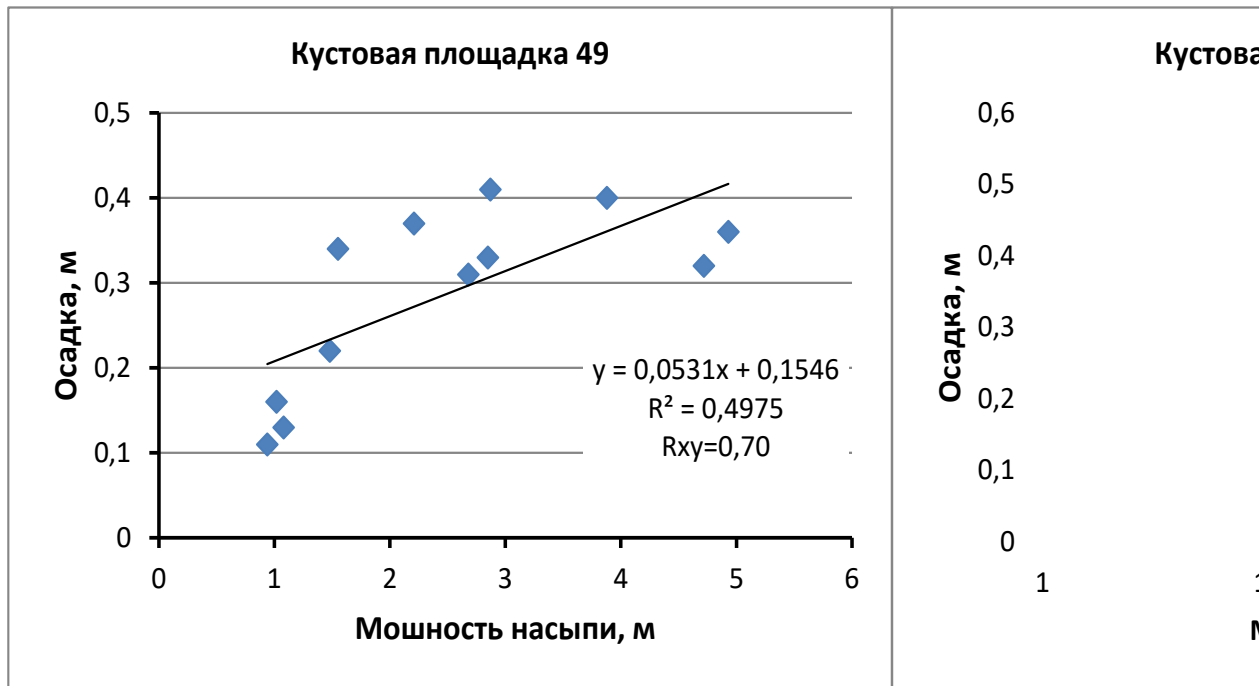
Исходные данные:

Габариты площадки. Высота насыпи. Заложение откоса. Зависимость для определения просадок основания насыпей.

Таблица 1- Проектные параметры кустовой площадки

| Но-
мер-
вариан
та | Длина,
м | Ширина,
м | Высота
отсыпки,
м | Заложение
откоса | Но-
мер-
вариан
та | Длина,
м | Ширина,
м | Высота
отсыпки,
м | Заложение
откоса |
|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| 1 | 100 | 50 | 1,2 | 1:1,5 | 20 | 200 | 120 | 3,0 | 1:2,5 |
| 2 | 100 | 50 | 1,4 | 1:1,5 | 21 | 250 | 150 | 1,2 | 1:3 |
| 3 | 100 | 50 | 1,6 | 1:1,5 | 22 | 250 | 150 | 1,4 | 1:3 |
| 4 | 100 | 50 | 1,8 | 1:1,5 | 23 | 250 | 150 | 1,6 | 1:3 |
| 5 | 100 | 50 | 2,0 | 1:2 | 24 | 250 | 150 | 1,8 | 1:3 |
| 6 | 100 | 50 | 2,2 | 1:2 | 25 | 250 | 150 | 2,0 | 1:3 |
| 7 | 100 | 50 | 2,4 | 1:2 | 26 | 250 | 150 | 2,2 | 1:3 |
| 8 | 100 | 50 | 2,6 | 1:2 | 27 | 250 | 150 | 2,4 | 1:3 |
| 9 | 100 | 50 | 2,8 | 1:2 | 28 | 250 | 150 | 2,6 | 1:3 |
| 10 | 100 | 50 | 3,0 | 1:2 | 29 | 250 | 150 | 2,8 | 1:3 |
| 11 | 200 | 120 | 1,2 | 1:2 | 30 | 250 | 150 | 3,0 | 1:3 |
| 12 | 200 | 120 | 1,4 | 1:2 | 31 | 300 | 160 | 1,6 | 1:2 |
| 13 | 200 | 120 | 1,6 | 1:2 | 32 | 300 | 160 | 1,8 | 1:2 |
| 14 | 200 | 120 | 1,8 | 1:2 | 33 | 300 | 160 | 2,0 | 1:2 |
| 15 | 200 | 120 | 2,0 | 1:2 | 34 | 300 | 160 | 2,2 | 1:2 |
| 16 | 200 | 120 | 2,2 | 1:2,5 | 35 | 300 | 160 | 2,4 | 1:2 |
| 17 | 200 | 120 | 2,4 | 1:2,5 | 36 | 300 | 160 | 2,6 | 1:2 |
| 18 | 200 | 120 | 2,6 | 1:2,5 | 37 | 300 | 160 | 2,8 | 1:2 |
| 19 | 200 | 120 | 2,8 | 1:2,5 | 38 | 300 | 160 | 3,0 | 1:2 |

1. Вычисление прогнозной просадки основания насыпи под действием веса насыпного грунта определяем по эмпирической зависимости, график которой представлен на рисунке.



$$h_{\text{просадок}} = 0.053m + 0.154 \text{ (м)},$$

m —мощность (высота) насыпи, м.

2. Коэффициент перехода от насыпного уплотненного грунта к объему в массиве (в плотном теле) для скальной породы составляет 0,87.

Рекомендуемая литература

1. Геодезия и маркшейдерия : учебник для вузов по специальности "Физические процессы горного или нефтегазового производства" направления подготовки дипломированных специалистов "Горное дело" В. Н. Попов [и др.]; под ред. В. Н. и др., 2010. - 452 с.
2. Жаркимбаев Б.М., Калыбеков Т., Рысбеков К.Б. Маркшейдерия при разработке месторождений нефти и газа: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2005. – 223 с.
3. Загibalов А. В. Маркшейдерия. Маркшейдерское обеспечение разработки нефтегазоконденсатных месторождений : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загibalов, А. В. Волохов, изд-во ИрНИУ, 2015. - 153 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Б. Шмонин

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

| | |
|--|----|
| 1. Задачи маркшейдерского обеспечения в период обустройства нефтегазовых месторождений | 5 |
| 2. Геодезическое обоснование на промышленной площадке..... | 6 |
| 2.1. Назначение и классификация геодезических сетей | 6 |
| 2.2. Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток | 12 |
| 2.3. Проектирование строительной сетки..... | 14 |
| 2.4. Вынос в натуру строительной сетки | 16 |
| 2.5. Общие сведения и понятия о разбивках | 20 |
| 2.6. Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений .. | 31 |
| 3. Понятие о вертикальной планировке, земляные работы на промышленной (строительной) площадке | 35 |
| 4. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при возведении инженерных сооружений | 40 |
| 4.1. Работы нулевого цикла..... | 40 |
| 4.2. Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты | 42 |
| 4.3. Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений..... | 46 |
| 5. Исполнительные съемки в промышленном строительстве, маркшейдерско-геодезическая документация | 47 |
| 6. Маркшейдерско-геодезические работы при строительстве буровых скважин | 54 |
| 6.1. Основные положения..... | 54 |
| 6.2. Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин | 55 |
| 6.3. Работы при сооружении буровой установки | 58 |
| 6.4. Работы при строительстве кустов скважин..... | 59 |
| 6.5. Наклонно-направленное бурение | 61 |
| 6.6. Профили наклонно направленных скважин..... | 61 |
| 6.7. Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве | 63 |
| 7. Математические методы и алгоритмы построения траектории ствола наклонно направленной скважины | 66 |
| 7.1. Тангенциальный метод..... | 67 |
| 7.2. Метод усреднения углов | 68 |
| 7.3. Балансный тангенциальный метод..... | 68 |
| 7.4. Метод расчета по радиусу кривизны | 68 |
| 7.5. Метод постоянной кривизны | 70 |
| 7.6. Метод кольцевых дуг..... | 70 |
| 8. Инженерно-геодезические изыскания | 71 |
| 8.1. Нормативные ссылки..... | 71 |
| 8.2. Планово-высотное обоснование | 75 |

| | |
|--|-----|
| 8.3. Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства..... | 83 |
| 8.4. Тахеометрическая съемка | 88 |
| 8.5. Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий | 88 |
| 9. Съемка подземных и надземных сооружений | 91 |
| 10. Съемка водных переходов..... | 95 |
| 11. Линейные изыскания | 99 |
| 11.1. Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений | 100 |
| 11.2. Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений..... | 101 |
| 12. Оценка уровня возможных геодинамических последствий разработки нефтегазоконденсатного месторождения | 117 |
| 12.1. Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ | 120 |
| 12.1.1. Общие требования к центрам | 120 |
| 12.1.2. Закладка наблюдательных реперов..... | 122 |
| 12.2. Разработка оптимального регламента системы геодинамических наблюдений на полигоне..... | 127 |
| 12.2.1. Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов | 127 |
| 12.2.2. Методика и точность измерений | 131 |
| 12.3. Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений | 132 |
| 12.3.1. Схема нивелирной сети | 132 |
| 12.3.2. Априорная оценка точности геодезических наблюдений . | 134 |
| 12.4. Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона..... | 136 |
| 12.4.1. Организация и планирование полевых работ | 143 |
| 12.5. Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе | 148 |
| 13. Библиографический список | 152 |

1. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отметим, что геодезия является одной из древнейших, а также базовых наук для специальности «Маркшейдерское дело». В процессе своего развития она разделилась на ряд самостоятельных научно-технических дисциплин в соответствии с обслуживаемыми сферами деятельности, например:

1. Высшую геодезию, изучающую фигуру и размеры Земли и планет, методы измерений для высокоточного определения точек на земной поверхности.

2. Космическую геодезию, занимающуюся построением космической геодезической сети и решением геодезических задач с помощью искусственных спутников Земли на основе использования спутниковых навигационных систем.

3. Геодезию или топографию, рассматривающую способы изучения земной поверхности и производство измерений на ней, математическую и графическую обработку этих измерений с целью получения карт и планов небольших участков Земли.

4. Картографию, разрабатывающую методы создания карт и их использования.

5. Фототопографию, создающую планы и карты по фотоснимкам и аэрофотоснимками местности.

6. Морскую геодезию, занимающуюся разработкой методов ведения геодезических работ для обеспечения разведки и разработки природных ресурсов на дне морей и океанов.

7. Инженерную (прикладную) геодезию, изучающую методы геодезических работ, выполняемых при различных изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, горнорудных предприятий, гражданского строительства, транспортных магистралей и т. п.

Геодезические измерения используются почти во всех отраслях народного хозяйства: при изысканиях и строительстве жилых и промышленных объектов, железных и автомобильных дорог, каналов, ЛЭП, трубопроводов, аэродромов, речных и морских портов и др.

В процессе строительства промышленных предприятий круг задач, решаемых по геодезическому обслуживанию на строительной площадке, зависит от определенного этапа его производства.

При проектно-изыскательских работах на участке строительства разбивают опорную геодезическую сеть, выполняют крупномасштабную съемку и получают топографический план, являющийся основой для проектирования промышленных предприятий и составления генерального

плана. На нем указывают плановое и высотное положение объектов строительства и привязку основных строительных осей.

При проектировании составляют геодезическую часть строительного паспорта, разрабатывают разбивочные чертежи, составляют проект вертикальной планировки и геодезической подготовки исходных данных для перенесения проекта на строительный участок.

При перенесении проекта в натуру разбивают на местности границу отвода участка, проектные линии застройки, выносят и закрепляют главные оси сооружений и основные проектные горизонты.

При текущем обслуживании строительства устанавливают в проектное положение строительные конструкции и оборудование, выверяют их по высоте и вертикали, выполняют текущие съемки и исполнительные чертежи.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

2.1 Назначение и классификация геодезических сетей

Введение в действие основополагающего документа «Основные положения о государственной геодезической сети РФ» (с 25.06.03 г.) обуславливает необходимость в создании геодезического обоснования на качественно новом, более высоком уровне точности, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Данный документ является продолжением работы над установлением единых государственных систем координат на территории России и разработан в рамках организационно-технических мероприятий для перехода к системе координат 1995 г.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории РФ и закрепленных на местности специальными центрами. ГГС также включает в себя пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат и в целом предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли, их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Государственная геодезическая сеть структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности в единой системе координат 1995 г. (СК-95):

- Фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС).
- Высокоточную геодезическую сеть (ВГС).
- Спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1).
- Геодезические сети специального назначения.

Наряду с ГГС созданы государственные нивелирная и гравиметрическая сети.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть в структуре координатного обеспечения России занимает высший уровень и служит исходной основой для дальнейшего повышения точности пунктов ГГС. ФАГС состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории РФ. Расстояния между смежными пунктами ФАГС составляют 650–1 000 км, а их центры фундаментально закрепляются с обеспечением долговременной стабильности местонахождения в плане и по высоте.

Пространственное положение пунктов сети определяется методами космической геодезии в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой взаимного расположения не более 2 см в плане и 3 см по высоте. Определение нормальной высоты пунктов производится нивелированием не ниже II класса точности. Периодичность определений пространственного положения пунктов ФАГС устанавливается в пределах 5–8 лет.

Высокоточная геодезическая сеть занимает второй уровень в современной структуре ГГС и опирается на пункты ФАГС. Ее основная функция состоит в дальнейшем распространении на всей территории России геоцентрической системы координат и уточнении параметров взаимного ориентирования геоцентрической и геодезической систем.

ВГС, наряду с ФАГС, служит основой для развития геодезических построений последующих классов и используется для создания высокоточных карт высот квазигеоида. Сеть представляет собой однородное по

точности пространственное геодезическое построение из системы пунктов, удаленных друг от друга на расстояния 150–300 км.

Координаты пунктов ВГС определяются относительными методами космической геодезии со среднеквадратическими ошибками взаимного положения в плане, не превышающими $3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8} D$ (где D – расстояние между пунктами) и $5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8} D$ по высоте.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (астрономо-геодезическая сеть и геодезические сети сгущения) занимает третий уровень в структуре государственной геодезической сети и функционально предназначена для обеспечения оптимальных условий реализации точности и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического обоснования территории РФ на спутниковые методы определения координат.

СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение из системы легкодоступных пунктов с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений (координат) потребителями со средними расстояниями между смежными пунктами 25–35 км.

Сеть СГС-1 создается относительными методами космической геодезии, обеспечивающими определение взаимного положения смежных пунктов со среднеквадратическими ошибками в плане $3 \text{ мм} + 1 \cdot 10^{-7} D$ и $5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} D$ по геодезической высоте, а также может строиться отдельными фрагментами. В каждый создаваемый фрагмент должны включаться все пункты ВГС и ФАГС, перекрывающие на треть расстояния между смежными пунктами ВГС на данной территории. Для связи СГС-1 с астрономо-геодезической сетью (АГС) и нивелирной сетью часть пунктов СГС-1 должна быть совмещена или связана с существующими пунктами АГС и реперами нивелирной сети не ниже точности III класса.

Геодезические сети специального назначения создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов ГГС экономически не целесообразно или требуется особо высокая точность построения геодезической сети. Эти сети определяются в единых государственных (или местных) системах координат в установленном порядке, учет и хранение исходных данных осуществляется органами государственного геодезического надзора (госгеонадзора).

Система координат 1995 г. установлена так, что ее оси параллельны осям геоцентрической системы координат, а положение начала координат пункта ГГС Пулково совпадает с системой координат 1942 г.

За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

- большая полуось равна 6378 245 м;
- сжатие составляет 1:298,3.
- Положение пунктов ГГС задается следующими координатами:

- пространственными прямоугольными координатами X, Y, Z ;
- геодезическими (эллипсоидальными) координатами B, L, H ;
- плоскими прямоугольными координатами x и y , вычисляемыми в проекции Гаусса-Крюгера.

Существующие сети триангуляции и полигонометрии 1–4 классов вписываются в указанную систему построений, и настоящий нормативно-технический акт (НТА) допускает применение «Основных положений о построении государственной геодезической сети СССР» в тех случаях, когда используются методы триангуляции и полигонометрии.

Поэтому уместным будет рассмотреть структуру и методы построения геодезической сети традиционными технологиями.

В соответствии с действующей до 2003 г. классификацией геодезические сети РФ подразделяются на государственные сети, сети сгущения, сети съёмочного обоснования.

Государственная геодезическая сеть (ГГС), созданная в 1961–1966 гг., состоит из плановых сетей триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3, 4 классов и нивелирных сетей I, II, III, IV классов, различающихся между собой точностью измерений углов и расстояний, длиной сторон сети, порядком последовательного развития, погрешностью определения превышений.

Развитие государственной геодезической сети ведется по принципу перехода от общего к частному. Точность плановой государственной сети рассчитана на обеспечение координат съёмочных работ в крупных масштабах.

Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии 1–4 классов приведена в табл. 1, нивелирования I–IV классов – в табл. 2.

Таблица 1. Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии

| Показатель | Класс | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Триангуляция | | | | |
| Средняя длина стороны треугольника, км | 20–25 | 7–20 | 5–8 | 2–5 |
| Относительная погрешность базиса (выходной стороны) (m_b/b) | 1/400 000 | 1/300 000 | 1/200 000 | 1/200 000 |
| Относительная погрешность слабой стороны * | 1/150 000 | 1/130 000 | 1/120 000 | 1/70 000 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Допустимая невязка треугольника, угл. с | 3 | 4 | 6 | 8 |

| | | | | |
|---|---------|---------|------|--------------|
| Наименьшее значение угла треугольника, град. | 40 | 20 | 20 | 20 |
| Полигонометрия | | | | |
| Периметр полигона, км | 700–800 | 150–180 | – | – |
| Длина диагонали звена (хода), не более, км | 200 | 60 | 30 | 15, 13, 11** |
| Длина стороны хода (в звене), км | 8–30 | 5–18 | 3–10 | 0,25 |
| Число сторон в ходе (звене) | 12 | – | – | 20 |
| Число сторон между узловыми или исходными и узловыми пунктами, не более | – | 6 | 6 | – |
| Длина диагоналей ходов между узловыми пунктами и между узловыми пунктами и пунктами сети высших классов, не более, км | – | – | – | 7 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения стороны, см: | | | | |
| до 8 км | – | 4 | – | – |
| до 5 км | – | – | 5 | – |
| до 500 м | – | – | – | 2 |
| до 500–1000 м | – | – | – | 3 |
| свыше 1000 м | – | – | – | 1/40 000 |
| Относительная погрешность хода | – | – | – | 1/25 000 |

Государственные сети геодезического обоснования дополняются сетями сгущения (ГГСС), представленными триангуляцией, полигонометрией 1 и 2 разрядов и техническим нивелированием. Они создаются в соответствии с руководством по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Геодезические сети сгущения иногда называют опорными инженерно-геодезическими сетями. Необходимость в их построении возникает при изысканиях строительных площадок и проектирования на них различных сооружений, составлении генеральных планов городов и поселков, разработке технических проектов и рабочих чертежей промышленных, горнодобывающих предприятий и других объектов. Как правило, инженерно-геодезические сети проектируются с учетом возможности их последующего сгущения и развития для обеспечения основных разбивочных работ и топографической съемке в масштабе 1:500.

Требования к точности, плотности, стабильности плановых инженерно-геодезических сетей обуславливаются разнообразием технических задач, которые решаются при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Съемочные геодезические сети развиваются на основе государственных сетей сгущения и состоят из планового, высотного и планово-высотного обоснования, а также дополнительных точек. В зависимости от сложности снимаемой территории, расположения зданий и инженерных сооружений, съемочные пункты создаются методами полигонометрических ходов, цепочек треугольников, теодолитных ходов.

Полигонометрическая сеть может быть развита в виде системы прямоугольников с расположением сторон параллельно линиям застройки, что дает возможность получить необходимое количество створных точек и створов.

Таблица 2. Техническая характеристика сетей нивелирования

| Показатель | Класс | | | |
|--|---------------|---------------|---------------------|-------------------|
| | I | II | III | IV |
| Периметр полигона, км | 3 000–4 000 | 500–600 | 150–200 | 50 |
| Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм: | | | | |
| случайная | 1 | 2 | 4 | 10 |
| систематическая | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 2 |
| Длина визирного луча, м | 50 | 65–75 | 75–100 | 100–150 |
| Неравенство расстояний, м: | | | | |
| на станции | 0,5 | 1 | 2 | 5 |
| в ходе | 1 | 2 | 5 | 10 |
| Высота визирного луча над поверхностью Земли, м | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Допустимые расхождения в превышениях, мм: | | | | |
| ход до 15 станций на 1 км | $3\sqrt{L}$ | $5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| ход свыше 15 станций на 1 км | $4\sqrt{L}$ | $6\sqrt{L}$ | $2,6\sqrt{n}^{***}$ | $5\sqrt{n}^{***}$ |
| Допустимые расхождения в превышениях на станции, мм: | | | | |
| по прецизионным рейкам | 0,5 | 0,7 | 1,5 | – |
| по шашечным | – | – | 3 | 5 |
| Допустимые невязки превышений в полигонах, мм: | | | | |
| ход до 15 станций на 1 км | $1,5\sqrt{L}$ | $2,5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| ход свыше 15 станций на 1 км | $2\sqrt{L}$ | $3\sqrt{L}$ | – | – |
| Увеличение трубы нивелира, крат | 45 | 40–44 | 30–35 | 25–30 |
| Цена деления цилиндриче- | 12 | 12 | 15 | 25 |

| | | | | |
|---|------|------|------|-----|
| ского уровня, с
Допустимые погрешности
метрового интервала рейки,
мм *** | 0,15 | 0,30 | 0,50 | 1,0 |
|---|------|------|------|-----|

Примечания:

* Погрешность слабой стороны – ms/S (табл. 1);

** При числе сторон хода 10, 15, 20 соответственно (см. табл. 1); L – длина хода, км;

*** n – число станций в ходе (табл. 2).

В этом случае следует учитывать допустимую длину теодолитных ходов, используемых для получения дополнительных точек путем прокладки их между пунктами полигонометрии, а также число пунктов на площади съемки.

2.2 Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток

Для проектирования и строительства инженерных сооружений, тоннелей, промышленных комплексов и других создают разбивочные сети, которые относятся к разряду специальных. Геодезические разбивочные сети служат основой для выноса проектов зданий и сооружений на местность, контролем соблюдения их геометрических параметров, смещения и деформаций элементов несущих конструкций. Они создаются на строительной (промышленной) площадке в виде сети, заложенных в грунт и закрепленных на местности пунктов и обеспечивают последующие построения в процессе строительства и эксплуатации объектов исходными данными.

Разбивочные сети проектируют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, строительной сетки, красных линий застройки на основе *проекта производства геодезических работ* (ППГР) и увязывают с пунктами государственной геодезической сети или геодезических сетей сгущения. Составляется проект разбивочной основы в соответствии с генеральным планом строительства объекта, согласующийся со стадиями проектирования и очередями его сооружения. Точность построения разбивочной сети устанавливается при разработке ППГР.

Наиболее удобным видом геодезической основы для производства разбивочных работ на территории крупных строительных и промышленных сооружений является строительная сетка. Она должна обеспечить решение двух инженерно-геодезических задач: осуществление топографической съемки крупного масштаба 1:500, быстрый и удобный перенос проектных данных в натуру для ведения строительства и монтажных работ.

Строительная сетка представляет собой систему квадратов или прямоугольников на площади строительства и состоит из основных и дополнительных фигур со сторонами основания 100–400 м в зависимости от назначения площадок строительства (рис. 1).

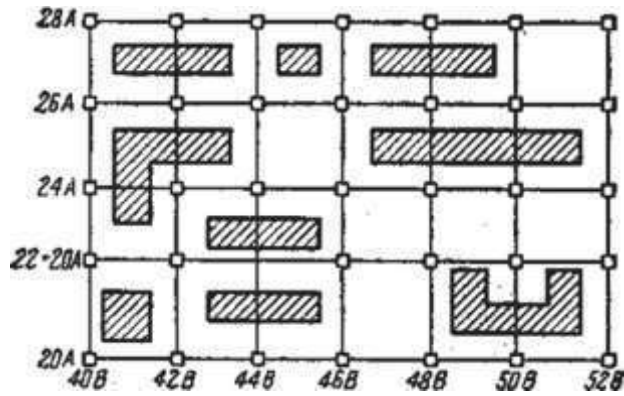


Рисунок 1 - Строительная сетка

Дополнительные фигуры строят в процессе геодезических разбивочных работ с длинами сторон до 20 м.

Как правило, оси объектов, сооружаемых на промышленных (строительных) площадках, параллельны, а сами сооружения прямоугольны. Поэтому стороны сетки ориентируют в частной системе координат, параллельно осям сооружений или проездов. В связи с этим, при разбивках и съемках от пунктов строительных сеток используют прямые углы и повторяющиеся линейные измерения, что значительно упрощает геодезические действия.

Точность планового положения и высот пунктов сетки определяет условия производства крупномасштабной съемки на территории строительства. В этом случае ошибки координат пунктов сетки относительно ее начала не должны превышать $\pm 0,050$ м, а ошибки их взаимного положения $\pm 0,020$ м.

Технические же условия по обеспечению строительного-монтажных работ требуют построения геодезических сеток допусками полигонометрии 1 разряда, а в ряде случаев – полигонометрии 4 класса.

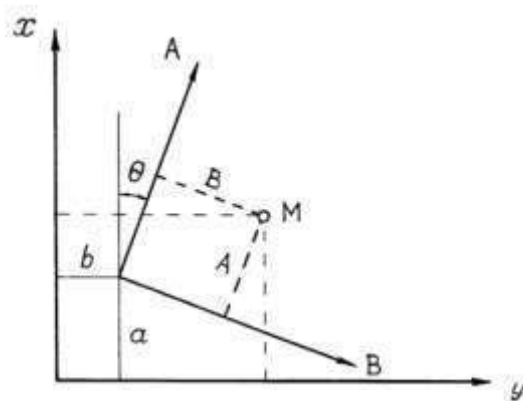


Рисунок 2 - Строительную сетку предварительно проектируют.

На больших площадках, имеющих ломаное очертание, создают несколько строительных сеток в частных системах координат. Ориентирование системы координат осей строительной сетки относительно общегосударственной системы координат может быть произвольным. Переход от

государственной системы к частной системе сетки (рис. 2.2) производят по формулам:

$$A = (x - a) \cos\theta + (y - b) \sin\theta$$

$$B = (y - b) \cos\theta - (x - a) \sin\theta$$

Переход от системы строительной сетки к общегосударственной, осуществляют в следующем порядке:

$$x = a + A \cos\theta - B \sin\theta$$

$$y = b + A \sin\theta + B \cos\theta$$

где x, y – координаты точки М в государственной системе; A, B – координаты точки М в системе строительной сетки; a, b – координаты начала строительной сетки в государственной системе; θ – угол поворота сетки относительно государственной системы.

2.1 Проектирование строительной сетки

Строительную сетку проектируют на топографическом плане промышленной (строительной) площадки или на генеральном плане с учетом расположения всего комплекса зданий и сооружений, рис. 2. Её планируют, как отдельную специальную сеть, положение пунктов которой и направление сторон не зависит от государственной сети и главной плановой основы строительного производства.

Основные требования к строительным сеткам при их проектировании сводятся к следующим положениям:

1. Линии основания сетки намечают и создают строго параллельно главным осям возводимых зданий и сооружений, а фигуры сетки размещают таким образом, чтобы основные проектируемые здания и сооружения оказались внутри и как можно ближе к ее сторонам.
2. Стороны сетки располагают с учетом удобства производства линейных
3. и угловых измерений и не загромождают рядовыми посадками.
4. Линии и пункты сетки проектируют с учетом обеспечения их сохранности и взаимной видимости, вдали от проезжей части, сетей трубопроводов и др.
5. Размеры сторон прямоугольников, квадратов и других фигур принимают с учетом размеров зданий, сооружений из соображений обеспечения технологии строительства.
6. Учитывают характер и порядок использования пунктов строительной сетки для производства разбивочных работ.

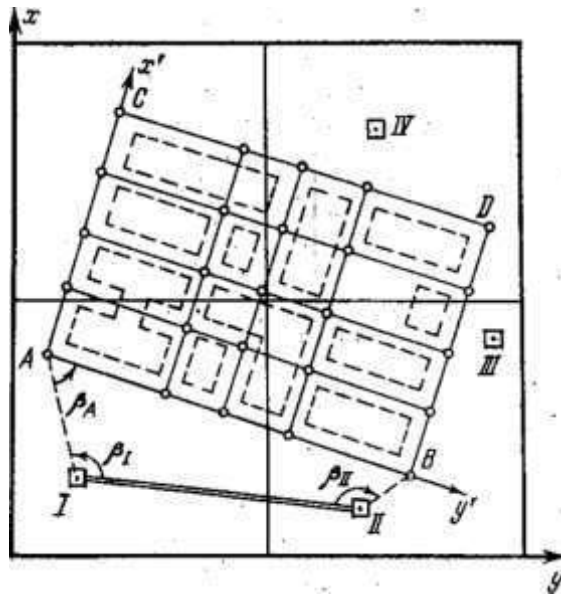


Рисунок 3 - Проектное положение строительной сетки

6. Требования к точности разбивочных работ определяют в зависимости от назначения сооружений, их размеров, технологической связи между собой и других условий:

- ошибки в положении соседних пунктов строительной сетки не должны превышать относительной величины 1:10 000 (1 см на 100 м);
- прямые углы сетки должны быть построены с точностью $\pm 20''$;
- ошибки в положении пунктов в наиболее слабом месте сетки относительно опорной геодезической основы не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500 (т.е. 10 см).

Разбивочные сети создаются в натуре также методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Разрешается использовать метод угловых, линейных и комбинированных засечек. При этом выбор разряда точности разбивочных работ должен согласовываться с размерами сторон прямоугольников, квадратов и других фигур или расстояниями между линиями строительной сетки, принимаемых по табл. 3.

При проектировании строительной сетки, следует предусмотреть способ постоянного возобновления первоначально разбитых точек, фиксирующих пересечение осей, недоступных для непосредственного закрепления. В этом случае необходимо предусмотреть проверку неподвижности пунктов сетки путем систематического их контроля от знаков опорной геодезической основы.

Проектирование разбивочного обоснования завершается вычислением координат вершин сети в условной системе, принятой для данной строительной площадки.

Таблица 3 - Характеристики строительных сеток

| Характеристика сетки | Класс сетки / разряд / размеры сторон, м | | |
|--|--|-----------|-----------|
| | 4 | 1р | 2р |
| Прямоугольная | 400 x 200 | 400 x 100 | 200 x 100 |
| | 400 x 100 | 200 x 100 | 100 x 50 |
| Квадратная | 200 x 200 | 150 x 150 | 150 x 150 |
| | 150 x 150 | 100 x 100 | 100 x 100 |
| | 100 x 100 | | 50 x 50 |
| Расстояния между параллельными линиями | 200 | 150 | 150 |
| | 150 | 100 | 100 |
| | 100 | | 50 |

В системе координат строительной сетки положение ее вершин определяют простым суммированием: к соответствующей координате начального пункта (юго-восточного угла сетки) последовательно прибавляют значения проектных сторон. При этом координаты пунктов разбивочной сети должны иметь положительные значения кратные сотням или десяткам метров. Ось абсцисс можно направить вдоль главной оси основного сооружения строительной площадки, а ось ординат — перпендикулярно к ней.

Для установления аналитической зависимости между частной системой координат (x, y) строительной сетки и системой координат (X, Y) генплана выбирают два пункта A и B и графически снимают их координаты в системе генплана X'_A, Y'_A и X'_B, Y'_B . Из решения обратной геодезической задачи определяют табличный угол r_{AB} (румб), дирекционный угол α_{AB} , длину S'_{AB} стороны AB :

$$\operatorname{tgr}_{AB} = \frac{Y'_B - Y'_A}{X'_B - X'_A}; S'_{AB} = \frac{Y'_B - Y'_A}{\operatorname{Sin} r_{AB}} = \frac{X'_B - X'_A}{\operatorname{Cos} r_{AB}}; \quad (2.3)$$

Затем вычисленную длину S'_{AB} сравнивают с проектной, найденный дирекционный угол α_{AB} с величиной этого угла, определенного графически с плана транспортиром. Если полученные расхождения лежат в пределах графической точности плана ($\Delta S \leq 0,3 \div 0,5$ мм; $\Delta \alpha \leq 30' \div 60'$), то вычисляют местоположение пунктов A и B в системе координат генплана:

$$\begin{aligned} X_A &= 1/2 (x'_A + x'_B) - 1/2 S_{AB} \operatorname{Cos} \alpha_{AB}; \\ Y_A &= 1/2 (y'_A + y'_B) - 1/2 S_{AB} \operatorname{Sin} \alpha_{AB}; \quad (2.4) \\ X_B &= 1/2 (x'_A + x'_B) + 1/2 S_{AB} \operatorname{Cos} \alpha_{AB}; \\ Y_B &= 1/2 (y'_A + y'_B) + 1/2 S_{AB} \operatorname{Sin} \alpha_{AB}, \end{aligned}$$

где x'_A, x'_B, y'_A, y'_B — координаты положения пунктов A и B в частной системе координат.

2.2 Вынос в натуру строительной сетки

После составления проекта геодезической строительной прямоугольной сети ее выносят на местность — «разбивают». Разбивку начинают с определения исходного направления, для выноса которого используют

пункты планового геодезического обоснования, расположенные на строительной площадке. Для этого, на основе решения обратных задач по координатам вершин строительной сетки и исходных пунктов вычисляют необходимые элементы разбивки (2.3). Дальнейшее построение сетки прямоугольников (квадратов) осуществляют, как правило, двумя способами: осевым и редуцирования.

Осевой способ основывается на вынесенных и закрепленных на местности исходных направлениях, от которых строят в натуре две строго перпендикулярные оси EN и MD (рис. 4). Затем вдоль полученных осевых линий от центра откладывают отрезки, равные проектным сторонам сетки. Эти измерения производят шкаловой лентой (с применением динамометра) с постоянным натяжением и учитывают поправки за компарирование, наклон местности и температуру. Возможно применение для детальной разбивки строительной сетки современных тахеометров типа Nikon, 3Та5Р и т.д., что позволяет гораздо продуктивнее использовать существующие методы выноски.

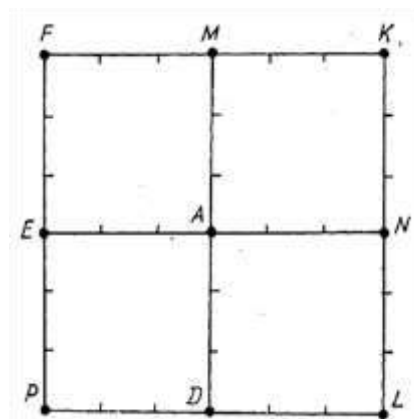


Рисунок 4 - Осевой способ разбивки строительной сетки: EN и MD – строго перпендикулярные линии

В конечных точках (F, K, L, P) строят прямые углы и продолжают разметку фигур сетки по периметру. В этом случае неизбежно накопление линейных ошибок: длины сторон могут несколько отличаться от проектных и не все углы будут равны 90° . Величины полученных ошибок уменьшают путем перемещения пунктов разбивочной сети в прямоугольниках.

Таким образом, на площадке получают четыре построенных полигона, в вершинах которых закладывают постоянные знаки. По их периметрам прокладывают полигонометрические ходы 1 разряда, уравнивают и определяют координаты всех пунктов.

Внутренние точки сгущения сетки получают с помощью создания ходов полигонометрии 2 разряда по предварительно размеченным прямоугольникам.

Осевой способ обычно применяют в том случае, когда строительная площадка сравнительно невелика, или там, где не требуется большая точ-

ность и ошибками взаимного положения пунктов в 3–5 см можно пренебречь.

Метод последовательного приближения или редуцирования рекомендуется применять при вынесении строительных сеток на большие промышленные (строительные) площадки. Способ редуцирования обеспечивает более высокую точность получения элементов разбивочной основы.

После составления проекта геодезической прямоугольной сетки поступают следующим образом:

- 1) выполняют предварительную разбивку основных фигур разбивочной сети, закрепляют их временными знаками;
- 2) определяют координаты центров вершин предварительно разбитой сетки;
- 3) вычисляют элементы редукции (отклонения предварительно разбитых точек от их проектного положения);
- 4) редуцируют точки на местности (т.е. вводят в их положение поправки и закрепляют полученные новые центры пунктов постоянными знаками);
- 5) осуществляют контрольные измерения;
- 6) разбивают и закрепляют промежуточные пункты.

В зависимости от размера и точности строительной сетки могут быть использованы различные методы выполнения вышеперечисленных этапов работ.

Последовательно рассмотрим каждый из обозначенных пунктов метода.

Предварительная разбивка основных фигур сетки зависит от площади застройки, ее вида. Например, если строительная площадка составляет площадь более 1 км² (допустим, 1600 x 1800 м) и имеет прямоугольную форму, то целесообразно вынести на местность 6 пунктов. Если же площадь застройки по форме близка к квадрату (например, 1200 x 1200 м), то достаточно ограничиться 4 пунктами.

Для небольших участков застройки, геодезических сетей невысокой точности на местность выносят не фигуры, а базис-линию *АС* строительной сетки, проходящую по возможности в середине разбивочной основы и по местности, доступной для линейных измерений (рис. 5). Для надежной ориентировки сети длина базиса должна быть более 600–800 м, а для больших сеток не менее половины их протяженности.

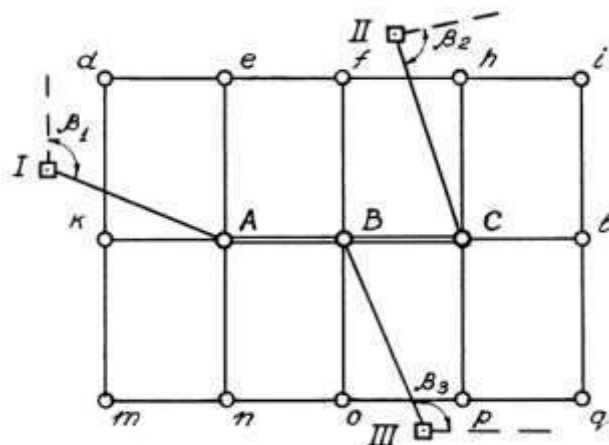


Рисунок 5 - Схема привязки вершин сетки к главной геодезической основе: I, II, III – пункты полигонометрии

Все точки намеченных фигур и не менее трех точек базиса привязывают к ближайшим пунктам главной геодезической основы строительной площадки. Используя данные привязки, вершины фигур A, B, C выносят на местность и закрепляют временными знаками. Методом створных промеров и вывешивания для способа створного базиса (см. рис. 5) предварительно разбивают основные квадраты (400 x 400 м) или прямоугольники (400 x 200 м), а также закрепляют их вершины временными знаками, например, столбами с забитыми в качестве центров гвоздями.

Определение координат центров вершин предварительно разбитой сетки (в зависимости от заданной точности и характера местности) выполняют методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек А.Н. Дурнева, четырехугольников без диагоналей и др.

Метод полигонометрии в настоящее время является наиболее распространенным. Измерения углов и расстояний, а также обработка результатов измерений выполняются с соблюдением требований инструкции для соответствующего разряда геодезической плановой сети (или по программе, разработанной для каждого случая специально). Координаты вершин полигонов вычисляют в системе строительной сетки, что приводит к существенному упрощению геодезических измерений. По необходимости, пересчет координат от одной системы к другой осуществляют по формулам (2.1), (2.2), (2.4).

Вычисление элементов редукции осуществляется алгебраическим сложением значений проектных координат и фактически полученных. Так, если координаты пункта равны 50 350,023 м и 4 200,009 м, то центр вершины сетки нужно сместить на величину $\delta_x = -0,023$ м по оси абсцисс и на величину $\delta_y = -0,009$ м по оси ординат.

Редуцировать (сместить) центры пунктов основных фигур сетки возможно различными вариантами, например, если редукционные поправки δ_x и δ_y сравнительно невелики (до 10 см), то можно применять способ фик-

сации центра временного знака при помощи надежно установленного центра (отвеса) и последующего переноса его на верхнюю поверхность постоянного знака, поставленного вместо временного. В этом случае непосредственно на самой пластине намечают направления координатных осей, по которым откладывают поправки δ_x и δ_y и находят центр исправленных координат вершин сетки (рис. 2.6).

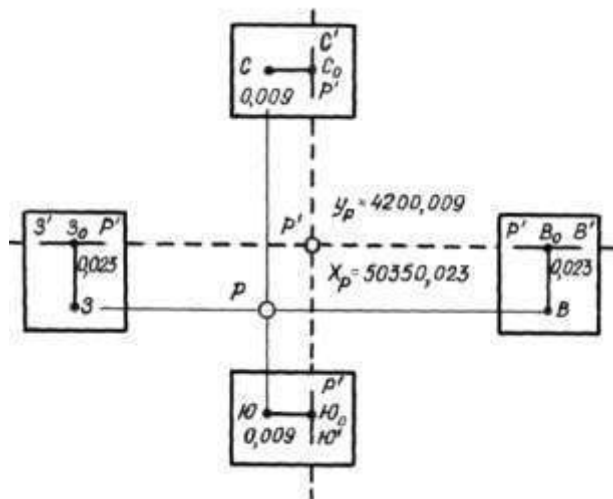


Рисунок 6 - Схема редуцирования пункта в проектное положение

Иногда взамен временных знаков сразу закладывают знаки с приваренными к верхним концам пластинам, толщиной не менее 7 мм и размером 20 x 20 см. На пластинах и знаках вначале намечают временные центры, затем их редуцируют и набивают постоянные. Недостатком этого способа (однотайпной разбивки) является условие повышенной точности предварительной разбивки, обеспечивающей величину элементов редуцирования не более 10 см.

После редуцирования и установления постоянных знаков повторно производят контрольное определение их координат. Затем разбивают и закрепляют промежуточные пункты внутри основных фигур строительной сетки. Обычно это выполняется створными разбивками и линейными промерами с одного пункта сети на другой.

2.3 Общие сведения и понятия о разбивках

Геодзическо-маркшейдерские работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно проекту, называются разбивкой сооружения или перенесением проекта в натуру. При этом используют генеральный план строительства, разбивочные и рабочие чертежи фундаментов сооружений, установок и агрегатов, подъездных путей и др.

Геодзические разбивочные работы являются составной частью строительного-монтажного производства и делятся на плановую и высотную разбивку сооружений, которые осуществляются в три этапа.

На первом этапе выполняют основные разбивочные работы. Они заключаются в определении на местности положения главных или основных разбивочных осей и строительного нуля от пунктов плановой и высотной геодезической основы. Оси закрепляют специальными знаками.

На втором этапе производят детальную разбивку сооружения, отмечающую положение частей инженерного сооружения, его геометрические параметры и элементы.

На третьем этапе обеспечивают разбивку и закрепление монтажных осей и установку в проектное положение технологического оборудования. Этап требует соблюдения высокой точности геодезическо-маркшейдерских работ.

Приступая к разбивке объекта:

- определяют необходимую и достаточную точность выноски отдельных его элементов;
- намечают методику измерений, необходимые инструменты, исходящие точки и общий план работы;
- знакомятся с условиями предстоящей разбивки на местности, проверяют наличие препятствий выполнению работ и загромождению площадки;
- составляют детальную схему разбивки в полевом журнале с указанием необходимых данных из рабочих чертежей.

В процессе вынесения проекта в натуру производят разнообразные геодезические измерения, свойственные исключительно разбивочным работам. По своему содержанию они противоположны съёмочным работам и имеют свои специфические особенности. Вынос объекта на местность осуществляет в определенном порядке.

Способы геодезических разбивочных работ, построение их элементов

Выбор способа ведения разбивочных работ зависит от места расположения инженерного сооружения, его размеров, назначения и точности выноски в натуру.

Существуют следующие основные способы разбивки: полярный, створной засечки, угловой и линейной засечек, прямоугольных координат, полигонометрии и др. Все они по своей сущности основаны на использовании таких элементов разбивочных определений, как построение на местности горизонтального проектного угла, линии проектной длины, линии проектного уклона, точки с проектной отметкой. Поэтому сначала рассмотрим, как осуществляют построение элементов геодезических разбивочных работ.

Построение горизонтального проектного угла может быть выполнено двумя способами в зависимости от точности имеющегося прибора.

Первый способ применяется в том случае, когда требуемая точность откладывания угла меньше точности отсчета по горизонтальному кругу

теодолита. Он заключается в последовательном откладывании от известного направления AB в пункте A заданного угла при «круге право» (КП) и «круге лево» (КЛ), (рис. 2.7, a). Из двух полученных при выноске точек берут среднюю (C) и принимают построенный угол ABC за проектный (требуемый). Для контроля отложенный угол измеряют и сверяют с заданным значением.

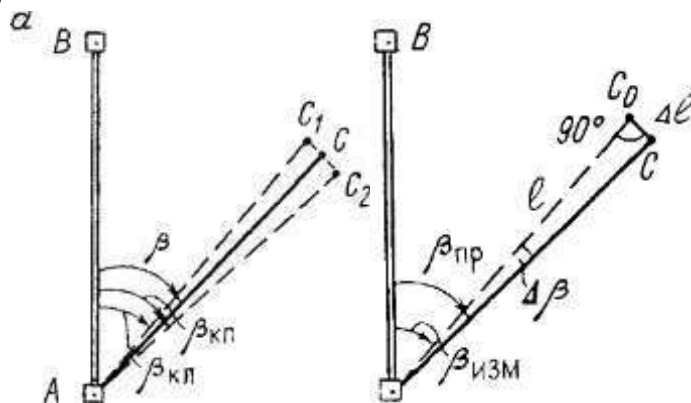


Рисунок 7 - Схема построения горизонтального угла:

a – способ непосредственной выноски; b – способ построения угла с применением редукции

Второй способ построения угла используется при необходимости его выноски с более высокой точностью, чем точность применяемого прибора. В этом случае откладывают заданный угол одним приемом и отмечают на местности точку C_0 . Затем измеряют этот угол с необходимой точностью и определяют разность $\Delta\beta = \beta_{пр} - \beta_{изм}$ между полученным ($\beta_{изм}$) и проектным ($\beta_{пр}$) углами (рис. 7, b), которую и необходимо ввести для уточнения построенного угла. Угловую поправку $\Delta\beta$ заменяют линейной величиной $\Delta l = CC_0$:

$$\Delta l = l \frac{\Delta\beta''}{\rho''},$$

где $\Delta\beta$ определяется в секундах; ρ – радиан в секундах (206 265'').

Отложив на местности от точки C_0 величину Δl перпендикулярно к линии AC_0 , получают искомый угол ABC . Для контроля построенный угол измеряют.

Построение линии проектной длины зависит от ее размера.

Пример первый. Линия выносится на местность, представленную ровной поверхностью, причем ее длина не превышает пределов измерения мерного прибора (рулетки). В этом случае поступают следующим образом:

1) устанавливают в начальной точке теодолит, отмечают заданное направление вехой, на ней фиксируют высоту инструмента i и измеряют угол наклона δ ;

2) вычисляют наклонное расстояние L , которое необходимо отложить на местности

$$L = \frac{\ell_0}{\cos \delta},$$

где ℓ_0 – проектная горизонтальная длина линии с учетом поправок за температуру и компарирование мерного прибора;

3) откладывают вычисленную длину L в натуре и закрепляют ее.

Пример второй. Проектная длина линии велика (больше предела измерения прибора), условия местности неблагоприятны, а требуемая точность выноски высокая.

При построении проектной длины линии с помощью мерных лент или рулеток задача определения её положения сводится к отложению в натуре отрезка, горизонтальное проложение которого должно быть равно заданной длине ℓ_0 (рис. 8).

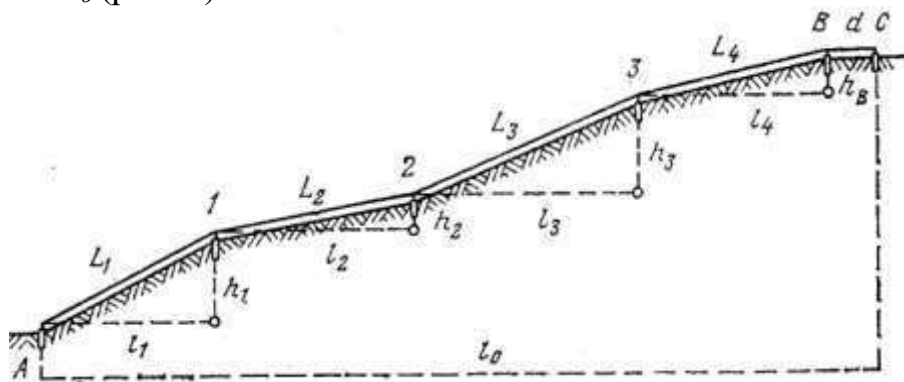


Рисунок 8- линии проектной длины

Разбивочные работы осуществляются следующим образом:

а) по заданному направлению AB откладывают наклонное расстояние $L_0 = \ell/\cos \delta$ и закрепляют его в точке B . Угол наклона δ берется приближенно;

б) отрезок AB делят (разбивают) на отдельные участки, не превышающие длины мерного прибора и фиксируют их, например, кольями;

в) точно измеряют наклонные расстояния $L_1, L_2 \dots L_n$, вводят в них поправки за наклон, температуру, компарирование и провес;

г) определяют сумму измеренных длин и вычисляют домер d от точки B

$$d = \ell_0 - \sum \ell_i.$$

д) отложив домер в натуре, получают точку C и закрепляют ее.

Таким образом получают искомую длину AB на местности в виде исправленной линии AC . Для контроля это расстояние измеряют и сравнивают с проектным.

В настоящее время наиболее удобными и эффективными приборами для построения линий на местности являются электронные тахеометры, снабженные встроенными в них светодальномерами. Светодальномер имеет различные режимы измерения расстояний, в том числе получение горизонтального проложения, позволяющего оперативно получать домер d от

предварительно вынесенной, до искомой величины. Например, отечественным электронным тахеометром 3Та5(Р) можно измерять расстояния (D) от двух до 2 000 м со среднеквадратической погрешностью, получаемой из выражения $5 + 3 \cdot 10^{-6}D$ (мм).

Построение точки с проектной отметкой выполняют, как правило, с помощью нивелира и рейки от ближайших реперов, используя горизонт прибора. С этой целью устанавливают нивелир примерно посередине между репером R_p с известной отметкой H_{R_p} и местом вынесения точки, например, B . По рейке, находящейся на репере, берут отсчет a и вычисляют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{R_p} + a$$

Для того, чтобы установить на точке B проектную отметку $H_{пр}$, находят величину отсчета b (рис. 9).

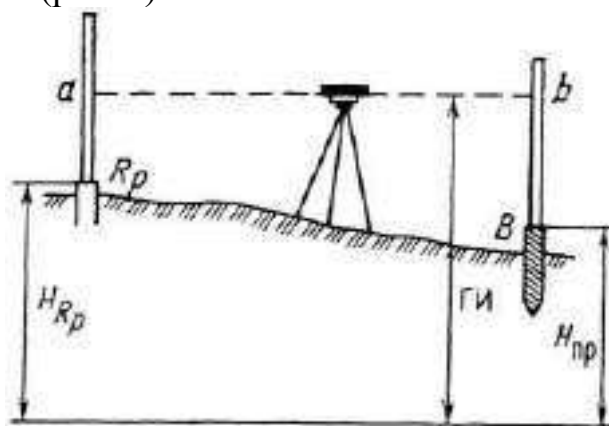


Рисунок 9 - Схема построения точки с проектной отметкой

Отметку горизонта инструмента можно получить, используя формулу (2.5) и равенство

$$H_{R_p} + a = H_{пр} + b = ГИ,$$

откуда

$$b = ГИ - H_{пр}$$

Затем вычисляют по формуле (2.6) отсчет b , рейку в точке B передвигают по высоте, добиваясь, чтобы отсчет по средней нити окуляра трубы прибора равнялся искомому – b . Пятка рейки, установленной по отсчету, будет соответствовать проектной отметке. Ее фиксируют в натуре с помощью забиваемого колышка, ввинчивая специальный болт, проводя черту на колонне и т.п. Для контроля правильности выноски проектной отметки, ее определяют с помощью повторного нивелирования с заданной точностью.

Среднюю квадратическую погрешность m_T выноски в натуру проектной отметки точки в пределах одной станции геометрическим нивелированием, определяем из выражения

$$m_T = \sqrt{m_o^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_\phi^2},$$

где m_0 – погрешность исходных точек высотной основы;

m_a – погрешность отсчета a по рейке;

m_b – погрешность отсчета b по рейке;

m_ϕ – погрешность фиксации проектной точки в натуре.

Построение линии и плоскости с проектным уклоном. Разбивка наклонных линий и плоскостей заданного уклона в основном сводится к выносу на местность проектных отметок главных точек проекта вертикальной планировки, при рытье траншей коммуникаций, устройстве земляного полотна автомобильных и железных дорог. Решение этой задачи может быть выполнено с помощью нивелира, теодолита и визирок. Главные точки проектной линии переносят на местность методом геометрического нивелирования путем решения отдельных задач выноса в натуре их заданных отметок.

Итак, вынос линии AB с проектным уклоном от исходной точки A (рис. 10, *а*) начинают с построения проектной H_B отметки точки B . Расстояние между точками разделяют на 100, 50 м и менее, в зависимости от специфики производства строительных работ и характера рельефа. Вынос промежуточных точек линии осуществляют путем наклона нивелира подъемными винтами до отсчета по рейке в точке B , равного высоте i прибора в точке A . После этого ставят рейку в створе линии AB через равные отрезки и забивают колья, например, в точках C и D так, чтобы отсчет на них по рейке равнялся горизонту инструмента.

При разбивке на местности линий со значительными уклонами используют теодолит (рис. 10, *б*).

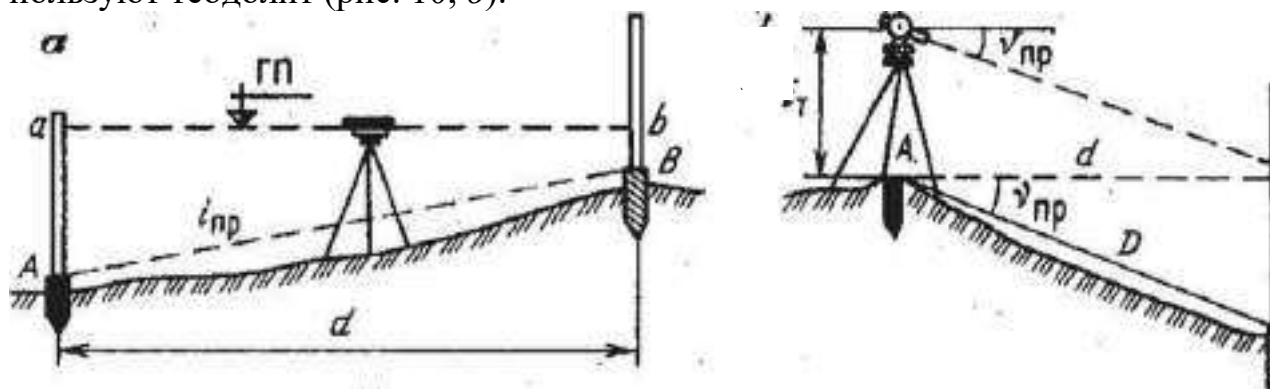


Рисунок 10 - Построение линии (плоскости) с проектным уклоном:

а – с помощью нивелира; *б* – с помощью теодолита

Прибор устанавливают в точке A , откладывают по вертикальному кругу угол, равный проектному уклону, выраженному в градусной мере с учетом места нуля (МО). Проектное положение промежуточных точек C и D определяют с помощью визирки, установленной на высоту i визирного луча зрительной трубы теодолита.

С меньшей точностью задача построения линии заданного уклона может быть выполнена визуально с помощью трех визирок одинаковой длины. Две опорные визирки устанавливаются в точках A и B , а третью (ходовую) – в промежуточных C и D точках. Высоты на них задаются визирным лучом глаза по опорным визиркам (рис. 11).

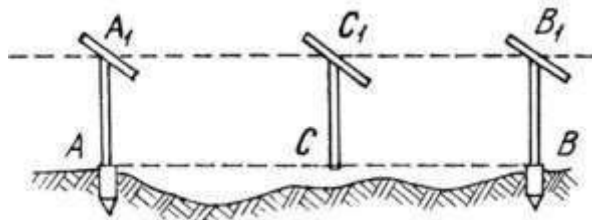


Рисунок 11 - Схема выноса заданного уклона с помощью визирок

Таким образом, в высотном отношении построение линии с заданным уклоном осуществляется в результате выноски проектных отметок начальной и конечной точек, которые определяют необходимый уклон

$$i = \frac{(H_A - H_B)}{S},$$

где $(H_A - H_B)$ – превышение между начальной и конечной точками; S – горизонтальное проложение. Точность выноски в натуре проектного уклона линии зависит от погрешности определения отметок точек и длины линии.

Построение проектной плоскости, заданной, например, точками A , B , C , D (рис. 12), производят аналогичным образом. Вначале устанавливают эти точки на проектные отметки, затем, действуя последовательно подъемными винтами нивелира, добиваются, чтобы отсчеты на всех четырех углах были равны высоте инструмента i . Поставленная на этот же отсчет нивелирная рейка в любой точке площади фигуры A , B , C , D своей пятой будет лежать в проектной плоскости заданного уклона, которую по необходимости закрепляют.

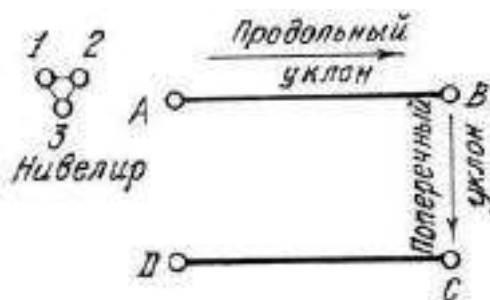


Рисунок 12 - Схема построения плоскости с проектным уклоном

Способы геодезических разбивочных работ основаны на рассмотренных выше элементах разбивок и построены на двух методах:

1. Непосредственной разбивки, состоящей из собственно построения разбивочных величин с заданной точностью, которая применяется, как правило, на работах меньшей точности.
2. Редуцирования, основанного на предварительной разбивке точки, близкой к заданной, с последующим ее смещением в проектное положение. Данный метод применяется на работах, требующих высокой точности разбивки.

Как указывалось ранее, для определения точки на местности наиболее распространенными являются способы прямоугольных и полярных координат, угловых и линейных засечек, а также створов.

Перенесение в натуру точек по их заданным координатам

Способ прямоугольных координат применяется в условиях слабопересеченной открытой местности при разбивке зданий и сооружений от пунктов строительной сетки. Для определения положения точек с минимальной погрешностью исходная линия AB должна быть ближе к выносимым элементам здания (сооружения), рис. 13.

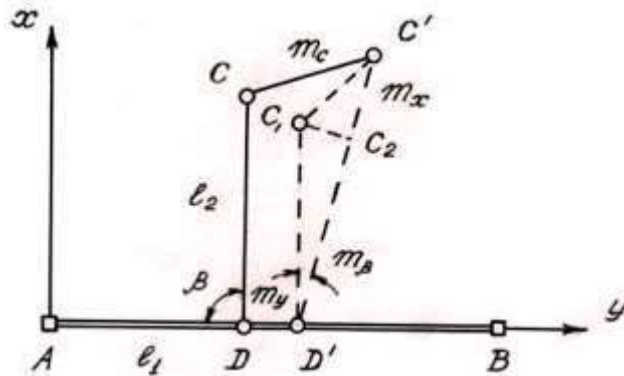


Рисунок 13 - Способ построения точки с помощью прямоугольных координат

Вначале вычисляют приращения координат Δx и Δy от центра ближайшего пункта сетки до искомой точки C . В створе линии AB откладывают отрезок $l_1 = \Delta y$ по оси Y . Затем из полученной точки D с помощью теодолита восстанавливают перпендикуляр длиной $l_2 = \Delta x$ и закрепляют найденную точку C .

Вследствие влияния ошибок измерения длин и построения угла на местности, вместо точек D и C будут получены точки D' и C' . В этом случае среднеквадратическая погрешность m_C выноса точки C способом прямоугольных координат будет складываться из ошибок построения способами линейной створной засечки ($m_{C\ell}$) и полярных координат (m_{Π}):

$$m_C = \sqrt{m_{C\ell}^2 + m_{\Pi}^2} .$$

Способ полярных координат заключается в построении проектной точки на местности по заданному углу и расстоянию от ближайшего пункта разбивочного сети (рис. 14). Для этого необходимо решением обратной геодезической задачи по известным координатам двух точек A и C опреде-

лить полярные координаты искомой точки β и d . Вначале находят дирекционный угол α_{AC} по формуле (2.3):

$$\operatorname{tg} \alpha_{AC} = \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A},$$

затем определяют угол направления на точку C

$$\beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$$

и горизонтальное расстояние

$$d = \frac{Y_C - Y_A}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{X_C - X_A}{\cos \alpha_{AC}}.$$

На местности устанавливают на точке A теодолит и откладывают известные способами вычисленный угол β и полярное расстояние d_C . Аналогичным способом находят угол здания D . Для контроля измеряют углы при точках C и D (γ_C, γ_D) в натуре, а также расстояние CD , которое сравнивают с проектным значением.

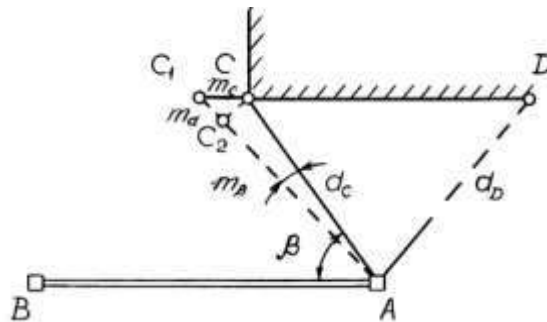


Рисунок 14 - Способ полярных координат и погрешность выноски точки C

Погрешность определения положения точки C без учета погрешностей исходных данных, определяется по формуле

$$m_C = \sqrt{m_\beta^2 \frac{d^2}{\rho^2} + m_d^2},$$

где m_β – погрешность перенесения угла β в натуре; d – расстояние от исходного пункта до определяемой точки C ; m_d – погрешность перенесения расстояния на местности.

Применяют полярный способ на открытой местности, удобной для измерения расстояний.

Способ угловой засечки применяется при разбивке сооружения на пересеченной местности, когда непосредственное измерение расстояний от разбивочного обоснования до определяемой точки затруднено.

Положение точки C в натуре определяют с помощью построения двух углов β_A и β_B от направления между пунктами A и B (рис. 15).

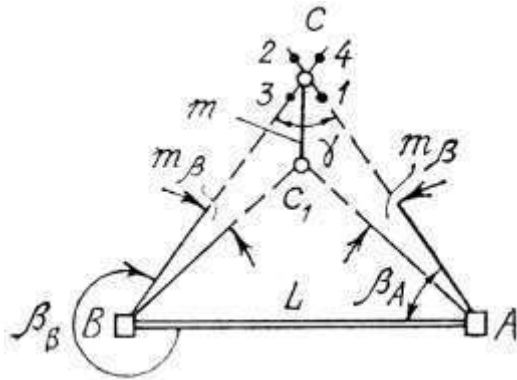


Рисунок 15 - Схема определения точки по способу угловой засечки

Для вынесения точки C на местность поступают следующим образом:

- 1) решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы α_{AB} , α_{AC} , α_{BC} . По разности соответствующих дирекционных углов получают искомые углы β_A и β_B ;
- 2) на местности эти углы откладывают от исходного направления AB с помощью теодолитов, установленных в точках A и B , которые фиксируют четырьмя кольями 1, 2, 3, 4. На пересечении натянутых проволок находят искомую точку C . Для контроля правильности ее вынесения, на местности измеряют угол γ при точке C .

Точность перенесения точки в натуру угловой засечкой зависит от погрешности построения углов β_A и β_B , а также от формы треугольников

$$m_C = d \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_A + \sin^2 \beta_B}{\sin^4 \gamma}},$$

где d – длина стороны AB ; γ – угол при точке C .

Способ линейной засечки применяют на ровной открытой поверхности и вблизи пунктов геодезической основы на расстояниях, не превышающих длины мерного прибора.

Искомая точка C на местности (рис. 16) определяется путем прочерчивания дуг проектных расстояний d_1 и d_2 , отложенных от опорных пунктов A , B .

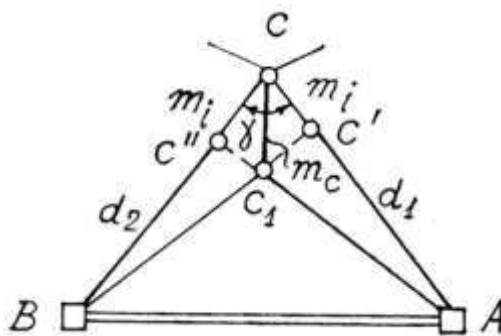


Рисунок 16 - Способ линейной засечки

Расстояния d_1 и d_2 вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известной формуле (2.3).

Средняя погрешность m_C определения положения точки C относительно исходных точек A и B определяется по формуле

$$m_C = \frac{m_i \sqrt{2}}{\sin \gamma},$$

где $m_i = m_A = m_B$ – средние погрешности измерения расстояний d_1 и d_2 ; γ – угол при точке C .

Способ створной (линейной) засечки широко применяется при разбивке промышленных зданий и инженерных сооружений где, как правило, створы между пунктами разбивочного обоснования параллельны строительным осям и пересекаются под прямыми углами. В общем случае положение точки на местности определяется путем пересечения двух створных линий, закрепленных на двух противоположных сторонах сооружения. В зависимости от вида строительства существует много различных схем построения створной засечки (рис. 17).

Точность построения точки способом створной засечки m зависит от точности построения створов $1-1'$ и $2-2'$ (m_{C1} , m_{C2}), влияния ошибок исходных данных (m_u), а также от точности фиксирования (m_ϕ)

$$m^2 = m_{C1,2}^2 + m_u^2 + m_\phi^2.$$

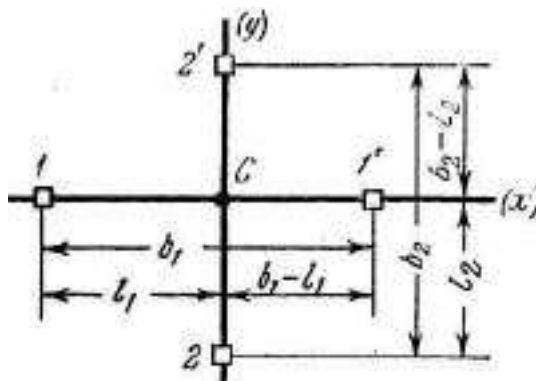


Рисунок 17 - Схема построения точки C способом створной засечки

Перенесение в натуру осей сооружений заключается в вынесении, восстановлении и закреплении на местности ряда точек, проекции которых совпадают с проектным положением осей ствола шахты, трасс подъездных путей, ЛЭП, трубопроводов и т.п., используя способы геодезических построений элементов и точек проекта.

Для примера рассмотрим три случая построения проектных осей инженерных сооружений, заданных координатами точек, дирекционным углом, полигонометрическим ходом.

1. Проектная ось шахтного ствола задана точкой C , имеющей координаты X_C и Y_C , а также дирекционным углом α_{np} (рис. 18).

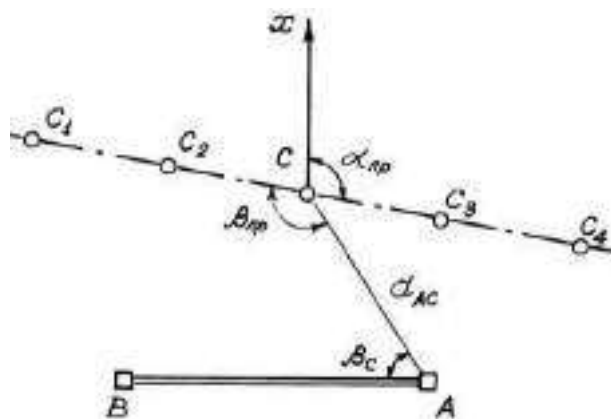


Рисунок 18 - Схема выноса центра и оси ствола

В этом случае, используя опорные пункты A и B разбивочного обоснования, применяют полярный способ построения точки (см. рис. 18). Решением обратной геодезической задачи определяют полярные координаты точки C – β_C и d_{AC} . Затем выносят искомую точку в натуру и закрепляют ее. По разности дирекционных углов линии AC (α_{AC}) и проектной оси (α_{np}) находят разбивочный угол $\beta_{ПР}$

$$\beta_{ПР} = \alpha_{np} - \alpha_{AC} .$$

Установив теодолит в точке C , откладывают вычисленный угол $\beta_{ПР}$ в натуру (см. построение горизонтального проектного угла) и закрепляют вынесенную ось точками $C_1, C_2, \dots C_i$. Для контроля измерения повторяют от пункта B .

2. Ось инженерного сооружения задана конечными пунктами P_1 и P_2 .

Используя способ полярных координат, определяют угловые и линейные элементы от пунктов опорной сети A и B для вынесения точек P_1 и P_2 ($\beta_{P1}, \beta_{P2}, d_{P1}, d_{P2}$). Затем с помощью теодолита провешивают выставленную ось между точками P_1 и P_2 и закрепляют, допустим, кольями.

3. Ось задана геометрическими элементами (горизонтальными углами и длинами) полигонного хода, которые последовательно переносятся в натуру от исходных пунктов (например, трассы подъездных путей, тоннелей, коммуникаций и т.п.).

2.4 Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений

Для того чтобы перенести проект инженерного сооружения на местность, необходимо иметь вполне определенные данные для разбивки:

- 1) плановые координаты точек;
- 2) проектные и фактические отметки;
- 3) расстояния до выносимых элементов;
- 4) уклоны подъездных дорог и площадок;
- 5) величины угловых и линейных построений.

Геодезические расчеты и набор вышеуказанных составляющих для перенесения проекта в натуру называется геодезической подготовкой исходных данных к разбивке.

Разбивочные величины представляют в удобном для пользования виде: разбивочном чертеже. На нем выписывают все сведения, необходимые для выноски: длины линий, откладываемые в натуре; углы от исходных до проектных направлений; данные для разбивки на местности главных осей сооружений.

Геодезическая подготовка исходных значений может выполняться графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

Графический способ состоит в непосредственном определении по генеральному плану координат точек, расстояний и углов между направлениями с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и топографического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности вычисления исходных данных для разбивок. Тем не менее, на точность их определения влияют:

- графическая точность построения генерального плана;
- приборные погрешности;
- деформация бумаги.

Деформация бумаги будет оказывать наиболее значительное влияние вдоль осей координат X и Y и характеризуется отношением теоретической длины стороны координатной сетки ℓ_T к измеренной ℓ_H

$$K = \frac{\ell_T}{\ell_H},$$

где K – коэффициент деформации.

Для получения с плана координат точки A необходимо измерить приращения ΔX и ΔY от нижнего левого угла координатной сетки и умножить их на соответствующие коэффициенты деформации K_x и K_y , а затем сложить со значениями этих координат (рис. 19).

Для контроля правильности получения координат точки A , их можно определить от правого верхнего угла сетки аналогичным образом

$$X_A = X'_C - \Delta X' K_x; Y_A = Y'_C - \Delta Y' K_y.$$

При измерении на плане линии ℓ_{AB} , деформация бумаги учитывается следующим образом

$$\ell_{AB} = \ell'_{AB}(K_x \cos^2 \alpha + K_y \sin^2 \alpha),$$

где ℓ'_{AB} – измеренное значение длины; α – измеренное значение дирекционного угла.

В этом случае получим следующие выражения определения координат

$$\begin{aligned} X_A &= X_C + \Delta X K_x; \\ Y_A &= Y_C + \Delta Y K_y. \end{aligned}$$

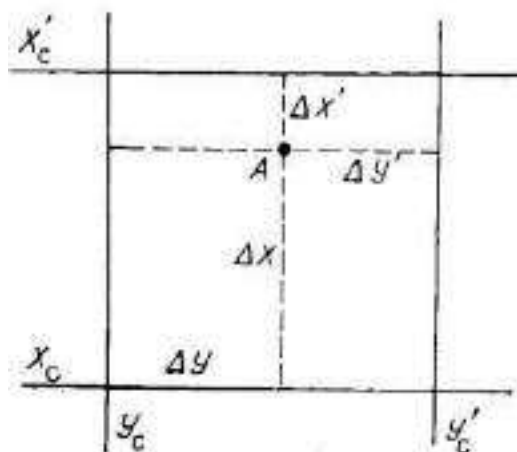


Рисунок 19 - Схема введения поправок за деформацию бумаги

Аналитический способ расчета исходных показателей состоит в математических вычислениях всех данных, необходимых для разбивки проекта. Расчет элементов разбивочных работ ведут от пунктов геодезической сети или твердых контурных точек.

Имея фактические координаты существующих пунктов разбивочной основы и проектные координаты (например, осевых точек сооружений) вычисляют расстояния и направления, связывающие осевые точки между собой и с пунктами опорной сети. Основными определениями, вытекающими из этих целей, являются нахождение расстояний ℓ и углов β при помощи решения обратной геодезической задачи по формуле (2.3).

$$\operatorname{tgr}_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad \ell = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{BA}} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{BA}}.$$

Разбивочный угол β находят как разность дирекционных углов определяемой и исходной линий

$$\beta = \alpha_{\text{опр}} - \alpha_{\text{исх}}.$$

Способ обеспечивает высокую точность получения разбивочных элементов для выноски их на местность, но является наиболее трудоемким.

Графоаналитический способ подготовки данных разбивки является более оперативным, по сравнению с аналитическим. Он обеспечивает достаточную точность вынесения в натуру строительных элементов и широко используется в строительной практике. В данном способе часть исходных величин берут графически с генеральных или топографических планов, например, размеры существующих зданий, координаты их углов, расстояния, а остальные элементы получают аналитически. Координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей (каталогов), а дирекционные углы направлений и длины линий вычисляют по формулам обратной геодезической задачи, используя графические определения. Для снижения погрешности за счет деформации бумаги, координаты проектных точек определяют следующим образом.

1. Через точку A (рис. 20) проводят линии, параллельные сторонам координатной сетки. Измеряют по плану с помощью циркуля отрезки $\Delta X'$ и $\Delta X''$, $\Delta Y'$ и $\Delta Y''$.

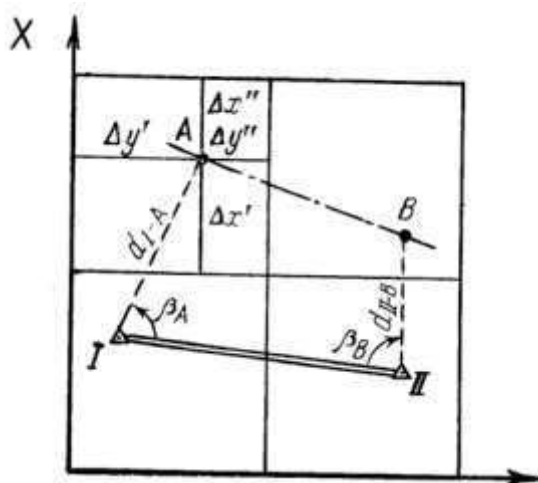


Рисунок 20 - Схема определения координат графоаналитическим способом

2. Вычисляют координаты точки A

$$X_A = X'_A + \frac{S}{\Delta X' + \Delta X''} \Delta X'; \quad Y_A = Y'_A + \frac{S}{\Delta Y' + \Delta Y''} \Delta Y',$$

где S – теоретическая длина стороны квадрата координатной сетки;
 X'_A, Y'_A – координаты точки A от юго-западного угла квадрата.

Аналогичным образом определяют координаты точки B .

По найденным координатам точек A и B осей сооружений находят расстояния от точек (I и II) опорной сети до искомым (A и B), дирекционные углы α_{I-A} и α_{II-A} и разбивочные углы β_A и β_B при опорных пунктах по формулам (2.3)

$$\operatorname{tg} \alpha_{I-A} = \frac{Y_A - Y_I}{X_A - X_I} = \frac{\Delta Y_{A-I}}{\Delta X_{A-I}}; \quad d_{I-A} = \frac{\Delta Y_{A-I}}{\sin \alpha_{A-I}} = \frac{\Delta X_{A-I}}{\cos \alpha_{A-I}},$$

$$\beta_A = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-A}; \quad \beta_B = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-B}.$$

Графоаналитический способ подготовки исходных данных позволяет избавиться от невязок за счет погрешностей графического проектирования строительства и элементов геодезического построения. Типовыми задачами, решаемыми при подготовке проекта выноски, являются: прямая и обратная геодезические задачи; нахождение координат точки пересечения двух прямых, прямой и кривой; определение координат центра кривой, створных точек и др. Все эти задачи решаются по формулам аналитической геометрии и сводятся к вычислению в обычной ведомости координат или из решения треугольников.

Пример:

Определить координаты X_0, Y_0 точки пересечения линий AA_1 и BB_1 , заданных координатами $X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_{A1}, Y_{A1}, X_{B1}, Y_{B1}$ (рис. 21).

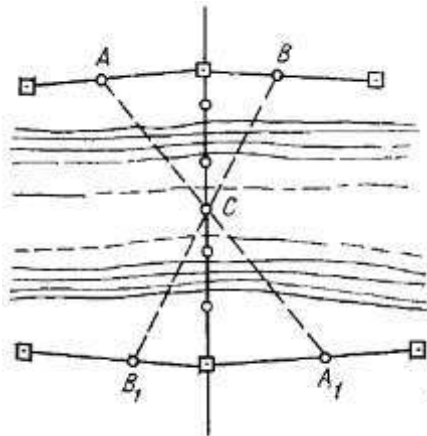


Рисунок 21 - Схема к примеру определения координат точки C при пересечении двух прямых

Из решения обратной геодезической задачи (2.3) определяем дирекционные углы α_{AA_1} , α_{BB_1} , α_{AB_1} и длину d_{AB_1} . По разности дирекционных углов находим горизонтальные углы в треугольнике AB_1C , по теореме синусов определяем расстояния от точки C до одной из точек прямых.

Решая прямую геодезическую задачу, находим координаты точки C .

3 ПОНЯТИЕ О ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ, ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) ПЛОЩАДКЕ

Вертикальной планировкой называется преобразование естественного рельефа на территории строительной площадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения. Проект вертикальной планировки является составной частью генерального плана строительства и в его разработке важное место занимают геодезические расчеты. Основой для составления проекта служат топографические планы в масштабе 1:1000–1:500.

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают вертикальную планировку под горизонтальную или наклонную площадку. Основными документами проектов вертикальной планировки являются:

- план организации рельефа;
- картограмма земляных работ.

Отметки проектируемой застройки приводят в соответствие с существующей застройкой. Все геодезические расчеты сводятся к определению рабочих отметок создаваемого рельефа – выемки или насыпи.

Для выноса проекта сооружения в натуру производят его геодезическую подготовку (составляют проект геодезической подготовки), включающую:

- аналитический расчет проекта выноски;

- составление разбивочных чертежей с данными привязки главных осей сооружений к пунктам геодезической основы;
- разработку проекта производства геодезических работ (ППГР).

Вертикальная планировка под горизонтальную поверхность обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, что означает равенство геометрических объемов выемки и насыпи грунта. В этом случае используют фактические отметки вершин квадратов, полученных при площадном нивелировании (рис. 22, а) или из топографической съемки масштаба 1:500 путем интерполяции между горизонталями.

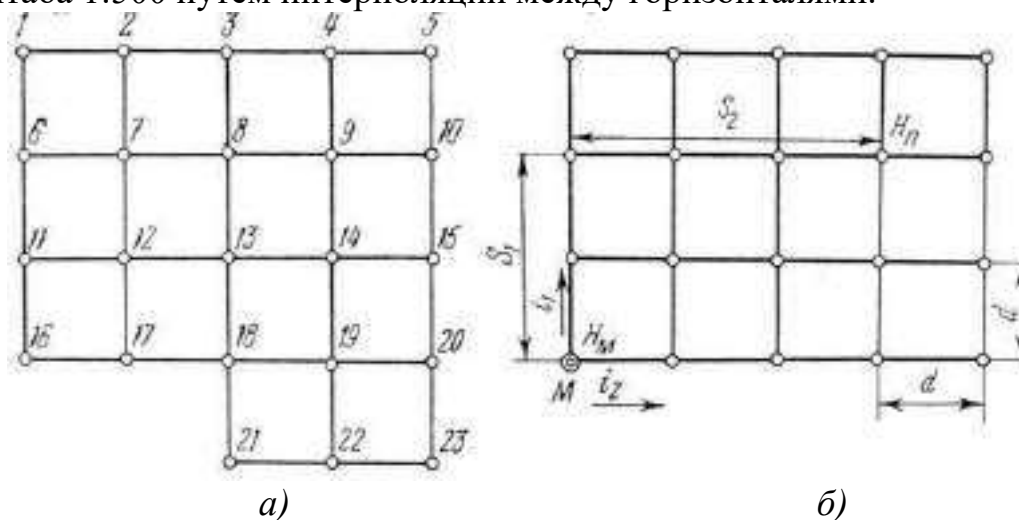


Рисунок 22 - Вертикальная планировка строительной площадки под:

a – горизонтальную поверхность; *б* – наклонную плоскость

Съемку поверхности (нивелирование площадей) для составления проекта вертикальной планировки чаще всего выполняют методом нивелирования по квадратам или прямоугольникам. Для этого на местности разбивают сетку геометрических фигур со сторонами 10, 20, 50 м и более в зависимости от размеров участка при помощи теодолита и мерной ленты. В это же время ведут съемку подробностей площадки строительства и вычерчивают абрис.

Разбивку квадратов выполняют при помощи теодолита и ленты. На больших площадях для построения сетки возможно использование электронных тахеометров. Каждую вершину квадрата обозначают колышком и сторожком с надписью номера соответствующей вершины.

После разметки участка планировки выбирают схему замкнутого (с целью контроля) нивелирного хода и приступают к нивелированию вершин квадратов.

На местности последовательно устанавливают нивелир в точках *I*, *II*, *III* и вначале берут отсчеты по черной и красной сторонам рейки в связующих точках *1в*, *3б*, и *3г*, рис. 23. После проверки правильности взятых отсчетов, заднюю рейку поочередно устанавливают на соответствующие вершины квадратов согласно схеме нивелирования (рис. 23) и производят

отсчеты только по черным делениям рейки. Все измерения записывают в журнал нивелирования (табл. 4).

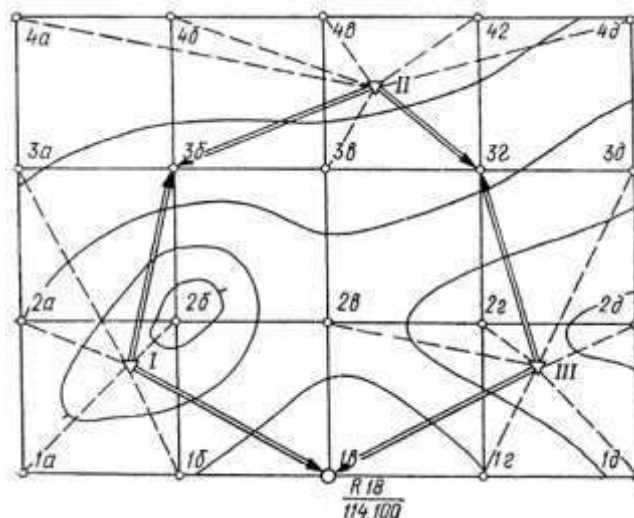


Рисунок 23 - Схема нивелирования по квадратам

При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Например, отметка $H_{3б}$ точки $3б$ будет равна

$$H_{3б} = H_{pen18} + a - b = 114,100 + 1,228 - 0,823 = 114,505 \text{ м (не уравненная).}$$

Затем через горизонт инструмента (ГИ) вычисляют отметки вершин квадратов

$$H_{1б} = ГИ_1 - C_{1б} = 115,328 - 0,576 = 114,752,$$

где $C_{1б}$ – отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке $1б$, табл. 4.

После вычисления отметок всех точек прямоугольной сетки приступают к вычерчиванию плана участка строительной площадки с горизонталями, который используют для составления проекта вертикальной планировки (рис. 24).

Таблица 4 - Журнал технического нивелирования поверхности по квадратам

| Станция | Вершина | Отчеты по рейкам, мм | | | Превышения, мм | | | Горизонт прибора, м | Абсолютные отметки, м |
|---------|--------------|----------------------|----------|---------------|----------------|---------|--------------|---------------------|-----------------------|
| | | задние | передние | промежуточные | вычисленные | средние | исправленные | | |
| I | $1б(R_{18})$ | 1228 | | | | | | 115,328 | 114,100 |
| | $1б$ | 5915 | | 576 | | | | | 114,752 |
| | $1а$ | | | 427 | + 405 | | | | 114,901 |
| | $2а$ | | | 525 | | - 2 | + 403 | | 114,803 |
| | $2б$ | | | 748 | + 405 | | | | 114,580 |
| | $3а$ | | | 1527 | | | | 113,801 | |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | 3б | | 823
5510 | | | | | | |
| II | 3б | 405
5092 | | | | | | 114,908 | 114,503 |
| | 4а | | | 2407 | | | | | 112,501 |
| | 4б | | | 2006 | + 205 | | | | 112,902 |
| | 4в | | | 2005 | | – 2 | | | |
| | 4г | | | | | + 204 | + 202 | | 112,903 |
| | 4з | | | 1607 | + 203 | | | | 113,301 |
| | 4д | | | 402 | | | | | 114,104 |
| | 3в
3г | | | 657 | | | | | 114,251 |
| | | | 200
4889 | | | | | | |
| III | 3г | 2390
7077 | | | | | | 117,095 | 114,705 |
| | 3д | | | 1515 | | | | | 115,580 |
| | 2г | | | 1075 | | | | | 116,020 |
| | 2д | | | 200 | – 605 | | | | 116,895 |
| | 1д | | | 1345 | | – 2 | | | 115,750 |
| | 1г | | | 2093 | – 601 | – 603 | – 605 | | 114,902 |
| | 2в | | | 1795 | | | | | 115,300 |
| | 1б(Р18) | | | 2995
7678 | | | | | 114,100 |

Примечание. $f_h = + 6$ мм; $f_{дон} = \pm 17$ мм.

Нулевой баланс земляных работ обеспечивается заданием проектной отметки по следующей формуле

$$H_{пр} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (2.7)$$

где $\sum H_1$ – сумма фактических отметок, входящих в один квадрат (1, 5, 16, 23); $\sum H_2$ – сумма отметок вершин, общих для двух квадратов (2, 3, 4, 10, ...); $\sum H_3$ – сумма отметок вершин, общих для трех квадратов (18); $\sum H_4$ – сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов (7, 8, 9, ...); n – число квадратов.

По разности между проектной отметкой горизонтальной плоскости и фактической (черной) отметки вершины квадрата получают рабочую высоту выемки или насыпи

$$h_n^{РАБ} = H_{пр} - H_n.$$

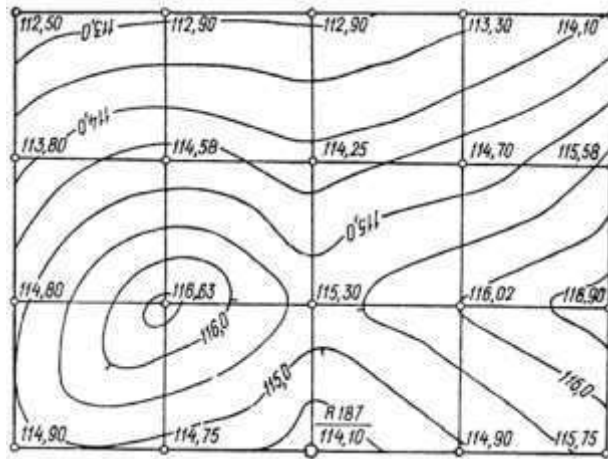


Рисунок 24 - План участка строительной площадки в горизонталях

Рабочие отметки (высоты) подписывают на картограмме земляных работ: со знаком «плюс» – насыпь, «минус» – выемка (рис. 25), а также на сторожках, забитых в вершинах квадратов на местности.

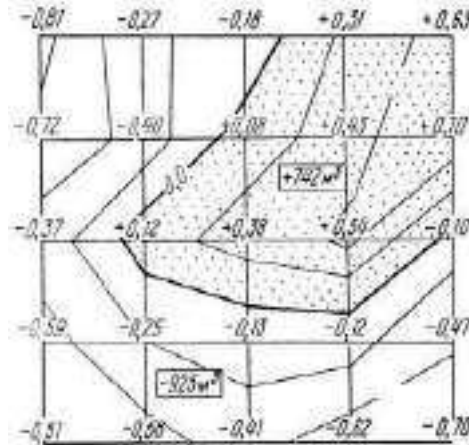


Рисунок 25 - Картограмма земляных работ

Вертикальная планировка под наклонную плоскость производится по заданному проекту уклону i_{np} . Исходными данными являются фактические отметки вершин квадратов, проектная отметка опорной точки M (рис. 22, б), а также проектные уклоны по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов i_1 и i_2 . Проектная отметка точки n определяется из выражения

$$H_n = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2 ,$$

где S_1 и S_2 – расстояния по сторонам квадратов от опорной точки M до искомой n .

В частности, проектные превышения по сторонам первого квадрата находятся

$$h_1 = i_1 d ; h_2 = i_2 d ;$$

где d – длина стороны квадрата.

Зная проектные превышения и отметку опорной точки M , находят проектные отметки вершин квадратов, откуда по значениям фактических отметок вычисляют рабочие.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является картограмма земляных работ, (рис. 25). На ней указывают фактические, проектные и рабочие отметки вершин квадратов, а также положение линии нулевых работ и значения объемов выемки или насыпи грунта.

Объемы земляных работ подсчитывают отдельно по каждому квадрату по рабочим отметкам его вершин, отдельно по выемке и насыпке грунта. В зависимости от требуемой точности, характера рельефа местности и конфигурации земляных работ подсчет объемов производят способами объемной палетки П.К. Соболевского, среднего арифметического, параллельных сечений, правильных геометрических фигур.

По окончании расчетов сводят баланс земляных работ, где указывают избыток или недостаток грунта вертикальной планировки строительной площадки. Для упрощения подсчета насыпных работ, как правило, объем засыпки производят без учета коэффициента разрыхления.

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

4.1 Работы нулевого цикла

Геодезическое обеспечение в гражданском и промышленном строительстве подразделяется на работы, связанные с обслуживанием нулевого цикла и на работы, выполняемые выше нулевой отметки.

В состав нулевого цикла входят:

- рытье котлованов и траншей (с зачисткой дна и откосов);
- монтаж фундамента, стен, подвалов;
- устройство приямков, лифтовых шахт;
- присоединение дворовых коммуникаций;
- монтаж оборудования в подвальном помещении (котлов, насосов, вентиляционных устройств и др.).

Заканчивается подземный цикл возведением объектов до нулевой отметки: чистого пола первого этажа.

Перед началом работ нулевого цикла производят разбивку осей зданий и сооружений. Различают три вида осей (рис. 26):

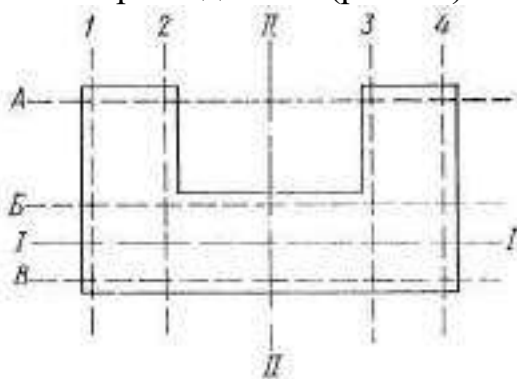


Рисунок 26 - Главные и основные оси здания

Главные оси – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание (сооружение) располагаются симметрично. Их обозначают на генеральном плане римскими цифрами.

Основные оси проходят по контуру здания (сооружения). Продольные оси обозначают буквами, а перпендикулярные к ним линии – арабскими цифрами.

Вспомогательные или разбивочные оси служат для детальной разбивки частей и элементов сооружений. Располагаются они по отношению к основным осям как под углом, так и параллельно к ним в зависимости от конструкции сооружения.

При разбивке главных и основных осей, именуемой основными геодезическими разбивочными работами, их закрепление производят четырьмя осевыми пунктами (знаками), по два с каждой стороны здания (рис. 27).

Знаки должны располагаться на одинаковом расстоянии от сооружения, составляющим, по возможности, полторы его высоты с целью передачи осей со створных пунктов на строящиеся этажи. В дополнение оси можно закреплять краской на стенах существующих зданий.

Кроме плановой разбивки на местности для каждого возводимого сооружения создается высотное обоснование в виде двух рабочих реперов. Место их установки выбирается с учетом удобства пользования и сохранности на весь период строительства. Отметка чистого пола первого этажа принимается за нуль, поэтому все отметки ниже пола будут отрицательными. Перенос отметки строительного нуля на рабочие реперы осуществляется геометрическим нивелированием.

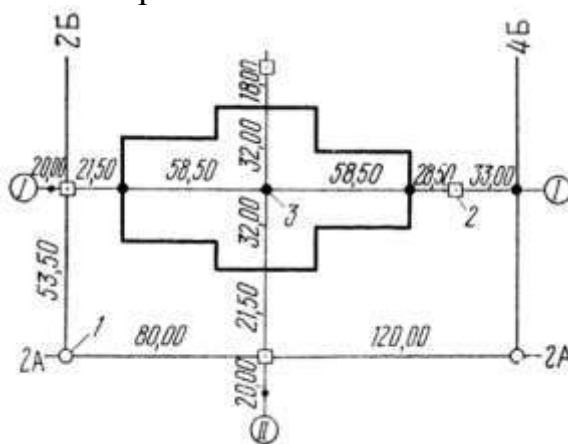


Рисунок 27 - Схема расположения и привязки главных осей: I-I, II-II

По завершении разбивки и закреплении главных и основных осей, установки рабочих реперов составляют акт приемки-передачи разбивочных работ с приложением схемы закрепления осей по установленной форме.

Детальные разбивочные работы нулевого цикла осуществляют с помощью обноски: специального ограждения, установленного по внешнему контуру строящегося здания (рис. 28).

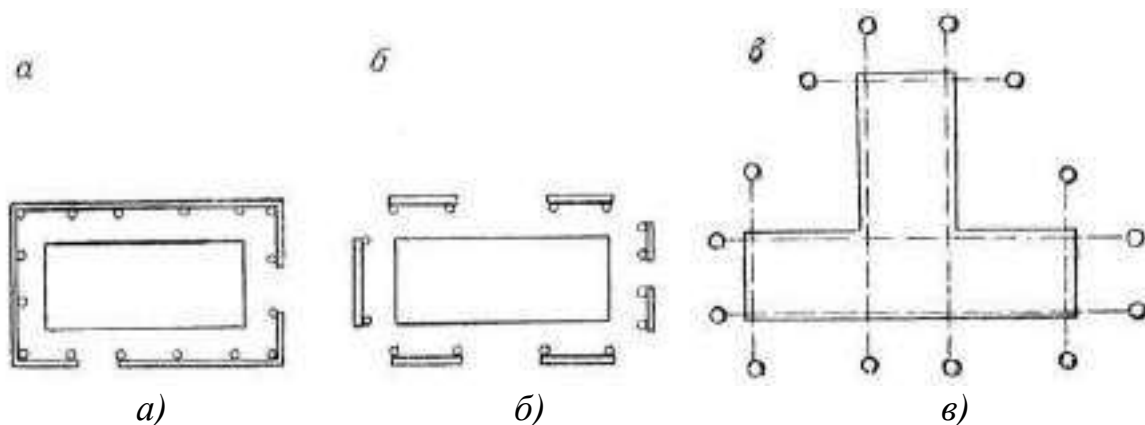


Рисунок 28 - Варианты обноски: *a* – сплошная; *б* – разрезенная; *в* – створная

Сплошная обноска представляет из себя вкопанные по периметру вокруг здания столбы на расстоянии 2–4 м с прибитыми к ним на высоту 0,5–1,2 м обрезными досками. Для въезда/выезда транспорта в зону строительства в отдельных местах ограждения делают разрывы.

Разрезенная обноска устраивается только в местах расположения основных осей здания аналогично сплошной.

Створная обноска состоит из отдельных пар вкопанных столбов, установленных в створах всех осей здания. Срезы столбов выполняют на одной высоте.

Относительная погрешность линейных измерений при разбивке осей с помощью обноски достигает 1/10 000–1/25 000. Для соблюдения высокой точности разбивочных работ к устройству обноски выдвигаются следующие требования:

- створность столбов устанавливают по теодолиту;
- высоту обноски выносят нивелиром;
- разбивку обноски выполняют от створных знаков главных или основных осей;
- точки закрепления главных и основных осей переносят на обноску с помощью теодолита;
- положение вспомогательных (разбивочных) осей определяют на обноске линейными промерами.

4.2 Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаментами

Разбивочные работы. Способы геодезических разбивочных работ зависят от конструкции и глубины заложения фундамента. Например, разбивка контуров неглубоких котлованов и траншей под ленточные фундаменты производится от основных осей с обноски. В этом случае вдоль меток оси натягивают стальную проволоку (струну) и с помощью отвесов ось переносят на земную поверхность, фиксируя ее кольшками. Затем вправо

и влево от оси откладывают необходимые расстояния, в сумме составляющие ширину фундамента, и закрепляют кольями. Шнур, натянутый по кольям, обозначает границу траншеи.

При разработке глубоких котлованов разбивку их контуров выполняют понизу и верхней бровки от главных или основных осей. При этом до выполнения земляных работ обноску обычно не устраивают. Границу верхней бровки рассчитывают по каждому углу котлована с учетом величины «а» (расстояния нижней бровки котлована от фундамента) по формуле

$$\Delta d_i = (H_i - H_0)m,$$

где H_i – отметка земли на каждом углу; H_0 – отметка дна котлована; m – крутизна откоса, рис. 29.

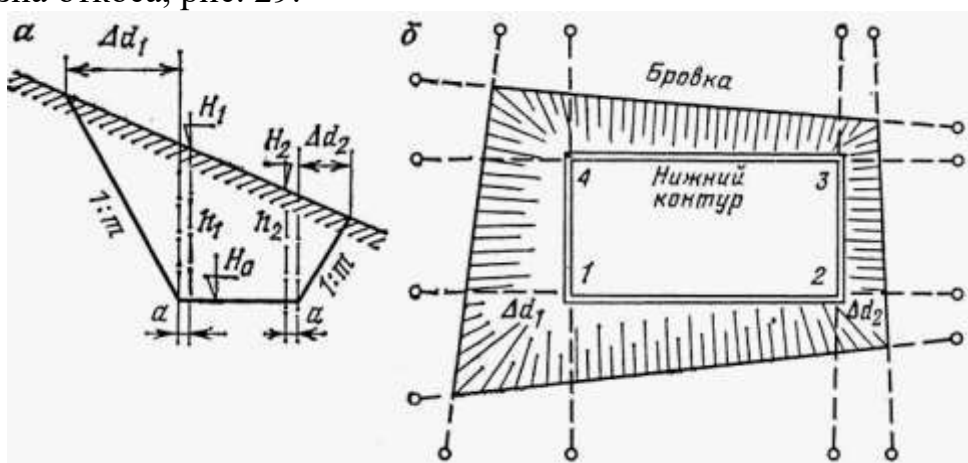


Рисунок 29 - Схема разбивки котлована под фундамента: а – разрез по 1–2; б – план разбивки котлована по нижней и верхней бровкам

Средние квадратические погрешности разбивки границ котлована не должны превышать 3 см.

В процессе разработки котлованов выполняют систематический контроль за их углубкой с помощью горизонтальных визирок и геометрического нивелирования для неглубоких выемок. Контроль глубины разработок со значительными размерами ведут тригонометрическим нивелированием (рис. 30), при котором глубина выемки определяется по формуле

$$h = 0,5(Kn + c) \sin 2\nu,$$

где K – коэффициент нитяного дальномера; n – число сантиметровых делений рейки между нитями; c – постоянная дальномера; ν – вертикальный угол.

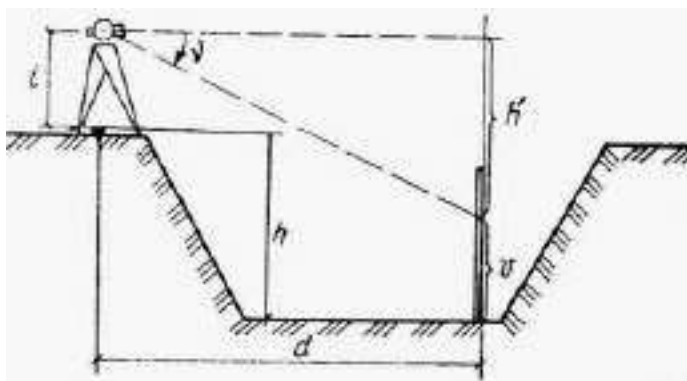


Рисунок 30 - Схема контроля глубины выемки котлована

Среднюю квадратическую погрешность определения глубины котлована вычисляют из выражения

$$m_h^2 = (1/2 \sin 2v)^2 m_d^2 + (d \cos 2v)^2 m_v^2 / \rho^2,$$

где m_d и m_v – погрешности измерения расстояния и вертикального угла соответственно.

После окончательной разработки и зачистки дна котлована определяют объем земляных работ, выполняют исполнительную съемку, на которой показывают фактические и проектные размеры, отметки дна, смещения.

Перенос осей осуществляют в зависимости от глубины выемки и вида фундаментов с помощью: створной засечки теодолитом (рис. 31); отвесов, закрепленных на монтажных струнах; обноски, возведенной на дне котлована.

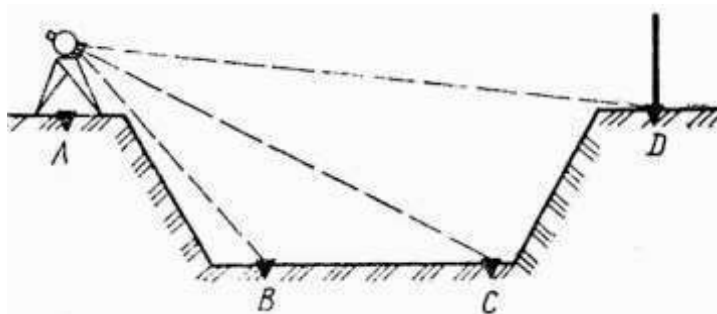


Рисунок 31 - Схема переноса осей на дно котлована

Отметку на дно выработки передают способом геометрического нивелирования с использованием вывешенной вертикально рулетки. Перед этим на дне закладывают два временных репера (марки). Отметку репера, на который осуществляется передача координаты H_{p2} , вычисляют по формуле, вытекающей из рис. 32:

$$H_{p2} = H_{p1} + a - b - (c - d).$$

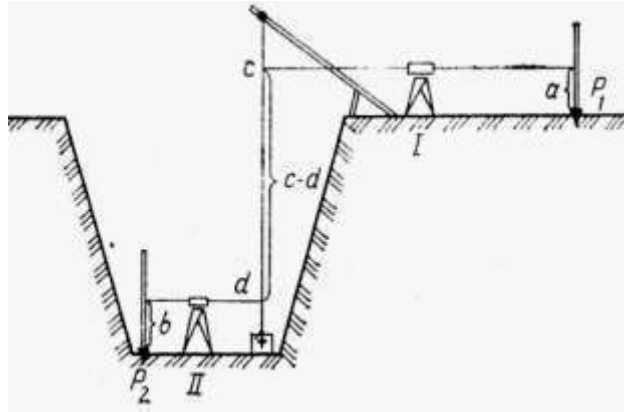


Рисунок 32 - Схема переноса отметки на дно котлована

При этом используют как абсолютную систему высот, так и условную.

Геодезические работы, осуществляемые при возведении фундаментов, зависят от их конструкции, методов и средств монтажа, технологии производства строительного-монтажных работ. Известны ленточные и сплошные (плитные) фундаменты, свайные, монолитные и сборные.

Сборные ленточные фундаменты укладывают на выровненную поверхность, горизонтальность которой контролируют нивелиром. Перед укладкой блоков на их грани наносят установочные риски, служащие для совмещения с осями, вынесенными на дно котлована.

Монтаж фундамента начинают с установки угловых блоков с помощью двух теодолитов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а также используя оси, заданные струной из стальной проволоки. Установочные риски совмещают с остриями отвесов, опущенных со струны. Через 15–20 м от угловых блоков вдоль осей размещают маячные блоки, служащие для ориентирования при возведении остальной части фундамента.

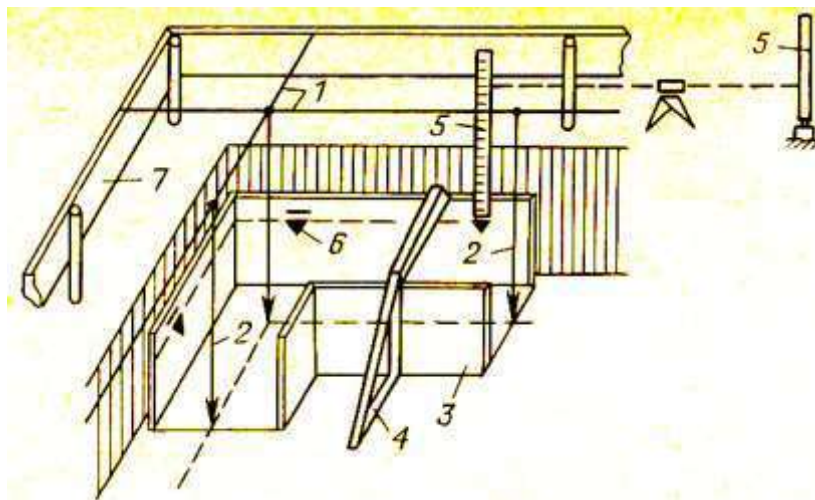


Рисунок 33 - Схема установки опалубки под монолитные фундаменты: 1 – проволочные струны; 2 – отвесы; 3 – щиты опалубки; 4 – крепежные элементы; 5 – мерная рейка; 6 – отметка бетонирования; 7 – обноска

После окончательной выверки в плане и по высоте угловых и маячных блоков между ними натягивают шнур-причалку на расстоянии 15–20 мм от их граней. Промежуточное фундаментное основание устанавливают, ориентируясь на угловые и маячные блоки по шнуру.

Монолитные железобетонные фундаменты (рис. 33).

Монолитные фундаменты возводят по свайному основанию и непосредственно по дну котлована с помощью опалубки. Разбивка под опалубку начинается с проверки высотной и плановой подготовки дна котлована.

4.3 Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений

Перекрытие первого этажа сооружения является нулевым или исходным монтажным горизонтом. С целью возможности возведения надземной части здания (сооружения) на нулевом перекрытии создаются плановая и высотная геодезические сети. Способы и точность их развития зависят от методов строительного производства, количества этажей здания и конструктивных решений.

При возведении невысоких зданий их основные оси передают от створных знаков и закрепляют на верхнем срезе цоколя (рис. 34). Затем выполняют контрольные промеры и в дальнейшем переносят оси на вышележащие монтажные горизонты от закрепленных на цоколе рисок.

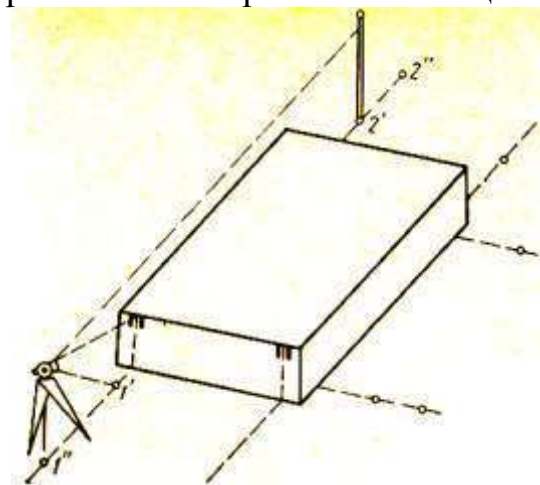


Рисунок 34 - Схема построения осей на основном монтажном горизонте

При повышенных требованиях к точности строительства сооружения (например, высоких зданий), на нулевом монтажном горизонте создается внутренняя разбивочная основа в виде правильных геометрических фигур. Вначале выносят главные или основные оси A, B, I, δ , а затем намечают положение пунктов разбивочной сети на расстояниях a, b, c и d от вынесенных осей (рис. 35).

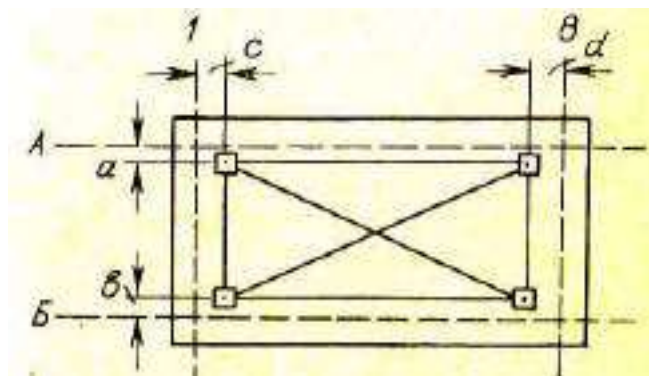


Рисунок 35 - Разбивочная сеть на нулевом перекрытии

Положение центров выбирают исходя из удобства установки прибора, а также обеспечения видимости между соседними знаками в процессе возведения конструкций на этаже. Желательно предусмотреть устройство технологического отверстия в плитах перекрытия.

5 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Под исполнительной съемкой понимают комплекс угловых, линейных и высотных геодезических измерений, целью которых является определение фактического положения строительных элементов относительно друг друга в пространстве, а также соответствие их проектным показателям.

Общий состав работ по ведению исполнительных съемок в строительстве включает:

- создание или пополнение съемочного обоснования;
- планово-высотную детальную съемку элементов строительства, их узлов и отдельных конструкций (в том числе поэтажную съемку);
- планово-высотную съемку наземных и подземных коммуникаций;
- контурную съемку законченного строительства;
- составление маркшейдерско-геодезической документации.

Рассмотрим более подробно обозначенный состав работ.

Создание съемочного обоснования (или его пополнение) производится в случае утраты части пунктов в процессе строительства и осуществляется известными методами: полигонометрических ходов, строительной сетки, цепочки треугольников и др.

Планово-высотную детальную съемку элементов строительства и различных коммуникаций производят с пунктов съемочного обоснования, разбивочной сети, а также разбивочных осей, красных линий, знаков геометрического нивелирования. Ее ведут теми же методами и приборами, что и детальную разбивку осей сооружений. Точность результатов исполнительной съемки должна быть не ниже точности проведения разбивочных

работ, а саму съемку осуществляют преимущественно способом прямоугольных координат, створов, линейных и угловых засечек, геометрического нивелирования. Исполнительные съемки выполняются на протяжении всего строительства, начиная от разбивки осей и заканчивая приемкой его государственной комиссией, при этом заключаются в проведении комплекса геодезических работ для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций.

В зависимости от этапа строительства исполнительные съемки подразделяют на текущие и окончательные.

Текущие исполнительные съемки ведутся по мере возведения сооружения и завершают каждый вид строительно-монтажных работ с составлением основного технического документа. Его результаты позволяют судить о качестве выполненных работ, подсчитать их объемы, если это необходимо, сделать изменения в проекте. Исполнительной съемке подлежат те элементы и части зданий и сооружений, от правильного положения которых зависит прочность и устойчивость всего сооружения, а также точность установки последующих конструкций. Виды конструкций и этапы строительства, подлежащих исполнительной съемке, порядок и очередность геодезических измерений, их точность и применяемые приборы определяет проект производства геодезических работ.

Текущая исполнительная съемка фиксируется на схемах, на которых указывают все проектные и фактические размеры, а также отметки конструкций и элементов сооружений, расстояния между осями, величины и направления отклонений от проектных положений. Особое внимание обращают на исполнительную съемку частей и конструкции сооружений, становящихся впоследствии недоступными для измерений или подлежащих засыпке грунтом: днища котлованов, оголовки свай, закладные детали монолитных фундаментов, анкерные болты под оборудование, подземные коммуникации и др.

Высотное положение конструкций определяется методом геометрического или гидростатического нивелирования от реперов высотного обоснования или в условной системе высот.

Вертикальность конструкций высотой до 5 м выверяется рейкой-отвесом или рейкой-уровнем. При большей высоте применяют способы вертикального или наклонного проектирования. Результаты исполнительной съемки необходимо контролировать путем промеров между точками и контурами, определяемыми независимыми путями при съемке, а также сравнением их с проектными размерами.

Для съемки фундаментов в плане на их верхние и боковые грани переносят оси, от которых выполняют все замеры. Высотная съемка выполняется от временных реперов, установленных на дне котлована в непосредственной близости от возводимого сооружения на поверхности. Отметки определяются по верху фундамента в местах пересечения осей и через 3–5

м между осями, а также дна и верха фундаментов стаканного типа. При возведении наземной части зданий и сооружений на каждом монтажном горизонте выполняется исполнительная съемка планового положения колонн, панелей, блоков, а также их вертикальности, высотного положения опорных площадок и перекрытий, закладных деталей, оконных проемов и других элементов возводимого сооружения.

Повышенное внимание следует уделять исполнительной съемке при строительстве подземных коммуникаций, которая должна выполняться вслед за строительными работами. При этом определяется плановое положение оси коммуникации, соблюдение проектных уклонов, выполняется подсчет объемов земляных работ. Исполнительные съемки при строительстве наземных коммуникаций заключаются в определении планового положения осей земляного полотна, выемок и насыпей, кривых, опор и их фундаментов.

Окончательные исполнительные съемки выполняются после завершения строительства объекта. Они производятся отдельно от пунктов плановой и высотной съемочной (разбивочной) геодезической основы в масштабах 1:500, 1:1 000. Если пункты съемочного обоснования частично утрачены, их восстанавливают и для удобства располагают параллельно линиям застройки.

Контурная съемка (исполнительная съемка контуров) выполняется после завершения всего строительства и благоустройства его территории с целью составления исполнительного генерального плана.

При съемке контурных точек, их координаты вычисляют по результатам геодезических измерений. Точками определения являются углы зданий и сооружений, пересечения осей сетей воздушных, наземных и подземных коммуникаций, центры колодцев, проезды, вершины углов поворота трасс и др.

Кроме съемки и определения координат основных точек, в натуре измеряют габариты и элементы зданий и сооружений, которые невозможно отобразить непосредственно на плане. Поэтому на заготовленных заранее абрисах показывают проемы, входы в здание, вводы и выходы коммуникаций, характеристики сооружений (назначение, этажность, строительные материалы и др.). На обмерных чертежах выписывают координаты основных углов, заносят размеры отдельных и общих частей и сторон здания, выступающих элементов его фасада.

Вертикальная съемка строительства ведется от марок и реперов геодезического обоснования геометрическим или тригонометрическим способами. Помимо съемки рельефа определяются отметки всех вышеперечисленных точек плановой съемки, а также бровок и днищ земляных выемок, кюветов, насыпей и др.

Исполнительная съемка подземных коммуникаций выполняется от пунктов планово-высотного обоснования или четких контуров каменных

строений общепринятыми методами в масштабах от 1:5 000 до 1:200 по мере возведения и монтажа сетей. По результатам съемки вычисляют плановое положение углов поворота трасс и точек их осей через 50 м, центры люков колодцев, начала, середину и конец кривых, расположение входов в здания. В обязательном порядке определяют отметки люков всех колодцев, лотков канализационных, водосточных и дренажных коммуникаций, верха труб и пола каналов теплотрассы и энергетических прокладок.

Съемка подземных коммуникаций сопровождается отображением ситуации земной поверхности полосой 20 м в обе стороны от оси трассы. Плановое положение колодцев коммуникаций контролируется промерами расстояний между центрами люков.

Каждая строительно-монтажная организация обязана иметь полный комплект маркшейдерско-геодезической документации.

Маркшейдерско-геодезическая документация в строительстве подразделяется на проектную, обязательную маркшейдерско-геодезическую и исполнительную.

Проектная техническая документация является основой для организации производства маркшейдерско-геодезических работ. Особое место в ней занимает генеральный план, который содержит проектные решения на вертикальную планировку, строительство инженерных сетей, коммуникаций и т.д., служит базовым документом для вынесения проекта в натуру. В его состав входят графические материалы в виде ситуационного плана размещения объектов в масштабе 1:5 000–1:25 000 (в зависимости от сложности строительства), генерального плана с нанесением существующих, подлежащих сносу и проектируемых зданий, сооружений, дорог для всех видов транспорта, пусковых комплексов, благоустройства и озеленения территории. Здесь же приводятся типы покрытия внутриплощадочных дорог, картограмма земляных работ, инженерные коммуникации, схемы грузопотоков и др.

В общей проектной документации существуют дополнительные планы, схемы и решения (технологическая и строительная части, организация строительства, рабочие чертежи), которые используются по их прямому назначению.

Обязательная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на первичную, вычислительную и графическую.

Первичная документация представлена журналами измерения базисов, полигонометрических и теодолитных ходов, нивелирования, топографических съемок. Сюда же входят журналы выноса в натуру проектных геометрических элементов строительства, маркшейдерско-геодезического контроля и других необходимых измерений; различные акты о производстве выполненных разбивок осей и т.п.

Журналы измерений, разбивок и съемок имеют стандартные размеры (148 x 210 мм) и регистрационные номера. На последней странице указы-

вают общее количество пронумерованных страниц за подписью главного геодезиста или маркшейдера. Записи в журналах ведут карандашом, их достоверность проверяют в камеральных условиях, о чем делают соответствующие пояснения.

Вычислительная документация содержит журналы вычислений длин базисов, уравнивания и вычисления окончательных координат триангуляции, решения треугольников, обработки длин сторон полигонометрии и вычисления координат, уравнивания нивелирных ходов и вычисления высотных отметок, координат пунктов плановой разбивочной и съемочной основы. Журналы имеют стандартные размеры 297 x 210 мм, им присваивают порядковые номера, указывают общее число пронумерованных страниц (их число не должно превышать 100) за подписью главного маркшейдера или геодезиста. Записи вычислений ведут четко и разборчиво, ошибочные результаты перечеркивают и делают пояснения за подписью лиц, производивших эти вычисления. В журналах вычислений делают ссылки на номера страниц и журналов полевых измерений, из которых выписаны исходные данные. По результатам определений составляют каталоги координат и высот по видам и разрядам всех пунктов геодезических сетей, а также других необходимых параметров строительства. В дополнение к журналам ведут различные ведомости (например, приведенных направлений для пунктов триангуляции, углов поворота главных осей инженерных коммуникаций и др.).

Графическая документация представляет собой обязательные основные и специальные планы, профили, разрезы, проекции, составленные по результатам маркшейдерско-геодезических съемок и измерений. Они являются важнейшими техническими и юридическими документами строительства, а также служат основой для составления всех остальных видов графических материалов. В виду этого маркшейдерско-геодезическая графическая документация должна быть выполнена с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен в табл. 5.

Конкретный состав графических материалов определяется в зависимости от вида отрасли или строительства, а также специфики возведения объектов, объемов работ, конструктивных решений и регламентируется специальными инструкциями. Уточненный комплект этой документации устанавливается маркшейдерско-геодезической службой генеральной подрядной организации, согласовывается с заказчиком и утверждается техническим руководством.

Чертежи, составляемые непосредственно по результатам геодезической или маркшейдерской съемки, являются оригиналами и выполняются на планшетах или листах бумаги высшего качества и стандартных разме-

ров. Допускается применение прозрачных материалов из листов винипроза или пленок лавсана, хостофена и др.

Планшеты изготавливают самостоятельно на жесткой, полужесткой или мягкой основе в зависимости от оснащенности предприятия современными технологиями и оборудованием, или заказывают специализированным организациям.

Таблица 5 - Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен

| Вид документа | Масштаб |
|---|-----------------------------|
| <i>Состав основной маркшейдерско-геодезической графической документации</i> | |
| Обзорная карта района строительства | 1:10 000–1:25 000 |
| Сводные планы строительно-монтажных площадок | 1:5 000–1:10 000 |
| Сводный план внешних линейных сооружений | 1:5 000–1:10 000 |
| План промышленного предприятия, комплекса, объекта | 1:500–1:200 |
| План строительства отдельных подсобных предприятий | 1:1 000–1:2 000 |
| Планы строительных карьеров | 1:500–1:2 000 |
| <i>Состав специальной маркшейдерско-геодезической графической документации</i> | |
| План геодезической плановой и высотной основы | 1:5 000–1:25 000 |
| План наземных зданий и сооружений | в масштабе основного плана |
| План подземных инженерных коммуникаций и сооружений | 1:500–1:2 000 |
| План надземных линий и сооружений | 1:500–1:2 000 |
| Планы разбивки и закрепления главных, основных и вспомогательных осей зданий и сооружений | в масштабе рабочих планов |
| Картограмма геодезической и топографической изученности | 1:10 000–1:50 000 |
| Исполнительные планы, профили, проекции и разрезы законченного строительства | в масштабе рабочих чертежей |
| Схема расположения планшетов | — |

Динамика строительного производства характеризуется постоянным изменением ситуации на промышленной (строительной) площадке. В силу этих изменений ведут *оперативный* (или рабочий) маркшейдерско-

геодезический план территории строительства, представляющий комплекс исполнительных графических материалов. Основное назначение этого документа состоит в своевременном и достаточно точном отражении всех изменений в строительстве, происходящих на промышленной площадке.

На крупных строительных предприятиях для ведения оперативных планов создается специальная группа специалистов, на небольших объектах – ими занимается маркшейдерско-геодезическая служба.

В комплект материалов оперативного маркшейдерско-геодезического плана входит следующая документация:

- основная графическая (сводные и основные планы, профили, разрезы);
- детальная (по объектам);
- вспомогательная (обосновывающая и пояснительная).

Кроме того, в составе оперативного плана имеются сведения по назначению объекта, геометрических размеров объекта в натуре, координат угловых и основных точек, даты сдачи в эксплуатацию и т.п.

Исполнительная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на текущую, выполнение которой осуществляется в процессе возведения зданий и сооружений, и приемо-сдаточную, т.е. документацию законченного строительства. В совокупности исполнительные материалы должны давать полное представление о фактическом состоянии строительства и его частей.

Текущая документация используется для внутреннего контроля за правильностью ведения строительства объектов и является основанием для выдачи разрешений на производство дальнейших работ. Она включает в себя исполнительные акты и схемы разбивки осей, котлованов, свайных полей, устройство опалубки, детальную разбивку на нулевом (монтажном) горизонте, схемы нивелирования бетонной подготовки под полы.

При возведении надземной части зданий и сооружений исполнительная документация состоит из схем создания разбивочной сети на монтажном горизонте, планово-высотных отображений установки стеновых панелей, расположения оконных и дверных проемов, плит, перегородок и др.

Приемо-сдаточная документация готовится на основе текущей после завершения определенного этапа строительства и включает следующие основные материалы:

- 1) планово-высотные схемы по всем видам инженерных коммуникаций (схемы и акты на разбивку и приемку трассы и ее сооружений, исполнительный план и профиль, размеры колодцев и камер, каталог координат и высот, полную характеристику коммуникаций);
- 2) планово-высотные схемы и акты приемки разбивочных и выполненных работ по земляным сооружениям (готовому котловану, земляному полотну дорог, траншеям и др.);

- 3) планово-высотные схемы и акты на устройство фундаментов (свайные поля, сборные и монолитные ленточные фундаменты, стаканы под установку колонн и др.);
- 4) исполнительные чертежи планово-высотной съемки колонн, подкрановых балок и путей, ферм и балок перекрытий;
- 5) схемы плановой, вертикальной и высотной поэтажных съемок;
- 6) исполнительные съемки кирпичных, блочных и панельных зданий, их полов, плит перекрытий;
- 7) исполнительные планово-высотные схемы на законченные этапы возведения различных зданий и сооружений в зависимости от их назначения (лифтовых шахт, плотин, каналов, тоннелей метро и др.).

Приемо-сдаточная документация подписывается главным маркшейдером или геодезистом и предъявляется при сдаче объекта в эксплуатацию.

Отчетная документация исполнительной съемки представляется исполнителем генеральным планом и дополнительными (исполнительными) чертежами. Исполнительный генеральный план включает в себя план всей территории законченного строительства масштаба 1:500. На нем показывают координатную сетку, пункты геодезического обоснования, центры строительной сетки, гидрографию, рельеф, все здания и сооружения, нанесенные после приемки их государственной комиссией.

Исполнительные чертежи дополняют генеральный план съемкой сложных участков масштаба 1:200, планом подземных коммуникаций масштабов 1:1 000–1: 2 000 с приложением каталога координат и высот колодцев, их эскизов, абрисов, обмерных чертежей отдельных частей, деталей зданий и сооружений.

6 МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БУРОВЫХ СКВАЖИН

6.1 Основные положения

Организации, составляющие проекты разведки, строительства скважин, технологические схемы, должны представить заказчику ведомость проектных координат забоев скважин. В случае наклонной скважины в ведомости дополнительно приводят координаты забоев по кровле каждого продуктивного горизонта.

Местоположение устьев скважин выбирают и уточняют в натуре с обязательным использованием имеющейся горно-технической документации: маркшейдерских, топографических, землеустроительных планов и карт, геологических и структурных карт.

Перенесение в натуру устьев скважин, разбивку и закрепление направлений смещения забоев для наклонных скважин производят маркшейдерско-геодезические службы предприятия-заказчика на основе проектных значений координат устья, забоя и дирекционного угла горизонтальной проекции смещения забоя. Если условия местности не позволяют

закрепить направление смещения забоя, то разбивают ориентирное направление.

При проектировании местоположения устьев скважин и направлений их стволов следует учитывать требования пожарной безопасности, существующие подземные коммуникации и другие объекты обустройства, а также пространственное положение стволов и забоев ранее пробуренных и бурящихся скважин.

6.2 Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин

Перенесение проектного положения устьев скважин в натуру производят на основании письменного распоряжения (задания), подписанного главным геологом предприятия – заказчика.

Работы по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включают:

- подбор топографо-геодезических, картографических и аэрофотосъемочных материалов;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру;
- перенесение в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин;
- предварительное определение высот вынесенных в натуру устьев скважин;
- передачу по акту местоположения устьев скважин представителю организации, производящей бурение.

Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения не должны превышать значений, указанных в табл. 6.

Таблица 6 - Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения

| Группа скважин | Предельные погрешности, м | |
|---|---|--|
| | перенесения в натуру планового положение устьев скважин | предварительного определения абсолютных высот устьев скважин |
| Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа) | 150 | 15 |
| Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях | 50 | 10 |
| Разведочные скважины (2 группа) | 25 | 5 |
| Все категории скважин на раз- | 10 | 5 |

| | | |
|---|--|--|
| рабатываемых месторождениях
(3 группа) | | |
|---|--|--|

В случае отступления от требований при разбурировании месторождений сеткой обособленных скважин (без кустования) предложения об изменении проектных координат устьев должны вноситься комиссиями, состоящими из представителей нефтедобывающих и буровых предприятий, а также работников маркшейдерской службы. Комиссия принимает решение после рассмотрения на местности вынесенных в натуру устьев скважин, исходя из условий орогидрографии и застроенности территории месторождения.

Решение об изменении проектного положения устьев скважин должно быть оформлено актом выбора площадок для бурения, утверждаемым руководителями добывающих и буровых предприятий.

При невозможности достижения проектного местоположения забоя скважин при первоначальном, а также измененном положении устья решение о возможности и целесообразности бурения скважины должен принимать главный геолог объединения по согласованию с авторами ПТД разработки месторождения.

Изменение проектного положения устьев параметрических, поисковых и разведочных скважин, как исключение, допускается, если оно не влечет изменения геологических задач, решаемых данной скважиной. При этом обязательно требуется письменное разрешение главного геолога предприятия.

Документация по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включает:

- решение на перенесение проектного положения устья скважин в натуру, а при смещении его проектного положения и документ, разрешающий это смещение;
- маркшейдерский план площадки, отведенной для бурения скважины, или абрис вынесенного и закрепленного устья скважины;
- документ сдачи перенесенных в натуру мест заложения устьев скважин;
- журналы полевых измерений, ведомости вычислений, каталоги координат и высот устьев скважин.

Плановую и высотную привязки устьев скважин производят после монтажа буровой установки.

Координаты и высоты вычисляются и вносятся в каталоги координат и высот устьев скважин. По вычисленным координатам устья скважины наносятся на маркшейдерско-геодезические планы.

Таблица 7 - Предельные значения погрешностей определения планового и высотного положений устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения 1 и 2 разрядов:

| Группа скважин | Предельные погрешности определения положения устьев скважин, м | |
|---|--|-----------|
| | в плане | по высоте |
| Одиночные опорные и параметрические скважины
(1 группа) | 100 | 5,0 |
| Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях | 25 | 1,0 |
| Разведочные скважины
(2 группа) | 10 | 0,5 |
| Все группы скважин на эксплуатационных площадях | 4 | 0,3 |

Для решения задачи перенесения проектного местоположения устьев скважин в натуру допускается использовать топографические карты, обеспечивающие требуемую в табл. 6 точность. При этом в зависимости от группы скважин (см. табл. 6) масштаб топографических карт должен быть не мельче:

Группа скважин

- 1) 1:100 000
- 2) 1:50 000
- 3) 1:25 000
- 4) 1:10 000–1:5000

Допускается использовать следующие методы перенесения устьев скважин в натуру: совмещение устьев скважины с четко выраженным контуром, промер вдоль контура, метод створов, линейная засечка и др. При построении линейной засечки на местности по расстояниям, взятым с карты (не менее чем от трех контуров), сторона треугольника погрешности не должна превышать значения предельной стороны погрешности для соответствующей группы скважин.

В случае отсутствия топографических карт требуемого масштаба или при отсутствии четких контуров вынесение проектного положения устьев скважин осуществляют проложением теодолитных ходов, построением триангуляции, геодезическими засечками и спутниковой геодезической аппаратурой.

Если для перенесения проекта в натуру необходимо развитие геодезических сетей, то их проектируют с таким расчетом, чтобы погрешность окончательного определения планового положения устьев скважин не превышала значений, регламентируемых т. 2.

Места заложения скважин закрепляют металлическими трубами или деревянными столбами длиной 1,5-2 м, закладываемыми на глубину не менее 0,7 м. На верхней части трубы (столба) несмываемой краской надписывают номер скважины, название площади (месторождения), организа-

ции, производящей бурение, и дату перенесения проектного положения устья скважины в натуру.

Если сохранность знака вызывает сомнение, то в надежных местах закладывают створ из двух знаков и измеряют расстояние от каждого из них до вынесенного положения устья.

На перенесенное в натуру местоположение устья скважины составляют абрис, на котором, кроме расстояний от створных знаков, приводят не менее трех промеров от существующих контуров. Абрис подписывается составителем и лицом, принявшим местоположение устья.

Предварительные высоты перенесенных в натуру местоположений устьев скважин определяют по топографическим картам, а при их отсутствии – барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В необходимых случаях (зачастую это так) до начала строительства буровой на участке, отведенном для этой цели, производят маркшейдерскую съемку в соответствии с техническими условиями.

Съемку выполняют согласно требованиям Инструкции [1].

6.3 Работы при сооружении буровой установки

Маркшейдерские работы при сооружении буровой установки включают:

- разбивки главных осей буровой установки и осей оснований оборудования горнопроходческого комплекса;
- плановую и высотную выверки фундаментов, опорных конструкций и оборудования;
- проверку вертикальности шахтного направления;
- проверку соосности буровой вышки, ротора и шахтного направления; определение высоты буровой установки.

Вынесение в натуру главных осей буровой установки обязательно в случаях, когда срок строительства последней составляет более одного года.

Исходной точкой для разбивки главных осей является центр устья ствола скважины. Вынесение этих осей производят с помощью теодолита, устанавливаемого над центром устья скважины. Начальное направление ориентируют в сторону приемных мостков.

Вынесение в натуру разбивочных осей оснований оборудования выполняют относительно главных осей буровой установки полярным способом, способами прямоугольных координат и линейной засечки или их комбинацией.

Две разбивочные взаимно перпендикулярные оси закрепляют на местности знаками, устанавливаемыми по два с каждой стороны от центра: главные оси – постоянными знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность; вспомогательные оси – временными знаками (металлические штыри, деревянные колышки). Постоянные знаки следует устанавли-

ливать за пределами зоны земляных работ. Расстояния от них до вышки должны обеспечивать нормативные условия для последующих наблюдений за деформацией вышки. Знаки должны сохраняться на весь период работы буровой; ответственность за их сохранность несет буровой мастер.

По результатам разбивочных работ составляют исполнительную схему закрепления осей с привязкой осевых знаков не менее чем к трем четко выраженным объектам местности.

Выверку планового положения конструкций и оборудования рекомендуется выполнять створными методами. При этом створ задают леской, проволокой, лазерным или оптическим лучом.

Выверку конструкций и оборудования по высоте следует производить геометрическим нивелированием.

Проверка соотношения геометрических элементов буровой установки является обязательной для скважин, срок строительства которых более трех месяцев.

Контроль за остальными буровыми производят при необходимости.

Проверку соблюдения соосности ведущей трубы, ротора и шахтного направления выполняют: теодолитами с пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях; приборами вертикального проектирования; отвесами.

Точность монтажа вышки и оборудования должна соответствовать требованиям, изложенным в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводами-изготовителями.

Высота буровой вышки используется при высотной привязке строящейся скважины методом геодезического нивелирования, а также при определении относительной деформации вышки при последующих наблюдениях.

Высоту вышки определяют непосредственным измерением или, когда высоты вышек достигают 50 м и более и непосредственное измерение затруднено, аналитическим способом.

Результаты контрольных измерений заносят в буровой журнал.

6.4 Работы при строительстве кустов скважин

Кустовое бурение, сооружение группы наклонных скважин с общего основания ограниченной площади, на котором размещаются буровая установка и устьевое оборудование. При К. б. продуктивные горизонты вскрываются наклонно-направленными скважинами в заданных точках. К. б. иногда оказывается наиболее экономически целесообразным инженерным решением — при разработке нефтяных и газовых месторождений, расположенных в акватории морей, сильно заболоченной местности или в местности со сложным рельефом поверхности. На практике количество скважин одного куста не превышает 20, хотя известно, что в Калифорнийском заливе 68 скважин пробурены с насыпного острова размером 60×60 м.

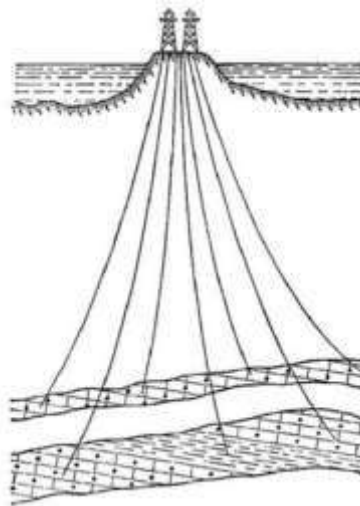


Рисунок 36

Местоположение куста скважин определяют главный геолог и главный маркшейдер НГДУ, в присутствии представителя технологической службы УБР, на основании ПТД на разработку месторождения. В ПТН указано расположение забоев скважин с учетом условий бурения и разработки, правил техники безопасности, глубин продуктивных пластов, сохранения наиболее ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, а также норм отвода земельных участков под объекты добычи нефти и газа, допустимых расстояний от существующих на поверхности объектов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам.

Перенесение и закрепление куста скважин в натуре производит маркшейдерская служба НГДУ по письменному распоряжению главного геолога.

Для определения координат и высот устьев скважин в кусте и выдачи ориентирных направлений до начала бурения вблизи или на территории куста закладывают не менее чем два опорных пункта и определяют их координаты и высоты. Пункты закладывают с учетом их долговременной сохранности.

Направление оси ствола скважины и длину проекции смещения забоя определяют по фактическим координатам устья и проектным координатам забоя скважины.

Перенесение в натуре осей куста устьев скважин производят отделы инженерных изысканий территориальных НИПИ или отделы маркшейдерских работ НГДУ.

Закрепленные на местности оси куста передают по акту представителю управления буровых работ; второй экземпляр акта хранится в нефтегазодобывающем управлении.

По окончании строительства площадки куста представителю УБР передают местоположение устьев всех скважин. При этом необходимо учесть размеры участка куста по проекту.

При привязки первой скважины в кусте одновременно определяют дирекционный угол направления мостков (ориентирное направление) и уточняют дирекционный угол движения станка. Ориентирное направление и направление движения станков определяют со средней квадратической погрешностью 5'.

После окончания бурения всех скважин в кусте, по известному дирекционному углу направления движения станка и измеренным расстояниям между устьями скважин вычисляют окончательные координаты устьев скважин, также координаты определяются от ранее заложенных пунктов. Координаты записывают в каталог.

Маркшейдерская служба УБР в процессе бурения ведет дежурный план расположения устьев и забоев скважин в кусте, передает исполнительный план куста маркшейдерской службе НГДУ.

Маркшейдерская служба НГДУ проверяет исполнительный план куста и с учетом данных промыслово-геофизических исследований скважин ведет каталог координат точек маркирующих горизонтов.

6.5 Наклонно-направленное бурение

Наклонно-направленное бурение, способ проведения скважины с отклонением от вертикали по заранее заданной кривой. Н.-н. б. впервые осуществлено в СССР на Грозненских нефтепромыслах (1934). Н.-н. б. оказывается целесообразным при: сложном рельефе местности (например, при расположении залежи под дном крупного водоёма или под капитальными сооружениями); геологических условиях залегания полезных ископаемых, не позволяющих вскрыть их вертикальными скважинами; *кустовом бурении* или *многозабойном бурении*; тушении горящих нефтяных и газовых фонтанов. При геологоразведочных работах Н.-н. б. осуществляется шпindelными буровыми станками, причём скважина забуривается наклонно непосредственно с земной поверхности; при вскрытии нефтяных и газовых пластов Н.-н. б. производится турбобурами или роторным способом (скважина с поверхности забуривается вертикально с последующим отклонением на заданной глубине в запроектированном направлении).

Отклонение скважины от вертикали при Н.-н. б. (изменение зенитного угла и азимута бурения) осуществляется отклоняющими устройствами, например турбинными отклонителями. Бурение прямолинейно-наклонных участков производится с помощью бурильных устройств, включающих центрирующие и калибрующие элементы. Наибольшее отклонение от вертикали при Н.-н. б. (3836 м) получено в США в заливе Кука: на о. Сахалин отклонение составило 2453 м (1972).

6.6 Профили наклонно направленных скважин.

Проектирование профиля наклонно направленных скважин и их реализация на практике в указанном регионе определяются рядом инструкций, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию кустовых наклонно направленных скважин.

При отклонении забоя скважины от вертикали до 300 м применяется тангенсальный трехинтервальный профиль, состоящий из вертикального участка, участка начального искривления и тангенсального участка.

При отклонении забоя скважины свыше 300 м используют S-образный четырехинтервальный профиль, включающий вертикальный участок начального искривления, тангенсальный участок и участок уменьшения зенитного угла.

Для проектирования наклонно направленных скважин специального назначения применяется j-образный вид профиля, включающий вертикальный участок; участок начального искривления, тангенсальный участок и участок малоинтенсивного увеличения зенитного угла до проектной глубины.

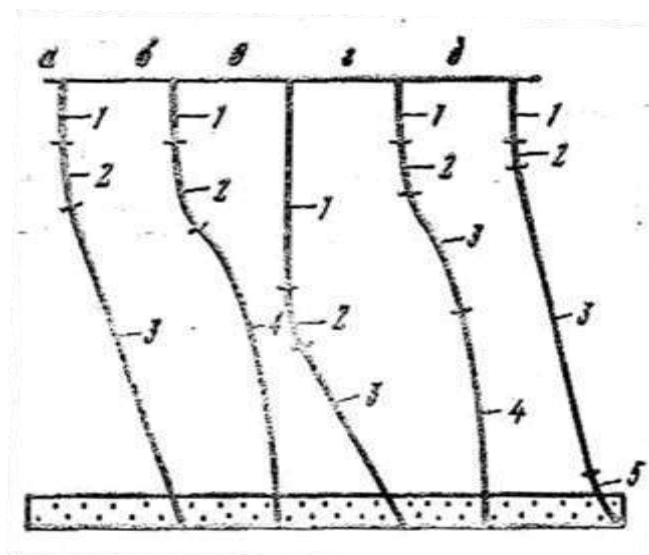


Рисунок 37 - Проектные профили наклонно направленных скважин:

а - тангенциальный; *б* - S-образный; *в* - тангенциальный с большим вертикальным участком; *г* - S-образный с тангенциальным участком; *д* - J-образный;

1,2,3 - участки соответственно вертикальный, начального искривления и тангенциальный; 4,5 - участки соответственно уменьшения и малоинтенсивного увеличения зенитного угла

Если обратится к зарубежному опыту проводки наклонно направленных скважин, то можно отметить, что большинство скважин, проводка которых осуществляется ведущими буровыми фирмами в США и Англии, проектируются по S-образному четырехинтервальному профилю. Все

большее применение находит тангенсальный профиль, чаще всего используемый в целях достижения значительных отклонений от вертикали.

Данные профили проектируются в одной плоскости, т.е. являются плоскими. При проводке скважин в сложных горно-геологических условиях, когда геологические факторы оказывают значительное воздействие на траекторию скважины, используются профили пространственного типа, предусматривающие участки с естественно изменяющимся зенитным углом и азимутом.

Таким образом, все профили, используемые для проектирования наклонно направленных скважин, можно разделить на плоские и пространственные. В свою очередь плоские профили по форме выполнения завершающего интервала профиля разделяются на три типа: S-образный, тангенсальный и J-образный.

6.7. Инклинометрия

Инклинометрия, метод определения основных параметров (угла и азимута), характеризующих искривление буровых скважин, путём контроля инклинометрами с целью построения фактических координат бурящихся скважин. По данным замеров угла и азимута искривления скважины, а также глубины ствола в точке замера строится план (инклинограмма) — проекция оси скважины на горизонтальную плоскость и профиль — вертикальная проекция на плоскость магнитного меридиана, широтную или любую др. Таковой обычно принимается плоскость, в которой составляется геологический разрез по месторождению, проходящий через исследуемую скважину. Наличие фактических координат бурящихся скважин позволяет точно установить точки пересечения скважиной различных участков геологического разреза, т. е. установить правильность бурения в заданном направлении.

6.8 Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве

Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливаются с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации.

Проект (технологическая схема) разработки месторождения предусматривает для каждой скважины определенную точку вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение этой точки от проектного положения, учитывающее геологическое строение разбуриваемой площади (месторождения), физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважин, интенсивности искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол искривления φ_i определяют из выражения:

$$\varphi_i = \arcsin \left(\sin \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} \times \sin \theta_{i-1} \times \sin \theta_i \right)^{\frac{1}{2}},$$

а погрешность угла φ_i :

$$m_{\varphi_i} = \frac{\sqrt{2}}{\sin \varphi_i} \left(m_{\theta}^2 \times \sin^2(\theta_i + \theta_{i+1}) \times \sin^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\theta} \times \sin^2(\theta_i - \theta_{i-1}) \times \cos^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\alpha}^2 \times \sin^2(\alpha_i - \alpha_{i-1}) \times \sin^2 \theta_{i-1} \times \sin^2 \theta_i \right)^{\frac{1}{2}},$$

где m_{θ} - средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали; θ_i , θ_{i-1} и α_i , α_{i-1} - соответственно углы отклонения оси ствола скважины от вертикали и азимуты вертикальной плоскости в начале и в конце интервала измерений; m_{α} - средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяют исходя из параметров, приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту

| Глубина добывающих скважин
Н, м | Платформенные области | | | Складчатые области | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------|-----------------------|----------|
| | Расстояние S между скважинами, м | Допустимые отклонения | | Расстояние S между скважинами, м | Допустимые отклонения | |
| | | в % от S | в метрах | | в % от S | в метрах |
| До 2000 | 200 | 10 | 20 | 135 | 15 | 20 |
| 2000-2500 | 250 | 12 | 30 | 150 | 20 | 30 |
| 2500-3000 | 267 | 15 | 40 | 160 | 25 | 40 |
| более 3000 | 250 | 20 | 50 | 167 | 30 | 50 |

Примечание. Допустимые значения горизонтальной проекции отклонения забоя скважины от устья для разведочных скважин складчатых областей составляют 1 и 5% для опорных и поисковых скважин платформенных и складчатых областей, соответственно. При S и Н больше указанных в настоящей таблице горизонтальная проекция отклонения конечного забоя от устья скважины не должна превышать 50 м.

Для расстояний между местоположениями точек вскрытия менее указанных в табл. 7 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрических измерений.

При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводят поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл. 9.

Таблица 9 - поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл.

| Минимальный угол наклона пласта, град | Масштаб карты разреза | Минимальное расстояние между точками вскрытия пласта, м |
|---------------------------------------|-----------------------|---|
| 10 | 1:10 000 | 135 |
| 15 | 1:25 000 | 135 |
| 15 | 1:50 000 | 300 |

Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей, соответственно.

Для сравнения фактического положения характерной точки оси ствола скважины с проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500-1:2000, на котором изображена проектная и строится фактическая трассы оси ствола скважины.

Вокруг проектного положения характерной точки радиусом R, равным значению допуска, в соответствующем масштабе строят окружность.

Точку фактического местоположения накрывают эллипсом погрешностей. При этом может быть один из пяти приведенных на рис. 38 случаев:

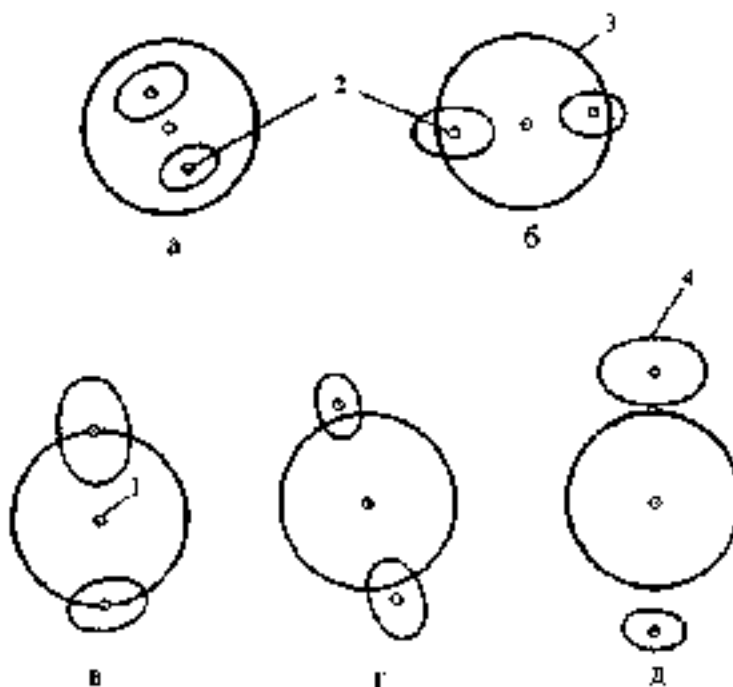


Рисунок 38 - Возможные случаи попадания характерной точки оси ствола скважины в заданную зону допуска:

1 – проектное местоположение характерной точки; 2 – возможное фактическое местоположение характерной точки; 3 – граница зоны допустимого отклонения возможного фактического местоположения характерной точки; 4 – эллипс погрешностей, накрывающий фактическое местоположение характерной точки в плане с доверительной вероятностью 0,95

- эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска (рис. 38, а);
- характерная точка находится внутри границы допуска, а эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска (рис. 38, б);
- характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50% площади эллипса погрешностей выходят за пределы допуска (рис. 38, в);
- характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то часть эллипса погрешностей (менее 50%) накрывает допуск (рис. 38, г);
- эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска (рис. 38, д).

В первом случае можно констатировать, что характерная точка попала в зону, предусмотренную проектом работ, и работу по проводке скважины оценивают на “отлично”.

При ситуации два работу по проводке скважины оценивают на “хорошо”.

При ситуации три работу по проводке скважины оценивают на “удовлетворительно”.

При ситуациях четыре и пять скважину в эксплуатацию не принимают. Положение оси ствола скважины в пространстве необходимо исправить.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдачу материалов заказчику должны производить в соответствии с требованиями Инструкции по инклинометрии.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

7 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СТВОЛА НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ

В процессе инклинометрических работ в отдельных характерных точках ствола скважины измеряется глубина по бурильной колонне l , зенитный угол Θ и азимут α (рис. 39).

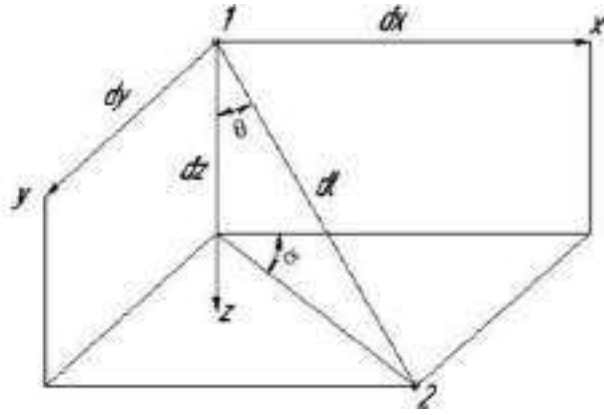


Рисунок 39

Задача построения траектории ствола скважины состоит в том, чтобы по известному массиву инклинометрических данных определить координаты соответствующих точек в прямоугольной системе координат x, y, z , связанной с устьем скважины, т.е. определить глубину Z и горизонт, смещающаяся в направлении север – юг, ось X – север, Y – восток.

При расчетах принимаем, что ошибки измерения имеют нормальное распределение с нулевыми средними и известными СКП соответственно.

Элементарные приращения координат будут следующими:

$$d_x = d_l \cdot \sin\theta \sin\alpha;$$

$$d_y = d_l \cdot \sin\theta \cos\alpha;$$

$$d_z = d_l \cdot \cos\theta.$$

Приращение координат Δx , Δy , Δz на исследуемом интервале Δl , определяются путем интегрирования элементарных приращений по длине интервала.

$$\Delta x = \int_0^{\Delta l} \sin\theta(l) \sin\alpha(l) \cdot dl ;$$

$$\Delta y = \int_0^{\Delta l} \cos\theta(l) \cdot dl .$$

В простейших методах для определения приращений координат используют результаты измерения зенитного угла и азимута в двух соседних точках (двухточечные методы). В более точных и сложных методах используют результаты измерения по большему числу точек.

7.1 Тангенциальный метод

В качестве исходных данных используются значения зенитного угла и азимута, измеренные в нижней точке интервала. Делается допущение, что оба эти угла сохраняют свои значения на всей протяженности исследуемого интервала, который представляет собой прямую.

$$\Delta x = \Delta l \cdot \sin\theta_2 \cos\alpha_2 ;$$

$$\Delta y = \Delta l \cdot \sin\theta_2 \sin\alpha_2 ;$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \cos\theta_2 .$$

Является самым простым методом, но наиболее ошибочным.

7.2 Метод усреднения углов

Исследуемый участок ствола скважины между двумя точками замера представляется отрезком прямой. Однако зенитный угол и азимут на протяжении участка интерполяции принимается равным средним арифметическим соответствующих углов, замеренных на конце интервала.

$$\Delta x = \frac{\Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}{2};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{2};$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \frac{\cos(\theta_1 + \theta_2)}{2}.$$

“1” – означает параметр замеренный у верхнего конца скважины.

7.3 Балансный тангенциальный метод

Исследуемый интервал разбивается на два интервала одинаковой длины: верхний и нижний, каждый участок интерполируется отрезком прямой, причем зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей верхний участок, принимаются равными соответствующим углам в верхней точке замера, а зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей нижний участок, принимаются равным соответствующим углам в нижней точке замера, таким образом, отрезки прямой

Приращения координат находят как сумму приращений координат для верхнего и нижнего участка.

$$\Delta x = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \cos\alpha_1 + \sin\theta_2 \cos\alpha_2)};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \sin\alpha_1 + \sin\theta_2 \sin\alpha_2)};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l}{2}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2).$$

7.4 Метод расчета по радиусу кривизны

Участок ствола скважины между двумя точками замера аппроксимируется пространственной кривой. Принимается, что проекции исследуемого участка ствола между точками замера на вертикальную и горизонтальную плоскость представляют собой дуги окружностей. В каждой из плоскостей эти дуги проходят таким образом, что касательные к ним в точках, являющиеся проекциями точек замера, направлены по отношению к исходной координатной сетке под углами, равными соответственно зенитным углам и азимутом в этих точках.

Участок прямой между двумя точками замера характеризуется радиусом кривизны проекции треугольника на вертикальную плоскость (дуга

окружности) и радиусом кривизны проекции на горизонтальную плоскость.

Выражения для приращения координат можно получить на основании следующих соотношений:

$$R_B = \Delta l(\theta_2 - \theta_1);$$

$$\Delta z = R_B \left(\frac{\sin \theta_2 - \sin \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \right)$$

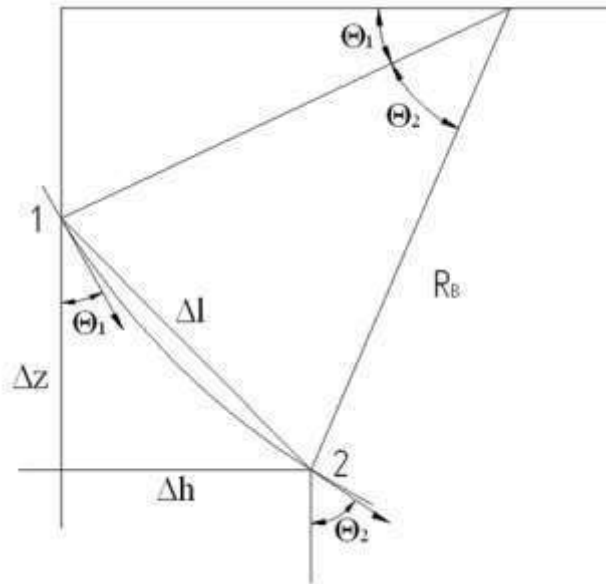


Рисунок 40

В этой методике принимается, что длина дуги окружности $\Delta S \approx \Delta l_{\Delta h}$, т.е. это справедливо при небольшой величине азимута,

$$Rr = \frac{\Delta h}{\alpha_2 - \alpha_1};$$

$$\Delta X = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta h = Rr * \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta X = \frac{\Delta l * (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

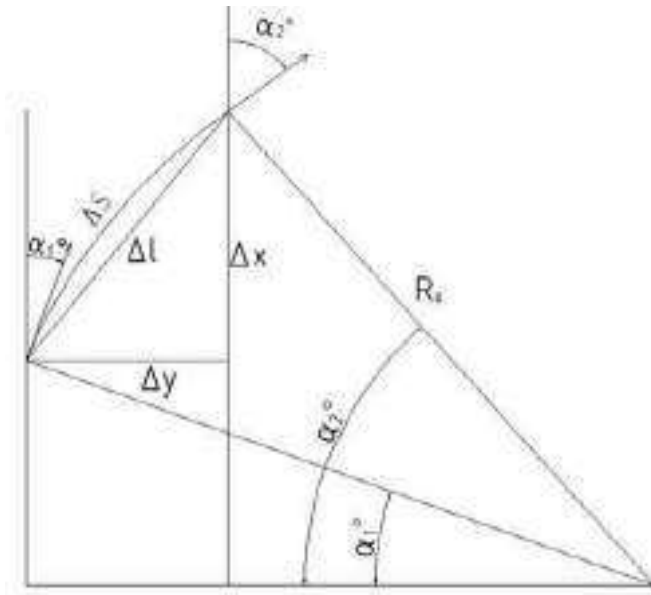


Рисунок 41

7.5 Метод постоянной кривизны

$$\Delta S = \frac{\Delta h^* (\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l^* (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l^* (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l^* (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

7.6 Метод кольцевых дуг

В методе расчета кольцевых дуг исследуемый участок представляется в виде дуги. Метод КД обеспечивает более плавную стыковку дуг в точках замера, исключаются сколообразные изменения направления вектора в точке замера.

Длина дуги такая же как и измеренные по створу скважины расстояния.

Обозначим единичные касательные вектора в точках замера как \vec{V}_1 и \vec{V}_2 .

$$\cos_1 \gamma_x = \sin \theta_1 * \sin \alpha_1$$

$$\begin{aligned} \cos_1 \gamma_x &= \sin \theta_1 * \sin \alpha_1 \\ \cos_1 \gamma_y &= \sin \theta_1 * \cos \alpha_1 \\ \cos_1 \gamma_z &= \cos \theta_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos_2 \gamma_x &= \sin \theta_2 * \sin \alpha_2 \\ \cos_2 \gamma_y &= \sin \theta_2 * \cos \alpha_2 \\ \cos_2 \gamma_z &= \cos \theta_2 \end{aligned}$$

D – это между касательными векторами \vec{V}_1 и \vec{V}_2 .

$$\cos D = \cos_1 \gamma_x * \cos_2 \gamma_x + \cos_1 \gamma_y * \cos_2 \gamma_y + \cos_1 \gamma_z * \cos_2 \gamma_z$$

$$\bar{U} = \frac{\vec{V}_1 + \vec{V}_2}{(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|)}$$

где c – длина хорды искомой дуги

$$c = 2 * \Delta l * \frac{\sin\left(\frac{D}{2}\right)}{D}$$

$$(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|) = 2 * \frac{\cos D}{2}$$

$$\Delta \bar{p} = \bar{c} \bar{u} = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} * \frac{(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|)}{2}$$

Вместо \vec{V}_1 и \vec{V}_2 подставляем сумму их направляющих косинусов по соответствующим координатным осям.

$$\Delta x = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\sin \theta_1 \sin \alpha_1 + \sin \theta_2 \sin \alpha_2)$$

$$\Delta y = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\sin \theta_1 \cos \alpha_1 + \sin \theta_2 \cos \alpha_2)$$

$$\Delta z = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

$$\cos D = \cos(\theta_2 - \theta_1) - \sin \theta_1 \sin \theta_2 [1 - \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

8 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

8.1 Нормативные ссылки

СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

СНиП 14-01-96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации».

СНиП 22-01-85 «Геофизика опасных природных воздействий».

СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».

ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». Изменение № 1.

ГОСТ 22268-76 «Геодезия. Термины и определения».

ГОСТ 22651 «Картография. Термины и определения».

ГОСТ 21.101-93 «Основные требования к рабочей документации».

ГОСТ 21.508-93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

ГОСТ 21.510-83* «СПДС. Пути железнодорожные. Рабочие чертежи».

ГОСТ 21.511-83* «СПДС. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда».

СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».

«Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации» (Госстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1994).

ГКИНП-17-002-93. «Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в Российской Федерации» (Роскартография. - М, 1993).

ГКИНП-07-016-91 «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей СССР» (ЦНИИГАиК. - М.: Недра, 1991).

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (ГУГК СССР. - Недра, 1989).

«Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500. Правила начертания» (Мосгоргеотрест. - М, 1978).

«Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» ГУГК СССР. - М.: Наука, 1986.

ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

ПТБ-88. «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

* Проектная подготовка строительства включает в себя: определение цели инвестирования, разработку ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования и обоснования инвестиций в строительство, разработку градостроительной, проектной и рабочей документации строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий, зданий и сооружений.

8.2 Инженерные изыскания

Инженерные изыскания - комплекс технических и экономических исследований района строительства с целью получения исходных данных, необходимых для разработки наиболее целесообразных технико-экономических решений при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений. И. и. предшествуют всем видам строительства: промышленного, жилищного, гражданского, гидротехнического, транспортного, дорожного и др. Характер И. и. изменяется в зависимости от вида строительства и степени изученности обследуемого района.

До технических изысканий проводятся, как правило, экономические исследования в целях выбора района (пункта) размещения объекта и экономического обоснования намечаемого строительства. Правильность выбора места строительства существенно облегчается, если на территории предварительно проведена районная планировка, требования которой должны учитываться при И. и.

Программа И. и. должна предусматривать интересы сохранения окружающей среды — продуктивности, чистоты и привлекательности природы — и обеспечивать предотвращение или сведение к минимуму того ущерба, который может быть ей нанесён как самими И. и., так и последующим строительством.

Комплекс технических изысканий включает изучение топографических, геологических, гидрологических и метеорологических условий района строительства, обследование месторождений местных строительных материалов, сбор исходных данных для составления проекта организации строительства и смет, а также проведение необходимых согласований. Особый характер имеют И. и. автодорожные, железнодорожные, для про-

кладки нефте- и газопроводов, линий связи и электропередачи (так называемые линейные изыскания).

И. и. проводятся, как правило, в один этап, включающий получение исходных данных для разработки технического проекта и рабочих чертежей. Для сложных в инженерном отношении объектов И. и. проводятся в два этапа на основе технических заданий, в которых определяются основной состав, детальность и порядок проведения И. и. Изыскательские работы обычно выполняются проектным институтом, осуществляющим проектирование объекта, с привлечением специализированных организаций.

В проведении изыскательских работ различают три периода: подготовительный, полевой и камеральный. В подготовительный период собираются и изучаются необходимые данные по объекту и уточняется задание, выдаваемое изыскательской партией. В период полевых работ проводятся геодезические, топографические, буровые и др. работы. Камеральная обработка состоит в систематизации полевых материалов, составлении топографических планов, геологических разрезов, гидрологических, климатических и др. характеристик района и строительной площадки. Ускорение, повышение качества и снижение стоимости И. и. достигаются при проведении их по единой методологии путём концентрации И. и. в крупных специализированных организациях, имеющих в своём составе постоянно действующие экспедиции и партии.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (надземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются как самостоятельный вид инженерных изысканий и в комплексе с другими видами инженерных изысканий (изыскательских работ и исследований), в том числе инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, а также изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять, как правило, в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительные работы

В подготовительном этапе должно быть выполнено:

- получение технического задания и подготовка договорной (контрактной) документации;

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет на район (участок, площадку) изысканий, а также топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных, находящихся в государственных и ведомственных фондах в архиве изыскательской организации;
- подготовка программы (предписания) инженерно-геодезических изысканий в соответствии с требованиями технического задания заказчика и пп. 4.14. и 5.6 СНиП 11-02-96, с учетом опасных природных и техногенных условий территории;
- осуществление в установленном порядке регистрации (получение разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий.

Полевые работы

В полевом этапе должны быть произведены рекогносцировочные обследования территории, и комплекс полевых работ в составе инженерно-геодезических изысканий, а также необходимый объем вычислительных и других работ по предварительной обработке полученных материалов и данных для обеспечения контроля их качества, полноты и точности.

Камеральные работы

В камеральном этапе должны быть выполнены:

- окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объектах, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и техноприродных процессах;
- составление и передача заказчику технического отчета (пояснительной записки) с необходимыми приложениями по результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий; передача в установленном порядке отчетных материалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в государственные фонды (п. 4.25 СНиП 11-02-96).

8.3 Планово-высотное обоснование

При производстве инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений геодезической основой служат точки (пункты) планово-высотной съемочной геодезической сети, создаваемой в виде магистральных ходов, прокладываемых вдоль трассы.

Магистральные ходы при изысканиях линейных сооружений должны быть привязаны в плане и по высоте к пунктам государственной или опорной геодезической сети не реже чем через 30 км (при изысканиях магистральных каналов 8 км).

При удалении пунктов государственной или опорной геодезической сети от трассы на расстояние более 5 км допускается вместо плановой привязки определять истинные азимуты сторон магистрального хода не реже чем через 15 км. Методы определения истинных азимутов и требования к точности измерений должны устанавливаться в программе изысканий.

При изысканиях линейных сооружений на территориях городов и других поселений, а также промышленных (агропромышленных) и горнодобывающих предприятий плановая и высотная привязка съемочной геодезической сети к пунктам государственной или опорной геодезической сети обязательна.

Методические указания, на которые мы будем опираться, разработаны во ВНИМИ на основе обобщения результатов исследования спутниковых систем за рубежом и на горных предприятиях Российской Федерации.¹

Теодолитные ходы

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов с узловыми точками.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов. На незастроенных территориях длина хода не должна быть более 500 м при съемке в масштабе 1:5000, 300 м - при съемке в масштабе 1:2000 и 150 м - при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500. Длины висячих ходов на застроенных территориях должны приниматься соответственно с коэффициентом 0,7.

При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов не должна превышать 15".

Отдельный теодолитный ход должен опираться на два исходных пункта и два исходных дирекционных угла.

Развитие планово-высотной съемочной сети с использованием электронных тахеометров с регистрацией и накоплением результатов измерений (горизонтальных проложений, дирекционных углов, координат и высот пунктов и точек) допускается выполнять одновременно с производством топографической съемки.

При создании (развитии) съемочной геодезической сети предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки следует принимать в соответствии с табл. 10.

Таблица 10 - Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки

| Масштаб топографической съемки | Предельная длина теодолитного хода, км | | Предельная абсолютная невязка теодолитного хода, м | |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|---|
| | между исходными геодезическими | между исходными пунктами и узловыми | Застроенная территория, открытая | Незастроенная территория, закрытая дре- |
| | | | | |

| | | | | |
|--------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | скими пунктами | точками (или между узловыми точками) | местность на незастроенной территории | весинной и кустарниковой растительностью |
| 1:5000 | 6,0 | 4,2 | 2,0 | 3,0 |
| 1:2000 | 3,0 | 2,1 | 1,0 | 1,5 |
| 1:1000 | 1,8 | 1,3 | 0,6 | 0,9 |
| 1:500 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |

Примечания

- При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров и электронных тахеометров предельная длина хода может быть увеличена в 1,3 раза, при этом предельные длины сторон хода не устанавливаются, а количество сторон в ходе не должно превышать:
 - при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 в открытой местности - 50 и в закрытой - 100;
 - при съемке в масштабе 1:1000 - 40 и 80 соответственно характеристике местности, а при съемке в масштабе 1:500 - 20.
- Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки для съемки в масштабе 1:200 устанавливаются в программе изысканий. Предельные длины теодолитных ходов на существующих железнодорожных станциях определяются схемой станций (длиной парков).

Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях для строительства линейных сооружений должны приниматься согласно табл. 11.

Таблица 11 - Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях линейных сооружений

| №№
п/п | Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений | Допустимые невязки измерений | | |
|-----------|--|------------------------------|---------------------|--------------|
| | | угловых,
мин | линейных | высотных, мм |
| 1 | Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях: | | | |
| | новых железных дорог | $0,3\sqrt{n}$ | 1/4000 | $30\sqrt{L}$ |
| | новых автомобильных дорог | $1\sqrt{n}$ | 1/2000
(1/1000*) | $50\sqrt{L}$ |
| | Трубопроводов с условным диаметром:
до 1000 мм | $1,5\sqrt{n}$ | 1/1000 | $50\sqrt{L}$ |
| | свыше 1000 м | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| | Линий электропередачи, связи, канатно- | $1,5\sqrt{n}$ | 1/1000 | $50\sqrt{L}$ |

| | | | | |
|---|--|---------------|---------------------|--------------|
| | подвесных дорог | | | |
| | Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| 2 | Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов | $1\sqrt{n}$ | 1/2000
(1/1000*) | $50\sqrt{L}$ |
| 3 | Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог: | | | |
| | базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах; | $0,3\sqrt{n}$ | 1/4000 | $30\sqrt{L}$ |
| | съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| 4 | Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой) | - | 1/2000 | - |

Обозначения: n - число углов в ходе; L - длина хода, км; (*) - в трудных условиях пересеченной и горной местности.

Примечания

1. При изысканиях для строительства трубопроводов, линий электропередачи и канатно-подвесных дорог в пересеченной и горной местности может выполняться тригонометрическое нивелирование.
2. Допустимые невязки измерений при изысканиях для строительства высокоскоростных железных дорог устанавливаются в соответствии с требованиями производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов.

Поправка за приведение длин линий к горизонту должна учитываться при величине угла наклона рельефа местности более $1,5^\circ$.

В длины линий, измеренные стальными лентами и рулетками, следует вводить поправку за температуру, если разность температуры воздуха при компарировании и измерении линий превышает 8°C .

Поправки за компарирование вводятся, когда длина мерного прибора отличается от номинальной более чем на 1/10000.

Измерение углов в теодолитных ходах должно производиться теодолитами (типа ЗТ5КП, Т15МКП и 4Т30П или им равноточными) одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами (для теодолитов с двусторонней системой отсчета на величину, близкую к 90° , а для теодолитов с односторонней системой отсчета - в пределах 5°).

Расхождения значений угла между полуприемами не должны превышать $45''$.

Угловые невязки в теодолитных ходах и полигонах не должны превышать величины $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$, где n - число углов в ходе (полигоне).

Определение положения (координат) точек постоянного съемочного обоснования (углов капитальных зданий и сооружений, центров люков смотровых колодцев, опор линий электропередачи и др.) следует выполнять полярным способом с пунктов опорной геодезической сети и точек теодолитных ходов первого порядка. При этом расхождения (в минутах) между результатами измерений примыкающего угла в полуприемах не должны превышать величины $\Delta = 50/L$, где L - расстояние в метрах до определенной точки, которое не должно превышать длины мерного прибора (но не более 50 м). Предельные длины полярных направлений, измеряемые светодальномерами или электронными тахеометрами, не должны превышать 1000 м.

Съемочные сети можно развивать методом триангуляции (трилатерации) взамен теодолитных ходов, а также прямыми и обратными геодезическими засечками.

Между исходными сторонами (базисами) или пунктами опорных (государственных) геодезических сетей допускается построение цепочки треугольников триангуляции в количестве, не более:

- 20 - для съемки в масштабе 1:5000;
- 17 - для съемки в масштабе 1:2000;
- 15 - для съемки в масштабе 1:1000;
- 10 - для съемки в масштабе 1:500.

Не допускается развитие геодезических сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну исходную сторону.

Длина цепи треугольников триангуляции не должна превышать допустимой длины теодолитного хода для соответствующего масштаба съемки, согласно табл. 9.

Базисы (выходные стороны) триангуляции следует измерять с относительной средней квадратической погрешностью не более 1/5000.

Углы в треугольниках должны быть не менее 20° , а длины сторон не менее 150 м.

Измерение углов следует производить в соответствии с п. 5.34. (СП 11-104-97)

Невязки в треугольниках не должны превышать 1,5'.

В измеренные на пунктах углы должны вводиться поправки за центрировку и редукцию, если величины линейных элементов приведения превышают 1/10000 длин линий (сторон).

Прямые засечки следует выполнять не менее чем с трех пунктов опорной геодезической сети так, чтобы углы между смежными направлениями на определяемой точке были не менее 30° и не более 150° .

Обратные засечки должны выполняться не менее чем по четырем пунктам опорной геодезической сети при условии, чтобы определяемая точка не находилась вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

Комбинированные засечки должны строиться сочетанием прямых и обратных засечек с использованием не менее трех исходных пунктов.

При создании съемочной геодезической сети могут быть использованы: метод определения двух точек по двум исходным пунктам (Задача Ганзена) и линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

Техническое нивелирование

Техническим нивелированием должны определяться высоты точек съемочной сети, а также пунктов триангуляции (трилатерации) и полигонометрии, высоты которых не определены нивелированием III-IV классов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

При построении высотной съемочной сети, в случае отсутствия на участке инженерных изысканий реперов и марок государственной нивелирной сети, ходы технического нивелирования должны закрепляться нивелирными знаками из расчета не менее двух на участок работ и не реже чем через 3 км один от другого.

Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки должны приниматься по табл. 12.

Таблица 12 - Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки

| Ходы технического нивелирования | Предельная длина хода, км, при высоте сечения рельефа, м | | |
|--|--|-----|-----------|
| | 0,25 | 0,5 | 1 и более |
| Между двумя исходными реперами (марками) | 2 | 8 | 16 |
| Между исходным пунктом и узловой точкой | 1,5 | 6 | 12 |
| Между двумя узловыми точками | 1 | 4 | 8 |

Техническое нивелирование следует выполнять нивелирами (типа ЗН-5Л, 2Н-10КЛ или им равноточными), а также теодолитами с компенсаторами (типа Т15МКП и др.) или уровнем при трубе, с отсчетом по средней нити по двум сторонам рейки.

Расхождения между значениями превышений, полученными на станции по двум сторонам реек, не должен быть более 5 мм.

Расстояние от инструмента до мест установки реек должны быть по возможности равными и не превышать 150 м.

Невязка хода технического нивелирования или полигона не должна превышать величины $50\sqrt{L}$, мм, где L - длина хода, км.

При числе станций на 1 км хода более 25 невязка хода нивелирования или полигона не должна превышать величины $10\sqrt{n}$, мм, где n - число станций в ходе.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование следует применять для определения высот точек съемочной геодезической сети при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 2 и 5 м, а на всхолмленной и пересеченной местности - через 1 м.

В качестве исходных для тригонометрического нивелирования должны использоваться пункты, высоты которых определены методом геометрического нивелирования. В горных районах допускается использовать в качестве исходных пункты государственной или опорной геодезической сети, высоты которых определены тригонометрическим нивелированием.

Длина ходов тригонометрического нивелирования не должна превышать при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 1, 2 и 5 м соответственно 2, 6 и 12 км.

Тригонометрическое нивелирование точек съемочной сети должно производиться в прямом или обратном направлениях с измерением вертикальных углов теодолитом по средней нити одним приемом при двух положениях вертикального круга.

Допускается приложение висячих ходов тригонометрического нивелирования длиной, не более указанной в п. 5.27, с измерением вертикальных углов в одном направлении по трем нитям при двух положениях вертикального круга. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1. Высоты инструмента и визирных целей следует измерять с точностью до 1 см.

Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии при тригонометрическом нивелировании не должно быть более $0,04S$, м, где S - длина линии, выраженная в сотнях метров.

Допустимые невязки в ходах и замкнутых полигонах тригонометрического нивелирования не должны превышать величины

$$\frac{0,04S}{\sqrt{n}}, \text{ см,}$$

где S - длина хода в метрах, а n - число линий в ходе или полигоне.

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не ре-

же чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными и железобетонными столбами, металлическими уголками и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;

по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

На мостовых переходах через большие реки следует устанавливать постоянные реперы на обоих берегах реки.

Геодезические пункты, закрепленные постоянными знаками (грунтовыми и стенными реперами, марками и др.), и долговременно закрепленные точки съемочных сетей подлежат учету и сдаче для наблюдения за их сохранностью заказчику и органам архитектуры и градостроительства в установленном порядке.

Обработка результатов полевых измерений при создании (развитии) съемочной геодезической сети производится на ПЭВМ или на основе использования других средств вычислительной техники. Уравнивание съемочной сети производится упрощенными способами при условии отсутствия ходов более 2-го порядка.

Висячие ходы разрешается вычислять с пунктов опорных (государственных) геодезических сетей и точек съемочных сетей после их уравнивания. При этом в съемочных сетях значения углов следует вычислять до $0.1'$, а координат - до $0,01$ м. Значения высот точек в ходах технического нивелирования должны вычисляться до $0,001$ м и в ходах тригонометрического нивелирования - до $0,01$ м.

В результате выполнения инженерно-геодезических изысканий по созданию геодезической основы должны быть представлены:

- ведомости обследования исходных геодезических пунктов (марок, реперов и др.);
- схемы плано-высотных геодезических сетей с указанием привязок к исходным пунктам;
- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности, ведомости (каталоги) координат и высот геодезических пунктов, нивелирных знаков и точек, закрепленных постоянными знаками;
- данные о метрологической аттестации средств измерений (исследований, поверок и эталонирования приборов, компарирования реек и мерных приборов и т.д.);

- акты о сдаче геодезических пунктов и точек геодезических сетей, закрепленных постоянными знаками, на наблюдение за их сохранностью;

- акты полевого (камерального) контроля.

По опорной геодезической сети дополнительно представляются:

- карточки установленных постоянных геодезических знаков и центров;
- журналы измерения направлений (углов), сводки измеренных направлений и листы графического определения элементов приведения;
- абрисы геодезических пунктов, привязанных к постоянным предметам местности;
- абрисы нивелирных знаков (марок, стенных и грунтовых реперов);
- журналы измерения базисов и длин линий, материалы по определению их высот;
- журналы нивелирования;
- ведомости превышений.

По плано-высотной съемочной геодезической сети дополнительно представляются:

- абрисы точек, закрепленных постоянными знаками, и точек постоянного съемочного обоснования;
- журналы измерения углов и линий, технического и тригонометрического нивелирования.

Примечание

Результаты выполненных геодезических измерений могут быть представлены в виде данных, полученных с регистрирующих устройств, спутниковой геодезической аппаратуры или других носителей информации.

8.1 Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства

Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях для строительства выполняется методами: горизонтальным, высотным (вертикальным), мензурным, тахеометрическим, нивелированием поверхности, наземным фототопографическим, стереотопографическим, комбинированным аэрофототопографическим, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.

| Наименование | Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка | Мензурная съемка | Тахеометрическая съемка |
|--|---|------------------|-------------------------|
| Предельные расстояния, м, от прибора до четких контуров местности при измерении: | | | |

| | | | |
|--|------|------|------|
| Электронным тахеометром при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | 1000 |
| 1:2000 | 750 | - | 750 |
| 1:1000 | 400 | - | 400 |
| 1:500 | 250 | - | 250 |
| Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 250 | - | 250 |
| 1:1000 | 180 | - | 180 |
| 1:500 | 120 | - | 120 |
| Нитяным дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | 150 | 150 |
| 1:2000 | 100 | 100 | 100 |
| 1:1000 | 80 | 80 | 80 |
| 1:500 | 60 | 60 | 60 |
| Оптическим дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 180 | - | 180 |
| 1:1000 | 120 | - | 120 |
| 1:500 | 80 | - | 80 |
| Предельные расстояния, м, от прибора до нечетких контуров местности при измерении: | | | |
| Электронным тахеометром при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | 1000 |
| 1:2000 | 1000 | - | 1000 |
| 1:1000 | 600 | - | 600 |
| 1:500 | 375 | - | 375 |
| Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 370 | - | 370 |
| 1:1000 | 270 | - | 270 |
| 1:500 | 180 | - | 180 |
| Нитяным дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | 220- | 220- |
| 1:2000 | 150 | 150 | 150 |
| 1:1000 | 120 | 120 | 120 |
| 1:500 | 90 | 90 | 90 |
| Оптическим дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 270 | - | 270 |
| 1:1000 | 180 | - | 180 |
| 1:500 | 120 | - | 120 |
| Предельные расстояния, м, от прибора до рейки при съемке рельефа и измерении длин линий нитяным дальномером: | | | |
| в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | - | 250 | 250 |
| 1,0 | - | 300 | 300 |
| 2,0 | - | 350 | 350 |
| 5,0 | - | 350 | 350 |
| в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 200 | 200 | 200 |

| | | | |
|---|-----|------|------|
| 1,0 | 250 | 250 | 250 |
| 2,0 | 250 | 250 | 250 |
| в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 150 | 150 | 150 |
| 1,0 | 200 | 200 | 200 |
| в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 100 | 100 | 100 |
| 1,0 | 150 | 150 | 150 |
| Предельные расстояние между пикетами, м, съемке: | | | |
| в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | - | 70 | 60 |
| 1,0 | - | 100 | 80 |
| 2,0 | - | 120 | 100 |
| 5,0 | - | 150 | 120 |
| в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 40 | 50 | 40 |
| 1,0 | 50 | 60 | 50 |
| 2,0 | 60 | 70 | 60 |
| в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 20 | 30 | 20 |
| 1,0 | 30 | 40 | 30 |
| в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 15 | 20 | 15 |
| 1,0 | 20 | 30 | 20 |
| Предельные длины съемочных ходов (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 1000 | 1200 |
| 1:2000 | - | 500 | 600 |
| 1:1000 | - | 250 | 300 |
| 1:500 | - | 200 | 200 |
| Предельные число линий в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 5 | 6 |
| 1:2000 | - | 5 | 5 |
| 1:1000 | - | 3 | 3 |
| 1:500 | - | 2 | 2 |
| Предельные длины сторон в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 250 | 300 |
| 1:2000 | - | 200 | 200 |
| 1:1000 | - | 100 | 150 |
| 1:500 | - | 100 | 100 |
| Предельная длина направления засечки, м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 600 | - |
| 1:2000 | 50 | 300 | - |
| 1:1000 | 50 | 150 | - |
| 1:500 | 50 | - | - |
| Погрешность центрирования, см, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 25 | 1 |

| | | | |
|--|------|--------------------------|--------------------------|
| 1:2000 | - | 10 | 1 |
| 1:1000 | - | 5 | 1 |
| 1:500 | - | 5 | 1 |
| Длины перпендикуляров, м, (без эскера /с эскером при съемке в масштабах: | | | |
| 1:2000 | 8/60 | - | - |
| 1:1000 | 6/40 | - | - |
| 1:500 | 4/20 | - | - |
| Предельные невязки съёмочных (тахеометрических и мензульных) ходов: | | | |
| по высоте, см | - | $\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$ | $\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$ |
| в плане, м | - | - | $\frac{S}{400\sqrt{n}}$ |

Обозначения: S - длина хода в м, n - число линий в ходе

Примечания

1. Съёмка в масштабе 1:500 основных углов капитальных зданий (сооружений) с измерением расстояний нитяным дальномером не допускается

2. Допускается проложение висячих ходов с двумя переходными точками от аналитически определенных пунктов (точек) при съёмке в масштабах 1:5000 и 1:2000 и с одной переходной точкой при съёмке в масштабах 1:1000 и 1:500.

Инженерно-топографические планы при изысканиях для разработки градостроительной и проектной документации для строительства крупных промышленных предприятий, железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов следует составлять, как правило, аэрофототопографическим методом по материалам аэрофото-съёмки.

Наземную топографическую съёмку следует производить в случаях, когда применение аэрофото-съёмки экономически нецелесообразно, ее выполнение не представляется возможным или аэрофототопографический метод не обеспечивает требуемой точности составления планов.

При изысканиях для строительства железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов наземная топографическая съёмка выполняется, как правило, на площадках и в местах переходов и пересечений этих линейных сооружений.

Инженерно-топографические планы могут быть представлены в графическом или цифровом видах (цифровой инженерно-топографический план).

В соответствии с техническим заданием заказчика результаты топографических съёмок могут быть представлены в виде топографо-геодезических материалов для составления градостроительного кадастра (СНиП 14-01-96) и других кадастров, банков инженерно-геодезических данных, а также в виде геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий соответствующего уровня.

Инженерно-топографические планы создаются на копиях (репродукциях) с фотопланов, изготовленных на жесткой основе; на малодеформируемых пластиках; на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую основу.

Планы-оригиналы одноразового пользования небольших (до 1 км²) изолированных участков и узких полос на незастроенной территории допускается составлять на чертежной бумаге.

Цифровые инженерно-топографические планы создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем оцифровки графического изображения планов и последующей векторизации растровых файлов, полученных после сканирования планов.

Точность цифрового инженерно-топографического плана должна быть не ниже точности инженерно-топографического плана в графическом виде соответствующего масштаба. Информация цифрового инженерно-топографического плана должна соответствовать действующим условным знакам для топографических планов (п. 5.8 СНиП 11-02-96).

При создании цифровых инженерно-топографических планов и карт, банков инженерно-геодезических данных, геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, а также при других процессах автоматизированной обработки результатов инженерно-геодезических изысканий должны использоваться утвержденные в установленном порядке классификаторы единой системы классификации и кодирования топографической и картографической информации - «Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» и др.

Номенклатура листов инженерно-топографических планов должна устанавливаться в программе изысканий. На территории существующих населенных пунктов и действующих предприятий принятая разграфка и номенклатура листов планов должны быть сохранены, если они не противоречат единой разграфке планов населенного пункта (поселения).

При создании инженерно-топографических планов участков местности площадью до 20 км², как правило, применяется квадратная разграфка с рамками размерами 40×40 см для листов планов в масштабе 1:5000 и 50×50 см для листов планов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения топографической съемки должны быть представлены:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
 - журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
 - абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы (п. 5.188);
 - акты полевого приемочного контроля.
- Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензульной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензульной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

8.4 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка применяется для съемки небольших и узких полос местности.

При выполнении тахеометрической съемки для сокращения продолжительности полевых и камеральных работ следует использовать электронные тахеометры с регистрацией и накоплением результатов измерений.

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов (точек) съемочного обоснования. Сгущение съемочного обоснования допускается выполнять проложением тахеометрических ходов, графическими прямыми и комбинированными засечками с числом направлений не менее трех.

По окончании работы на станции следует контролировать ориентирование лимба теодолита. Отклонение от первоначального ориентирования не должно быть более 1,5'.

На каждой станции должен составляться абрис, в котором следует показывать пикеты, ситуацию, а также структурные линии рельефа местности (тальвеги, водоразделы и др.), направление скатов.

Планы тахеометрической съемки должны приниматься в полевых условиях с оформлением актов контроля и приемки работ.

8.5 Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий

Горизонтальная съемка застроенных территорий в масштабах 1:2000 - 1:500 выполняется самостоятельно или в сочетании с высотной съемкой.

Горизонтальная съемка выполняется способами: полярным, створов, графоаналитическим, засечек, перпендикуляров (абсцисс и ординат), стереотопографическим.

При всех способах горизонтальной съемки должны составляться абрисы, производиться обмеры контуров зданий (сооружений) и измеряться контрольные связи между ними.

Съемка застроенной территории должна производиться с пунктов (точек) опорной и съемочной геодезических сетей (приложение Г).

Производить съемку с точек мензульных ходов не разрешается.

Створные точки, определяемые от пунктов и точек геодезической основы, должны определяться с точностью не менее 1:2000.

При использовании способа засечек допускаются углы в пределах от 30° до 150° .

Измерение горизонтальных углов при съемке следует выполнять теодолитом при одном положении вертикального круга со средней погрешностью не более 1' и с контролем ориентирования лимба на станции, расхождение от первоначального ориентирования допускается не более 1,5'.

Накладка контуров капитальных зданий (сооружений) с помощью транспортира допускается при величине полярных расстояний до 6 см в масштабе плана. При полярных расстояниях, превышающих указанную величину, накладка таких контуров на план должна производиться по координатам.

При графоаналитическом способе съемки углы кварталов и капитальные здания (сооружения), опоры, колодцы, центры стрелочных переводов должны наноситься на план по координатам, определенным с пунктов планового съемочного обоснования, и данным обмеров контуров зданий (сооружений). Съемку прочих элементов ситуации допускается производить методом мензульной или тахеометрической съемки.

Высоты люков колодцев подземных сооружений и верха труб на дорогах, урезов воды в водоемах (водотоках), полов в капитальных зданиях (по дополнительному заданию) должны определяться геометрическим нивелированием по двум сторонам рейки или тригонометрическим нивелированием при двух положениях вертикального круга. Расхождение между превышениями не должны быть более 2 см. Высоты других пикетов следует определять по одной стороне рейки (при одном положении вертикального круга в случае тригонометрического нивелирования), при расстояниях до пикетов более 250 м следует вводить поправки за кривизну земной поверхности и рефракцию.

На улицах (проездах) поперечные профили должны измеряться через 40, 60, 100 м (в зависимости от масштаба планов), а также в местах перегиба рельефа и по осям пересекающихся улиц (проездов).

При нивелировании поперечных профилей должны быть определены высоты у фасадной линии, бровки тротуара (бордюрного камня), оси улицы (проезда), бровки и дна кюветов, а также других характерных точек рельефа.

Расстояние между нивелирными точками на поперечных профилях не должны превышать 40 м на планах и в масштабе 1:2000 и 20 м - 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения аэрофотосъемки дополнительно (п. 5.74) следует представлять:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы;
- акты полевого приемочного контроля.

Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензуральной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензуральной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

Результаты выполненной топографической съемки, контроля и приемки работ должны включаться в состав технического отчета в соответствии с требованиями п. 5.13 СНиП 11-02-96.

Обновление топографических планов (корректур)

При обновлении инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) и кадастровых планов должна выполняться топографическая съемка вновь появившихся контуров, элементов ситуации, зданий и сооружений (подземных, наземных и надземных) и рельефа местности в местах их изменений.

На участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35 %, топографическая съемка должна производиться заново.

Инженерно-топографические планы, составленные по материалам съемки при высоте снежного покрова более 20 см, подлежат обновлению.

Обновление инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) планов и банков инженерно-геодезических данных должно осуществляться на основе использования:

- государственных фондов Роскартографии, государственных территориальных фондов материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления, государственного ведомственного фонда материалов

комплексных инженерных изысканий Госстроя России, а также фондов материалов других министерств и ведомств;

- материалов и данных геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий;
- материалов и данных государственных кадастров;
- топографо-геодезических материалов предприятий и организаций - оригиналы и копии планов, их формуляры, каталоги координат и высот закрепленных на местности пунктов (постоянных точек) геодезической основы, исполнительные чертежи и планы законченных строительных объектов, профили;
- материалов контрольных геодезических съемок законченных строительством объектов и коммуникаций.

При обновлении планов съемочным плановым обоснованием должны служить пункты существующей опорной геодезической сети, точки постоянного съемочного обоснования, четкие контуры и предметы-ориентиры, а высотным обоснованием - нивелирные знаки и твердые контуры (колодцы, цоколи зданий и т.п.), имеющие высотные отметки.

Съемка вновь появившихся объектов (контуров) и изменений рельефа, а также оформление полевых и камеральных материалов должны производиться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к наземной топографической съемке.

9 СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

На инженерно-топографические планы должны наноситься все существующие подземные и надземные сооружения (коммуникации).

В случае отсутствия планов подземных и надземных сооружений (коммуникаций), исполнительных чертежей, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и других материалов или их недостаточной полноте или точности должна выполняться съемка и обследование подземных и надземных сооружений методами, применяемыми при горизонтальной и высотной съемке застроенных территорий.

Примечание

Подземные, надземные линейные сооружения, предназначенные для транспортировки жидкостей и газов, передачи энергии и информации, относятся к инженерным коммуникациям.

Съемка подземных и надземных сооружений должна производиться с учетом требований пп. 5.7-5.10, 5.12 СНиП 11-02-96.

Составление эскизов опор, определение напряжения и числа проводников в линиях электропередачи и связи, марки проводов и кабелей, ведомственной принадлежности коммуникаций, габаритов и номеров опор, расположения прокладок на опорах, высоты опор и эстакад, видов прокла-

док на них, высот проводов и кабелей между опорами выполняются по дополнительному заданию заказчика.

Работы по съемке и обследованию существующих подземных сооружений включают:

- сбор и анализ имеющихся материалов о подземных сооружениях (исполнительных чертежей, инженерно-топографических и кадастровых планов, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и др.)
- рекогносцировочное обследование (отыскание на местности сооружений, определение назначения и участков для поиска прокладок с помощью трубокабелеискателей);
- обследование и (или) детальное обследование подземных сооружений в колодцах (шурфах);
- поиск и съемка подземных сооружений, не имеющих выходов на поверхность земли;
- плановая и высотная (нивелирование) съемки выходов подземных сооружений на поверхность земли;
- составление плана и при необходимости схемы сетей подземных сооружений с их техническими характеристиками;
- согласование полноты плана подземных сооружений и технических характеристик сетей, нанесенных на план, с эксплуатирующими организациями.

До начала полевых работ по съемке существующих подземных сооружений должны быть собраны:

- исполнительные чертежи;
- инженерно-топографические планы;
- материалы исполнительной и контрольной геодезических съемок, а также материалы (планы) градостроительного кадастра;
- проектные, инвентаризационные и другие материалы и данные о наличии, технических характеристиках и планово-высотном положении подземных сооружений.

На основе анализа собранных материалов должна быть установлена возможность их использования в намечаемых работах, а также определены предварительные объемы съемки подземных сооружений.

Рекогносцировочное обследование местности должно проводиться для отыскания на ней по внешним признакам местоположения и назначения подземных сооружений, а также определения участков трубопроводов и кабелей для поиска с помощью трубокабелеискателей.

Координирование выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений на застроенной территории должно производиться по дополнительному заданию заказчика.

Расположение углов поворота и других скрытых точек подземных сооружений, а также глубина их заложения должны определяться с помощью трубокабелеискателей, а в случае невозможности их использования применяется шурфование.

При обследовании подземных и надземных сооружений должны быть определены следующие их элементы и технические характеристики:

- по водопроводу
- материал и наружный диаметр труб;
- назначение (хозяйственно-питьевой, производственный);
- по канализации
- характеристика сети (напорная, самотечная);
- назначение (бытовая, производственная, дождевая);
- материал и диаметр труб (внутренний для самотечных и наружный для напорных сетей);
- по теплосети
- тип прокладки (канальная или бесканальная);
- тип канала (проходной, полупроходной, непроходной);
- материал и внутренние размеры канала;
- количество и наружный диаметр труб;
- по газопроводу
- наружный диаметр и материал труб;
- давление газа (низкое, среднее, высокое);
- по кабельным сетям
- напряжение электрических кабелей (высоковольтные 6 кВ и выше, низковольтные);
- направление (номера трансформаторных подстанций) для высоковольтных кабелей;
- условия прокладки (в канализации, в коллекторах, бронированный кабель);
- принадлежность кабелей связи;
- количество отверстий в телефонной канализации;
- материал и размеры распределительных пунктов, трансформаторных подстанций, телефонных шкафов и коробок;
- по подземному дренажу
- материал и наружный диаметр труб;
- поперечное сечение галерейных дрен, глухих коллекторов (по дополнительному заданию заказчика).

При обследовании в колодцах (шурфах) должно быть определено назначение инженерных коммуникаций, диаметр и материал труб, материал и тип каналов, число кабелей (также труб при кабельной канализации),

направление стока в самотечных трубопроводах, направления на смежные колодцы (камеры) и вводы в здания (сооружения) с составлением схемы.

Габариты колодцев (камер) надлежит отражать в масштабе плана, если площадь колодцев (камер) составляет в натуре не менее 4 м² при съемке в масштабе 1:500 и 9 м² - в масштабе 1:1000.

Плановое положение прокладок, размещенных в колодцах (камерах) указанных размеров, определяется относительно проекции центра люка.

При съемках в масштабах 1:2000 и 1:5000 обмер габаритов колодцев (камер), а также привязка размещенных в них коммуникаций не выполняются.

Детальное обследование колодцев (камер), выполняемое по дополнительным требованиям заказчика, кроме работ, указанных в п. 5.181, должно включать:

- обмеры габаритов и определение материалов колодцев (камер) и каналов;
- обмеры конструктивных элементов трубопроводов и их фасонных частей;
- определение взаимного местоположения вводов, выпусков и присоединений прокладок, составление эскизов по основным сечениям этих сооружений.

Нивелирование подземных сооружений включает определение высот обечаек (верха чугунного кольца люка колодца), земли или мощения у колодца, а также высот, расположенных в колодце труб, кабелей, каналов (промерами от обечайки с отсчетом до 1 см).

В колодцах (камерах) подлежат нивелированию:

- в самотечных сетях - дно лотка;
- в перепадных колодцах, дополнительно - низ входящей трубы;
- в колодцах-отстойниках - дно колодца, низ входящей и выходящей труб;
- в напорных трубопроводах - верх труб;
- в каналах коллекторах - верх низ каналов (коллекторов);
- в кабельных сетях - место пересечения кабеля со стенками колодца, верх и низ пакета (блока) при кабельной канализации.

Съемка точек подземных коммуникаций, отыскиваемых с помощью трубокабелеискателей, на прямолинейных участках должна производиться, как правило, через 20, 30, 50 и 100 м соответственно для масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

Глубина заложения безколодезных прокладок должна определяться на углах поворота, в точках резкого излома рельефа, но не реже чем через 10 см в масштабе съемки.

Определение глубины заложения прокладок с помощью трубкабелеискателей должно выполняться дважды. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 15 %.

В зависимости от насыщенности подземными и надземными сооружениями инженерно-топографические планы разрешается составлять совмещенными с изображением на одном листе плана ситуации, рельефа и подземных (надземных) сооружений, планы отдельных подземных надземных сооружений, групп их и др. Необходимость составления совмещенных или отдельных планов подземных (надземных) сооружений должна устанавливаться в техническом задании заказчика.

В результате выполнения съемки подземных и надземных сооружений дополнительно (п. 5.74) должны быть представлены:

- журналы детального обследования наземных и подземных сооружений;
- журналы технического нивелирования;
- эскизы опор и колодцев (камер) при их детальном обследовании;
- планы надземных и подземных сооружений, согласованные с эксплуатирующими организациями;
- каталоги координат выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений.

10 СЪЕМКА ВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Русловые съемки (подробные и облегченные), включающие съемку подводного рельефа и береговой полосы, выполняются с соблюдением требований, предъявляемых к топографическим съемкам суши и промерам глубин. При русловой съемке подлежат отображению на планах русловые образования (острова, побочни, косы и осередки), протоки, ручьи, участки размываемого берега и промоины.

Русловые облегченные съемки выполняются с точностью смежного более мелкого масштаба.

Съемки русел рек при подробных и облегченных русловых съемках выполняются, как правило, в масштабах 1:10000-1:2000.

Ширина береговой полосы русловых съемок устанавливается в техническом задании заказчика исходя из цели съемки и ее назначения в зависимости от конкретных условий местности. Ширина береговой полосы должна, как правило, составлять по каждому берегу (считая от меженной бровки) для масштабов: 1:2000-100 м, 1:5000-150 м и 10000-200 м.

Промеры глубин характеризуются подробностью и способами: проложения галсов, определения мест на галсах, измерения глубин.

Промеры глубин следует производить по галсам, пересекающим водоем (водоток), как правило, нормально к общему направлению изобат и расположенным на определенном расстоянии друг от друга.

Для контроля выполняются промеры по продольным галсам, пересекающим основные галсы под углом в пределах 30°-150°.

По подробности промеры глубин подразделяют на специальные, подробные и облегченные.

Каждый из этих видов промеров характеризуется частотой галсов и измеренных глубин на них, а также масштабом оформления плана. Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана следует принимать в соответствии с табл. 13.

Таблица 13 - Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана

| Подробность промеров глубин | Масштаб плана | Расстояние, м | | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------------|-----------|--|-----------|
| | | между галсами при рельефе дна | | между промерными точками при рельефе дна | |
| | | сложном | спокойном | сложном | спокойном |
| Специальные | 1:500 | 5 | 10 | 2 | 2 |
| | 1:1000 | 10 | 20 | 5 | 10 |
| Подробные | 1:2000 | 20 | 40 | 10 | 20 |
| | 1:5000 | 50 | 100 | 20 | 30 |
| | 1:10000 | 100 | 200 | 30 | 40 |
| Облегченные | 1:2000 | 40 | 60 | 10 | 20 |
| | 1:5000 | 100 | 150 | 20 | 30 |
| | 1:10000 | 200 | 300 | 30 | 40 |

Подводный рельеф на планах изображается изобатами или горизонталями.

Планы составляются в изобатах в тех случаях, когда они предназначаются для проектирования мероприятий, непосредственно связанных с эксплуатацией акваторий, и на них должны быть показаны глубины.

Для проектирования объектов строительства, сопряженных с берегом, рельеф дна на планах акваторий изображается, как правило, горизонталями.

Высота сечения рельефа дна при изображении его горизонталями (изобатами) в зависимости от подробности промера, масштаба плана и сложности рельефа принимается равной 0,5 или 1 м.

Галсы при промерах глубин прокладывают: по береговым створам, фотогалсам и навигационным приборам, маятниковым методом.

В том случае, когда проектируемые береговые створы служат в качестве одной из линий положения, разбивка их на местности должна производиться от точек съемочной сети или промером магистрали, которая прокладывается параллельно линии берега с относительной погрешностью не

ниже 1:1000. Если створы предназначены только для ориентировки на галсе, разбивку их на местности можно выполнять упрощенным способом.

При проложении фотогалсов их привязка осуществляется к контурным точкам, опознаваемым в натуре и на фотоснимках.

По способам определения планового положения промежуточных точек промеры глубин подразделяются на следующие виды:

- без инструментальных засечек;
- с инструментальными засечками;
- по непосредственно разбитым в натуре промерным точкам;
- с применением радиогодезических и спутниковых геодезических систем.

При промерах глубин без инструментальных засечек измеренные глубины разносятся на плане исходя из условия, что движение катера при промере было равномерным. Этот вид промеров применяется на небольших реках и закрытых водоемах, при наличии фотоплана или топографического плана, и длине галсов, не превышающей 4 см в масштабе плана, но не более 200 м на местности.

Промеры глубин с инструментальными засечками выполняются с применением следующих основных способах координирования:

- по створу и прямым засечками с берега одним инструментом;
- прямыми засечками с берега двумя инструментами;
- по створу и обратными засечками одним секстантом;
- обратными засечками двумя секстантами.

К промерам глубин способом непосредственной разбивки в натуре промерных точек относятся промеры по размеченному тросу и промеры со льда.

Промеры глубин с применением радиогодезических систем и спутниковых систем осуществляются на базе автоматизированных гидрографических комплексов, позволяющих выполнить весь состав инженерно-гидрографических работ, включая составление рабочего планшета.

Средняя погрешность определения планового положения промерных точек а масштабе плана относительно ближайших точек съемочной геодезической сети при промерах глубин на реках, внутренних водоемах и других акваториях не должна превышать допусков, установленных п. 5.9 СНиП 11-02-96.

Дополнительные требования к промерам глубин и способам определения положения промерных точек при инженерно-гидрографических работах следует устанавливать в программе изысканий.

Промеры глубин выполняются эхолотами, наметкой или ручным лотом, механическим лотом.

Отсчеты при измерениях глубин должны производиться с точностью не менее 0,1 м при глубинах до 10 м; 0,2 м при глубинах от 10 до 20 м и 0,5 м при глубинах свыше 20 м.

В комплекс работ по высотному обоснованию промеров глубин входят:

- установка и нивелирование реперов;
- устройство водомерных постов и наблюдения за уровнем воды;
- мгновенная или однодневная связка уровней воды;
- нивелирование по рабочим уровням воды.

На участках рек и зон выклинивания водохранилищ, для которых планы составляются в изобатах, выполняются: нивелирование по рабочим уровням воды и однодневная или многодневная связка уровней воды.

На участках рек, для которых планы составляются в горизонталях, а также на озерах и водохранилищах выполняется нивелирование по рабочим уровням воды.

Нивелирование по рабочим уровням воды, от которых измеряются глубины, выполняется одиночными ходами IV класса, опирающимися на реперы высотной опорной геодезической сети. Определение уровней воды в отдельных точках выполняется двойными висячими ходами (шлейфами) нивелирования IV класса или технического нивелирования. Привязка уровней воды производится у каждого галса или через несколько галсов (но реже, чем через 1 км) при условии, что падение уровней поверхности между привязанными галсами было равномерным и не превышало 10 см.

При производстве однодневной связки высотные отметки урезов воды определяются во всех точках излома водной поверхности, положение которых зафиксировано постоянными и временными реперами (ТОС).

При выполнении промеров глубин в прибрежной зоне морей погрешность передачи теоретического нуля глубин (ТНГ) от постоянного уровня поста на временный не должна превышать 5 см.

Обнаружение подводных препятствий, представляющих опасность для судоходства, производится гидрографическим тралением. Гидрографическое траление допускается выполнять жестким тралом, высокочастотным каналом эхолота, гидролокатором бокового обзора (ГБО).

Обследование подводных препятствий производится:

- сгущением галсов до частоты, обеспечивающей детальное определение контура мели или банки и выявление минимальных глубин на них;
- проложением специальных галсов, перпендикулярных основным.

Работы по трассированию судовых ходов и съемке створных площадок включают:

- вынос и закрепление на местности оси трассы, створа и границ судового хода и створных площадок;

- разбивку и нивелирование пикетажа по оси судового хода и створа с последующим составлением продольного профиля;
- съемку полосы трассы и створных площадок.

В результате выполнения инженерно-гидрографических работ должны быть представлены:

- материалы по созданию опорной и съемочной геодезических сетей;
- журналы прибрежной топографической и русловой съемок;
- журналы промеров глубин или эхограммы;
- материалы по плановому определению промерных точек на галсах;
- материалы нивелирования водной поверхности (однодневных и мгновенных связей);
- продольные профили водной поверхности;
- инженерно-топографические планы (русел рек, акваторий и прибрежной части) а горизонталях или изобатах;
- материалы гидрографического траления и обследования подводных препятствий;
- материалы инженерно-гидрографических работ по судоходным трассам и створным площадкам.

11 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

При изысканиях новых трасс линейных сооружений, как правило, выполняются:

- анализ и доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;
- рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений;
- полевое трассирование (вынос трассы в натуру);
- планово-высотная привязка трассы к пунктам государственной (опорной) геодезической сети;
- топографическая съемка полосы местности вдоль трассы (съемка текущих изменений при наличии планов) в масштабах 1:1000-1:500;
- съемка переходов, пересечений инженерных коммуникаций, выявление и нанесение на инженерно-топографические планы и другие топографические материалы участков проявления карста;
- составление инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

По трассам магистральных трубопроводов (прокладываемых в сложных условиях), электрических кабелей 6-20 кВ, кабелей связи, ЛЭП выполняется съемка ситуации.

Под карьеры грунтовых строительных материалов выполняется топографическая съемка площадок их разработки.

При изысканиях для расширения (реконструкции) существующих линейных сооружений следует выполнять:

- съемку плана сооружений и координирование их основных элементов;
- съемку поперечных и продольных профилей (при необходимости для уточнения положения трассы);
- составление топографических планов;
- полевое трассирование трасс сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

11.1 Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений

Рекогносцировочное обследование выполняется в зависимости от состава материалов, которыми располагает изыскатель к моменту начала работ. Обычно это материалы, подготовленные на этапе составления акта выбора трассы, камерального трассирования по картам или результаты камеральной укладки трассы на полосе маршрутной съемки, составленной на основе проложения магистрального хода.

Перед началом работ вместе с представителем эксплуатационной службы заказчика пройти (проехать) по маршруту намечаемой трассы. При рекогносцировке определяется оптимальный вариант прохождения трассы относительно инженерных сооружений, дорог, естественных преград, коридоров коммуникаций и т.д. в соответствии с требованиями настоящих строительных норм и правил Российской Федерации, а также нормативно-технических документов Федеральной службы геодезии и картографии России.

По возможности необходимо провести подобную рекогносцировочную работу с представителями всех служб и владельцев существующих инженерных сооружений, выявленных на стадии ТЭО, а также при согласовании акта выбора прохождения трассы. Во время рекогносцировки необходимо максимально полно получить информацию о наличии, месторасположении, характеристиках инженерных сооружений, находящихся в введении той или иной службы.

Во время выезда с представителем заказчика уточняется на местности начало, конец трассы - точка отмыкания и примыкания, врезки и т.д.

На территориях нефтяных и газовых месторождений НГДУ нужно более плотно работать с маркшейдерской службой НГДУ, инженерным составом Производственного отдела НГДУ, мастерами ДНС, операторами, обходчиками. Так как они наиболее полно владеют информацией о наличии и месторасположении подземных коммуникаций.

В состав работ при полевом трассировании входят:

- - проложение теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы, разбивка и ведение пикетажа с разбивкой горизонтальных кривых;

- - нивелирование трассы и установка реперов;
- - съемка поперечников на пикетных и всех плюсовых (переломных) точках, съемка поперечных профилей по осям водопропускных труб;
- - закрепление трассы (углов поворота и створных точек, мостовых переходов и др.).

На территории населенных пунктов и промышленных предприятий вместо полевого трассирования должна выполняться крупномасштабная топографическая съемка полосы местности по выбранной трассе с последующей камеральной укладкой трассы по материалам съемки в существующих системах координат и высот.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях, а для застроенных территорий должна ограничиваться шириной проезда (улицы). Для существующих железных дорог ширина полосы съемки ограничивается, как правило, полосой отвода железной дороги. На участках пересечений и сближений трасс с существующими коммуникациями и другими сооружениями ширину полосы съемки следует принимать с учетом обеспечения требований проектирования по их переустройству и переносу.

11.1 Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений

В данной главе под линейными сооружениями подразумеваются железные и автомобильные дороги, главное требование к которым заключается в обеспечении безопасности и равномерности движения с заданными уклонами, радиусами поворота и скоростями следования. В связи с этим строительными нормами и правилами (СНиП) строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых всех видов постоянных дорог.

Существуют и другие виды линейных сооружений (например, линии электропередач, теплотрассы, канализации), к которым предъявляются свои специфические требования. Однако многие вопросы, касающиеся инженерных изысканий, геодезических разбивок и съемок имеют общий характер.

Трассировочные работы (трассирование) являются одним из видов инженерно-геодезических изысканий и служат для выбора наиболее оптимального положения на местности трассы и отвечающие всем требованиям технических условий на ее проектирование. Независимо от характера линейного сооружения и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности и не нарушать природного рельефа. По возможности трассу располагают на землях, имеющих наименьшую ценность для сельского хозяйства.

Трассой называют главную ось проектируемого линейного сооружения значительной протяженности. Ось наносится на топографическую карту, задается координатами основных точек и обозначается на местности.

Основными элементами трассы являются план и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии).

План трассы представляет собой сложную линию, состоящую из прямолинейных участков различного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянных и переменных радиусов. Есть трассы, на которых закругления не проектируют, например, линии электропередач, канализаций. В этом случае трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

Продольный профиль трассы состоит из линий переменного уклона, сопрягаемыми обычно вертикальными круговыми кривыми. Для наглядности вертикальный масштаб разреза выполняют в 10 раз крупнее горизонтального. Чтобы наиболее полно охарактеризовать местность, на которой проектируется прокладка линейного сооружения, перпендикулярно трассе составляют поперечные профили.

По топографическим условиям расположения трассы различают долинные, водораздельные, косогорные, поперечно-водораздельные категории.

Долинная трасса проходит по надпойменной террасе долины, имеет обычно спокойный план и профиль, но пересекает большое число водотоков. В силу этого требует возведения дорогостоящих переходов.

Водораздельная трасса пересекает наиболее высокие отметки рельефа. В холмистой местности трассу приходится крайне усложнять, что уменьшает ее преимущество перед другими категориями. Однако в равнинных и среднeperесеченных местностях она выгодно отличается по трудоемкости возведения в виду создания небольшого числа искусственных сооружений.

Косогорная трасса располагается на склонах возвышенностей. При ее проектировании со слабым уклоном создается извилистая в плане линия с большим количеством переходов. Эксплуатацию сооружения затрудняют возможные обвалы, осыпи и селевые потоки.

Поперечно-водораздельная трасса пересекает долины и водоразделы и в плане близка к прямой. В продольном же профиле часто встречаются предельные уклоны, что вынуждает строить сложные переходы.

На практике сочетают различные категории трасс путем технико-экономического сравнения возможных вариантов. Таким образом, основная задача трассирования линии на местности заключается в выборе оптимального варианта трассы, расположенной в благоприятных условиях и требующей на строительство и эксплуатацию минимальных затрат.

Трассирование в зависимости от стадии изысканий может быть камеральным или полевым.

Камеральное трассирование выполняют на стадии технического проекта с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Для этого на топографической карте масштаба 1:500 000–1:100 000 (для трассы зна-

чительного протяжения) намечают начальный, конечный и промежуточный пункты. Получают так называемую воздушную линию, к которой стремятся приблизить проектируемую. Затем на картах масштаба 1:50 000 или 1:25 000 фиксируют и уточняют точки положения трассы, определяющие ее ось, при обходе или пересечении различного рода препятствий.

В зависимости от условий местности трассирование по топографической карте выполняют способом попыток или построением линии допустимого уклона.

Способ попыток применяют в условиях равнинной местности, положение трассы определяется, прежде всего, ситуацией, т.е. контурными препятствиями. В виду того, что средний уклон равнинного рельефа меньше допустимого в высотном отношении трассу намечают «вольным ходом», т.е. определяют проектную линию по характерным точкам местности вдоль намеченного направления. При этом в плане стремятся создать прямую трассу по заданному направлению. Тем не менее, в процессе трассирования обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, заповедники и др., заставляющие отклонять трассу в ту или иную сторону. Происходит ее удлинение на каждом участке отклонения, которое может быть вычислено по формуле

$$\Delta L = \frac{AC - AB}{AB},$$

где φ – угол отклонения трассы; $AC = \frac{AB}{\cos \varphi}$,

тогда

$$\Delta L = \frac{1 - \cos \varphi}{\cos \varphi}.$$

Для получения наиболее короткой трассы в равнинных районах придерживаются следующих правил:

1. Трассу прокладывают по прямой линии от одного контурного препятствия к другому. Необходимость в отклонениях от прямолинейного направления и назначение углов поворота должна быть обоснована.
2. Вершину углов поворота выбирают против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие.
3. Углы поворота трассы выдерживают в пределах не более 25–30°, чтобы ее удлинение было минимальным.

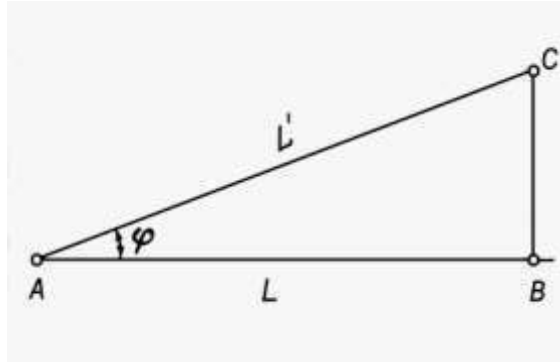


Рисунок 42 - Схема к расчету удлинения трассы

Способ линии предельно допустимого уклона применяется в горных условиях и местности со сложным рельефом. В этом случае по карте выбранного масштаба $1 : M$ и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения ℓ для уклона i_{np}

$$\ell = \frac{h}{i_{np}} \frac{1}{M}.$$

Например, для карты масштаба $1:25\ 000$, при $h = 5$ м, $i_{np} = 0,020$

$$\ell = \frac{5000}{0,020} \frac{1}{25000} = 10 \text{ мм}.$$

По найденному значению ℓ на карте, выделяют участки вольного и напряженного ходов. На участке вольного хода (уклон местности i_m меньше предельного i_{np}) трассу намечают по кратчайшему направлению. На участках напряженного хода (i_m больше i_{np}) трассу намечают по предельно допустимому уклону. Например, из начальной точки A раствором циркуля, равным заложению ℓ , засекают соседнюю горизонталь (рис. 43). Из полученной точки B этим же раствором циркуля вновь засекают уже следующую горизонталь, получая точку B и т.д. При пересечении оврагов и рек (на этой стадии трассирования) сразу переходят на другую сторону, не принимая во внимание переходы. На участках, где расстояние между горизонталями больше заложения ℓ , точки выбирают в необходимом направлении свободно (см. рис. 43, участок $ГД$).

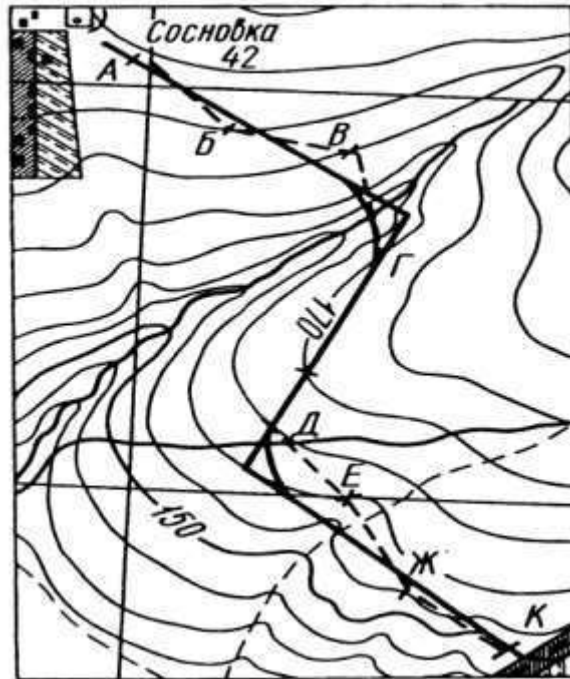


Рисунок 43 - Трассирование по заданному уклону

В результате на карте получают ломаную линию равных уклонов *А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, К* – линию нулевых работ, так как трассирование велось без учета насыпей и выемок. Линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют), вписывают кривые, разбивают пикеты, намечают характерные точки рельефа (плюсовые точки). Спрявление трассы ведет к появлению земляных работ.

Для построения профиля спрямленной трассы (черного профиля) отметки пикетов и плюсовых точек определяют интерполированием по горизонталям. Затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль дороги и получают «красный профиль».

Полевое трассирование осуществляют на стадии рабочего проектирования, основой которого служат материалы камеральных изысканий, с целью определения наиболее оптимального положения трассы на местности. Основной состав этих изысканий включает:

- вынесение проекта трассы в натуру, ее уточнение и закрепление;
- определение фактических углов поворота линейного сооружения;
- линейные измерения и разбивку пикетажа;
- разбивку круговых кривых;
- установку грунтовых реперов и нивелирование трассы;
- топографическую съемку прилегающих к трассе полос местности;
- привязку трассы к пунктам геодезической основы;
- обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации.

Вынесение проекта трассы в натуру осуществляется, прежде всего, по подготовленным в камеральных условиях данным привязки углов вершин поворота к пунктам геодезической сети. Трассировочные работы на местности начинают с рекогносцировки, включающей выявление вблизи трассы существующих пунктов геодезической основы по мере продвижения изысканий. От найденных центров геодезической сети выносят в натуру положение исходных точек трассы известными способами. На этих точках устанавливают вехи, обследуют намеченные направления, смещают углы поворотов, если это необходимо, составляют продольный профиль. После проверки пригодности фактического профиля к строительным работам продолжают трассирование следующего участка.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота трассы закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами. Для обозначения трассы между углами поворота, через каждые 100–800 м устанавливают створные вехи по теодолиту.

Определение фактических углов поворота трассы выполняют путем проложения теодолитных ходов между закрепленными вершинами, с измерением правых углов, рис. 44. При повороте линии вправо, углы поворота определяют по формуле

$$\varphi_n = 180^\circ - \beta_1,$$

при повороте трассы влево

$$\varphi_n = \beta_2 - 180^\circ.$$

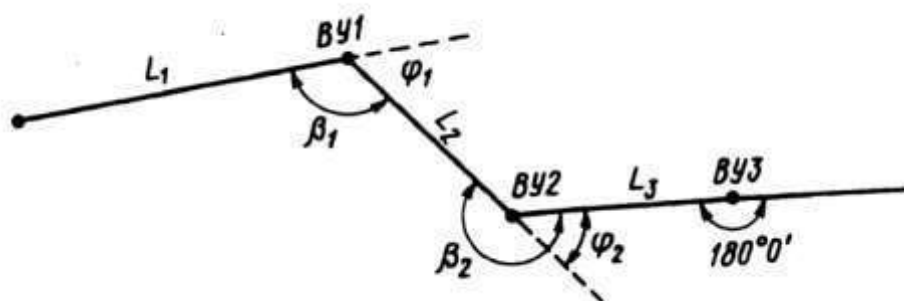


Рисунок 44 - Схема к определению углов поворота трассы

Линейные измерения и разбивку пикетажа производят в процессе проложения теодолитных ходов при определении расстояний между вершинами углов поворота и створными точками. По результатам этих измерений, наряду с плановой привязкой трассы к геодезическим пунктам, вычисляют координаты углов поворота. Определение расстояний осуществляют мерными лентами, оптическими, световыми и другими дальномерами с введением необходимых поправок в соответствии с инструкциями к приборам. Предельная ошибка измерений должна находиться в пределах от 1:1 000 до 1:2 000 в зависимости от условий местности.

Разбивку пикетажа обычно выполняют мерными лентами или 50-метровыми рулетками через каждые 100 м. Кроме собственно пикетов, на местности отмечают дополнительные плюсовые точки. Ими могут быть места перегиба рельефа, пересечения трассы с водотоками, другими сооружениями. В процессе разбивки пикетов вводят поправку за наклон местности. Как правило, во избежание дополнительного измерения углов наклона, мерную ленту располагают горизонтально и проектируют конец отсчета на землю с помощью отвеса.

Разбивку круговых кривых производят через равные отрезки такой длины, при которой можно принимать полученную дугу за прямую линию. В качестве основной кривой, сопрягающей два прямых участка оси трассы дорог и каналов, применяют окружность определенного (допустимого по техническим условиям эксплуатации линейного сооружения) радиуса. К тому же расчет и разбивка круговой кривой на местности отличается наибольшей простотой.

Основными параметрами для расчета выноски части окружности в натуру служат угол поворота φ и радиус кривой R (рис. 45). Для определения на местности главных точек кривой необходимо знать ее основные элементы: T – тангенс (касательную), B – биссектрису, K – длину кривой, D – домер. Вычисляют эти величины по формулам

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad K = \frac{R\varphi}{57,2958}; \quad B = R(\sec \frac{\varphi}{2} - 1); \quad D = 2T - K.$$

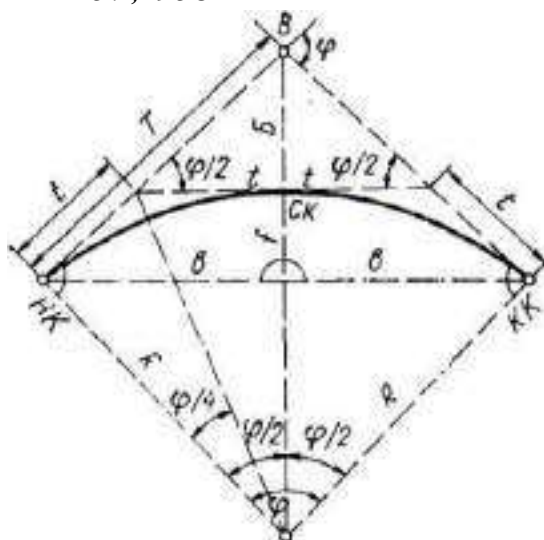


Рисунок 45 - Основные элементы круговой кривой

При разбивке кривой также пользуются готовыми таблицами, где вышеуказанные элементы даны для разных значений угла φ и радиуса R .

Тем не менее, главные точки круговой кривой не дают достаточного обозначения фрагмента окружности на местности. Так, при радиусе больше 500 м кривую разбивают через 20 м, при радиусе от 100 до 500 м – через 10 м. Для осуществления этой задачи используют несколько способов:

прямоугольных координат, линейно-угловой засечки, продолженных хорд, вписанного многоугольника и др. Наиболее распространенными являются первые три способа.

Способ прямоугольных координат применяется в открытой равнинной местности, является наиболее простым и точным. Каждая точка кривой определяется независимыми промерами и при переходе от одной точки к другой ошибка измерений не накапливается. В этом способе за ось абсцисс принимают касательную к окружности (линию тангенса), за начало координат – начало кривой (НК) в точке касания с линией тангенса или конец кривой (КК).

Работу начинают с вычисления центрального угла φ , задавшись величиной дуги κ (например, 5, 10, 20 м), исходя из размера радиуса кривой

$$\varphi = \frac{360}{2\pi R} \kappa = \frac{180}{\pi R} \kappa.$$

Далее находят прямоугольные координаты точек $1, 2, \dots, i$

$$X_i = R \sin i\varphi; Y_i = R(1 - \cos i\varphi),$$

где i – текущий номер точки кривой.

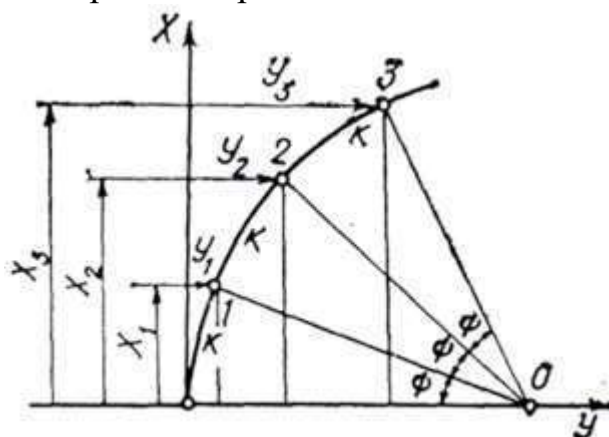


Рисунок 46 - Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Разбивку точек $1, 2, 3, \dots, i$ кривой на местности производят с помощью рулетки от начала кривой (НК) по касательной (рис. 46). Вначале откладывают на ней величины X_1, X_2, \dots, X_i , затем по направлению перпендикуляров к разбитым отрезкам выносят составляющие Y_1, Y_2, \dots, Y_i .

Построение осуществляют от начала кривой (НК) до середины. После этого разбивают фрагмент окружности от конца кривой (КК) также до середины (СК). Сомкнутые половинки кривой в точке СК являются контролем точности разбивки.

Способ линейно-угловой засечки (полярный) используется для выноски круговых кривых земляных сооружений на косогорах, насыпях и в полузакрытой равнинной местности (рис. 47).

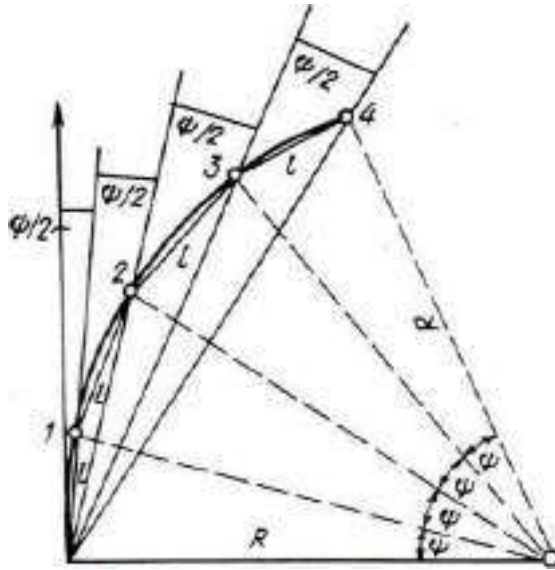


Рисунок 47 - Разбивка кривой способом линейно-угловой засечки

Способ заключается в последовательном построении угла $\varphi/2$ в начале координат от линии тангенса и отложении отрезков хорды ℓ . Исходя из выбранной длины хорды, угол φ определяют по формуле

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{\ell}{2R}.$$

Положение точек кривой на местности выносят с помощью теодолита. Его ориентируют по линии тангенса, например, в точке HK , затем отмеряют угол $\varphi/2$. Отложив вдоль построенного направления хорду ℓ , закрепляют точку 1 . Затем из той же точки HK строят последовательно углы φ , $3\varphi/2$ и т.д. Из точки 1 протягивают рулетку до пересечения отрезка ℓ со вторым визирным лучом (φ) и закрепляют точку 2 . Таким образом, выносят точки $3, 4, \dots, i$.

Недостаток способа – снижение точности разбивки кривой по мере увеличения числа выносимых точек (происходит накопление ошибок).

Способ продолженных хорд заключается в определении искомых точек кривой на местности путем их засечек двумя постоянными величинами ℓ и a от исходной точки 1 (рис. 48). Ее положение обычно определяют при помощи прямоугольных координат X_1 и Y_1 по формуле (2.9).

Закрепив точку 1 (на продолжении створа $A1$), откладывают длину хорды ℓ и временно закрепляют промежуточную точку $2'$. Линейной засечкой с помощью отрезков a и ℓ из точек $2'$ и 1 получают следующее положение кривой – 2 . Остальные точки дуги сектора окружности отстраивают аналогично. Смещение a получают из выражения

$$d = \frac{\ell^2}{R}.$$

Данный способ применяют в стесненных условиях местности и не-высокой точности разбивки.

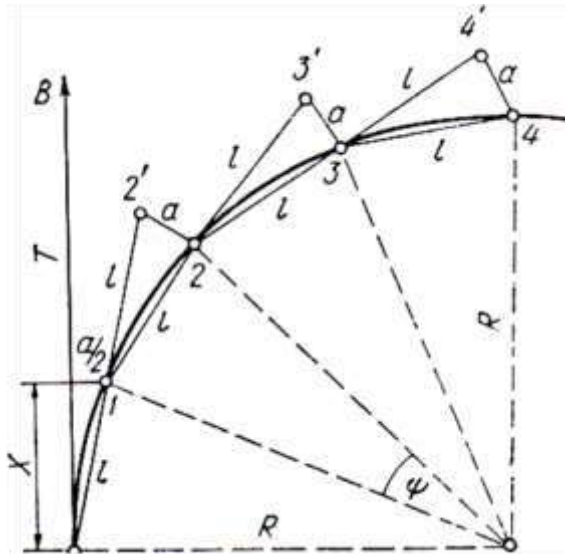


Рисунок 48 - Разбивка круговой кривой способом продолженных хорд

Кроме плановой разбивки трассы, ее выносят и в высотном отношении. Контроль вертикального положения элементов разбивки осуществляют с помощью грунтовых реперов.

Установку грунтовых реперов производят при закреплении трассы через каждые 20–30 км и в местах пересечений существующих магистралей, переходов через реки и т.п. В дополнение к основным через 2–3 км устанавливают постоянные (по необходимости) и временные реперы в виде деревянных столбов, каких-либо устойчивых предметов местности. Местоположение реперов выбирают вне зоны земляных работ строительства сооружения с составлением абриса привязки к пикетам трассы и местности.

Нивелирование трассы осуществляют, как правило, по двум направлениям (в два нивелира). Одним прибором нивелируют все пикеты, плюсовые точки, постоянные и временные реперы. Вторым – нивелируют реперы, связующие точки и поперечные профили. При этих работах применяют технические нивелиры различных типов. Расстояние от нивелира до рейки обычно принимают равным 100–150 м. Невязки хода между исходными пунктами (или замкнутого полигона) не должны превышать, мм:

$$f_{np} = 50\sqrt{L} ,$$

где L – длина хода или полигона, км.

Расхождение между суммой превышений из первого и второго нивелирования не должно быть более величины, мм:

$$\Delta h = 70\sqrt{L} .$$

Топографическую съемку отдельных участков и площадок в крупном масштабе (1:500–1:2 000) производят в процессе ведения полевого трасси-

рования. Съемке подлежат переходы через водотоки, горные ущелья и перевалы, различные площадки под станции и т.п. В сильно пересеченной и сравнительно открытой местности используют тахеометрическую и мензурную съемки. В зависимости от ситуации и рельефа, а также технической возможности изыскательской партии применяют различные виды аэрофотосъемки, наземной фотограмметрической съемки, лазерное сканирование.

Привязку трассы к пунктам геодезической основы выполняют как для контроля полевых работ и повышения их точности, так и для вычисления координат вершин углов поворота и абсолютных отметок набранных точек. Точность геодезических измерений по привязке должна быть не ниже точности работ при построении трассы. Места привязки трассы (начало, конец и середину) к пунктам триангуляции или полигонометрии указывают в проекте привязки трассы к пунктам геодезической основы.

Обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации выполняют путем проверки полевых журналов, уравнивания нивелирных и теодолитных ходов, вычисления плановых координат и высот точек, вычерчивания различных планов и профилей трассы.

На тщательную камеральную обработку полевых материалов и безошибочное составление графических документов обращают особое внимание. Так, при проверке журналов измерения углов смотрят на правильность вычисления углов поворота трассы. Линейные измерения сравнивают промерами длин между углами поворота и с данными разбивки пикетажа. В пикетажных журналах проверяют вычисление элементов дуг окружностей, значений пикетов начала и конца кривых и т.д. Полевые журналы и вычисления независимо обрабатывают «в две руки». Подготовленные планы и профили также тщательно проверяют, корректируют, сверяют в натуре и устраняют выявленные недостатки и ошибки.

Основными документами полевого трассирования являются:

- 2) пояснительная записка (с обоснованием выноса проекта в натуре и согласованием трассы);
- 3) план, продольный и поперечные профили;
- 4) крупномасштабные планы переходов, пересечений, станций, площадок и других участков;
- 5) схематические планы отвода земель;
- 6) ведомости пересекаемых трассой искусственных сооружений;
- 7) ведомости закреплений прямых и кривых трассы, уравнивания ходов, вычисления координат;
- 8) каталоги координат углов поворота, высот реперов, схемы геодезических сетей, их центров и знаков.

Трассирование линейных сооружений проводится параллельно с выполнением работ по отысканию подземных коммуникаций.

Обычно сначала производят отыскивание на местности подземных коммуникаций, а потом, принимая к сведению весь комплекс полученной информации (подземные сети, воздушные сети, другие существующие инженерные сооружения, рельеф местности, естественные водотоки, лога, данные «Акта выбора», пожелания эксплуатационных служб выявленных в процессе рекогносцировочных работ, и т.д.), укладывают трассу на местности с учетом норм и правил существующих нормативных документов (СНиП, СП, ВСН, ГОСТ).

Все случаи отклонения оси трассы от «Акта выбора» обязательно согласовываются с эксплуатирующей службой. Так же необходимо поставить руководство своего предприятия в известность об изменении местоположения изыскиваемой трассы на конкретном участке.

Особое внимание необходимо уделить определению подземных сетей в местах отмыкания и примыкания трасс, в местах переходов через коридоры подземных коммуникаций.

Если наблюдается очень большая насыщенность подземных сетей и других инженерных сооружений (промышленные площадки), а также сложность рельефа, то в таком случае лучше вначале сделать съемку данного участка местности в М 1:500 -Г.2000. На основе полученного материала выполнить камеральное трассирование данного участка трассы, с последующим выносом её натуру и закреплением.

Отыскание подземных сетей проводить трубокабелеискателем. Во время поиска обязательно обращать внимание не только на явные признаки, указывающие на наличие той или иной коммуникации, (выходы труб, колодцы, задвижки, аншлаги, и т.д.), но и по местным признакам (понижение грунта, наличие ранее проводимых и ликвидированных земляных работ, расположение вблизи от проектируемой трассы каких либо инженерных сооружений). Делать аналитические выводы о наличии коммуникаций только после сопоставления и проверки всех имеющихся сведений.

По уложенной на местности оси трассы прокладывается теодолитный (тахеометрический) ход. Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений даны в табл. 14.

Таблица 14 - Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений

| №
№
п/п | Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений | Допустимые невязки измерений | | |
|---------------|---|------------------------------|----------|--------------|
| | | Угловых, мин | Линейных | Высотных, м |
| 1 | Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях | | | |
| | новых железных дорог | $0,3\sqrt{n}$ | $1/4000$ | $30\sqrt{L}$ |
| | новых автомобильных дорог | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$ | $50\sqrt{L}$ |

| | | | |
|---|--|------------------------------|--|
| | | (1/1000) | |
| | Трубопроводов с условным диаметром до 1000 мм свыше 1000 м | $1,5\sqrt{n}$
$1\sqrt{n}$ | $1/1000$
$1/2000$
$50\sqrt{L}$
$50\sqrt{L}$ |
| | Линий электропередачи, связи, канатно-подвесных дорог | $1,5\sqrt{n}$ | $1/1000$
$50\sqrt{L}$ |
| | Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
$50\sqrt{L}$ |
| 2 | Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
(1/1000)
$50\sqrt{L}$ |
| 3 | Ходы съёмочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог | | |
| | базисные и съёмочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах, | $0,3\sqrt{n}$ | $1/4000$
$30\sqrt{L}$ |
| | Съёмочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
$50\sqrt{L}$ |
| 4 | Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой) | - | $1/2000$
- |

Нивелирование трассы и установка реперов

По всем пикетам и плюсовым точкам трассы прокладывается ход технического нивелирования.

При пересечении трассами водотоков нивелируются урезы воды и уровень горизонта высоких вод (ГВВ). ГВВ определяется по местным признакам или опросу жителей близлежащих деревень.

При пересечении с железными дорогами нивелируются головки рельсов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

В начале, конце трассы на переходах через водотоки, железные и автомобильные дороги, коридоры коммуникаций устанавливаются временные репера.

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

- по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;
- по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

Репера устанавливаются в местах обеспечивающих их сохранность на период строительства и эксплуатации. В качестве временного репера можно использовать окружающие сооружения: опоры, скважины, мосты, фундаменты и т.д.

Закрепление трассы

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не реже чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными столбами, металлическими трубами и уголками с табличкой и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

Знаки маркируются масляной краской. На знаке подписывается название трассы, наименование или номер закрепительного знака, пикетное значение или расстояние до оси трассы (для вынесенных знаков), год установки и название организации.

На все закрепленные точки и репера составляются кроки.

Геодезические знаки (реперы), закрепляющие ось трассы линейных сооружений, подлежат использованию в качестве разбивочной основы при последующем строительстве и должны быть переданы по акту заказчику или указанной им организации.

Съемка пересечений линий электропередач и связи

При пересечении линий электропередач и связи должны быть определены:

- пикетажное значение и угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой;
- отметки земли и расстояние до нижнего провода в месте пересечения;
- расстояние от трассы или оси пути до центров двух ближайших опор ЛЭП (ЛС) справа и слева от пересечения (подписывается на опорах);
- отметки земли и нижнего провода на опорах справа и слева от пересечения; материал и форма опор, система подвески, количество проводов и изоляторов.

При съемке составляют абрис пересечения, в котором должны быть указаны: температура воздуха в момент измерений, марка проводов и кабелей, пункты, соединяемые ЛЭП (ЛС), ведомственная принадлежность и адрес владельца (по специальному заданию). Кроме того, составляют эскизы всех опор, с указанием номера, формы и материала опор, числа, длины и сторонности траверс на опорах, количества проводов и изоляторов.

Для ВЛ с горизонтальным расположением проводов, пересекаемых под углом менее 60° , необходимо определять высоту каждого провода и троса в месте пересечения.

Пикетажные значения, угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой и расстояния до ближайших опор можно определять по топографическому плану.

Верх подвески проводов и низ провиса следует определять тригонометрическим нивелированием при измерении вертикального угла при двух положениях вертикального круга, вычисляя место ноля прибора на станции. Отклонение места ноля прибора от значения, определенного ранее, должно быть не более $\pm\Gamma$. Расстояние от прибора до проекции проводов на землю при измерении нитяным дальномером или рулеткой должно быть не менее удвоенной высоты провода над землей.

Съемку пересечений и определение высот подвеса проводов ВЛ напряжением до 20 кВ и ЛС выполняют с одной станции, а ВЛ напряжением 350 кВ и выше - с двух независимых станций.

Высоты проводов над их проекциями на землю вычисляются по формуле:

$$H_{np} = H_{ст} + i + D * \operatorname{tg} v$$

Где: H_{np} - высота определяемой точки; $H_{ст}$ - высота точки стояния инструмента; D - расстояние от инструмента до определяемой точки (горизонтальное проложение); v - угол наклона на определяемый провод; i - высота инструмента над точкой стояния инструмента.

Вычисление по формулам выполняется непосредственно после проведения измерений. Расхождение в вычислении отметок между двумя значениями измерений с двух стоянок инструмента не должны превышать ± 20 см.

При измерении расстояний до проекции проводов рейку нужно устанавливать точно под проекцией проводов и троса, но не около опор или оси пересекаемого сооружения.

Напряжение ЛЭП в поле можно определить по типу опор и количеству изоляторов:

- ЛЭП 6-10 кВ - опоры бетонные или деревянные на бетонном пасынке высотой до 10 м, количество изоляторов 1 или по 2 в местах переходов через дороги и коммуникации, количество проводов 3;
- ЛЭП 35 кВ - опоры, в основном, бетонные, круглые, высотой 10-15 м, угловые опоры, в целом, металлические фермовые, количество изоляторов на проводе 3-5, количество проводов 3 или 6;
- ЛЭП 110 кВ - опоры бетонные круглые или металлические фермовые высотой 15-20 м, количество изоляторов 6-10, количество проводов 3 или 6, по верху опор обычно идет трос заземления.

Иногда на опорах подписано напряжение и номер фидера. Напряжение ЛЭП уточняется при согласованиях в эксплуатирующих организациях.

Полевые документы

Все записи при производстве полевых топографо-геодезических работ следует вести в угломерных, нивелировочных, тахеометрических, аб-

рисных журналах и пикетажных книжках установленной формы карандашом (шариковой ручкой) (ВСН 208-89). Зарисовки снимаемых объектов в абрисных и тахеометрических журналах должны быть четкими и иметь в необходимых случаях краткие характеристики снимаемых объектов.

При съемке ситуации способом полярных координат и угловой засечки все записи угловых и линейных измерений следует вести в абрисном журнале.

При съемке ситуации способом ординат промеры по съемочному ходу (абсциссы) записывают вблизи него перпендикулярно ходу, поперечные промеры (ординаты) - около изображений снимаемых объектов, параллельно съемочному ходу. При насыщенной ситуации результаты промеров записывают в вычерчиваемую сбоку сетку.

Все здания в абрисном журнале должны быть пронумерованы порядковыми номерами, а сведения о них приведены в особой ведомости, помещаемой на одной из страниц того же журнала.

Все страницы полевых журналов должны быть пронумерованы.

Перед выдачей исполнителям работ журналы должны быть подписаны начальником партии (отряда). При съемке больших объектов следует составлять указатель, с помощью которого можно было бы быстро разыскать записи любого элемента работы.

При производстве топографо-геодезических работ с использованием электронных и электрооптических тахеометров или светодальномеров запись результатов измерений должна производиться на магнитный носитель (при автоматизированной регистрации результатов измерений) или в специальных журналах.

В результате выполненных полевых топографо-геодезических работ изыскательской партией должны быть представлены следующие материалы:

- полевые журналы с вычисленными элементами угловых и линейных измерений, пикетажные книжки, а также файлы электронных тахеометров (при автоматической регистрации результатов измерений);
- схемы ходов геодезической съемочной сети и привязок к пунктам государственной геодезической сети;
- топографические карты (схемы), на которых показаны трасса и границы съемок;
- ведомости вычислений и каталог координат и высот пунктов съемочной геодезической сети;
- ведомость реперов;
- инженерно-топографические планы (если их составление в поле предусмотрено программой изысканий);
- схемы пересечений ЛЭП (ЛС) и других коммуникаций;
- схема закрепления трассы;

- акт приемки материалов завершенных инженерных изысканий;
- акты сдачи трасс и материалы согласований.

12 ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗМОЖНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В настоящее время физико-механические и компрессионные свойства пород-коллекторов Марковского месторождения практически не изучены. Исходя из этого, значение модуля упругости и коэффициента Пуассона в расчетах оседаний земной поверхности принимались из известных зависимостей, а параметры упрочнения – по аналогии с другими месторождениями.

В механике горных пород известен тот факт, что точечные лабораторные испытания (проводимые, как правило, по кернам) не моделируют поведение массива горных пород в целом и не отображают в достаточной мере его физико-механические свойства. Влияние слоистости, трещиноватости, факторов выветривания и других структурных особенностей приводит к тому, что прочность и модуль упругости массива может быть более чем на порядок меньше соответствующих величин в образце.

Поэтому для исследования свойств горных массивов проводят крупномасштабные натурные испытания на соответствующем оборудовании, позволяющие получить наиболее достоверные данные о прочности и деформируемости массивов. Однако, выполнение таких работ характеризуется значительной трудоемкостью и требует больших затрат. В практике применяют различные эмпирические и теоретические методы оценки (перехода) к упругим и прочностным свойствам горных массивов по данным лабораторных испытаний образцов пород.

Один из способов оценки прочностных свойств массива заключается в использовании коэффициента структурного ослабления. Среди эмпирических методов можно отметить методику К.Л. Тер-Микаэляна.

Выполненный комплекс работ по прогнозу параметров процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при добыче углеводородов на месторождении показал, что прогнозные максимальные оседания земной поверхности находятся в пределах 330-340 мм (рис. 49). Приведенные величины не представляют существенной угрозы для промышленных, гражданских сооружений и объектов обустройства нефтепромысла.

Тем не менее, исходя из предварительных расчетов и полученных возможных величин оседаний массива пород, можно примерно оценить некоторые ситуации. Одними из важных показателей, характеризующих процесс сдвижения и безопасность наземных сооружений, являются наклоны и кривизна. Если обратиться к рис. 1, отражающим показания расчетных оседаний земной поверхности при отработке Марковского месторождения, и предположить, например, что произойдет одностороннее

оседание земной поверхности над нефтяным пластом, то получим следующее значение наклонов из формулы

$$i = (\eta_i - \eta_{i-1})/L$$

где $\eta_i - \eta_{i-1}$ – значение оседаний переднего и заднего пунктов наблюдения; L – горизонтальное расстояние между пунктами.

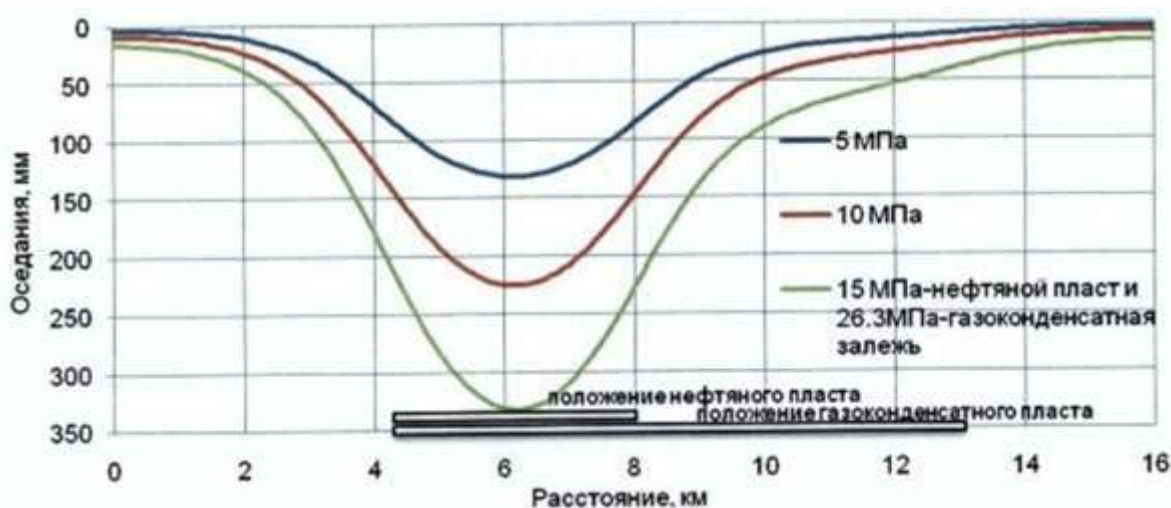


Рисунок 49 – График положения расчетных оседаний при отработке месторождения

Предположив, что $\eta_i = 0$, $\eta_{i-1} = 0,340$ м, $L = 2000$ м и подставив эти величины в формулу (1), получим

$i = 0,340 \text{ м}/2000 \text{ м} = 0,17 \cdot 10^{-3}$ при допустимой (критической) величине наклона $i = 4,0 \cdot 10^{-3}$ для зоны опасного влияния и углов сдвижения [6].

Кривизна определяется по формуле

$$k = (i_n - i_{n-1})d_{cp}$$

где $d_{cp} = (d_n - d_{n-1})/2$ – полусумма горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов.

Подставив в формулу (2) соответствующие значения, получим

$$k = 0,17/2000 = 0,08 \cdot 10^{-6} \text{ при допустимой величине } k = 0,2 \cdot 10^{-3}.$$

Для 100 метрового участка в таком случае $i = 3,4 \cdot 10^{-3}$, $k = 0,03 \cdot 10^{-3}$, что также меньше допустимых величин.

Таким образом, даже предполагаемая и, в принципе невозможная ситуация деформации земной поверхности не может нанести вред охраняемым объектам.

Однако в районах структурных неоднородностей верхней части горного массива существует возможность локальных концентраций деформаций на земной поверхности, что может представлять опасность для объек-

тов инфраструктуры, (для чего в последующем, возможно потребуется выполнить геодинамическое районирование территории месторождения).

Тем не менее, при разработке нефтегазовых месторождений наибольшему техногенному воздействию подвержены природные ландшафты. Под влиянием хозяйственной деятельности происходит их изменение: нарушается естественный профиль почвенно-растительного покрова вплоть до его полного уничтожения, что нередко приводит к образованию начальных эрозионных форм. В результате техногенного воздействия в условиях криолитозоны на границе поверхность-порода нарушается уровень теплообмена, следствием чего является полная деградация многолетнемерзлых пород или снижение ее границ. Оттаивание мерзлых глинистых грунтов сопровождается термокарстовыми просадками на десятки сантиметров и более.

Для добычи строительного камня на площади месторождения, как правило, активно осуществляется разработка карьеров. При разработке карьеров происходит нарушение естественных горно-геологических условий, создание техногенных и природно-техногенных склонов, активизация оползневых процессов.

При разработке месторождения требуется большой объем технической воды с целью поддержания пластового давления (ППД). Источником воды могут служить как поверхностные, так и подземные воды. Последствия изменения их состояния в условиях массового водоотбора трудно оценить, особенно в случае недостаточных ресурсов. При длительной эксплуатации подземных вод, имеющих ограниченное распространение в условиях криолитозоны, возможно истощение запасов и осушение водоносных горизонтов. В условиях связи подземных вод с карбонатными породами, широко распространенными, к примеру, на Верхнечонском месторождении, возможно проявление процессов суффозии. В результате длительной закачки поверхностных вод непредсказуемы изменения гидрологического режима поверхностных водотоков.

Отсюда явствует однозначный вывод: даже при всех предварительных положительных расчетах и выкладках по воздействию извлечения нефти из недр на состояние земной поверхности, маркшейдерско-геодезический мониторинг за охраной недр и рельефом поверхности с использованием геодинамического полигона на Марковском нефтегазовом месторождении необходим.

12.1-Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ

12.1.1 Общие требования к центрам

Геодезические сети представляют собой совокупность закрепленных точек на земной поверхности с известными координатами, высотами или значениями силы тяжести, отнесенными к центрам этих геодезических пунктов. Составные элементы центров геодезических пунктов, имеющих метки, к которым относят координаты, называют «марками» центров.

Существует два типа марок: одни закладываются в бетон, другие привариваются к трубе. На марке указываются начальные буквы организации, выполняющей работы, номер марки или репера. Для обеспечения лучшей сохранности и опознавания на местности геодезические пункты имеют соответствующее внешнее оформление: наружный знак, канавы, курганы, опознавательные столбы или опознавательные знаки.

Геодезические пункты рассчитаны на использование в течение длительного времени и находятся под охраной государства.

Основными требованиями к конструкциям реперов являются незначительная их подверженность сезонным промерзаниям и пучениям грунтов, простота конструкции, удобство в работе.

Опорные и наблюдательные реперы изготавливают и закладывают с особой тщательностью, так как они обеспечивают сохранность и неподвижность закрепленных точек в плановом и высотном положениях на многие годы.

В настоящее время предложено достаточное количество различных конструкций центров геодезических пунктов, учитывающих их ценность и назначение, географические условия местности, характеристики грунтов. Реперы должны быть стойкими к пучению, механическим нагрузкам и химическому воздействию грунтового раствора. Поэтому типовые конструкции реперов выбирают с учетом климатических и физико-географических условий зон, а также в соответствии со схемами, приведенными на рис. 50 и 51.

Установка пунктов геодезического полигона должна обеспечивать их устойчивость, исключение влияния сезонных колебаний почвы и сохранность. Поскольку территория МГКМ относится к Северным районам, необходимо также учитывать наличие многолетнемерзлых пород.

В области сезонного промерзания грунтов глубину закладки центров вычисляют по формуле $Z = \Gamma + 50$ см (Z – глубина закладки, Γ – глубина промерзания грунта, см).

Закладку центров и реперов, как правило, выполняют с помощью механических средств; допускается установка котлованным способом.

При закладке центров должны соблюдаться требования «Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

Для закрепления исходных, опорных и рабочих пунктов базового назначения и GPS- сети, а также опорных пунктов профильных линий проектом рекомендована конструкция центров для местных условий в соответствии с инструкциями Роскартографии (ГУГК), а так же ведомственными методическими указаниями.

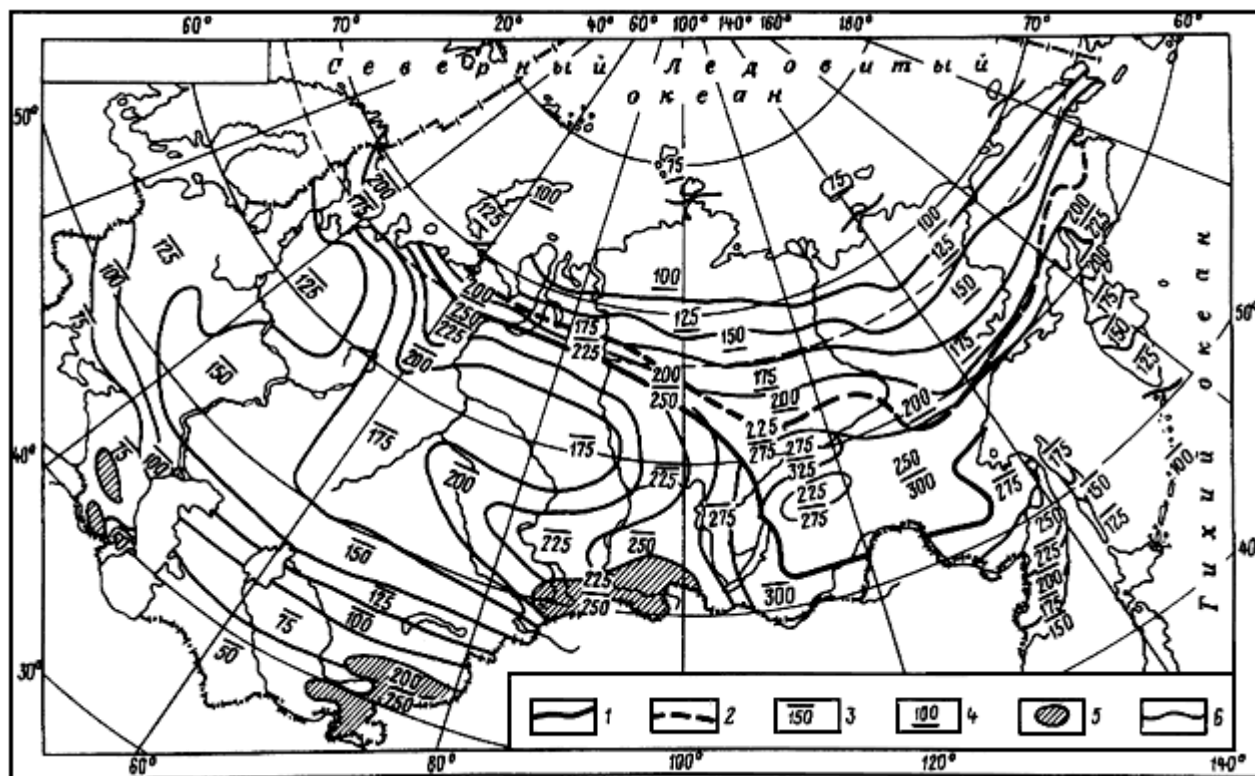


Рисунок 50 - Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров:

1 - южная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты; 2 - северная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты и южная граница области применения знаков, закладываемых в узкие скважины протаиванием или бурением; 3 - глубина промерзания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 4 - глубина протаивания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 5 - высокогорные области с преимущественно каменистыми породами и прерывистым распространением многолетнемерзлых грунтов; 6 - изолинии равных глубин промерзания (протаивания)

Основными требованиями, предъявляемым к глубинным и грунтовым реперам, является их сохранность и устойчивость. Рекомендуемый тип центра репера 2ГР с бетонным якорем отвечает этим требованиям.

Выбор типа продиктован необходимостью исключения влияния на репер сезонных колебаний почвы. Для повышения устойчивости репера рекомендуется увеличить глубину расположения якорной части:

- в местах, где скальные породы расположены близко к поверхности, достаточно внедриться в них на величину 2,0 м ниже глубины оттаивания;
- в местах распространения многолетней мерзлоты (если скальные породы располагаются глубоко) закладку якоря производить на глубину не менее 2,5 м ниже глубины оттаивания;
- в местах с сезонным промерзанием грунта глубину закладки якоря увеличить до 1,0-1,5 м ниже глубины промерзания;
- по возможности исключить закладку реперов на заболоченных участках.

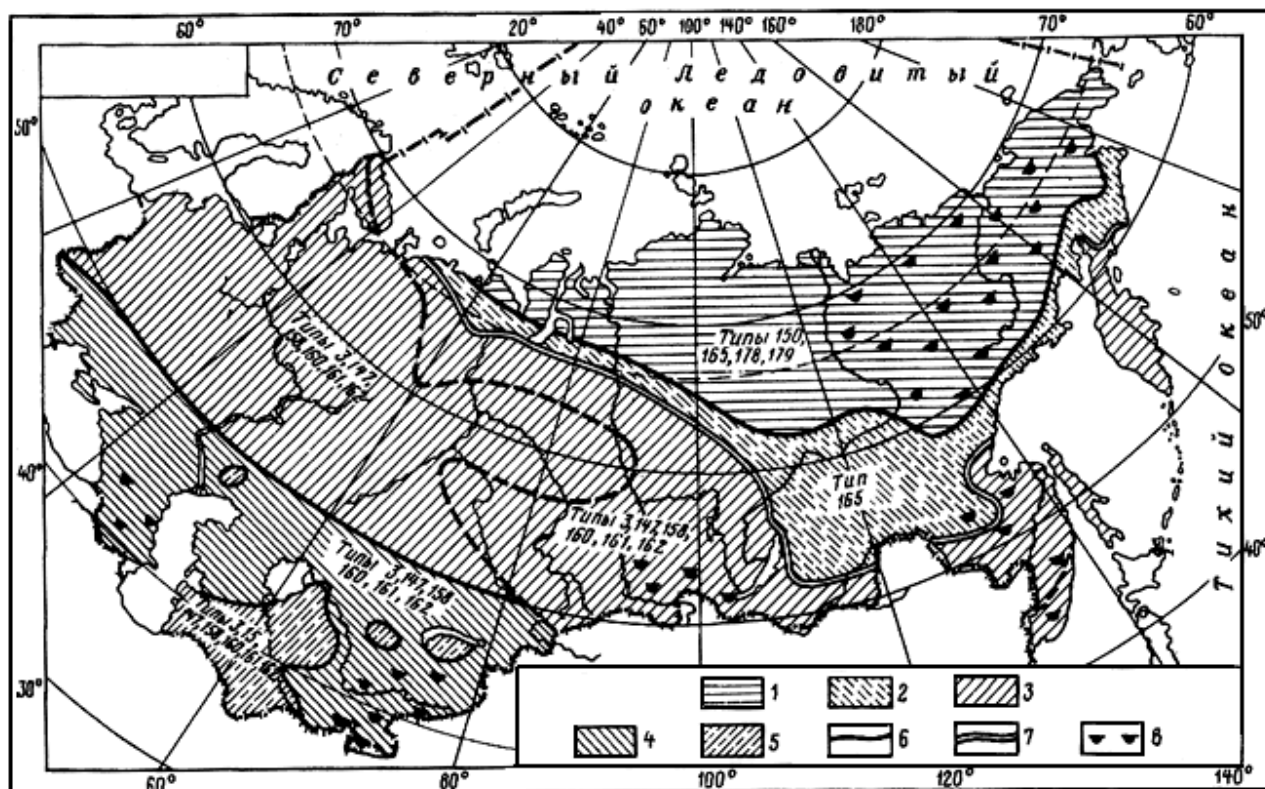


Рисунок 51 - Схема областей применения центров и реперов:

1 - средняя и северная зоны области многолетней мерзлоты; 2 - южная зона области многолетней мерзлоты; 3 - северная зона области сезонного промерзания грунтов; 4 - южная зона области сезонного промерзания грунтов; 5 - область подвижных песков; 6 - границы между зонами с применением различных типов знаков; 7 - южная граница многолетней мерзлоты; 8 - области возможного применения скальных центров и реперов. В "Схему" не включены: 1. Вековые реперы (типы 173, 174, 175). 2. Фундаментальные реперы (типы 114, 161, 164). 3. Центры и реперы, закладываемые в скальных грунтах (тип 7, 8, 9, 92, 164). 4. Образцовые базы (тип 181, 187). 5. Стенной центр (репер) (тип 143). 6. Центр (репер) для заболоченных территорий (тип 183 и 188)

12.1.2 Закладка наблюдательных реперов

Центры опорных и рабочих реперы устанавливаются в скважины диаметром 150—400 мм. Бетонируемая часть репера должна располагаться на 500—700 мм ниже глубины промерзания грунта h_u . Глубина промерза-

ния грунта *h_i* практически всегда известна для каждой климатической зоны.

Глубина закладки реперов выбирается с учетом геологических и местных условий участка проведения работ: мощностью залегания коренных пород на склонах, равной 1,5-2,5 м; глубиной промерзания или оттаивания; мощностью осадочных пород. В связи с этим глубина закладки якоря составит 2,5-4,0 м.

Способ закладки реперов зависит как от места расположения пункта, так и от глубины закладки: в крепких породах применяется механизированная закладка, в мягких не глубоких наносах – котлованная, ручная.

Рядом с центром оборудуется сторожок. Он представляет собой столбик из асбоцементной трубы высотой 1 м, выступающий над земной поверхностью. На сторожке помещается табличка с подписью имени (номера), принадлежности конкретной сети и даты закладки. Каждый пункт обносится металлической оградкой размерами 2 м×2 м×1,5 м (рис. 2.3), выкрашенной в сигнальный цвет, что позволяет легко различить пункт на фоне остального естественного пейзажа (фона).

Обустройство всех пунктов геодинимических полигонов должно соответствовать следующим требованиям:

- центры устанавливаются в местах, пригодных для производства спутниковых наблюдений. Под этим понимается отсутствие естественных препятствий, мешающих уверенному приему сигнала от спутников (древесная и кустарниковая растительность, металлические конструкции, здания и сооружения), а так же отсутствие радиопомех;

- место закладки должно обеспечивать его сохранность при производстве работ, а так же сохранность оборудования устанавливаемого на него;

- расположение центра должно быть легкодоступным и безопасным для исполнителей, с возможностью продолжительного нахождения на пункте;

- уровень грунтовых вод в местах закладки центров должен находиться не ближе 5 м от поверхности земли.

Материалами для изготовления бетонных центров и реперов служат цемент, песок, щебень (гравий), вода. Наилучшим цементом для изготовления бетонных центров считается портланд-цемент. Он обеспечивает высокую прочность бетона и быстрое твердение. Можно использовать глиноземный и ангидрито-глиноземный цемент марки 300-500.

Качество бетона зависит от чистоты заполнителей, а также от качества и количества воды, от тщательности перемешивания сухой бетонной смеси и бетонного раствора. Количество глинистых и землистых примесей в песке не должно превышать по массе 5 %, а в щебне и гравии – 20 %. Заполнять якорную часть бетоном следует не позже чем через 30 мин после

его изготовления. Для приготовления бетонной смеси на базах можно применять бетономешалки и растворосмесители, для уплотнения – вибраторы.

Для защиты труб и бетона от коррозии их покрывают битумом, эпоксидной смолой, хлорвиниловой липкой лентой и другими средствами.

Перед закладкой центров заранее заказываются и выполняются металлические и другие детали пункта, осуществляется бурение скважин под центры, доставляются все материалы, необходимые для закладки и обустройства пункта.

По окончании закладки центров и реперов представляются документы:

- акт о сдаче геодезических пунктов и наблюдательных реперов для наблюдения за сохранностью;
- журнал закладки;
- карточка закладки пунктов (Приложение 2).

Ниже приводятся некоторые конструкции центров, наиболее подходящие для закладки в условиях Марковского месторождения.

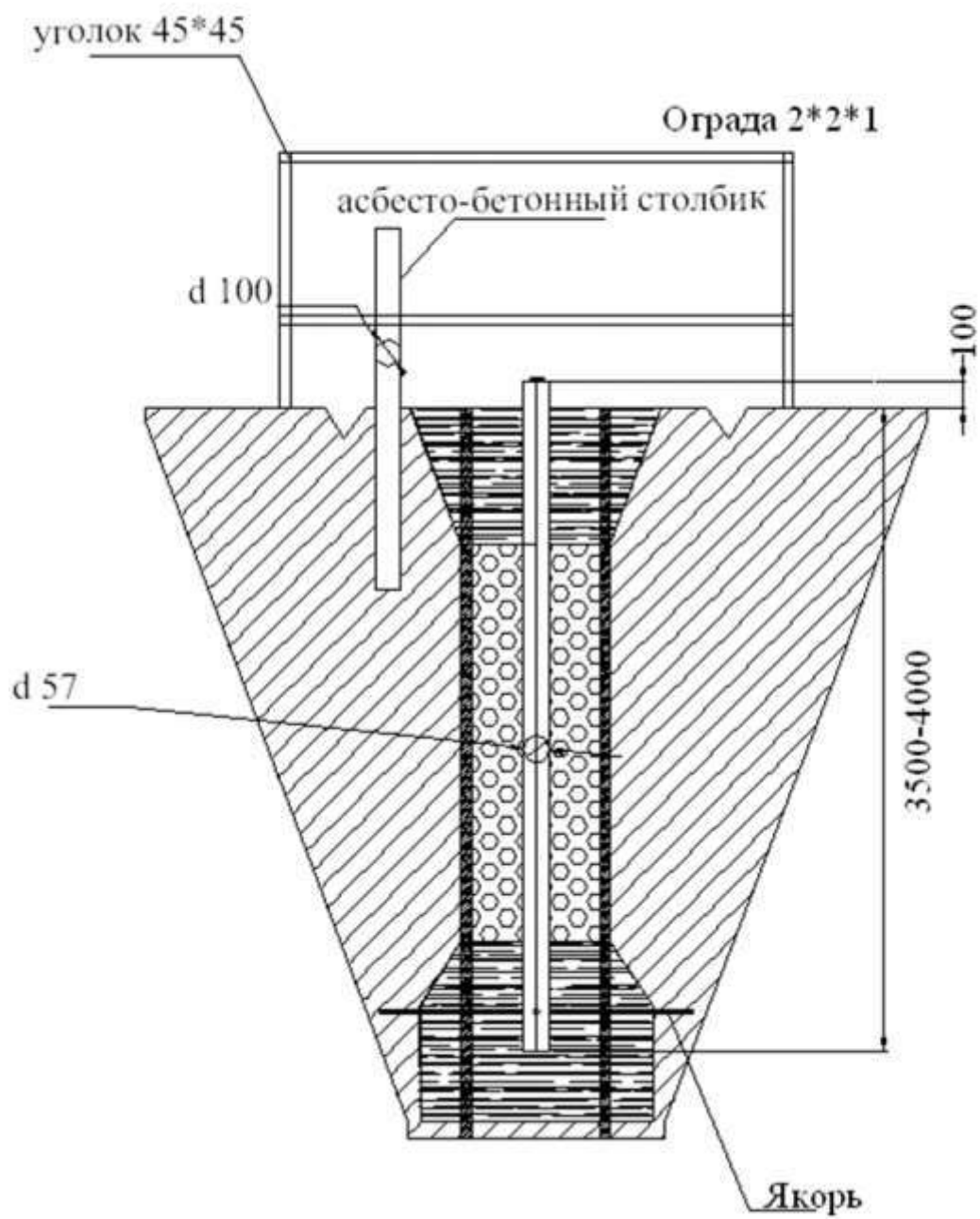


Рисунок 52 - Модель грунтового центра

Центр пункта
 государственной геодезической сети
 1—4 классов
 и грунтовый репер высотной сети
 I—IV классов для области
 сезонного промерзания грунтов свыше 200 см.

Тип 162 оп. знак

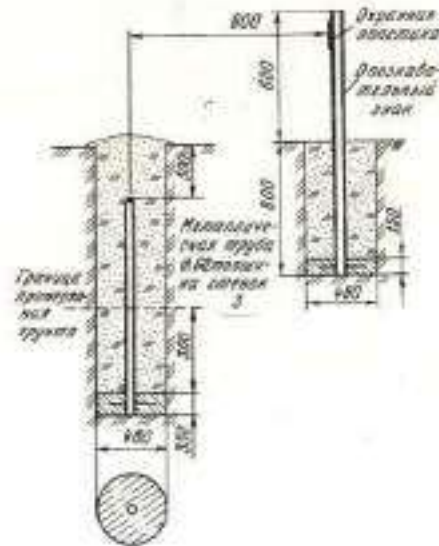


Рисунок 53 - Конструкция пункта геодинимического полигона «Тип 162»

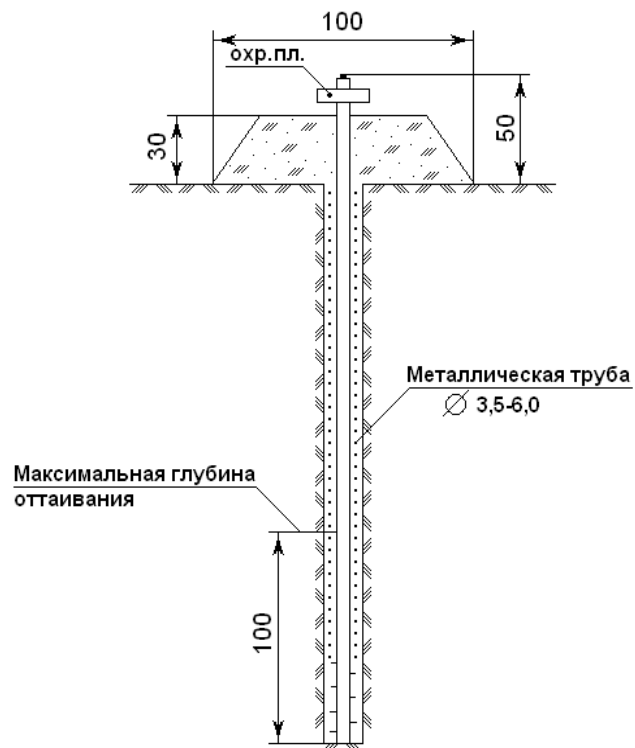


Рисунок 54 - Конструкция пункта геодинимического полигона «Тип 179»
 (размеры даны в см)

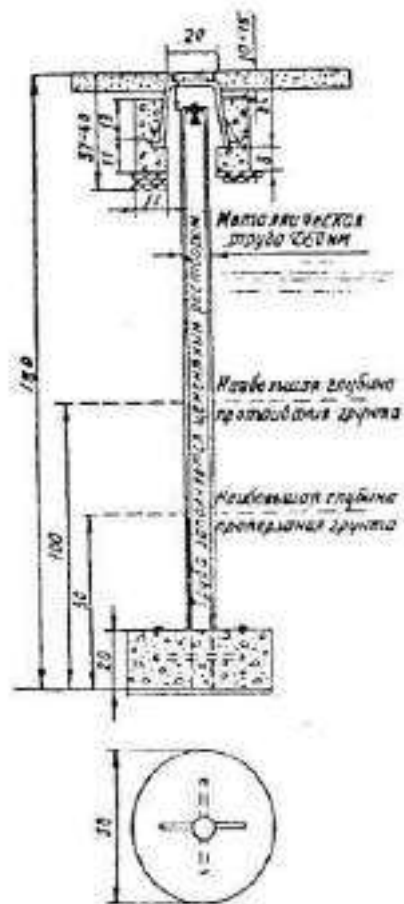


Рисунок 55 – конструкция репера тип 2ГР

Пространство между центром и стенками скважины заполняется гравием и грунтом, который затем утрамбовывается. Для защиты верха центра от различных внешних воздействий, он закрывается откидной металлической крышкой.

Разработка оптимального регламента системы геодинимических наблюдений на полигоне

12.2 Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов

Традиционно, для наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях твердых полезных ископаемых на поверхности закладывают наблюдательные станции, состоящие их профильных линий. Причем типовая наблюдательная станция состоит из одной-двух прямолинейных профильных линий, располагаемых вкрест простираения и одной профильной линии, располагаемой по простираению пласта в главных сечениях мульды сдвижения. Длины профильных линий определяются границами разработок с учетом расстояний, получаемых при проведении линий от границ разработки под углами сдвижения до пересечения с поверхностью. На расстоянии 30-50 м от этих границ закладывают по

одному-два опорных репера с расстояниями между ними равными 30-50 м. Интервалы между рабочими реперами в зависимости от глубины разработки (обычно составляющих 300-600 м, исключение – Норильск, 2 км.) выбирают от 5 до 30 м.

Полная серия наблюдений на таких станциях включает определение высотных отметок реперов (нивелирование) и определение расстояний между реперами. В результате обработки измерений получают значения оседаний реперов, горизонтальные сдвигения, горизонтальные деформации, наклоны, кривизну и сравнивают эти величины с допустимыми величинами. Метод контроля считается надежным.

Нефтегазовое месторождение разрабатывается на глубине 2150-2585 м и имеет размеры по площади 17,4 на 10 км. При таких несоизмеримых размерах месторождения и тяжелых условиях для выполнения работ, применение данного метода практически неприемлемо. Исключение могут составлять отдельные участки.

Учитывая вышеизложенное, проектом рассматривается создание варианта трех уровневой конфигурации формирования маркшейдерско-геодезического обоснования. Геодинамический полигон месторождения представлен серией исходных, опорных и рабочих пунктов геодезических сетей различного назначения, при создании которых предусмотрены следующие принципы.

1. **Исходные** пункты располагаются за зоной влияния процессов сдвижения, определяемой граничным углом сдвижения (60° – по результатам моделирования, с учетом поправки) и, по возможности, вдали от границ тектонических разломов и элементов линеamentной сети. Настоящим проектом предусмотрено включение в систему наблюдений пяти исходных пунктов, расположенных по периметру месторождения: Большая Рассоха, Елань, Сенная, Мысовая, Марково. Пункт «Оболкино» является временным (в тоже время центральным) и служит для осуществления геометрической связи между исходными пунктами.

2. **Опорные** пункты располагаются внутри треугольников, образованных центральным пунктом «Оболкино» и остальными пунктами исходной сети, составляя локальную сеть второго уровня (сеть пунктов GPS), покрывающую места расположения производственных объектов нефтепромысла.

Пункты GPS - сети, по возможности, должны быть совмещены с пунктами ГГС и реперами государственной нивелирной сети, исходя из условий сохранности и радиовидимости. Условия радиовидимости на всех пунктах сети должны быть близки к идеальным: в поле зрения антенны приемника от 15° над горизонтом и выше не должно быть посторонних предметов во время проведения сеанса наблюдений.

3. **Рабочие** реперы (пункты) закладываются по обе стороны тектони-

ческого нарушения и непосредственно возле контуров промплощадок и промышленных сооружений нефтепромысла, обеспечивая контроль за оседаниями охраняемых объектов (приложение 1).

4. **Пункты маркшейдерско-геодезической сети** располагаются вдали от трансформаторных станций, ЛЭП и других объектов, способных создавать внешние электромагнитные поля.

5. **Наблюдательные реперы** закладываются в благоприятных условиях с точки зрения инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков оврагообразования и т.п.

6. **Все пункты-реперы** геодинимического полигона должны по возможности располагаться так, чтобы на них была обеспечена оперативная доставка исполнителей и оборудования различным транспортом.

7. Не рекомендуется изменять имеющуюся геометрию сети в последующих циклах наблюдений (при условии сохранности пунктов).

Для определения координат опорных и рабочих реперов наблюдательных станций используют исходные пункты, в качестве которых могут служить государственные геодезические сети.

При создании GPS-сети также необходимо соблюдать следующие условия:

- рабочие, опорные и исходные пункты должны образовывать сеть связанных многоугольников в виде плоской или объемной фигуры;
- направления и количество измеряемых векторов в сети рекомендуется определять методом оптимальной триангуляции, т.е. триангуляции с минимальным количеством сторон и суммарной длиной ребер.

При этом геометрическое построение сети выполняется таким образом, чтобы при необходимости обеспечить дальнейшее сгущение пунктов в выделенных динамически напряженных зонах. Кроме того, сеть должна быть такой конфигурации, чтобы все объекты наблюдений находились "внутри" границ внешних векторов сети. Это условие необходимо для правильной трансформации результатов наблюдений из геоцентрической системы координат в прямоугольную.

Проектная схема геодинимического полигона (см. приложение 1) включает пять участков. Такое разделение обусловлено значительными размерами месторождения и поэтапным развитием работ по добыче нефти из недр. Исходя из этого, работы по сгущению наблюдательной сети (закладка опорных и рабочих пунктов) производятся также поэтапно, по мере развития инфраструктуры нефтедобывающего комплекса. Это позволит экономить материальные затраты и распределять их во времени.

Проектом также предусматривается закладка опорных и рабочих реперов на перспективных участках месторождения.

Участок № 1, предназначен для наблюдения за сдвижением земной

поверхности, вызванного извлечением из недр нефти и служит связующим звеном в геометрической системе наблюдений. Определение местоположения профильных линий, предназначенных для наблюдения за оседанием земной поверхности вследствие откачки воды, в настоящее время затруднено в связи с отсутствием проекта куста гидрокважин и схемы их расположения. Поэтому схему расположения реперов наблюдательной станции в районе гидрокуста целесообразно составить в виде дополнения к техническому проекту (программе) после изучения данных проекта подземного водозабора.

Участок № 2 сформирован для наблюдения за сдвижением земной поверхности, вызванного добычей нефти, оценки активизации тектонических разломов и состоит из 2-х опорных пунктов, совмещенных с пунктами ГГС. Закладка парных рабочих реперов в количестве 5-ти предусматривается вдоль тектонического нарушения по реперу с каждой его стороны.

Участок № 3 на данный момент времени является краевым в системе наблюдений за земной поверхностью. Является связующим звеном в измерениях и совмещен с пунктами ГГС и опорной маркшейдерской сетью через 2 опорных пункта.

Участки № 4 и № 5 являются основными по добыче нефти, поэтому проект предусматривает наибольшее сгущение сети. В его состав входит 8 опорных и 23 рабочих пунктов, 4 из которых совмещены с опорными пунктами, 21 репер образуют профильную линию для геометрического нивелирования II класса и используются в целях оценки активизации тектонических разломов, наблюдением за земной поверхностью с развитием работ по откачке нефти.

Участок № 6 – перспективный. Здесь закладываются рабочие реперы у скважин Р-11, Р-30, Р-33 с целью определения начальных наблюдений с последующим подключением к ним дополнительных рабочих реперов и слежением за поведением земной поверхности в результате откачки нефти. Далее планируется разбить участок № 5 на 2 фигуры, переориентировав систему на центральный, временный пункт ГГС «Оболкино».

Участок № 7 также перспективный. Предназначен для наблюдения за сдвижением земной поверхности в результате извлечения нефти и оценки активизации тектонических нарушений. К наблюдениям подключаются рабочие реперы, закладываемые вдоль тектонического шва и являющиеся продолжением продольной линии парных рабочих реперов участка № 2.

Дополнительные участки № 6, 7 включены для решения о необходимости проведения наблюдений, которые следует принять на завершающем этапе эксплуатации месторождения, исходя из результатов наблюдений на других участках.

На участках профильных линий, примыкающих к тектоническим разломам (по 500 м в обе стороны от точки пересечения), расстояния между реперами сокращаются до 100 м, согласно требований инструкции [4].

12.2.1 Методика и точность измерений

Все опорные пункты, служащие в некоторых случаях и в качестве рабочих реперов связаны между собой GPS-сетью.

При выполнении работ по определению координат и высот пунктов (реперов) используется комплект спутниковой аппаратуры, например, Trimble R8 GNSS ГЛОНАСС. Измерения на всех пунктах выполняются в статистическом режиме продолжительностью сеанса не менее одного часа.

До начала измерений составляется проект определения мест расположения опорных пунктов. При проектировании построена сеть в виде цепочек треугольников, позволяющая в дальнейшем произвести контроль плановых и высотных координат пунктов. В сеансе измерений отдельная станция устанавливается на определяемые пункты, которые в дальнейшем являются исходными пунктами при продолжении цепочки.

Наблюдения выполняются в периоды, когда в созвездии спутников участвует не менее 6-ти спутников (как правило, 12-14) и их расположение соответствует схеме: один спутник расположен над определяемой точкой, остальные - по всему горизонту. С целью уменьшения ионосферной и тропосферной рефракции, спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 10° при измерениях не учитываются.

Для исключения явления рассеивания радиосигналов спутников, определяемые пункты (реперы) обеспечиваются открытыми площадками (50x50 м). Наблюдения на пунктах ГГС выполняются при отсутствии на них наружного знака. Координаты пунктов получают в системе координат Киренского района с их трансформацией с помощью программного продукта TrimbleBusinessCenter 2.20.

Для привязки цепочки треугольников ГДП к пунктам геодезической основы месторождения, два приёмника устанавливались на исходных пунктах геодезической сети, каждый из которых пункт триангуляции не ниже 3 класса. Два других приёмника устанавливались на пунктах геодезического полигона. Как на исходных, так и на определяемых пунктах антенны устанавливаются над центрами на штативы, а там где возможно, на реперы с принудительным центрированием. Затем измеряется наклонная высота до середины прокладки приёмника до начала наблюдений и по завершению. Высота измеряется в трёх точках антенны равномерно по окружности. Запись информации осуществляется синхронно на всех пунктах, включенных в сеанс наблюдений.

Периодичность записи 10 секунд, маска – 10 градусов (предварительно выбрана и подготовлена площадку для наблюдений с тем, чтобы обеспечить условия по маске).

Между сеансами производится повторная центрировка антенн.

Вычислительная обработка выполняется программами, обрабатывающими как GPS так и ГЛОНАСС информацию дважды – независимо дву-

мя исполнителями. Для вычисления отметок пунктов геодинамического полигона подключается модель геоида EGM96.

По завершению всех измерений и создания жесткой сети в виде цепочки треугольников, в ПО TrimbleBusinessCenter сначала выполняется свободное уравнивание в системе координат WGS-84, затем производится калибровка в местную систему координат по имеющимся пунктам триангуляции.

Большое количество пунктов, имеющих координаты в двух системах, а также избыточные измерения, позволяют с достаточной точностью получить координаты определяемых пунктов.

Ежедневно, при просмотре файлов данных с приемников производится непосредственный контроль качества записанной информации, т.е. проверяются допуски дисперсии, СКО, отношения векторов. Векторы должны обсчитываться с допустимыми значениями этих параметров. Контроль полноты осуществляется методом предобработки результатов спутниковых измерений. При этом фиксируются как факты недостатка информации, так и факты ее избыточности.

Достаточно большое количество избыточных измерений позволяет выполнять оценку точности спутниковых измерений в ПО TrimbleBusinessCenter, а также обеспечивать заданную заводом изготовителем:

в плане ± 5 мм + 0,5 мм/км СКО;
по высоте ± 5 мм + 1 мм/км СКО.

12.3--Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений

12.2.2 Схема нивелирной сети

Предварительным проектом [15] предусмотрена закладка реперов по ломаной профильной линии (графическое приложение 1) для выполнения по ним нивелирования II класса. Линия расположена вдоль берега реки Лены и пересекает Осинский горизонт с запасами C_1 . Сеть нивелирования состоит из одной линии, расположенной вкрест простирания (падения пластового давления) залежи и тектонического нарушения. Ее длина составляет 11 км, количество закладываемых рабочих реперов 21 шт., количество опорных реперов 6 шт.

Проектирование такой линии можно сравнить с трассировочными работами, которые предусматривают камеральное и полевое трассирование.

Камеральное трассирование выполняется на стадии технического проекта с целью выбора основного направления трассы. Для этого используются топографическими картами (в данном случае масштаба 1:25 000) и намечают начальный, конечный и промежуточные пункты. Затем осуществляют полевое трассирование с целью определения наиболее опти-

мального положения трассы на местности. В результате таких изысканий местоположение наблюдательных пунктов и реперов может отличаться от проектного в силу различного рода непредвиденных ситуаций.

1. При выборе мест закладки реперов в натуре руководствуются следующими принципами:

1) реперы располагаются в непосредственной близости от основных промышленных сооружений газопромысла, т.к. основное назначение любой наблюдательной станции - исследование процессов сдвижения в районе сооружений, контроль развивающихся деформаций в подрабатываемых объектах;

2) реперы закладываются в благоприятных условиях с позиции инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков карстообразования, участков оврагообразования и т.п. Профильная линия, по возможности, не должна проходить через сложный рельеф;

3) профильные линии должны, по возможности, проходить через эффективные максимальные нефте и газонасыщенные толщины продуктивных объектов и пересекать максимально возможное число структурных особенностей месторождения, т.к. геодинамика недр, прежде всего, определяется смещением по крупным тектоническим нарушениям и линейным структурам. Другим условием должно быть прохождение профильных линий через зоны прогнозного максимального падения пластового давления, т.е. фактически через зону максимальных оседаний.

2. При определении длины профильной линии реперов руководствуются, прежде всего, накопленными сведениями о граничных углах сдвижения на уже исследованных участках территории месторождения. Однако учитывая отсутствие таких сведений используются результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива при отработке месторождения, которые показали значение граничного угла сдвижения с поправками $60-55^\circ$, откладываемым от нижней границы водонефтяного контакта (ВНК), где должны располагаться кусты опорных реперов. По мере накопления результатов наблюдений величина граничного угла сдвижения уточняется.

3. Куст опорных реперов должен состоять не менее чем из трех опорных реперов, заложенных в вершинах треугольника со сторонами в среднем 50 м. Рекомендуются располагать опорные репера так, чтобы была возможность измерять превышения между ними с одной станции.

4. При определении расстояний между реперами использованы следующие положения.

Расстояние между рабочими реперами должно быть примерно одинаковым и составлять в среднем 500 м, т.к. прогнозируемые незначительные величины оседаний и горизонтальных смещений, а также большая глу-

бина разработки обуславливают возникновение плавной мульды сдвижений. Реперы, располагаемые через 500 м закладываются, по возможности, на возвышенных местах, не подверженных оползневому явлению. В местах пересечения профильными линиями рек и крупных предполагаемых структурных особенностей горного массива рекомендуется сгущение реперов до 20-50 м и использование обычных реперов забивного типа. На данных участках земной поверхности дополнительно определяют горизонтальные деформации земной поверхности путем измерения расстояний между реперами стальными компарированными рулетками с применением жестких отвесов (конструкции ВНИМИ). Расстояния между реперами измеряют в прямом и обратном направлениях. Расхождение горизонтальных расстояний между крайними реперами прямого и обратного ходов не должно превышать $1/10000$ длины профильной линии. Допускается использование светодальномеров и электронных тахеометров, дающих среднеквадратическую ошибку (СКО) измерения длины до 5 мм.

12.2.3 Априорная оценка точности геодезических наблюдений

По рабочим реперам профильной линии рекомендуется осуществлять нивелирование по методике II класса. Нивелирование между опорными реперами следует выполнять также по методике II класса. Программа и методика нивелирования II класса, выполняемого оптическими нивелирами, должна соответствовать программе и методике описанной в Инструкции по нивелированию I, II, III классов [8,10].

1. Перед началом очередной серии наблюдений определяются высотные отметки опорных реперов путем выполнения ходов подходного нивелирования от пунктов триангуляции. Допускается контроль высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов триангуляции, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений. Разность ежегодно получаемых высотных отметок опорных реперов от пунктов триангуляции, полученных из спутниковых наблюдений не должна превышать 10 мм. Высотные отметки всех опорных пунктов должны быть неизменны на протяжении всех циклов наблюдений. Если отметки опорных реперов, полученные из второй серии наблюдений сопоставимы (в пределах погрешности их определения) с отметками реперов, полученными из первой серии, разрешается производство наблюдений по рабочим реперам наблюдательной станции.

2. Периодичность наблюдений должна быть различной. В стадии пробной и опытно-промышленной эксплуатации месторождения, необходимо обеспечить проведение наблюдений один раз в год. По итогам этих исследований в течение трех-четырех последующих лет, при переходе в стадию промышленной эксплуатации в соответствии с «Технологической схемой разработки Марковского НГКМ», частоту наблюдений возможно принять два раза в год. В последующем рекомендуется дополнительно рас-

смотреть вопрос о проведении наблюдений с частотой раз в год или раз в два года, в зависимости от интенсивности развития деформационных процессов [3,4]. В случае возникновения сейсмических явлений или при интенсивном развитии процессов оседания (максимальное оседание - более 130 мм в год) необходимо выполнять наблюдения два раза в год.

3. При обнаружении мест концентрированных деформаций связанных с наличием тектонических нарушений, при наличии в данных местах инженерных сооружений (нефтепроводы, водоводы, кусты скважин, ДНС,

КНС, зон промышленной и гражданской застройки и т.д) рекомендуется увеличить количество выполняемых циклов наблюдений в таких местах до двух ежегодно.

4. При возникновении в районе месторождения техногенного сейсмического явления рекомендуется, по возможности, в кратчайшие сроки выполнить дополнительный цикл наблюдений.

5. Согласно требованиям Инструкции по нивелированию 1,11,III,IV классов, все высотные сети локальных и площадных геодинимических полигонов должны быть привязаны к высотной основе России для получения высот в единой Балтийской системе. Оба конца нивелирной сети для контроля точности нивелировки следует замкнуть на пункты государственной высотной сети. Допускается передача высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов высотной сети, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений, изложенной в разделе 2.7.

6. Перед производством работ инструмент и рейки необходимо тщательно поверять. Поверки оптического нивелира выполнить, согласно программе, изложенной в сборнике Инструкций по производству поверок геодезических приборов [18]. Соответствующие акты поверок приводить в отчете на проведение работ. При выполнении оптического нивелирования использовать только инварные рейки.

7. При выполнении нивелирования допускается использовать цифровые нивелиры, если инструменты сертифицированы для использования в нашей стране. Средние квадратические погрешности нивелирования, выполненного цифровым нивелиром должны соответствовать требованиям Инструкции по нивелированию I,II,III классов.

Программа и методика цифрового нивелирования должна соответствовать программе и методике для высокоточного нивелирования, изложенной в техническом руководстве пользователя.

Поверки цифрового нивелира выполнить перед выполнением работ согласно сервисным программам проверки и настройки прибора, изложенным в техническом руководстве пользователя.

Полевые журналы оптического нивелирования хранить в течение 5 лет. Сырые данные (файлы) цифрового нивелирования помещать на оптические носители и хранить до завершения отработки месторождения.

8. При камеральной обработке результатов наблюдений оптического нивелирования проверяется заполнение и состояния полевых журналов, контроль правильности выполнения полевых работ. Полевые журналы проверяются в две руки, в журналах осуществляется постраничный контроль.

Разность пятков реек на станции, контроль разницы превышений из прямого и обратного хода осуществляется непосредственно при полевых измерениях. Допуск разности превышений в секциях в миллиметрах вычисляется по формуле:

$$Д = \pm 5V L, \text{ мм},$$

где L-периметр секции при количестве штативов менее 15.

$$Д = +6V L, \text{ мм},$$

где L-периметр секции при количестве штативов более 15.

Среднее превышение в секции вычисляется как среднее арифметическое превышений из прямого и обратного ходов нивелирования

Уравнивание нивелирной сети рекомендуется выполнить как строгое уравнивание методом проф. В.В.Попова.

Абсолютные отметки каждого цикла наблюдений следует определять от опорных реперов по уравненным превышениям.

Суммарные оседания следует определять как разницу абсолютных отметок первого и текущего циклов наблюдений.

9. После окончания каждой серии наблюдений осуществляется обработка полевых измерений. Результаты наблюдений оформляются в соответствии с требованиями пункта 254 «Инструкции по производству маркшейдерских работ» РД 07-603-03. По результатам вычислений по каждой профильной линии на вертикальном разрезе строятся графики оседаний и, в случае необходимости, скоростей оседаний реперов, вертикальных (наклон и кривизна) деформаций. После очередной серии наблюдений графики пополняются. Графики горизонтальных сдвижений и деформаций строятся только для тех участков, где выполняются измерения длин линий между интервалами.

12.3--Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона

Изучение сдвижений и деформаций, происходящих в массиве требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций - геодинамических полигонов. Жесткие требования к проведению подобного рода геодезических работ - обширные территории, охватываемые измерениями, высокий уровень точности определения величин сдвижений и деформаций, короткие периоды между сериями инструментальных измерений, все это предопределяет необходимость использования при проведении исследований современного высокоточного и производительного геодезического оборудования.

В настоящее время имеются две спутниковые системы определения координат: российская ГЛОНАСС (ГЛОбальная Навигационная Спутниковая Система) и американская NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging, Global Positioning System, т. е. «навигационная спутниковая система, обеспечивающая измерение времени и местоположения», «глобальная система позиционирования»). Слово «позиционирование» означает «определение координат»).

Использование современной спутниковой технологии дает возможность для разработки метода выбора расположения пунктов геодезического полигона в тех местах, которые наиболее интенсивно подвержены влиянию деформационных процессов, а не сточки зрения обеспечения прямой видимости между смежными пунктами.

При выполнении большинства геодезических измерений традиционными методами требуется не только прямая видимость, но и оптическая видимость между пунктами, следствием чего является необходимость выбора хороших условий видимости и соответствующего времени суток, что снижает производительность полевых работ. Спутниковые методы определения являются, по существу всепогодными, в результате чего измерения можно производить при любой погоде, в любое время суток и в любое время года, что очень важно, учитывая физико-географическую характеристику месторождения.

Системы ГЛОНАСС и GPS позволяют определять координаты точек на земной поверхности с высокой точностью:

$$m = 5 \text{ мм} + D \cdot 10^{-6},$$

где D – расстояние между опорной (с известными координатами) и определяемой точками, км; m – средняя квадратическая ошибка определения приращений координат.

Основным режимом сбора данных для всех GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS-84. Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных, сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах

обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и маркшейдерско-геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.

2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и залесенных районах.

3. Отсутствие в районе выполнения GPS измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, особенно с перископической схемой усиления радиосигнала, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены ниже, в таблице 15, в порядке возрастания точности определения координат.

Термин "статический" означает выполнение наблюдений с помощью неподвижного приемника, а "кинематический" - с помощью движущегося приемника. Временная потеря сигнала не так страшна для статического метода, как для кинематического.

Статическое абсолютное определение положения полезно, если нужна невысокая точность (от 5 м до 10 м), за сравнительно короткий интервал времени наблюдений. Кинематическое абсолютное определение положения используют для определения траектории транспортного средства в пространстве и времени с точностью от 10 м до 100 м).

Таблица 15 - Основные технологии GPS съемок

| Название технологии, время измерения | Точность, м | Область применения |
|---|-----------------------|--|
| Навигационный режим, непрерывное слежение | 10-15 | Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности. |
| Кинематика «real-time», 20-30 секунд на точку | 0,1-0,3 | Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема. |
| Кинематика «continuous», непрерывное слежение | 0,05-0,2 | Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала. |
| Кинематика «stop-and-go», 20-30 секунд на точку | 0,01-0,03 | Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съемочного обоснования. |
| Быстрая статика, 20-30 минут на точку | $(1-3) \cdot 10^{-3}$ | Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км. |
| Статика, 40-60 минут на точку и более | $(1-3) \cdot 10^{-3}$ | Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км. |

Статическое относительное определение положения по наблюдениям фазы несущей в настоящее время является наиболее используемым геодезистами методом, и по-другому данный метод называется "статической съемкой". Принцип основан на определении вектора между двумя неподвижными приемниками. Различают "однобазовое" и "многобазовое" определения, причем последний термин применяют, если число пунктов превышает два. При статической съемке достижима относительная точность от 10^{-6} до 10^{-7} , что эквивалентно миллиметровой точности для баз длиной до нескольких километров.

Кинематическое относительное определение положения выполняется по одновременным наблюдениям на одном неподвижном и одном движущемся приемниках. Метод применяется там же, где и кинематическое абсолютное определение положения, но достигается более высокая точность. Точность в дифференциальном (по кодовым дальностям) определении находится на метровом уровне, а в относительном (по фазам несущей) методе достижима сантиметровая точность.

"Полукинематический" метод, или метод "остановки и движения" (Stop and Go), является комбинацией статического и кинематического относительных определений положения. В этом методе движение приемника чередуется с остановками в заданных пунктах. Наблюдения ведутся постоянно, но во время остановок накапливаются эпохи измерений и, соответственно, повышается точность определений. Метод часто называют просто "кинематической съемкой".

"Псевдокинематический" или "прерывистый статический" метод определения положения предполагает, что на интересующих пунктах наблюдения выполняют еще один раз (примерно через час после первого посещения пункта). Это делается для того, чтобы облегчить разрешение неоднозначности и получить более высокую точность. В основном эти цели достигаются вследствие изменения конфигурации сети спутников. При этом не требуется поддержания непрерывности сигнала между посещениями станции, и приемник во время движения можно даже отключать.

"Быстростатические" методы используют комбинации псевдодальностей и фаз несущей с целью выполнить быструю инициализацию (то есть разрешить неоднозначность) в статическом режиме. В этом случае требуются измерения как кода, так и фазы несущей, на обеих частотах. Наблюдения в течение 5 - 10 минут могут дать относительную точность 10^{-6} .

"Безостановочные (On-The-Fly)" методы позволяют выполнить инициализацию в кинематическом режиме, а не в статическом. Этот метод с использованием кодовых данных позволяет определять положения движущихся объектов с дециметровой и даже с сантиметровой точностью, если неоднозначности разрешены.

Выбор метода GPS съемки зависит, главным образом, от требуемой точности определения положений. При использовании одного приемника имеет смысл лишь определение координат одного пункта - "абсолютное определение положения" пункта. При этом не следует забывать, что неограниченный доступ возможен лишь к коду C/A, и что точность может быть искусственно ухудшена включением режима выборочного доступа (SA - Selective Availability). Более точный P-код в случае режима антиимитации (AS - Anti-Spoofing) или засекречивания P-кода доступен лишь пользователям, имеющим на это разрешение.

При использовании двух или большего числа приемников, один из пунктов служит корректирующей станцией, и на втором пункте достигимы более высокие точности. В дифференциальном режиме наблюдаются кодовые псевдодальности одновременно до четырех (обычно) или более спутников. Корректирующая станция вычисляет действительные поправки к наблюдаемым кодовым псевдодальностям. Эти поправки затем передаются различными средствами связи на неизвестные пункты,

приводя к уточнению независимо вычисленных положений. Поскольку R-кодовые приемники обеспечивают точность кодовых дальностей на метровом уровне, с помощью дифференциального метода достижима субметровая точность определения положения. Следовательно, можно строить сети ниже третьего класса. Преимуществом метода кодовой псевдодальности является его нечувствительность к скачкам фазы и, до некоторой степени, к препятствиям около пункта. Значит, в лесных районах деревья оказывают на кодовые наблюдения меньше влияния, чем на измерения фазы несущей.

В настоящее время геодезические точности достижимы лишь при использовании измерений фаз несущей, выполненных в режиме относительного определения положений. Обработка вектора базы требует, чтобы фазы наблюдались одновременно на обоих концах базы. Следовательно, относительное определение положения было раньше возможно лишь в последующей обработке наблюдений.

Метод статической съемки является наиболее используемым, поскольку единственным основным требованием является относительное отсутствие препятствий для обзора неба на пунктах. Обычно для статической съемки нужно 60-120 минут наблюдений. Однако этот метод включает в себя использующий более короткие интервалы наблюдений (например, 10 минут) метод "широкой полосы (wide-line) или метод быстростатической съемки, основанный на быстром разрешении неоднозначности. Для длинных баз (> 50 км) обнаружение скачков фаз и разрешение неоднозначностей усложняется. В таких случаях может быть полезным использование дополнительных приемников в окрестностях обоих пунктов базы. Неоднозначности определяются для коротких баз и затем используются для определения неоднозначностей на длинных базах. Эта процедура называется "добавочным расширением (bootstrapping) сети. Обычно статическая съемка используется при государственных, областных и местных контрольных съемках, при фотоконтрольных съемках, при исследовании деформаций и границ плит.

Метод кинематической съемки является наиболее производительным в том смысле, что за наименьшее время можно определить положения наибольшего числа пунктов. Тогда как в статическом методе GPS требуется, чтобы спутники перемещались по небу, в кинематическом методе этого не требуется. Поэтому для кинематического метода является полезным предлагаемое совместное с GPS использование геостационарных спутников. Кинематическая съемка требует проведения тщательной рекогносцировки на местности, поскольку не только пункты остановок и неподвижные пункты, но и трасса между пунктами, по которой движется приемник, должны быть свободны от препятствий. Кинематический метод требует непрерывного сигнала от четырех или более спутников в течение всей съемки. На практике это означает, что движущийся приемник

не может проезжать под деревом или близко к столбу. Метод наиболее подходит широким открытым местностям с малым количеством препятствий, а также и для пригородов, где не слишком много больших деревьев нависает над дорогой. С помощью этого метода можно определять положение приемника, размещенного на наземном транспорте, движущемся по данному району по пересекающимся линиям. Трехмерные координаты этого приемника можно определить с высокой точностью (несколько сантиметров), так что возможно подготовить точную топографическую карту этого района.

Псевдокинематическая съемка наиболее близка к статическому методу. Такая съемка требует меньшего времени нахождения приемника в пункте, но нужно дважды побывать на обоих пунктах базы. Обычная схема наблюдений такова: пребывание на обоих пунктах в течение пяти минут, переезд к другим пунктам, и, через один час после первого посещения первой пары пунктов, возврат к ней для повторного наблюдения в течение пяти минут. Преимуществом этого 10-минутного (в сумме) интервала наблюдений, в отличие от 60-минутного, является наличие некоторого промежутка времени, потерянного на переезд к пунктам для повторного наблюдения. Псевдокинематический метод оптимален для ситуаций, когда пункты находятся вдоль дороги, по которой наблюдатели могут быстро двигаться в промежутках между наблюдениями на пунктах. Главным преимуществом метода является то, что за заданный интервал времени можно побывать на большем числе пунктов, чем при использовании обычного статического метода. В сравнении с кинематическим методом, допускается потеря сигнала, а число спутников не играет такой существенной роли. Слабой стороной метода является необходимость возвращения на пункты. Это ограничивает метод лишь локальными его применениями. Поэтому главным конкурентом метода является быстростатический метод определения положений, в котором нет необходимости вновь посещать пункты.

На практике лучше использовать комбинации этих трех методов. Например, статический и псевдокинематический методы можно использовать для установления широкой структуры сети контрольных пунктов и для установки пунктов на другой стороне препятствий, таких, как мосты. Кинематическую съемку можно применить для определения координат большей части пунктов, используя статические пункты в качестве контрольных и для проверки качества наблюдений. Для таких смешанных пунктов необходима тщательная рекогносцировка.

Для того чтобы иметь опорную сеть для последующих съемок и дать возможность преобразования GPS результатов к национальной системе координат, используют два типа контрольных GPS сетей: пассивные контрольные сети и активные контрольные сети. Пассивная сеть привязана к существующим триангуляционным монументам и высотным реперам. Недостатком такой сети является требование выполнения

наблюдений на многих пунктах и поддержка этих пунктов. Однако эта система подходит, когда имеются густые национальные триангуляционные сети и когда контрольная сеть служит другим целям, как, например, геодинамическим исследованиям.

Целями активной контрольной сети являются вычисление и распространение в (почти) реальном времени дифференциальных поправок для пользователей, имеющих лишь один приемник, а также вычисление точных эфемерид в процессе постобработки (в офисе). Сбор и распространение данных выполняется с помощью высокоскоростных наземных, а также спутниковых систем связи.

12.2.4 Организация и планирование полевых работ

Для успешного применения комплексов спутниковой геодезии при изучении процесса деформирования породного массива большое значение имеет организация и планирование полевых работ. Исследование деформаций породного массива в мониторинговом режиме, подразумевает многократное, от цикла к циклу, выполнение точных геодезических измерений на одних и тех же пунктах сети, по одной программе работ с дальнейшим анализом изменений геометрических взаимосвязей между реперами. Из этого вытекает важная особенность геодинамического полигона: возможность детального изучения условий проведения наблюдений на каждом пункте сети и использование их при планировании времени и периода проведения спутниковых измерений, специальная подготовка отдельных пунктов сети с целью устранения причин затрудненного или некачественного приема спутникового радиосигнала.

Точность спутниковых определений зависит от конфигурации спутникового созвездия в период выполнения приема. Влияние конфигурации спутникового созвездия на точность спутниковых определений характеризуется фактором понижения точности DOP (dilution of precision), представляющим собой отношение средней квадратической погрешности определения местоположения к средней квадратической погрешности измерения расстояний до наблюдаемых спутников. Фактор DOP имеет несколько видов, основные из которых приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Виды фактора понижения точности (DOP)

| Вид DOP | Обозначение | Определяемые параметры |
|----------------|-------------|---------------------------|
| Геометрический | GDOP | координаты, высота, время |
| Позиционный | PDOP | координаты, высота |
| Горизонтальный | HDOP | координаты |
| Вертикальный | VDOP | высота |

Фактор DOP характеризуется безразмерной величиной, изменяющейся в пределах первых десятков. Наивысшая точность спутниковых определений достигается при наименьших значениях DOP.

Идеальная для спутниковых определений конфигурация спутникового созвездия достигается в случае, когда один из спутников находится в зените, а остальные равномерно распределены по окружности с центром в определяемой точке так, что их возвышение над горизонтом составляет 20° . Ситуация, когда спутники сгруппированы в небольшой части неба, является неблагоприятной.

Для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия.

Исходными данными для прогнозирования спутникового созвездия являются координаты объекта работ и эфемеридная информация о спутниках. В случае если в районе расположения пунктов геодезической основы, съёмочного обоснования или топографических съёмок имеются предметы или сооружения, препятствующие прохождению радиосигналов от спутников, то в качестве исходной информации при прогнозировании необходимо использовать также значения высот и азимутов границ нахождения препятствий.

В качестве исходных координат объекта работ используют географические координаты, взятые с точностью до 1° .

Эфемеридную информацию в виде файла, называемого в эксплуатационной документации альманахом, получают либо из специально для этого выполняемых спутниковых определений, либо используют эфемеридную информацию, образовавшуюся в процессе каких-либо ранее выполненных спутниковых определений. В любом случае спутниковые определения для получения альманаха должны быть выполнены в дату, отстоящую не более чем на 30 суток от даты, на которую выполняют прогнозирование. Если для получения альманаха специально проводят спутниковые определения, то их выполняют одним приёмником в течение 5 минут.

Для объекта работ или его части, где препятствия прохождению радиосигналов, передаваемых спутниками, отсутствуют, прогнозирование выполняют сразу для всех пунктов и снимаемых участков объекта.

В случае если на объекте работ препятствия имеются, прогнозирование должно быть выполнено с учётом этого обстоятельства. Оно должно быть осуществлено в отдельности для каждого пункта, если выполняют подготовку к производству работ по развитию съёмочного обоснования, или в отдельности для каждого участка съёмки, в пределах которого условия прохождения радиосигналов можно принять одинаковыми, если производят подготовку к выполнению съёмки. При этом используют высоту и азимут объектов, препятствующих прохождению радиосигналов от спутников, определённые в ходе рекогносцировки.

Прогнозирование спутникового созвездия выполняют на ЭВМ с помощью программного пакета, входящего в комплект спутниковой аппаратуры, как описано в прилагаемой эксплуатационной документации.

При прогнозировании для каждого пункта геодезической основы или съёмочного обоснования, или участка съёмки в функции времени суток получают график числа доступных для наблюдения спутников и график значений PDOP (GDOP), на каждую дату предстоящих работ. Данная информация выводится на дисплей ЭВМ или может быть напечатана как в графической форме, так и в форме таблиц. Кроме того, может быть составлена диаграмма видимых положений спутников на небесной сфере в некоторый задаваемый интервал времени.

По полученным графикам и таблицам находят периоды, оптимальные для наблюдения спутников на пунктах геодезической основы или съёмочного обоснования или участках съёмки, которые используются для планирования сеансов наблюдений.

Как показывает практика, благоприятными для производства измерений являются промежутки времени, когда обеспечивается прием спутникового радиосигнала от 7-8 и более спутников при коэффициенте PDOP меньшем 4. При таких условиях наблюдений, возможно, проводить измерения на миллиметровом уровне точности.

Перед началом наблюдений должна быть произведена привязка (определение координат x, y, z) всех опорных реперов профильных линий геодинамического полигона к ближайшим пунктам триангуляции.

При выполнении спутниковых измерений, как правило, используются трехсуточные сеансы наблюдений с применением двухчастотных приемников. Результаты измерений заносят в таблицу 17.

Таблица 17 – Изменения плановых и высотных координат опорных пунктов

| №№ п/п | Номер опорного пункта | Дата наблюдений | Условные плановые и высотные координаты, м | | |
|--------|-----------------------|-----------------|--|-----|-----|
| | | | X | Y | Z |
| 1 | | ... | ... | ... | ... |
| 2 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3 | | ... | ... | ... | ... |

Существуют общие указания по выполнению спутниковых определений:

1. В продолжение приёма необходимо непрерывно наблюдать как базовой, так и подвижной станциями не менее 4 спутников одновременно; при применении динамических методов, и особенно кинематического метода, рекомендуется наблюдать не менее чем 5 спутников. Состав спутников в продолжение приёма может меняться.

2. При применении любого из методов спутниковых определений приём, выполняемый базовой станцией, всегда следует производить в следующей последовательности:

- провести развёртывание аппаратуры, установить приёмник на пункте и определить высоту антенны;
- подготовить приёмник к работе, как указано в эксплуатационной документации;
- установить режим регистрации данных наблюдения спутников;
- пользуясь клавиатурой, ввести в запоминающее устройство: значение номера пункта, значение высоты антенны и вспомогательную информацию: время начала и конца приёма, потерь связи и др.;
- провести приём наблюдений спутников в течение времени, указанного в рабочей программе полевых работ для применяемого метода спутниковых определений;
- выключить режим регистрации данных и выполнить свёртывание аппаратуры;
- в заключение работ на объекте следует выполнить вычислительную обработку данных наблюдений спутников.

3. При выборе значения интервала регистрации необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией используемого типа приёмника с учётом применяемого метода спутниковых определений. Значение интервала регистрации должно быть одинаковым для всех приёмников, используемых в сеансе.

4. Высоту антенны необходимо определять на каждом пункте и пикете. При этом следует руководствоваться эксплуатационной документацией комплекта приёмника. Во избежание ошибок, рекомендуется производить измерения в метрической мере и в дюймах.

При работе со спутниковой аппаратурой необходимо соблюдать следующие правила:

- следить за индицируемым на дисплее значением свободного объёма запоминающего устройства приёмника и вовремя принимать меры по передаче накопившейся информации в ЭВМ;
- во избежание утраты данных спутниковых определений, по окончании каждого рабочего дня копировать полученные данные на дискету (РС-карту);
- всегда отражать в полевом журнале (или его электронном аналоге) ход выполнения работ: время начала и конца приёма, инициализации, потери связи и т.п.;
- не допускать образования толстого снежного покрова на поверхности антенны приёмника и её обледенения;
- беречь антенну от попадания разряда молнии;
- по окончании рабочего дня упаковывать комплект спутниковой аппаратуры в транспортировочные ящики во избежание механических повреждений или воздействия метеофакторов.

Состав комплекта аппаратуры и оборудования, необходимого для выполнения полевых работ включает: приёмник в составе блоков, содер-

жащих функциональные элементы и принадлежностей, необходимых для приведения его в рабочее состояние (кабелей и др.); укладочную тару для хранения и перемещения приёмника (футляр, рюкзак и т.п.); устройства для установки приёмника на точке (штатив, веха, трегер, адаптеры и т.п.).

Вспомогательное оборудование: трегеры, стойки быстрого развёртывания; сменные аккумуляторные батареи; осветительные приборы (для работы в тёмное время суток); рулетка; описание местоположения точек; сторожки, колья, гвозди, топор; полевой журнал, карандаш, авторучка; эксплуатационная документация.

По условиям организации работ могут быть необходимы также устройства хранения, передачи и обработки информации - PC-карты, дискеты, полевой компьютер (ноутбук), модем и принадлежности к ним, - а в необжитой местности, кроме того, - зарядное устройство и агрегат для подзарядки аккумуляторов.

Для успешного выполнения работ по наблюдениям за деформациями земной поверхности на Тагульском газонефтяном месторождении необходимо развитие обоснования для последующих наблюдений, причем пункты обоснования должны находиться вне зоны возможных деформаций земной коры. С этой целью и были запроектированы опорные репера.

Для достижения миллиметрового уровня точности развитие обоснования необходимо запроектировать методом построения сети, соответственно программа полевых работ на объекте должна быть составлена так, чтобы все линии сети были определены независимо друг от друга. При этом необходимо запроектировать определение линий от каждого вновь определяемого пункта обоснования не менее чем до трех пунктов, а для увеличения количества избыточных измерений, которые необходимы для качественного уравнивания сети, следует увеличивать количество исходных пунктов до четырех.

Таким образом, создается калиброванный район работ в зоне действия каркаса из исходных пунктов и базовой станцией на опорном репере. В нашем случае создается несколько калиброванных районов работ и дальнейшее проектирование наблюдений за положением рабочих реперов должно строго исходить из соображения «каркасности» с опорой на базовую станцию. Причем от цикла к циклу это условие должно неукоснительно соблюдаться. Все эти требования необходимы для минимизации погрешностей при определении положения рабочих реперов в каждом цикле наблюдений.

12.3.5 Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе

При разработке нефтегазоконденсатных месторождений вступают в силу следующие Федеральные законы, нормативные правовые акты и нормативно-технические документы:

1. Закон РФ «О недрах» в редакции 03.03.95 г. № 27 ФЗ....
2. Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.97 № 116-ФЗ
3. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр. (ПБ 07-601-03). Серия 07. Выпуск 11/ М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 64 с.
4. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01. Введено в действие постановлением Госгортехнадзора России от 20.06.01 № 20.
5. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2004. – 120 с.

Горная промышленность относится к опасным производственным объектам.

Общая безопасность в районе работ обеспечивается Заказчиком.

Охрана труда обеспечивается согласно требованиям инструкции по технике безопасности при топографо-геодезических работах. Руководитель полевых работ до начала изысканий проверяет прохождение работником инструктажа по технике безопасности. Ответственным за соблюдение ТБ при производстве работ является руководитель полевой бригады. Все полевые и камеральные работы выполняются в соответствии со СНиП 11-02-96; СП 11-104-97; так же в соответствии с принятыми на предприятии инструкциями по ТБ и охране труда.

До начала работ на территории промышленных объектов необходимо получить в органах, ведающих данной территорией, разрешение на право производства работ и согласовать требования по безопасности, предъявляемые местными организациями к проведению планируемых работ по созданию геодинамического полигона.

Все работы должны выполняться с соблюдением действующего законодательства об охране окружающей среды (охрана недр, лесов, водоемов и т.п.). Неблагоприятные последствия воздействия на окружающую среду при производстве геодезических работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы.

Запрещается проведение полевых топографо-геодезических работ в необжитой местности в одиночку или малыми группами менее трех человек.

При выполнении производственного задания группой работников в составе двух и более человек один из них должен быть назначен старшим, ответственным за безопасное ведение работ, распоряжения которого для всех членов группы являются обязательными.

Запрещается допускать к работе лиц в нетрезвом состоянии.

При проведении полевых работ по созданию геодинамического полигона и наблюдений запрещается принимать на работу лиц моложе 18 лет.

Рабочие и инженерно-технические работники должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации. Запрещается принимать на работу или допускать к работе лиц, которым по состоянию здоровья противопоказаны определенные виды работ и профессии.

Все рабочие и служащие могут быть допущены к самостоятельной работе только после прохождения инструктажа по технике безопасности, пожаробезопасности, стажировки на рабочем месте и проверки полученных знаний комиссией.

По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж по безопасности труда проводят со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности.

О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте должны пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый инструктаж проводят:

- при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
- по требованию органов надзора;
- при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ – 60 дней.

Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности.

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой проводит непосредственный руководитель работ.

Инструктажи на рабочем месте завершаются проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

Лица, показавшие неудовлетворительные знания, к самостоятельной работе или практическим занятиям не допускаются и обязаны вновь пройти инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного, внепланового, стажировки и допуске к работе работник, проводивший инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж с работниками, проводящими работы по наряду-допуску, разрешению и т.п., фиксируется в наряде-допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, выдаваемые работникам, а также средства коллективной защиты и предметы лагерьного снаряжения и оборудования, должны соответствовать характеру и условиям выполняемой работы, отвечать требованиям действующих стандартов и обеспечивать безопасность труда.

Выдаваемые в полевые бригады оборудование, инструменты и механизмы должны быть в исправном состоянии и иметь соответствующий сертификат или паспорт, подтверждающие их техническое состояние и со-

ответствие выполняемому виду работ. Выдача транспортных средств, а также буровых установок и самоходных механизмов производится по акту готовности к эксплуатации в полевых условиях.

В полевом подразделении каждый работник должен постоянно заботиться о сохранении и укреплении своего здоровья и строго соблюдать требования санитарии и личной гигиены и тем самым способствовать успешному выполнению производственного задания. В этом отношении руководитель подразделения должен служить примером для остальных членов коллектива и требовать от них четкого выполнения установленных правил.

Все работники, командируемые на полевые работы, должны быть обучены правилам оказания первой помощи при несчастных случаях (ожогах, кровотечениях, переломах и т.п.). В полевой бригаде один из работников должен иметь знания по оказанию первой медицинской помощи в пределах требований санитарного инструктора.

При работах в полярных районах, при длительных переходах по снежному покрову следует надевать очки с темными стеклами.

Свободное время от работы работники полевых подразделений проводят по своему усмотрению, но каждый обязан помнить, что он не должен нарушать установленного порядка, а в жилых помещениях обязан считаться с интересами живущих с ним товарищей.

13 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асаченков Л.М. Маркшейдерские работы при строительстве и реконструкции шахт: учеб. пособие/ Л.М. Асаченков. – М.: Недра, 1987. – 199 с.
2. Геодезические работы в строительстве/ В.Н. Ганьшин [и др.], под ред. В.Н. Ганьшина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1984. – 447 с.
3. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства/ Ф.В. Андреева [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 270 с.: ил.
4. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов/Е.Б.Клюшин [и др.]; под ред. Д.Ш.Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
5. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов/ Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
6. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках: справочник/ В.Н. Попов [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 424 с.
7. Маркшейдерское дело: учебник для вузов/ Д.Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
8. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации/ГКИНП (ГНТА) – 01 – 006 – 03 – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 14 с.
9. Поклад Г.Г. Геодезия: учебник для вузов/ Г.Г. Поклад. – М.: Недра, 1988. – 304.
10. Справочник по геодезическим работам в строительном производстве/ С.П. Войтенко [и др.], под ред. Ю.В. Полищук. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
11. Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий/ Я.А. Сундаков. – М.: Недра, 1972. – 362 с.
12. Богданов. Закладка геодезических центров в районах многолетней мерзлоты. - М.: Недра, 1990. – 159 с.
13. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. «Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов». М.: Недра, 1981. – 215 с.
14. Генике, Г.Г. Побединский. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: 1999. – 271 с.

15. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России № 73 06.06.2003г. Москва, 2003 г.
16. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. ГКИНП (ГНТА) – 03-010-03, – М.: ЦНИИГАиК, 2004 г.
17. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1988. – 112 с.
18. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. – М.: ЦНИИГАиК, 1999 – 32 с.
19. Инструкция по созданию наблюдательных станций и производству инструментальных наблюдений за процессами сдвижения земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в регионе Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). - Пермь, изд.ПермГТУ. - 2003. - 34с.
20. Лазарев Г.Е., Самошкин Е.М. Основы высшей геодезии. М.: Недра, 1980. – 424с.
21. Методические указания по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей на нефтяных и газовых месторождениях с использованием спутниковой аппаратуры. – Санкт-Петербург, 1998.
22. Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых». Утвержденно постановлением Федерального горного и промышленного надзора России № 64 от 30 августа 1999 г.
23. «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей», – М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат, 1993 – 104 с.
24. «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети», Издание официальное, – М.: ЦНИИГАиК, 2001 – 30 с.
25. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С.-Петербург: Изд. ВНИМИ, 1998 –291 с.
26. Проект формирования геодинамического полигона Марковского ГКМ ОАО «Устькутнефтегаз» Т. 2 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников. – 2008. – 33 с.
27. Расчет оседаний земной поверхности и проект геодинамического полигона Марковского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области: отчет по НИР Т. 1 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников; исполнит.: Ю.А. Калашников, С.В. Гладышев, С.Г. Ашихин, С.Н. Попов, Е.С. Варнина. – 2008. – 52 с.

28. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно-энергетического комплекса. М.: 1997 – 123с.
29. Сидоров В.А., Хитров В.М., Кузьмин Ю.О. Концепция геодинамической безопасности освоения углеводородного потенциала недр России. – М.: изд.МГГРИ. –1998г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ
ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«__» _____ 2019 г.

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ
ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений:

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела « ____ » _____ 2019 г., протокол № _____

© Шмонин А.Б.

© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|---|--|----|
| | Введение | |
| 1 | Методические указания к организации самостоятельной работы обучающихся | 5 |
| 2 | Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения. | 6 |
| 3 | Методические указания к выполнению расчётно-графических работ | 13 |
| | Рекомендуемая литература | 17 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 67 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачёт. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку обучающихся. Основным объёмом информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья» в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи маркшейдерского обеспечения подводной разработки месторождений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные практические задачи маркшейдерских работ при подводной разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Назовите основные научно-технические задачи, решаемые при маркшейдерском обеспечении подводных разработок месторождений.
3. Какова связь данного курса с другими дисциплинами?
4. Предмет, объекты изучения и задачи курса «Маркшейдерские работы при подводной разработке месторождений».
5. Каковы организационные и технические особенности маркшейдерских работ при подводной разработке месторождений?.

Тема 2. Общие сведения о геологии и технологиях разработки

подводных месторождений полезных ископаемых

Геологическое строение месторождений полезных ископаемых на шельфе, в том числе месторождений нефти и газа. Геологическая разведка подводных месторождений.. Производственные процессы при подводной добыче полезных ископаемых.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Коллекторы нефти и газа, их характеристика?
2. Системы разработки залежей нефть на шельфе.
3. Каковы стадии разработки месторождений нефти и газа на шельфе?
4. Как производится геологическая разведка месторождений нефти и газа на шельфе?

5. Что такое пластовое давление и как оно меняется в процессе разработки месторождений нефти и газа?.

Тема 3. Инфраструктура горных предприятий при подводной добыче полезных ископаемых

Основные структурные элементы горных предприятий при подводной добыче твёрдых полезных ископаемых. Основные структурные элементы горных предприятий при подводной добыче нефти и газа. Коммуникации промысла.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое инфраструктура буровой платформы?
2. Какова стандартная инфраструктура буровой платформы?
3. Перечислите стандартные коммуникации нефтепромысла на буровой платформе?
4. Какие вы знаете способы утилизации попутного нефтяного газа?
5. Инфраструктура горных предприятий при подводной добыче золота и марганца?

Тема 4. Создание опорных и съёмочных геодезических сетей при подводной добыче полезных ископаемых

Особенности методов построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей при подводной добыче полезных ископаемых. Закрепление опорных пунктов. Способы развития опорных сетей. Способы создания высотной сети.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Особенности построения опорных маркшейдерско-геодезических сетей на нефтепромысле при подводной добыче?
2. Особенности привязки опорных маркшейдерских сетей к государственным геодезическим сетям на нефтепромыслах при подводной добыче.
3. Какие виды геодезических сетей используются на нефтепромыслах при подводной добыче?

4. Какие методы построения съёмочных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке подводных месторождений?
5. Какие методы построения опорных маркшейдерских сетей преимущественно используются при разработке подводных месторождений?

Тема 5. Маркшейдерское обеспечение процесса обустройства подводной разработки месторождений

Создание опорных геодезических сетей на морских платформах различных типов и в прибрежной части. Понятие о строительной сетке. Связь строительной сетки и опорной геодезической сети. Вынос в натуру строительных осей объектов при монтаже инженерных сооружений.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве буровой платформы.
2. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве предприятий при подводной добыче золота и марганца в прибрежной зоне.
3. Создание опорной и съёмочной геодезических сетей на буровой платформе.
4. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве подводных нефтепроводов.
5. Маркшейдерские работы при изысканиях, строительстве и эксплуатации морских буровых платформ?
6. Что такое геодезическая строительная сетка и каковы способы её построения?
7. Технология выноса в натуру строительных осей инженерных сооружений.
8. Технологии детальной разбивки осей инженерных сооружений.
9. Какова связь строительной геодезической сетки и опорной маркшейдерской сети?
10. Технологии маркшейдерского контроля инженерных сооружений по высоте.

Тема 6. Маркшейдерское обеспечение строительства и эксплуатации морских платформ.

Виды морских платформ и добывающих скважин (одиночные кусты скважин, скважины с горизонтальным отходом). Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки. Контроль траектории бурения скважины. Маркшейдерские работы при обустройстве кустовой площадки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. 1. Виды и назначение скважин на нефтегазовых месторождениях.
2. Маркшейдерские работы при определении фактических координат и высот устьев скважин на нефтегазовых месторождениях.
3. Какие задачи должны быть решены маркшейдером при задании направления скважины?
4. Маркшейдерские работы при монтаже буровой установки?
5. Маркшейдерский контроль траектории бурения скважины?
6. Построение фактической траектории пробуренной скважины по данным инклинометрической съёмки?
7. Каковы допустимые предельные погрешности при перенесении в натуру проектного положения устьев скважин?
8. Контрольные предельные параметры при строительстве буровой вышки.
9. Какие маркшейдерские работы выполняются при обустройстве буровой платформы?
10. Как производится исполнительная съёмка буровой платформы?

Тема 7. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов

Понятие об опасных производственных объектах. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов. Возможные аварийные ситуации при эксплуатации нефтепромыслов, способы их предупреждения и ликвидации последствий. Экологические последствия эксплуатации морских платформ.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Понятие об опасных производственных объектах.
2. Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов?
3. Каковы виды деформаций опасных производственных объектов?
4. Как проектируются нивелирные сети для мониторинга осадок инженерных сооружений на нефтепромыслах?
5. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций резервуаров временного хранения нефти?
6. В чём заключается маркшейдерский мониторинг деформаций нефтепроводов?
7. Как определяются деформации поверхности буровых платформ?
8. Как осуществляется маркшейдерский контроль крена буровой вышки ?
9. Каковы возможные аварийные ситуации при эксплуатации буровых платформ, способы их предупреждения и ликвидации последствий?
10. Каковы экологические последствия эксплуатации нефтепромыслов на море?

Тема 8. Маркшейдерское обеспечение геодинамической безопасности при разработке месторождений нефти и газа

Создание геодезических сетей для наблюдений за деформациями земной поверхности и сооружений. Методы наблюдений. Наблюдения за деформациями земной поверхности на большой площади. Наблюдения за деформациями земной поверхности в зонах тектонических разломов и контактов. Наблюдения с применением дистанционных методов зондирования Земли.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Каковы маркшейдерские методы наблюдения за деформациями дна водоёмов на территориях подводных нефтегазовых месторождений?
2. Что такое геодинамический полигон и для чего он нужен?

3. Роль спутниковых координатных определений при создании геодинамического полигона на нефтегазовом месторождении.
4. . Наблюдения за деформациями поверхности дна моря на шельфе в зонах тектонических разломов и контактов.
5. Наблюдения за деформациями земной поверхности и бкровых платформ с применением дистанционных методов зондирования Земли (по спутниковым радарным снимкам).

Методические указания к выполнению расчётно-графических работ

Расчётно-графическая работа № 1

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья»

Тема: РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИНЫ ПО ДАНЫМ ИНКЛИНОМЕТРИИ

Цель работы: освоить методику определения пространственного положения оси скважины по данным инклинометрических измерений. Определить координаты точки встречи скважины с пластом. Построить вертикальный разрез по скважине и план искривления скважины.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор, геодезический транспортир.

Содержание задания:

По данным инклинометрической съемки скважины произвести расчет координат точек замеров, определить координаты и высотную отметку точки встречи скважины с пластом. Построить план искривления скважины в масштабе 1:1000 и проекцию траектории скважины на вертикальную плоскость.

Исходные данные:

Пространственные координаты устья скважины приведены в таблице № 1. Данные инклинометрической съемки приведены в таблице № 2. Расстояние между точками замеров принять равным **50 (100)** м. поправка для перехода от гироскопического азимута к дирекционному углу равна **минус 3°20'**

Таблица 1- Координаты устья скважины (г. С)

| № варианта | Координаты, м | | Высотная отметка, м | № варианта | Координаты, м | | Высотная отметка, м |
|------------|---------------|---------|---------------------|------------|---------------|---------|---------------------|
| | X | Y | | | X | Y | |
| 1 | 191,816 | 64,186 | 415,0 | 19 | 93,807 | 219,764 | 402,0 |
| 2 | 192,186 | 67,812 | 416,0 | 20 | 264,218 | 232,614 | 404,5 |
| 3 | 68,821 | 134,164 | 417,0 | 21 | 224,146 | 69,825 | 406,0 |
| 4 | 201,713 | 71,807 | 418,0 | 22 | 267,815 | 243,707 | 405,5 |
| 5 | 58,822 | 122,618 | 419,0 | 23 | 245,321 | 58,517 | 407,0 |
| 6 | 296,307 | 191,406 | 420,0 | 24 | 164,128 | 278,617 | 407,5 |
| 7 | 261,128 | 27,316 | 421,0 | 25 | 89,801 | 157,411 | 408,5 |
| 8 | 62,108 | 61,406 | 422,0 | 26 | 126,706 | 288,617 | 409,0 |
| 9 | 149,206 | 48,311 | 423,0 | 27 | 224,627 | 217,232 | 410,5 |
| 10 | 71,307 | 52,618 | 424,0 | 28 | 72,326 | 218,604 | 411,5 |
| 11 | 81,623 | 218,322 | 412,0 | 29 | 161,328 | 64,681 | 404,0 |
| 12 | 66,213 | 134,617 | 411,0 | 30 | 193,681 | 68,713 | 402,5 |

| | | | | | | | |
|----|---------|---------|-------|----|---------|---------|-------|
| 13 | 225,164 | 69,815 | 410,0 | 31 | 69,217 | 45,186 | 400,5 |
| 14 | 168,518 | 225,707 | 409,0 | 32 | 232,713 | 72,807 | 398,5 |
| 15 | 47,113 | 267,715 | 408,0 | 33 | 159,821 | 63,516 | 396,5 |
| 16 | 95,811 | 217,716 | 407,0 | 34 | 297,304 | 272,608 | 397,5 |
| 17 | 88,118 | 109,141 | 406,0 | 35 | 262,821 | 108,316 | 398,0 |
| 18 | 207,607 | 287,716 | 405,0 | 36 | 103,104 | 122,801 | 394,5 |

Таблица № 2 – Результаты инклинометрических измерений

| Номер точки замера | Гироскопический азимут, градус | Зенитный угол | Примечание |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------|
| С | 0 | 5 | Устье скважины |
| 1 | 70 | 10 | |
| 2 | 75 | 15 | |
| 3 | 80 | 20 | |
| 4 | 85 | 25 | |
| 5 | 90 | 30 | |
| 6 | 95 | 35 | |

Вычисления свести в таблицу.

| Номера точек замера | Зенитный угол | Расстояние между точками замера (по геофиз. кабелю) | Превышения между точками замера | Горизонтальное проложение | Гироскопический азимут | Дирекц. угол интвала | Приращения координат, м | | Координаты, м | | Высотные отметки, м |
|---------------------|---------------|---|---------------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|---|---------------|---|---------------------|
| | | | | | | | X | Y | X | Y |  | H |
| | | | | | | | | | | | |

Расчётно-графическая работа № 2

По дисциплине «Маркшейдерские работы при добыче углеводородного сырья

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГРУНТА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОТСЫПКИ ПЛОЩАДКИ КУСТОВОГО БУРЕНИЯ

Цель работы: освоить методику определения объемов отсыпки кустовых площадок с учетом просадок основания насыпи. Научиться определять объем необходимого грунта в плотном теле. Построить план кустовой площадки и поперечный вертикальный разрез насыпи.

Место проведения занятия:

Лаборатория кафедры маркшейдерского дела, территория университета.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

Чертежные материалы и принадлежности, инженерный калькулятор.

Содержание задания:

Площадка для выполнения кустового бурения отсыпается скальным грунтом на горизонтальное основание из суглинков. По исходным данным (габаритам площади и заложению откосов) построить план площадки в масштабе 1:1000 или 1:2000 и поперечный разрез в масштабе 1:100. Определить прогнозную величину осадок основания насыпи. Определить объем насыпи выше исходной поверхности отсыпки и объем просадок основания насыпи, а также общий объем необходимого грунта. Перевести объем насыпанного грунта в плотное тело (объем породы в целике).

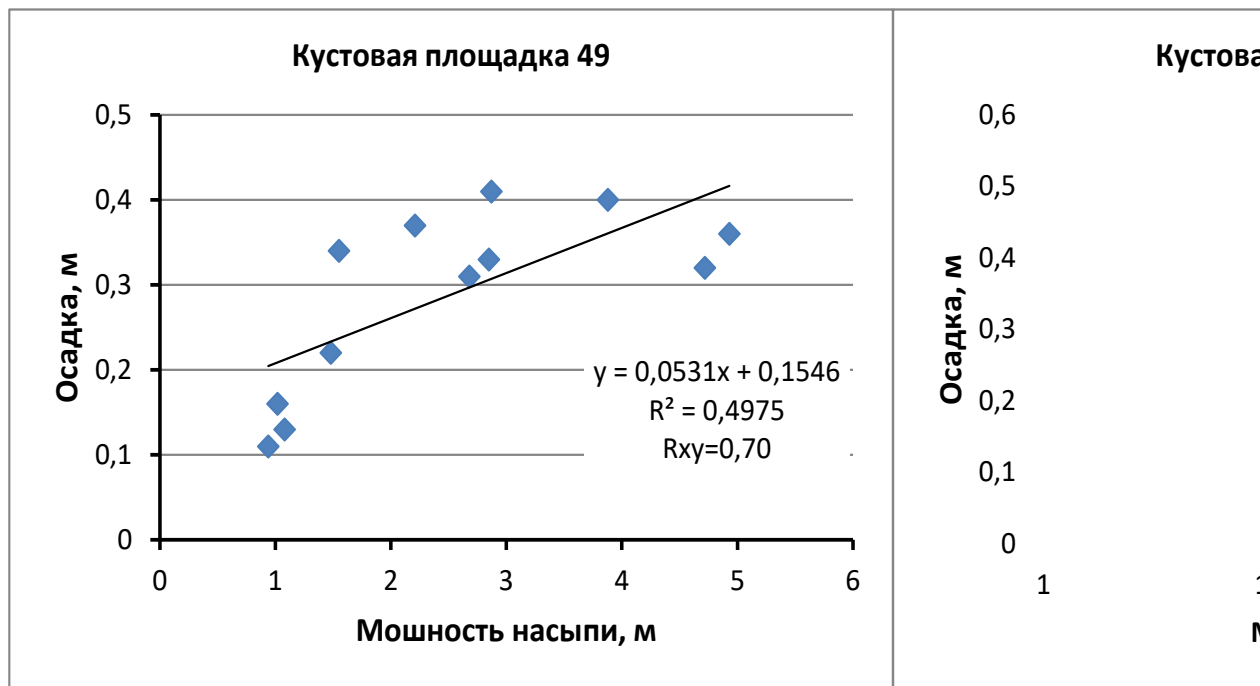
Исходные данные:

Габариты площадки. Высота насыпи. Заложение откоса. Зависимость для определения просадок основания насыпей.

Таблица 1- Проектные параметры кустовой площадки

| Но-
мер-
вариан
та | Длина,
м | Ширина,
м | Высота
отсыпки,
м | Заложение
откоса | Но-
мер-
вариан
та | Длина,
м | Ширина,
м | Высота
отсыпки,
м | Заложение
откоса |
|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| 1 | 100 | 50 | 1,2 | 1:1,5 | 20 | 200 | 120 | 3,0 | 1:2,5 |
| 2 | 100 | 50 | 1,4 | 1:1,5 | 21 | 250 | 150 | 1,2 | 1:3 |
| 3 | 100 | 50 | 1,6 | 1:1,5 | 22 | 250 | 150 | 1,4 | 1:3 |
| 4 | 100 | 50 | 1,8 | 1:1,5 | 23 | 250 | 150 | 1,6 | 1:3 |
| 5 | 100 | 50 | 2,0 | 1:2 | 24 | 250 | 150 | 1,8 | 1:3 |
| 6 | 100 | 50 | 2,2 | 1:2 | 25 | 250 | 150 | 2,0 | 1:3 |
| 7 | 100 | 50 | 2,4 | 1:2 | 26 | 250 | 150 | 2,2 | 1:3 |
| 8 | 100 | 50 | 2,6 | 1:2 | 27 | 250 | 150 | 2,4 | 1:3 |
| 9 | 100 | 50 | 2,8 | 1:2 | 28 | 250 | 150 | 2,6 | 1:3 |
| 10 | 100 | 50 | 3,0 | 1:2 | 29 | 250 | 150 | 2,8 | 1:3 |
| 11 | 200 | 120 | 1,2 | 1:2 | 30 | 250 | 150 | 3,0 | 1:3 |
| 12 | 200 | 120 | 1,4 | 1:2 | 31 | 300 | 160 | 1,6 | 1:2 |
| 13 | 200 | 120 | 1,6 | 1:2 | 32 | 300 | 160 | 1,8 | 1:2 |
| 14 | 200 | 120 | 1,8 | 1:2 | 33 | 300 | 160 | 2,0 | 1:2 |
| 15 | 200 | 120 | 2,0 | 1:2 | 34 | 300 | 160 | 2,2 | 1:2 |
| 16 | 200 | 120 | 2,2 | 1:2,5 | 35 | 300 | 160 | 2,4 | 1:2 |
| 17 | 200 | 120 | 2,4 | 1:2,5 | 36 | 300 | 160 | 2,6 | 1:2 |
| 18 | 200 | 120 | 2,6 | 1:2,5 | 37 | 300 | 160 | 2,8 | 1:2 |
| 19 | 200 | 120 | 2,8 | 1:2,5 | 38 | 300 | 160 | 3,0 | 1:2 |

1. Вычисление прогнозной просадки основания насыпи под действием веса насыпного грунта определяем по эмпирической зависимости, график которой представлен на рисунке.



$$h_{\text{просадок}} = 0.053m + 0.154 \text{ (м)},$$

m —мощность (высота) насыпи, м.

2. Коэффициент перехода от насыпного уплотненного грунта к объему в массиве (в плотном теле) для скальной породы составляет 0,87.

Рекомендуемая литература

1. Геодезия и маркшейдерия : учебник для вузов по специальности "Физические процессы горного или нефтегазового производства" направления подготовки дипломированных специалистов "Горное дело" В. Н. Попов [и др.]; под ред. В. Н. и др., 2010. - 452 с.
2. Кашников Ю. В., Беляев К.В., Богданец Е.С., Согорин А.А. Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2018. - 454 с.
3. Жаркимбаев Б.М., Калыбеков Т., Рысбеков К.Б. Маркшейдерия при разработке месторождений нефти и газа: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2005. – 223 с.
4. Загibalов А. В. Маркшейдерия. Маркшейдерское обеспечение разработки нефтегазоконденсатных месторождений : учебное пособие для вузов по направлению подготовки (специальности) "Горное дело" (специализация "Маркшейдерское дело") / А. В. Загibalов, А. В. Волохов, изд-во ИрНИУ, 2015. - 153 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Б. Шмонин

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

| | |
|--|----|
| 1. Задачи маркшейдерского обеспечения подводной разработки месторождений | 5 |
| 2. Геодезическое обоснование на промышленной площадке..... | 6 |
| 2.1. Назначение и классификация геодезических сетей | 6 |
| 2.2. Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток | 12 |
| 2.3. Проектирование строительной сетки..... | 14 |
| 2.4. Вынос в натуру строительной сетки | 16 |
| 2.5. Общие сведения и понятия о разбивках | 20 |
| 2.6. Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений .. | 31 |
| 3. Понятие о вертикальной планировке, земляные работы на промышленной (строительной) площадке | 35 |
| 4. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при возведении инженерных сооружений | 40 |
| 4.1. Работы нулевого цикла..... | 40 |
| 4.2. Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаменты | 42 |
| 4.3. Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений..... | 46 |
| 5. Исполнительные съемки в промышленном строительстве, маркшейдерско-геодезическая документация | 47 |
| 6. Маркшейдерско-геодезические работы при строительстве буровых скважин | 54 |
| 6.1. Основные положения..... | 54 |
| 6.2. Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин | 55 |
| 6.3. Работы при сооружении буровой установки | 58 |
| 6.4. Работы при строительстве кустов скважин..... | 59 |
| 6.5. Наклонно-направленное бурение | 61 |
| 6.6. Профили наклонно направленных скважин..... | 61 |
| 6.7. Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве | 63 |
| 7. Математические методы и алгоритмы построения траектории ствола наклонно направленной скважины | 66 |
| 7.1. Тангенциальный метод..... | 67 |
| 7.2. Метод усреднения углов | 68 |
| 7.3. Балансный тангенциальный метод..... | 68 |
| 7.4. Метод расчета по радиусу кривизны | 68 |
| 7.5. Метод постоянной кривизны | 70 |
| 7.6. Метод кольцевых дуг..... | 70 |
| 8. Инженерно-геодезические изыскания | 71 |

| | |
|---|-----|
| 8.1. Нормативные ссылки..... | 71 |
| 8.2. Планово-высотное обоснование..... | 75 |
| 8.3. Требования к производству и обеспечению точности
топографических съемок при инженерных изысканиях для
строительства..... | 83 |
| 8.4. Тахеометрическая съемка | 88 |
| 8.5. Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных
территорий | 88 |
| 9. Съемка подземных и надземных сооружений | 91 |
| 10. Съемка водных переходов..... | 95 |
| 11. Линейные изыскания | 99 |
| 11.1. Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и
сооружений | 100 |
| 11.2. Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений..... | 101 |
| 12. Оценка уровня возможных геодинамических последствий разработки
нефтегазоконденсатного месторождения | 117 |
| 12.1. Определение оптимального состава и типа реперов применительно
к физико-географическим условиям района производства работ | 120 |
| 12.1.1. Общие требования к центрам | 120 |
| 12.1.2. Закладка наблюдательных реперов..... | 122 |
| 12.2. Разработка оптимального регламента системы геодинамических
наблюдений на полигоне..... | 127 |
| 12.2.1. Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов ... | 127 |
| 12.2.2. Методика и точность измерений | 131 |
| 12.3. Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности
геодезических наблюдений | 132 |
| 12.3.1. Схема нивелирной сети | 132 |
| 12.3.2. Априорная оценка точности геодезических наблюдений . | 134 |
| 12.4. Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах
(геодинамического) полигона..... | 136 |
| 12.4.1. Организация и планирование полевых работ | 143 |
| 12.5. Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной
безопасности и охраны недр на геодинамической основе | 148 |
| 13. Библиографический список | 152 |

1. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отметим, что геодезия является одной из древнейших, а также базовых наук для специальности «Маркшейдерское дело». В процессе своего развития она разделилась на ряд самостоятельных научно-технических дисциплин в соответствии с обслуживаемыми сферами деятельности, например:

1. Высшую геодезию, изучающую фигуру и размеры Земли и планет, методы измерений для высокоточного определения точек на земной поверхности.

2. Космическую геодезию, занимающуюся построением космической геодезической сети и решением геодезических задач с помощью искусственных спутников Земли на основе использования спутниковых навигационных систем.

3. Геодезию или топографию, рассматривающую способы изучения земной поверхности и производство измерений на ней, математическую и графическую обработку этих измерений с целью получения карт и планов небольших участков Земли.

4. Картографию, разрабатывающую методы создания карт и их использования.

5. Фототопографию, создающую планы и карты по фотоснимкам и аэрофотоснимками местности.

6. Морскую геодезию, занимающуюся разработкой методов ведения геодезических работ для обеспечения разведки и разработки природных ресурсов на дне морей и океанов.

7. Инженерную (прикладную) геодезию, изучающую методы геодезических работ, выполняемых при различных изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, горнорудных предприятий, гражданского строительства, транспортных магистралей и т. п.

Геодезические измерения используются почти во всех отраслях народного хозяйства: при изысканиях и строительстве жилых и промышленных объектов, железных и автомобильных дорог, каналов, ЛЭП, трубопроводов, аэродромов, речных и морских портов и др.

В процессе строительства промышленных предприятий круг задач, решаемых по геодезическому обслуживанию на строительной площадке, зависит от определенного этапа его производства.

При проектно-изыскательских работах на участке строительства разбивают опорную геодезическую сеть, выполняют крупномасштабную съемку и получают топографический план, являющийся основой для проектирования промышленных предприятий и составления генерального

плана. На нем указывают плановое и высотное положение объектов строительства и привязку основных строительных осей.

При проектировании составляют геодезическую часть строительного паспорта, разрабатывают разбивочные чертежи, составляют проект вертикальной планировки и геодезической подготовки исходных данных для перенесения проекта на строительный участок.

При перенесении проекта в натуру разбивают на местности границу отвода участка, проектные линии застройки, выносят и закрепляют главные оси сооружений и основные проектные горизонты.

При текущем обслуживании строительства устанавливают в проектное положение строительные конструкции и оборудование, выверяют их по высоте и вертикали, выполняют текущие съемки и исполнительные чертежи.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

2.1 Назначение и классификация геодезических сетей

Введение в действие основополагающего документа «Основные положения о государственной геодезической сети РФ» (с 25.06.03 г.) обуславливает необходимость в создании геодезического обоснования на качественно новом, более высоком уровне точности, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Данный документ является продолжением работы над установлением единых государственных систем координат на территории России и разработан в рамках организационно-технических мероприятий для перехода к системе координат 1995 г.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории РФ и закрепленных на местности специальными центрами. ГГС также включает в себя пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат и в целом предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли, их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Государственная геодезическая сеть структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности в единой системе координат 1995 г. (СК-95):

- Фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС).
- Высокоточную геодезическую сеть (ВГС).
- Спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1).
- Геодезические сети специального назначения.

Наряду с ГГС созданы государственные нивелирная и гравиметрическая сети.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть в структуре координатного обеспечения России занимает высший уровень и служит исходной основой для дальнейшего повышения точности пунктов ГГС. ФАГС состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории РФ. Расстояния между смежными пунктами ФАГС составляют 650–1 000 км, а их центры фундаментально закрепляются с обеспечением долговременной стабильности местонахождения в плане и по высоте.

Пространственное положение пунктов сети определяется методами космической геодезии в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой взаимного расположения не более 2 см в плане и 3 см по высоте. Определение нормальной высоты пунктов производится нивелированием не ниже II класса точности. Периодичность определений пространственного положения пунктов ФАГС устанавливается в пределах 5–8 лет.

Высокоточная геодезическая сеть занимает второй уровень в современной структуре ГГС и опирается на пункты ФАГС. Ее основная функция состоит в дальнейшем распространении на всей территории России геоцентрической системы координат и уточнении параметров взаимного ориентирования геоцентрической и геодезической систем.

ВГС, наряду с ФАГС, служит основой для развития геодезических построений последующих классов и используется для создания высокоточных карт высот квазигеоида. Сеть представляет собой однородное по

точности пространственное геодезическое построение из системы пунктов, удаленных друг от друга на расстояния 150–300 км.

Координаты пунктов ВГС определяются относительными методами космической геодезии со среднеквадратическими ошибками взаимного положения в плане, не превышающими $3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8} D$ (где D – расстояние между пунктами) и $5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8} D$ по высоте.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (астрономо-геодезическая сеть и геодезические сети сгущения) занимает третий уровень в структуре государственной геодезической сети и функционально предназначена для обеспечения оптимальных условий реализации точности и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического обоснования территории РФ на спутниковые методы определения координат.

СГС-1 представляет собой пространственное геодезическое построение из системы легкодоступных пунктов с плотностью, достаточной для эффективного использования всех возможностей спутниковых определений (координат) потребителями со средними расстояниями между смежными пунктами 25–35 км.

Сеть СГС-1 создается относительными методами космической геодезии, обеспечивающими определение взаимного положения смежных пунктов со среднеквадратическими ошибками в плане $3 \text{ мм} + 1 \cdot 10^{-7} D$ и $5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} D$ по геодезической высоте, а также может строиться отдельными фрагментами. В каждый создаваемый фрагмент должны включаться все пункты ВГС и ФАГС, перекрывающие на треть расстояния между смежными пунктами ВГС на данной территории. Для связи СГС-1 с астрономо-геодезической сетью (АГС) и нивелирной сетью часть пунктов СГС-1 должна быть совмещена или связана с существующими пунктами АГС и реперами нивелирной сети не ниже точности III класса.

Геодезические сети специального назначения создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов ГГС экономически не целесообразно или требуется особо высокая точность построения геодезической сети. Эти сети определяются в единых государственных (или местных) системах координат в установленном порядке, учет и хранение исходных данных осуществляется органами государственного геодезического надзора (госгеонадзора).

Система координат 1995 г. установлена так, что ее оси параллельны осям геоцентрической системы координат, а положение начала координат пункта ГГС Пулково совпадает с системой координат 1942 г.

За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского с параметрами:

- большая полуось равна 6378 245 м;
- сжатие составляет 1:298,3.
- Положение пунктов ГГС задается следующими координатами:

- пространственными прямоугольными координатами X, Y, Z ;
- геодезическими (эллипсоидальными) координатами B, L, H ;
- плоскими прямоугольными координатами x и y , вычисляемыми в проекции Гаусса-Крюгера.

Существующие сети триангуляции и полигонометрии 1–4 классов вписываются в указанную систему построений, и настоящий нормативно-технический акт (НТА) допускает применение «Основных положений о построении государственной геодезической сети СССР» в тех случаях, когда используются методы триангуляции и полигонометрии.

Поэтому уместным будет рассмотреть структуру и методы построения геодезической сети традиционными технологиями.

В соответствии с действующей до 2003 г. классификацией геодезические сети РФ подразделяются на государственные сети, сети сгущения, сети съёмочного обоснования.

Государственная геодезическая сеть (ГГС), созданная в 1961–1966 гг., состоит из плановых сетей триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3, 4 классов и нивелирных сетей I, II, III, IV классов, различающихся между собой точностью измерений углов и расстояний, длиной сторон сети, порядком последовательного развития, погрешностью определения превышений.

Развитие государственной геодезической сети ведется по принципу перехода от общего к частному. Точность плановой государственной сети рассчитана на обеспечение координат съёмочных работ в крупных масштабах.

Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии 1–4 классов приведена в табл. 1, нивелирования I–IV классов – в табл. 2.

Таблица 1. Техническая характеристика сетей триангуляции и полигонометрии

| Показатель | Класс | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Триангуляция | | | | |
| Средняя длина стороны треугольника, км | 20–25 | 7–20 | 5–8 | 2–5 |
| Относительная погрешность базиса (выходной стороны) (m_b/b) | 1/400 000 | 1/300 000 | 1/200 000 | 1/200 000 |
| Относительная погрешность слабой стороны * | 1/150 000 | 1/130 000 | 1/120 000 | 1/70 000 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Допустимая невязка треугольника, угл. с | 3 | 4 | 6 | 8 |

| | | | | |
|---|---------|---------|------|--------------|
| Наименьшее значение угла треугольника, град. | 40 | 20 | 20 | 20 |
| Полигонометрия | | | | |
| Периметр полигона, км | 700–800 | 150–180 | – | – |
| Длина диагонали звена (хода), не более, км | 200 | 60 | 30 | 15, 13, 11** |
| Длина стороны хода (в звене), км | 8–30 | 5–18 | 3–10 | 0,25 |
| Число сторон в ходе (звене) | 12 | – | – | 20 |
| Число сторон между узловыми или исходными и узловыми пунктами, не более | – | 6 | 6 | – |
| Длина диагоналей ходов между узловыми пунктами и между узловыми пунктами и пунктами сети высших классов, не более, км | – | – | – | 7 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения угла, угл. с | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Средняя квадратическая погрешность измерения стороны, см: | | | | |
| до 8 км | – | 4 | – | – |
| до 5 км | – | – | 5 | – |
| до 500 м | – | – | – | 2 |
| до 500–1000 м | – | – | – | 3 |
| свыше 1000 м | – | – | – | 1/40 000 |
| Относительная погрешность хода | – | – | – | 1/25 000 |

Государственные сети геодезического обоснования дополняются сетями сгущения (ГГСС), представленными триангуляцией, полигонометрией 1 и 2 разрядов и техническим нивелированием. Они создаются в соответствии с руководством по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Геодезические сети сгущения иногда называют опорными инженерно-геодезическими сетями. Необходимость в их построении возникает при изысканиях строительных площадок и проектирования на них различных сооружений, составлении генеральных планов городов и поселков, разработке технических проектов и рабочих чертежей промышленных, горнодобывающих предприятий и других объектов. Как правило, инженерно-геодезические сети проектируются с учетом возможности их последующего сгущения и развития для обеспечения основных разбивочных работ и топографической съемке в масштабе 1:500.

Требования к точности, плотности, стабильности плановых инженерно-геодезических сетей обуславливаются разнообразием технических задач, которые решаются при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

Съемочные геодезические сети развиваются на основе государственных сетей сгущения и состоят из планового, высотного и планово-высотного обоснования, а также дополнительных точек. В зависимости от сложности снимаемой территории, расположения зданий и инженерных сооружений, съемочные пункты создаются методами полигонометрических ходов, цепочек треугольников, теодолитных ходов.

Полигонометрическая сеть может быть развита в виде системы прямоугольников с расположением сторон параллельно линиям застройки, что дает возможность получить необходимое количество створных точек и створов.

Таблица 2. Техническая характеристика сетей нивелирования

| Показатель | Класс | | | |
|--|---------------|---------------|---------------------|-------------------|
| | I | II | III | IV |
| Периметр полигона, км | 3 000–4 000 | 500–600 | 150–200 | 50 |
| Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм: | | | | |
| случайная | 1 | 2 | 4 | 10 |
| систематическая | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 2 |
| Длина визирного луча, м | 50 | 65–75 | 75–100 | 100–150 |
| Неравенство расстояний, м: | | | | |
| на станции | 0,5 | 1 | 2 | 5 |
| в ходе | 1 | 2 | 5 | 10 |
| Высота визирного луча над поверхностью Земли, м | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Допустимые расхождения в превышениях, мм: | | | | |
| ход до 15 станций на 1 км | $3\sqrt{L}$ | $5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| ход свыше 15 станций на 1 км | $4\sqrt{L}$ | $6\sqrt{L}$ | $2,6\sqrt{n}^{***}$ | $5\sqrt{n}^{***}$ |
| Допустимые расхождения в превышениях на станции, мм: | | | | |
| по прецизионным рейкам | 0,5 | 0,7 | 1,5 | – |
| по шашечным | – | – | 3 | 5 |
| Допустимые невязки превышений в полигонах, мм: | | | | |
| ход до 15 станций на 1 км | $1,5\sqrt{L}$ | $2,5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| ход свыше 15 станций на 1 км | $2\sqrt{L}$ | $3\sqrt{L}$ | – | – |
| Увеличение трубы нивелира, крат | 45 | 40–44 | 30–35 | 25–30 |
| Цена деления цилиндриче- | 12 | 12 | 15 | 25 |

| | | | | |
|---|------|------|------|-----|
| ского уровня, с
Допустимые погрешности
метрового интервала рейки,
мм *** | 0,15 | 0,30 | 0,50 | 1,0 |
|---|------|------|------|-----|

Примечания:

* Погрешность слабой стороны – ms/S (табл. 1);

** При числе сторон хода 10, 15, 20 соответственно (см. табл. 1); L – длина хода, км;

*** n – число станций в ходе (табл. 2).

В этом случае следует учитывать допустимую длину теодолитных ходов, используемых для получения дополнительных точек путем прокладки их между пунктами полигонометрии, а также число пунктов на площади съемки.

2.2 Разбивочные сети, их построение методом строительных сеток

Для проектирования и строительства инженерных сооружений, тоннелей, промышленных комплексов и других создают разбивочные сети, которые относятся к разряду специальных. Геодезические разбивочные сети служат основой для выноса проектов зданий и сооружений на местность, контролем соблюдения их геометрических параметров, смещения и деформаций элементов несущих конструкций. Они создаются на строительной (промышленной) площадке в виде сети, заложенных в грунт и закрепленных на местности пунктов и обеспечивают последующие построения в процессе строительства и эксплуатации объектов исходными данными.

Разбивочные сети проектируют методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, строительной сетки, красных линий застройки на основе *проекта производства геодезических работ* (ППГР) и увязывают с пунктами государственной геодезической сети или геодезических сетей сгущения. Составляется проект разбивочной основы в соответствии с генеральным планом строительства объекта, согласующийся со стадиями проектирования и очередями его сооружения. Точность построения разбивочной сети устанавливается при разработке ППГР.

Наиболее удобным видом геодезической основы для производства разбивочных работ на территории крупных строительных и промышленных сооружений является строительная сетка. Она должна обеспечить решение двух инженерно-геодезических задач: осуществление топографической съемки крупного масштаба 1:500, быстрый и удобный перенос проектных данных в натуру для ведения строительства и монтажных работ.

Строительная сетка представляет собой систему квадратов или прямоугольников на площади строительства и состоит из основных и дополнительных фигур со сторонами основания 100–400 м в зависимости от назначения площадок строительства (рис. 1).

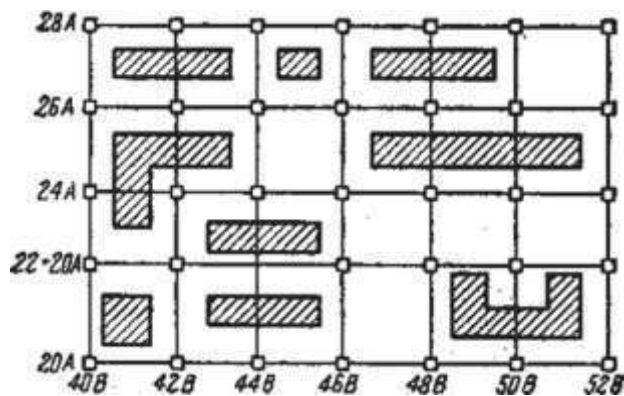


Рисунок 1 - Строительная сетка

Дополнительные фигуры строят в процессе геодезических разбивочных работ с длинами сторон до 20 м.

Как правило, оси объектов, сооружаемых на промышленных (строительных) площадках, параллельны, а сами сооружения прямоугольны. Поэтому стороны сетки ориентируют в частной системе координат, параллельно осям сооружений или проездов. В связи с этим, при разбивках и съемках от пунктов строительных сеток используют прямые углы и повторяющиеся линейные измерения, что значительно упрощает геодезические действия.

Точность планового положения и высот пунктов сетки определяет условия производства крупномасштабной съемки на территории строительства. В этом случае ошибки координат пунктов сетки относительно ее начала не должны превышать $\pm 0,050$ м, а ошибки их взаимного положения $\pm 0,020$ м.

Технические же условия по обеспечению строительно-монтажных работ требуют построения геодезических сеток допусками полигонометрии 1 разряда, а в ряде случаев – полигонометрии 4 класса.

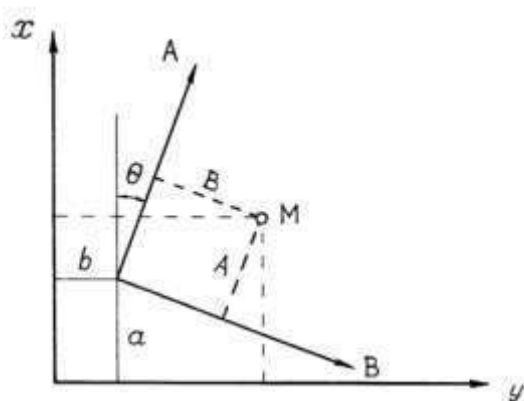


Рисунок 2 - Строительную сетку предварительно проектируют.

На больших площадках, имеющих ломаное очертание, создают несколько строительных сеток в частных системах координат. Ориентирование системы координат осей строительной сетки относительно общегосударственной системы координат может быть произвольным. Переход от

государственной системы к частной системе сетки (рис. 2.2) производят по формулам:

$$A = (x - a) \cos\theta + (y - b) \sin\theta$$

$$B = (y - b) \cos\theta - (x - a) \sin\theta$$

Переход от системы строительной сетки к общегосударственной, осуществляют в следующем порядке:

$$x = a + A \cos\theta - B \sin\theta$$

$$y = b + A \sin\theta + B \cos\theta$$

где x, y – координаты точки М в государственной системе; A, B – координаты точки М в системе строительной сетки; a, b – координаты начала строительной сетки в государственной системе; θ – угол поворота сетки относительно государственной системы.

2.1 Проектирование строительной сетки

Строительную сетку проектируют на топографическом плане промышленной (строительной) площадки или на генеральном плане с учетом расположения всего комплекса зданий и сооружений, рис. 2. Её планируют, как отдельную специальную сеть, положение пунктов которой и направление сторон не зависит от государственной сети и главной плановой основы строительного производства.

Основные требования к строительным сеткам при их проектировании сводятся к следующим положениям:

1. Линии основания сетки намечают и создают строго параллельно главным осям возводимых зданий и сооружений, а фигуры сетки размещают таким образом, чтобы основные проектируемые здания и сооружения оказались внутри и как можно ближе к ее сторонам.
2. Стороны сетки располагают с учетом удобства производства линейных
3. и угловых измерений и не загромождают рядовыми посадками.
4. Линии и пункты сетки проектируют с учетом обеспечения их сохранности и взаимной видимости, вдали от проезжей части, сетей трубопроводов и др.
5. Размеры сторон прямоугольников, квадратов и других фигур принимают с учетом размеров зданий, сооружений из соображений обеспечения технологии строительства.
6. Учитывают характер и порядок использования пунктов строительной сетки для производства разбивочных работ.

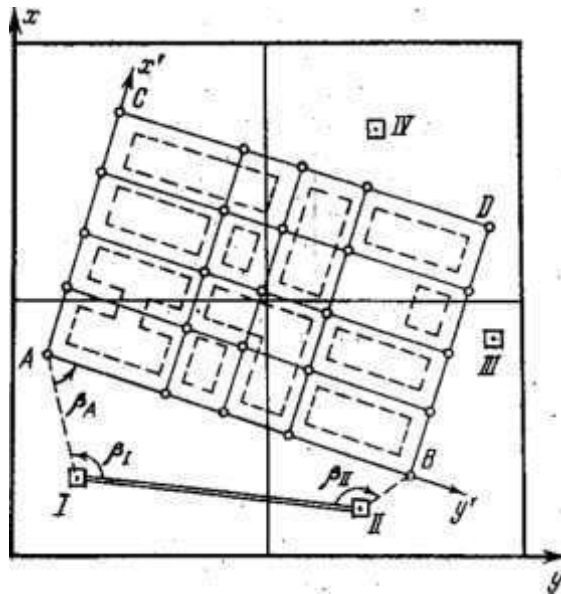


Рисунок 3 - Проектное положение строительной сетки

6. Требования к точности разбивочных работ определяют в зависимости от назначения сооружений, их размеров, технологической связи между собой и других условий:

- ошибки в положении соседних пунктов строительной сетки не должны превышать относительной величины 1:10 000 (1 см на 100 м);
- прямые углы сетки должны быть построены с точностью $\pm 20''$;
- ошибки в положении пунктов в наиболее слабом месте сетки относительно опорной геодезической основы не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500 (т.е. 10 см).

Разбивочные сети создаются в натуре также методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Разрешается использовать метод угловых, линейных и комбинированных засечек. При этом выбор разряда точности разбивочных работ должен согласовываться с размерами сторон прямоугольников, квадратов и других фигур или расстояниями между линиями строительной сетки, принимаемых по табл. 3.

При проектировании строительной сетки, следует предусмотреть способ постоянного возобновления первоначально разбитых точек, фиксирующих пересечение осей, недоступных для непосредственного закрепления. В этом случае необходимо предусмотреть проверку неподвижности пунктов сетки путем систематического их контроля от знаков опорной геодезической основы.

Проектирование разбивочного обоснования завершается вычислением координат вершин сети в условной системе, принятой для данной строительной площадки.

Таблица 3 - Характеристики строительных сеток

| Характеристика сетки | Класс сетки / разряд / размеры сторон, м | | |
|--|--|-----------|-----------|
| | 4 | 1р | 2р |
| Прямоугольная | 400 x 200 | 400 x 100 | 200 x 100 |
| | 400 x 100 | 200 x 100 | 100 x 50 |
| Квадратная | 200 x 200 | 150 x 150 | 150 x 150 |
| | 150 x 150 | 100 x 100 | 100 x 100 |
| | 100 x 100 | | 50 x 50 |
| Расстояния между параллельными линиями | 200 | 150 | 150 |
| | 150 | 100 | 100 |
| | 100 | | 50 |

В системе координат строительной сетки положение ее вершин определяют простым суммированием: к соответствующей координате начального пункта (юго-восточного угла сетки) последовательно прибавляют значения проектных сторон. При этом координаты пунктов разбивочной сети должны иметь положительные значения кратные сотням или десяткам метров. Ось абсцисс можно направить вдоль главной оси основного сооружения строительной площадки, а ось ординат — перпендикулярно к ней.

Для установления аналитической зависимости между частной системой координат (x, y) строительной сетки и системой координат (X, Y) генплана выбирают два пункта A и B и графически снимают их координаты в системе генплана X'_A, Y'_A и X'_B, Y'_B . Из решения обратной геодезической задачи определяют табличный угол r_{AB} (румб), дирекционный угол α_{AB} , длину S'_{AB} стороны AB :

$$\operatorname{tgr}_{AB} = \frac{Y'_B - Y'_A}{X'_B - X'_A}; \quad S'_{AB} = \frac{Y'_B - Y'_A}{\operatorname{Sin} r_{AB}} = \frac{X'_B - X'_A}{\operatorname{Cos} r_{AB}}; \quad (2.3)$$

Затем вычисленную длину S'_{AB} сравнивают с проектной, найденный дирекционный угол α_{AB} с величиной этого угла, определенного графически с плана транспортиром. Если полученные расхождения лежат в пределах графической точности плана ($\Delta S \leq 0,3 \div 0,5$ мм; $\Delta \alpha \leq 30' \div 60'$), то вычисляют местоположение пунктов A и B в системе координат генплана:

$$\begin{aligned} X_A &= 1/2 (x'_A + x'_B) - 1/2 S_{AB} \operatorname{Cos} \alpha_{AB}; \\ Y_A &= 1/2 (y'_A + y'_B) - 1/2 S_{AB} \operatorname{Sin} \alpha_{AB}; \\ X_B &= 1/2 (x'_A + x'_B) + 1/2 S_{AB} \operatorname{Cos} \alpha_{AB}; \\ Y_B &= 1/2 (y'_A + y'_B) + 1/2 S_{AB} \operatorname{Sin} \alpha_{AB}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

где x'_A, x'_B, y'_A, y'_B — координаты положения пунктов A и B в частной системе координат.

2.2 Вынос в натуру строительной сетки

После составления проекта геодезической строительной прямоугольной сети ее выносят на местность — «разбивают». Разбивку начинают с определения исходного направления, для выноса которого используют

пункты планового геодезического обоснования, расположенные на строительной площадке. Для этого, на основе решения обратных задач по координатам вершин строительной сетки и исходных пунктов вычисляют необходимые элементы разбивки (2.3). Дальнейшее построение сетки прямоугольников (квадратов) осуществляют, как правило, двумя способами: осевым и редуцирования.

Осевой способ основывается на вынесенных и закрепленных на местности исходных направлениях, от которых строят в натуре две строго перпендикулярные оси EN и MD (рис. 4). Затем вдоль полученных осевых линий от центра откладывают отрезки, равные проектным сторонам сетки. Эти измерения производят шкаловой лентой (с применением динамометра) с постоянным натяжением и учитывают поправки за компарирование, наклон местности и температуру. Возможно применение для детальной разбивки строительной сетки современных тахеометров типа Nikon, 3Та5Р и т.д., что позволяет гораздо продуктивнее использовать существующие методы выноски.

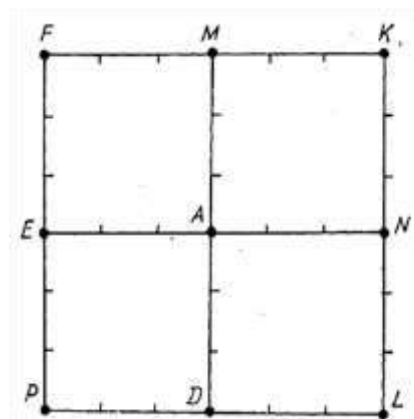


Рисунок 4 - Осевой способ разбивки строительной сетки: EN и MD – строго перпендикулярные линии

В конечных точках (F, K, L, P) строят прямые углы и продолжают разметку фигур сетки по периметру. В этом случае неизбежно накопление линейных ошибок: длины сторон могут несколько отличаться от проектных и не все углы будут равны 90° . Величины полученных ошибок уменьшают путем перемещения пунктов разбивочной сети в прямоугольниках.

Таким образом, на площадке получают четыре построенных полигона, в вершинах которых закладывают постоянные знаки. По их периметрам прокладывают полигонометрические ходы 1 разряда, уравнивают и определяют координаты всех пунктов.

Внутренние точки сгущения сетки получают с помощью создания ходов полигонометрии 2 разряда по предварительно размеченным прямоугольникам.

Осевой способ обычно применяют в том случае, когда строительная площадка сравнительно невелика, или там, где не требуется большая точ-

ность и ошибками взаимного положения пунктов в 3–5 см можно пренебречь.

Метод последовательного приближения или редуцирования рекомендуется применять при вынесении строительных сеток на большие промышленные (строительные) площадки. Способ редуцирования обеспечивает более высокую точность получения элементов разбивочной основы.

После составления проекта геодезической прямоугольной сетки поступают следующим образом:

- 1) выполняют предварительную разбивку основных фигур разбивочной сети, закрепляют их временными знаками;
- 2) определяют координаты центров вершин предварительно разбитой сетки;
- 3) вычисляют элементы редукции (отклонения предварительно разбитых точек от их проектного положения);
- 4) редуцируют точки на местности (т.е. вводят в их положение поправки и закрепляют полученные новые центры пунктов постоянными знаками);
- 5) осуществляют контрольные измерения;
- 6) разбивают и закрепляют промежуточные пункты.

В зависимости от размера и точности строительной сетки могут быть использованы различные методы выполнения вышеперечисленных этапов работ.

Последовательно рассмотрим каждый из обозначенных пунктов метода.

Предварительная разбивка основных фигур сетки зависит от площади застройки, ее вида. Например, если строительная площадка составляет площадь более 1 км² (допустим, 1600 x 1800 м) и имеет прямоугольную форму, то целесообразно вынести на местность 6 пунктов. Если же площадь застройки по форме близка к квадрату (например, 1200 x 1200 м), то достаточно ограничиться 4 пунктами.

Для небольших участков застройки, геодезических сетей невысокой точности на местность выносят не фигуры, а базис-линию *АС* строительной сетки, проходящую по возможности в середине разбивочной основы и по местности, доступной для линейных измерений (рис. 5). Для надежной ориентировки сети длина базиса должна быть более 600–800 м, а для больших сеток не менее половины их протяженности.

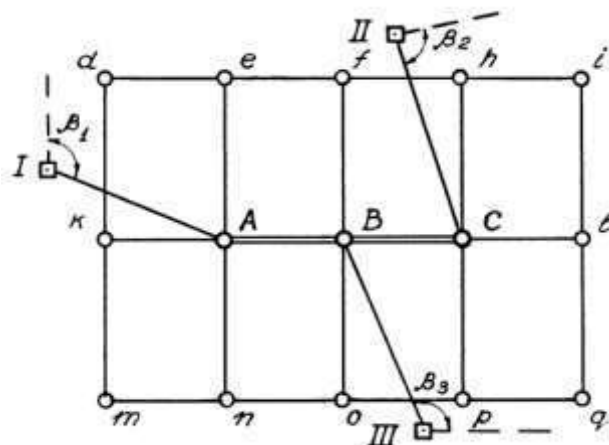


Рисунок 5 - Схема привязки вершин сетки к главной геодезической основе: I, II, III – пункты полигонометрии

Все точки намеченных фигур и не менее трех точек базиса привязывают к ближайшим пунктам главной геодезической основы строительной площадки. Используя данные привязки, вершины фигур A, B, C выносят на местность и закрепляют временными знаками. Методом створных промеров и вывешивания для способа створного базиса (см. рис. 5) предварительно разбивают основные квадраты (400 x 400 м) или прямоугольники (400 x 200 м), а также закрепляют их вершины временными знаками, например, столбами с забитыми в качестве центров гвоздями.

Определение координат центров вершин предварительно разбитой сетки (в зависимости от заданной точности и характера местности) выполняют методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии, засечек А.Н. Дурнева, четырехугольников без диагоналей и др.

Метод полигонометрии в настоящее время является наиболее распространенным. Измерения углов и расстояний, а также обработка результатов измерений выполняются с соблюдением требований инструкции для соответствующего разряда геодезической плановой сети (или по программе, разработанной для каждого случая специально). Координаты вершин полигонов вычисляют в системе строительной сетки, что приводит к существенному упрощению геодезических измерений. По необходимости, пересчет координат от одной системы к другой осуществляют по формулам (2.1), (2.2), (2.4).

Вычисление элементов редукции осуществляется алгебраическим сложением значений проектных координат и фактически полученных. Так, если координаты пункта равны 50 350,023 м и 4 200,009 м, то центр вершины сетки нужно сместить на величину $\delta_x = -0,023$ м по оси абсцисс и на величину $\delta_y = -0,009$ м по оси ординат.

Редуцировать (сместить) центры пунктов основных фигур сетки возможно различными вариантами, например, если редукционные поправки δ_x и δ_y сравнительно невелики (до 10 см), то можно применять способ фик-

сации центра временного знака при помощи надежно установленного центра (отвеса) и последующего переноса его на верхнюю поверхность постоянного знака, поставленного вместо временного. В этом случае непосредственно на самой пластине намечают направления координатных осей, по которым откладывают поправки δ_x и δ_y и находят центр исправленных координат вершин сетки (рис. 2.6).

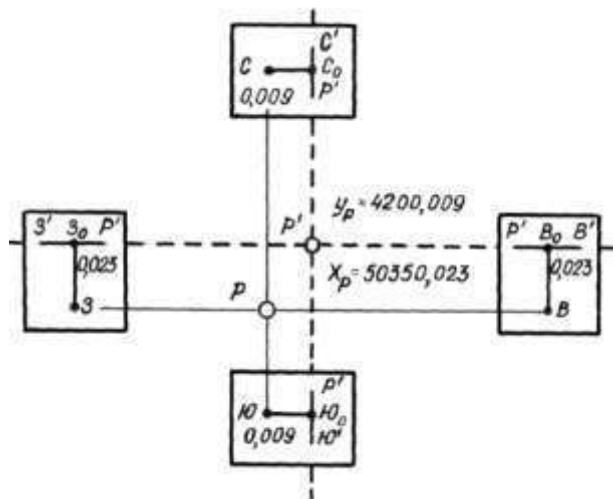


Рисунок 6 - Схема редуцирования пункта в проектное положение

Иногда взамен временных знаков сразу закладывают знаки с приваренными к верхним концам пластинам, толщиной не менее 7 мм и размером 20 x 20 см. На пластинах и знаках вначале намечают временные центры, затем их редуцируют и набивают постоянные. Недостатком этого способа (однотайной разбивки) является условие повышенной точности предварительной разбивки, обеспечивающей величину элементов редуцирования не более 10 см.

После редуцирования и установления постоянных знаков повторно производят контрольное определение их координат. Затем разбивают и закрепляют промежуточные пункты внутри основных фигур строительной сетки. Обычно это выполняется створными разбивками и линейными промерами с одного пункта сети на другой.

2.3 Общие сведения и понятия о разбивках

Геодзическо-маркшейдерские работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно проекту, называются разбивкой сооружения или перенесением проекта в натуру. При этом используют генеральный план строительства, разбивочные и рабочие чертежи фундаментов сооружений, установок и агрегатов, подъездных путей и др.

Геодзические разбивочные работы являются составной частью строительного-монтажного производства и делятся на плановую и высотную разбивки сооружений, которые осуществляются в три этапа.

На первом этапе выполняют основные разбивочные работы. Они заключаются в определении на местности положения главных или основных разбивочных осей и строительного нуля от пунктов плановой и высотной геодезической основы. Оси закрепляют специальными знаками.

На втором этапе производят детальную разбивку сооружения, отмечающую положение частей инженерного сооружения, его геометрические параметры и элементы.

На третьем этапе обеспечивают разбивку и закрепление монтажных осей и установку в проектное положение технологического оборудования. Этап требует соблюдения высокой точности геодезическо-маркшейдерских работ.

Приступая к разбивке объекта:

- определяют необходимую и достаточную точность выноски отдельных его элементов;
- намечают методику измерений, необходимые инструменты, исходящие точки и общий план работы;
- знакомятся с условиями предстоящей разбивки на местности, проверяют наличие препятствий выполнению работ и загромождению площадки;
- составляют детальную схему разбивки в полевом журнале с указанием необходимых данных из рабочих чертежей.

В процессе вынесения проекта в натуру производят разнообразные геодезические измерения, свойственные исключительно разбивочным работам. По своему содержанию они противоположны съёмочным работам и имеют свои специфические особенности. Вынос объекта на местность осуществляет в определенном порядке.

Способы геодезических разбивочных работ, построение их элементов

Выбор способа ведения разбивочных работ зависит от места расположения инженерного сооружения, его размеров, назначения и точности выноски в натуру.

Существуют следующие основные способы разбивки: полярный, створной засечки, угловой и линейной засечек, прямоугольных координат, полигонометрии и др. Все они по своей сущности основаны на использовании таких элементов разбивочных определений, как построение на местности горизонтального проектного угла, линии проектной длины, линии проектного уклона, точки с проектной отметкой. Поэтому сначала рассмотрим, как осуществляют построение элементов геодезических разбивочных работ.

Построение горизонтального проектного угла может быть выполнено двумя способами в зависимости от точности имеющегося прибора.

Первый способ применяется в том случае, когда требуемая точность откладывания угла меньше точности отсчета по горизонтальному кругу

теодолита. Он заключается в последовательном откладывании от известного направления AB в пункте A заданного угла при «круге право» (КП) и «круге лево» (КЛ), (рис. 2.7, a). Из двух полученных при выноске точек берут среднюю (C) и принимают построенный угол ABC за проектный (требуемый). Для контроля отложенный угол измеряют и сверяют с заданным значением.

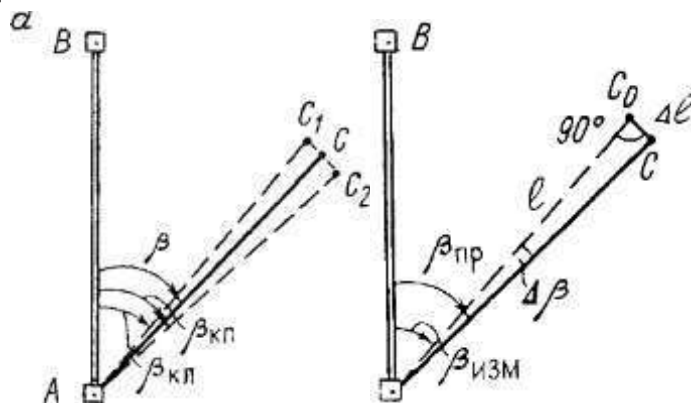


Рисунок 7 - Схема построения горизонтального угла:

a – способ непосредственной выноски; b – способ построения угла с применением редукции

Второй способ построения угла используется при необходимости его выноски с более высокой точностью, чем точность применяемого прибора. В этом случае откладывают заданный угол одним приемом и отмечают на местности точку C_0 . Затем измеряют этот угол с необходимой точностью и определяют разность $\Delta\beta = \beta_{пр} - \beta_{изм}$ между полученным ($\beta_{изм}$) и проектным ($\beta_{пр}$) углами (рис. 7, b), которую и необходимо ввести для уточнения построенного угла. Угловую поправку $\Delta\beta$ заменяют линейной величиной $\Delta l = CC_0$:

$$\Delta l = l \frac{\Delta\beta''}{\rho''},$$

где $\Delta\beta$ определяется в секундах; ρ – радиан в секундах ($206\,265''$).

Отложив на местности от точки C_0 величину Δl перпендикулярно к линии AC_0 , получают искомый угол ABC . Для контроля построенный угол измеряют.

Построение линии проектной длины зависит от ее размера.

Пример первый. Линия выносится на местность, представленную ровной поверхностью, причем ее длина не превышает пределов измерения мерного прибора (рулетки). В этом случае поступают следующим образом:

1) устанавливают в начальной точке теодолит, отмечают заданное направление вехой, на ней фиксируют высоту инструмента i и измеряют угол наклона δ ;

2) вычисляют наклонное расстояние L , которое необходимо отложить на местности

$$L = \frac{\ell_0}{\cos \delta},$$

где ℓ_0 – проектная горизонтальная длина линии с учетом поправок за температуру и компарирование мерного прибора;

3) откладывают вычисленную длину L в натуре и закрепляют ее.

Пример второй. Проектная длина линии велика (больше предела измерения прибора), условия местности неблагоприятны, а требуемая точность выноски высокая.

При построении проектной длины линии с помощью мерных лент или рулеток задача определения её положения сводится к отложению в натуре отрезка, горизонтальное проложение которого должно быть равно заданной длине ℓ_0 (рис. 8).

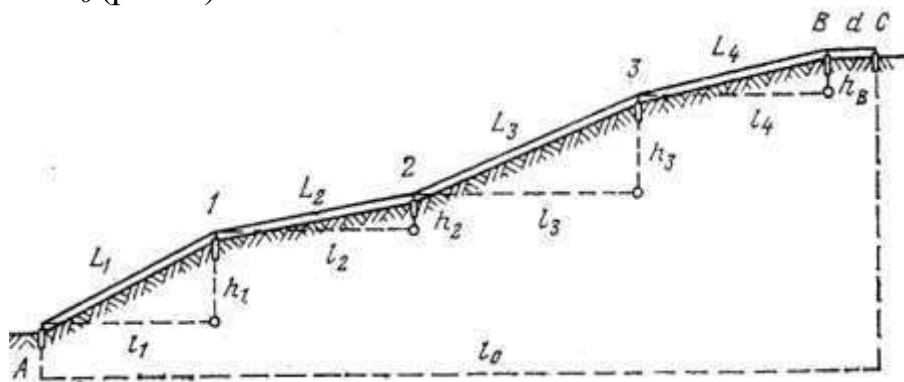


Рисунок 8- линии проектной длины

Разбивочные работы осуществляются следующим образом:

а) по заданному направлению AB откладывают наклонное расстояние $L_0 = \ell / \cos \delta$ и закрепляют его в точке B . Угол наклона δ берется приближенно;

б) отрезок AB делят (разбивают) на отдельные участки, не превышающие длины мерного прибора и фиксируют их, например, кольями;

в) точно измеряют наклонные расстояния $L_1, L_2 \dots L_n$, вводят в них поправки за наклон, температуру, компарирование и провес;

г) определяют сумму измеренных длин и вычисляют домер d от точки B

$$d = \ell_0 - \sum \ell_i.$$

д) отложив домер в натуре, получают точку C и закрепляют ее.

Таким образом получают искомую длину AB на местности в виде исправленной линии AC . Для контроля это расстояние измеряют и сравнивают с проектным.

В настоящее время наиболее удобными и эффективными приборами для построения линий на местности являются электронные тахеометры, снабженные встроенными в них светодальномерами. Светодальномер имеет различные режимы измерения расстояний, в том числе получение горизонтального проложения, позволяющего оперативно получать домер d от

предварительно вынесенной, до искомой величины. Например, отечественным электронным тахеометром 3Та5(Р) можно измерять расстояния (D) от двух до 2 000 м со среднеквадратической погрешностью, получаемой из выражения $5 + 3 \cdot 10^{-6}D$ (мм).

Построение точки с проектной отметкой выполняют, как правило, с помощью нивелира и рейки от ближайших реперов, используя горизонт прибора. С этой целью устанавливают нивелир примерно посередине между репером R_p с известной отметкой H_{R_p} и местом вынесения точки, например, B . По рейке, находящейся на репере, берут отсчет a и вычисляют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{R_p} + a$$

Для того, чтобы установить на точке B проектную отметку $H_{пр}$, находят величину отсчета b (рис. 9).

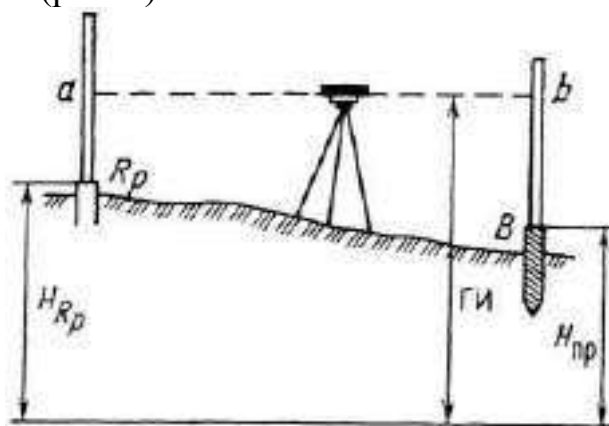


Рисунок 9 - Схема построения точки с проектной отметкой

Отметку горизонта инструмента можно получить, используя формулу (2.5) и равенство

$$H_{R_p} + a = H_{пр} + b = ГИ,$$

откуда

$$b = ГИ - H_{пр}$$

Затем вычисляют по формуле (2.6) отсчет b , рейку в точке B передвигают по высоте, добиваясь, чтобы отсчет по средней нити окуляра трубы прибора равнялся искомому — b . Пятка рейки, установленной по отсчету, будет соответствовать проектной отметке. Ее фиксируют в натуре с помощью забиваемого колышка, ввинчивая специальный болт, проводя черту на колонне и т.п. Для контроля правильности выноски проектной отметки, ее определяют с помощью повторного нивелирования с заданной точностью.

Среднюю квадратическую погрешность m_T выноски в натуру проектной отметки точки в пределах одной станции геометрическим нивелированием, определяем из выражения

$$m_T = \sqrt{m_o^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_\phi^2},$$

где m_0 – погрешность исходных точек высотной основы;

m_a – погрешность отсчета a по рейке;

m_b – погрешность отсчета b по рейке;

m_ϕ – погрешность фиксации проектной точки в натуре.

Построение линии и плоскости с проектным уклоном. Разбивка наклонных линий и плоскостей заданного уклона в основном сводится к выносу на местность проектных отметок главных точек проекта вертикальной планировки, при рытье траншей коммуникаций, устройстве земляного полотна автомобильных и железных дорог. Решение этой задачи может быть выполнено с помощью нивелира, теодолита и визирок. Главные точки проектной линии переносят на местность методом геометрического нивелирования путем решения отдельных задач выноса в натуре их заданных отметок.

Итак, вынос линии AB с проектным уклоном от исходной точки A (рис. 10, *а*) начинают с построения проектной H_B отметки точки B . Расстояние между точками разделяют на 100, 50 м и менее, в зависимости от специфики производства строительных работ и характера рельефа. Вынос промежуточных точек линии осуществляют путем наклона нивелира подъемными винтами до отсчета по рейке в точке B , равного высоте i прибора в точке A . После этого ставят рейку в створе линии AB через равные отрезки и забивают колья, например, в точках C и D так, чтобы отсчет на них по рейке равнялся горизонту инструмента.

При разбивке на местности линий со значительными уклонами используют теодолит (рис. 10, *б*).

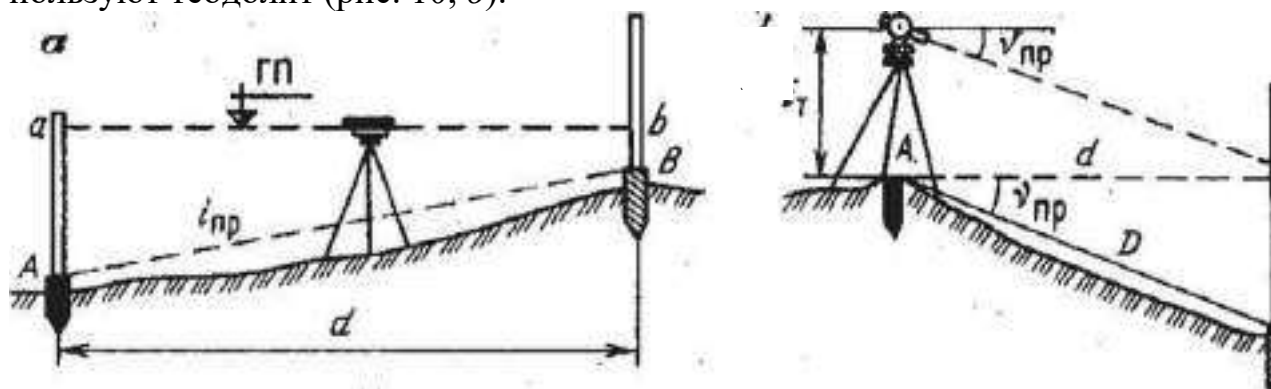


Рисунок 10 - Построение линии (плоскости) с проектным уклоном:

а – с помощью нивелира; *б* – с помощью теодолита

Прибор устанавливают в точке A , откладывают по вертикальному кругу угол, равный проектному уклону, выраженному в градусной мере с учетом места нуля (МО). Проектное положение промежуточных точек C и D определяют с помощью визирки, установленной на высоту i визирного луча зрительной трубы теодолита.

С меньшей точностью задача построения линии заданного уклона может быть выполнена визуально с помощью трех визирок одинаковой длины. Две опорные визирки устанавливаются в точках A и B , а третью (ходовую) – в промежуточных C и D точках. Высоты на них задаются визирным лучом глаза по опорным визиркам (рис. 11).

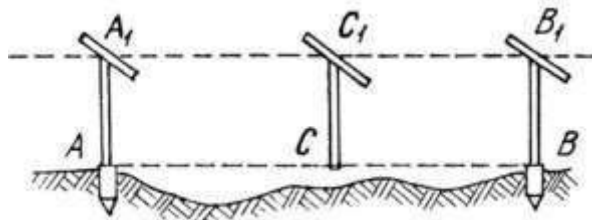


Рисунок 11 - Схема выноса заданного уклона с помощью визирок

Таким образом, в высотном отношении построение линии с заданным уклоном осуществляется в результате выноски проектных отметок начальной и конечной точек, которые определяют необходимый уклон

$$i = \frac{(H_A - H_B)}{S},$$

где $(H_A - H_B)$ – превышение между начальной и конечной точками; S – горизонтальное проложение. Точность выноски в натуре проектного уклона линии зависит от погрешности определения отметок точек и длины линии.

Построение проектной плоскости, заданной, например, точками A , B , C , D (рис. 12), производят аналогичным образом. Вначале устанавливают эти точки на проектные отметки, затем, действуя последовательно подъемными винтами нивелира, добиваются, чтобы отсчеты на всех четырех углах были равны высоте инструмента i . Поставленная на этот же отсчет нивелирная рейка в любой точке площади фигуры A , B , C , D своей пятой будет лежать в проектной плоскости заданного уклона, которую по необходимости закрепляют.

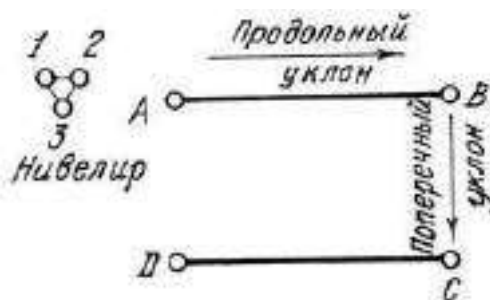


Рисунок 12 - Схема построения плоскости с проектным уклоном

Способы геодезических разбивочных работ основаны на рассмотренных выше элементах разбивок и построены на двух методах:

1. Непосредственной разбивки, состоящей из собственно построения разбивочных величин с заданной точностью, которая применяется, как правило, на работах меньшей точности.
2. Редуцирования, основанного на предварительной разбивке точки, близкой к заданной, с последующим ее смещением в проектное положение. Данный метод применяется на работах, требующих высокой точности разбивки.

Как указывалось ранее, для определения точки на местности наиболее распространенными являются способы прямоугольных и полярных координат, угловых и линейных засечек, а также створов.

Перенесение в натуру точек по их заданным координатам

Способ прямоугольных координат применяется в условиях слабопересеченной открытой местности при разбивке зданий и сооружений от пунктов строительной сетки. Для определения положения точек с минимальной погрешностью исходная линия AB должна быть ближе к выносимым элементам здания (сооружения), рис. 13.

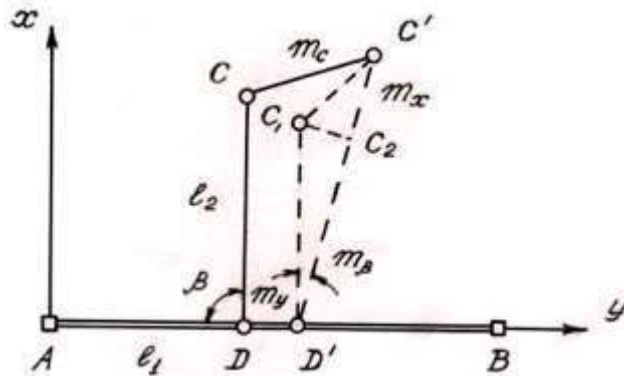


Рисунок 13 - Способ построения точки с помощью прямоугольных координат

Вначале вычисляют приращения координат Δx и Δy от центра ближайшего пункта сетки до искомой точки C . В створе линии AB откладывают отрезок $l_1 = \Delta y$ по оси Y . Затем из полученной точки D с помощью теодолита восстанавливают перпендикуляр длиной $l_2 = \Delta x$ и закрепляют найденную точку C .

Вследствие влияния ошибок измерения длин и построения угла на местности, вместо точек D и C будут получены точки D' и C' . В этом случае среднеквадратическая погрешность m_C выноса точки C способом прямоугольных координат будет складываться из ошибок построения способами линейной створной засечки (m_{Cl}) и полярных координат (m_{Pl}):

$$m_C = \sqrt{m_{Cl}^2 + m_{Pl}^2} .$$

Способ полярных координат заключается в построении проектной точки на местности по заданному углу и расстоянию от ближайшего пункта разбивочного сети (рис. 14). Для этого необходимо решением обратной геодезической задачи по известным координатам двух точек A и C опреде-

лить полярные координаты искомой точки β и d . Вначале находят дирекционный угол α_{AC} по формуле (2.3):

$$\operatorname{tg} \alpha_{AC} = \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A},$$

затем определяют угол направления на точку C

$$\beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$$

и горизонтальное расстояние

$$d = \frac{Y_C - Y_A}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{X_C - X_A}{\cos \alpha_{AC}}.$$

На местности устанавливают на точке A теодолит и откладывают известные способами вычисленный угол β и полярное расстояние d_C . Аналогичным способом находят угол здания D . Для контроля измеряют углы при точках C и D (γ_C, γ_D) в натуре, а также расстояние CD , которое сравнивают с проектным значением.

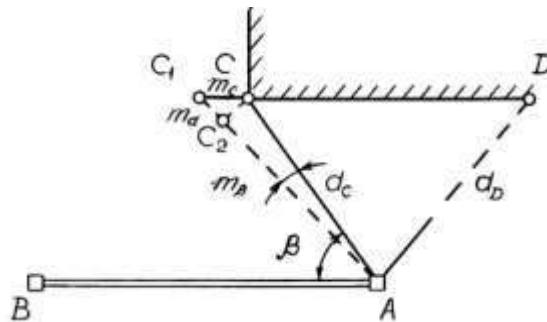


Рисунок 14 - Способ полярных координат и погрешность выноски точки C

Погрешность определения положения точки C без учета погрешностей исходных данных, определяется по формуле

$$m_C = \sqrt{m_\beta^2 \frac{d^2}{\rho^2} + m_d^2},$$

где m_β – погрешность перенесения угла β в натуре; d – расстояние от исходного пункта до определяемой точки C ; m_d – погрешность перенесения расстояния на местности.

Применяют полярный способ на открытой местности, удобной для измерения расстояний.

Способ угловой засечки применяется при разбивке сооружения на пересеченной местности, когда непосредственное измерение расстояний от разбивочного обоснования до определяемой точки затруднено.

Положение точки C в натуре определяют с помощью построения двух углов β_A и β_B от направления между пунктами A и B (рис. 15).

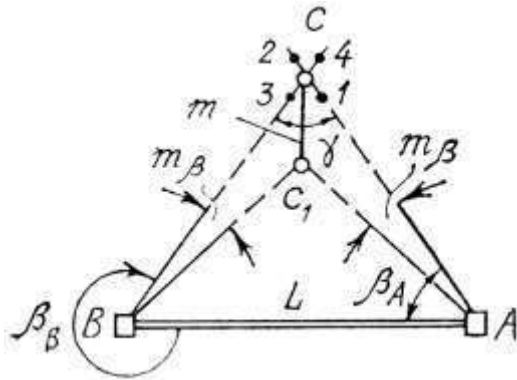


Рисунок 15 - Схема определения точки по способу угловой засечки

Для вынесения точки C на местность поступают следующим образом:

- 1) решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы α_{AB} , α_{AC} , α_{BC} . По разности соответствующих дирекционных углов получают искомые углы β_A и β_B ;
- 2) на местности эти углы откладывают от исходного направления AB с помощью теодолитов, установленных в точках A и B , которые фиксируют четырьмя кольями 1, 2, 3, 4. На пересечении натянутых проволок находят искомую точку C . Для контроля правильности ее вынесения, на местности измеряют угол γ при точке C .

Точность перенесения точки в натуру угловой засечкой зависит от погрешности построения углов β_A и β_B , а также от формы треугольников

$$m_C = d \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_A + \sin^2 \beta_B}{\sin^4 \gamma}},$$

где d – длина стороны AB ; γ – угол при точке C .

Способ линейной засечки применяют на ровной открытой поверхности и вблизи пунктов геодезической основы на расстояниях, не превышающих длины мерного прибора.

Искомая точка C на местности (рис. 16) определяется путем прочерчивания дуг проектных расстояний d_1 и d_2 , отложенных от опорных пунктов A, B .

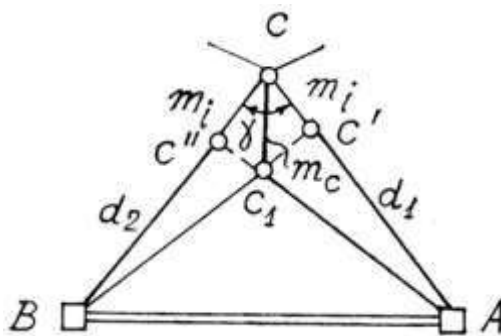


Рисунок 16 - Способ линейной засечки

Расстояния d_1 и d_2 вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известной формуле (2.3).

Средняя погрешность m_C определения положения точки C относительно исходных точек A и B определяется по формуле

$$m_C = \frac{m_i \sqrt{2}}{\sin \gamma},$$

где $m_i = m_A = m_B$ – средние погрешности измерения расстояний d_1 и d_2 ; γ – угол при точке C .

Способ створной (линейной) засечки широко применяется при разбивке промышленных зданий и инженерных сооружений где, как правило, створы между пунктами разбивочного обоснования параллельны строительным осям и пересекаются под прямыми углами. В общем случае положение точки на местности определяется путем пересечения двух створных линий, закрепленных на двух противоположных сторонах сооружения. В зависимости от вида строительства существует много различных схем построения створной засечки (рис. 17).

Точность построения точки способом створной засечки m зависит от точности построения створов $1-1'$ и $2-2'$ (m_{C1} , m_{C2}), влияния ошибок исходных данных (m_u), а также от точности фиксирования (m_ϕ)

$$m^2 = m_{C1,2}^2 + m_u^2 + m_\phi^2.$$

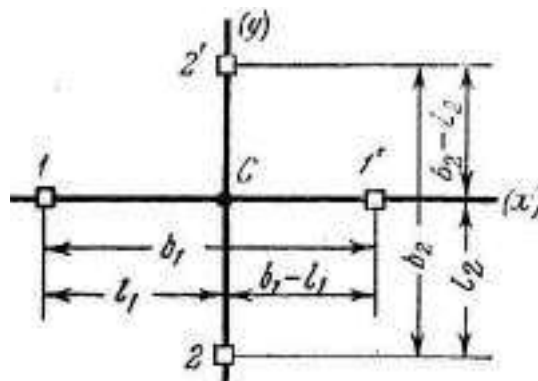


Рисунок 17 - Схема построения точки C способом створной засечки

Перенесение в натуру осей сооружений заключается в вынесении, восстановлении и закреплении на местности ряда точек, проекции которых совпадают с проектным положением осей ствола шахты, трасс подъездных путей, ЛЭП, трубопроводов и т.п., используя способы геодезических построений элементов и точек проекта.

Для примера рассмотрим три случая построения проектных осей инженерных сооружений, заданных координатами точек, дирекционным углом, полигонометрическим ходом.

1. Проектная ось шахтного ствола задана точкой C , имеющей координаты X_C и Y_C , а также дирекционным углом α_{np} (рис. 18).

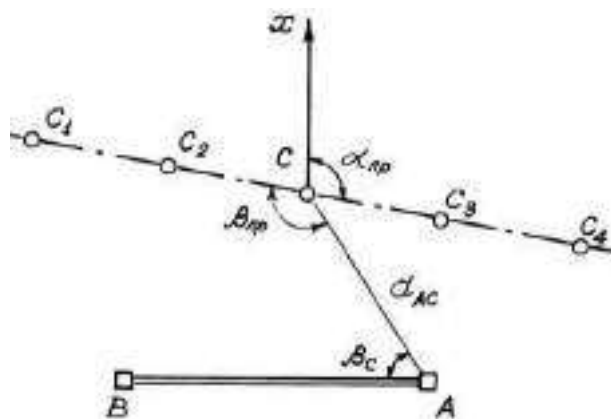


Рисунок 18 - Схема выноса центра и оси ствола

В этом случае, используя опорные пункты A и B разбивочного обоснования, применяют полярный способ построения точки (см. рис. 18). Решением обратной геодезической задачи определяют полярные координаты точки C – β_C и d_{AC} . Затем выносят искомую точку в натуру и закрепляют ее. По разности дирекционных углов линии AC (α_{AC}) и проектной оси (α_{np}) находят разбивочный угол β_{PP}

$$\beta_{PP} = \alpha_{np} - \alpha_{AC} .$$

Установив теодолит в точке C , откладывают вычисленный угол β_{PP} в натуру (см. построение горизонтального проектного угла) и закрепляют вынесенную ось точками $C_1, C_2, \dots C_i$. Для контроля измерения повторяют от пункта B .

2. Ось инженерного сооружения задана конечными пунктами P_1 и P_2 .

Используя способ полярных координат, определяют угловые и линейные элементы от пунктов опорной сети A и B для вынесения точек P_1 и P_2 ($\beta_{P1}, \beta_{P2}, d_{P1}, d_{P2}$). Затем с помощью теодолита провешивают выставленную ось между точками P_1 и P_2 и закрепляют, допустим, кольями.

3. Ось задана геометрическими элементами (горизонтальными углами и длинами) полигонного хода, которые последовательно переносятся в натуру от исходных пунктов (например, трассы подъездных путей, тоннелей, коммуникаций и т.п.).

2.4 Геодезическо-маркшейдерская подготовка к разбивке сооружений

Для того чтобы перенести проект инженерного сооружения на местность, необходимо иметь вполне определенные данные для разбивки:

- 1) плановые координаты точек;
- 2) проектные и фактические отметки;
- 3) расстояния до выносимых элементов;
- 4) уклоны подъездных дорог и площадок;
- 5) величины угловых и линейных построений.

Геодезические расчеты и набор вышеуказанных составляющих для перенесения проекта в натуру называется геодезической подготовкой исходных данных к разбивке.

Разбивочные величины представляют в удобном для пользования виде: разбивочном чертеже. На нем выписывают все сведения, необходимые для выноски: длины линий, откладываемые в натуре; углы от исходных до проектных направлений; данные для разбивки на местности главных осей сооружений.

Геодезическая подготовка исходных значений может выполняться графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

Графический способ состоит в непосредственном определении по генеральному плану координат точек, расстояний и углов между направлениями с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и топографического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности вычисления исходных данных для разбивок. Тем не менее, на точность их определения влияют:

- графическая точность построения генерального плана;
- приборные погрешности;
- деформация бумаги.

Деформация бумаги будет оказывать наиболее значительное влияние вдоль осей координат X и Y и характеризуется отношением теоретической длины стороны координатной сетки ℓ_T к измеренной ℓ_H

$$K = \frac{\ell_T}{\ell_H},$$

где K – коэффициент деформации.

Для получения с плана координат точки A необходимо измерить приращения ΔX и ΔY от нижнего левого угла координатной сетки и умножить их на соответствующие коэффициенты деформации K_x и K_y , а затем сложить со значениями этих координат (рис. 19).

Для контроля правильности получения координат точки A , их можно определить от правого верхнего угла сетки аналогичным образом

$$X_A = X'_C - \Delta X' K_x; Y_A = Y'_C - \Delta Y' K_y.$$

При измерении на плане линии ℓ_{AB} , деформация бумаги учитывается следующим образом

$$\ell_{AB} = \ell'_{AB}(K_x \cos^2 \alpha + K_y \sin^2 \alpha),$$

где ℓ'_{AB} – измеренное значение длины; α – измеренное значение дирекционного угла.

В этом случае получим следующие выражения определения координат

$$\begin{aligned} X_A &= X_C + \Delta X K_x; \\ Y_A &= Y_C + \Delta Y K_y. \end{aligned}$$

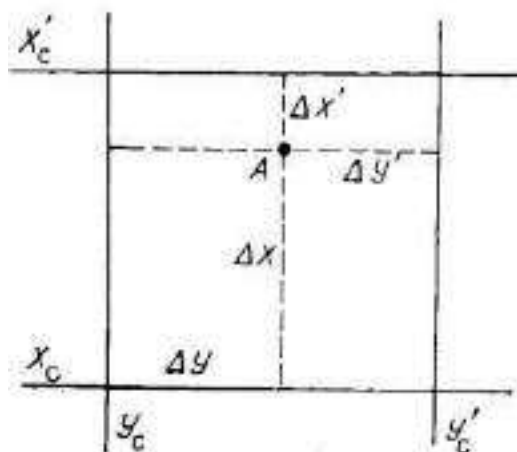


Рисунок 19 - Схема введения поправок за деформацию бумаги

Аналитический способ расчета исходных показателей состоит в математических вычислениях всех данных, необходимых для разбивки проекта. Расчет элементов разбивочных работ ведут от пунктов геодезической сети или твердых контурных точек.

Имея фактические координаты существующих пунктов разбивочной основы и проектные координаты (например, осевых точек сооружений) вычисляют расстояния и направления, связывающие осевые точки между собой и с пунктами опорной сети. Основными определениями, вытекающими из этих целей, являются нахождение расстояний ℓ и углов β при помощи решения обратной геодезической задачи по формуле (2.3).

$$\operatorname{tgr}_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad \ell = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{BA}} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{BA}}.$$

Разбивочный угол β находят как разность дирекционных углов определяемой и исходной линий

$$\beta = \alpha_{\text{опр}} - \alpha_{\text{исх}}.$$

Способ обеспечивает высокую точность получения разбивочных элементов для выноски их на местность, но является наиболее трудоемким.

Графоаналитический способ подготовки данных разбивки является более оперативным, по сравнению с аналитическим. Он обеспечивает достаточную точность вынесения в натуру строительных элементов и широко используется в строительной практике. В данном способе часть исходных величин берут графически с генеральных или топографических планов, например, размеры существующих зданий, координаты их углов, расстояния, а остальные элементы получают аналитически. Координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей (каталогов), а дирекционные углы направлений и длины линий вычисляют по формулам обратной геодезической задачи, используя графические определения. Для снижения погрешности за счет деформации бумаги, координаты проектных точек определяют следующим образом.

1. Через точку A (рис. 20) проводят линии, параллельные сторонам координатной сетки. Измеряют по плану с помощью циркуля отрезки $\Delta X'$ и $\Delta X''$, $\Delta Y'$ и $\Delta Y''$.

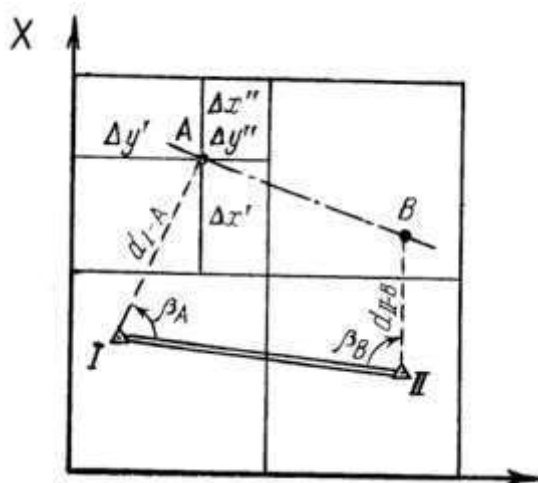


Рисунок 20 - Схема определения координат графоаналитическим способом

2. Вычисляют координаты точки A

$$X_A = X'_A + \frac{S}{\Delta X' + \Delta X''} \Delta X'; \quad Y_A = Y'_A + \frac{S}{\Delta Y' + \Delta Y''} \Delta Y',$$

где S – теоретическая длина стороны квадрата координатной сетки;
 X'_A, Y'_A – координаты точки A от юго-западного угла квадрата.

Аналогичным образом определяют координаты точки B .

По найденным координатам точек A и B осей сооружений находят расстояния от точек (I и II) опорной сети до искомым (A и B), дирекционные углы α_{I-A} и α_{II-A} и разбивочные углы β_A и β_B при опорных пунктах по формулам (2.3)

$$\operatorname{tg} \alpha_{I-A} = \frac{Y_A - Y_I}{X_A - X_I} = \frac{\Delta Y_{A-I}}{\Delta X_{A-I}}; \quad d_{I-A} = \frac{\Delta Y_{A-I}}{\sin \alpha_{A-I}} = \frac{\Delta X_{A-I}}{\cos \alpha_{A-I}},$$

$$\beta_A = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-A}; \quad \beta_B = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-B}.$$

Графоаналитический способ подготовки исходных данных позволяет избавиться от невязок за счет погрешностей графического проектирования строительства и элементов геодезического построения. Типовыми задачами, решаемыми при подготовке проекта выноски, являются: прямая и обратная геодезические задачи; нахождение координат точки пересечения двух прямых, прямой и кривой; определение координат центра кривой, створных точек и др. Все эти задачи решаются по формулам аналитической геометрии и сводятся к вычислению в обычной ведомости координат или из решения треугольников.

Пример:

Определить координаты X_0, Y_0 точки пересечения линий AA_1 и BB_1 , заданных координатами $X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_{A1}, Y_{A1}, X_{B1}, Y_{B1}$ (рис. 21).

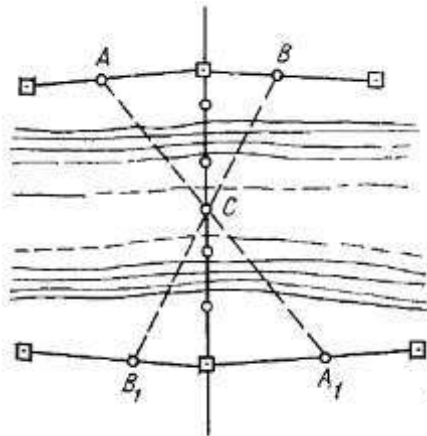


Рисунок 21 - Схема к примеру определения координат точки C при пересечении двух прямых

Из решения обратной геодезической задачи (2.3) определяем дирекционные углы α_{AA_1} , α_{BB_1} , α_{AB_1} и длину d_{AB_1} . По разности дирекционных углов находим горизонтальные углы в треугольнике AB_1C , по теореме синусов определяем расстояния от точки C до одной из точек прямых.

Решая прямую геодезическую задачу, находим координаты точки C .

3 ПОНЯТИЕ О ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ, ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) ПЛОЩАДКЕ

Вертикальной планировкой называется преобразование естественного рельефа на территории строительной площадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения. Проект вертикальной планировки является составной частью генерального плана строительства и в его разработке важное место занимают геодезические расчеты. Основой для составления проекта служат топографические планы в масштабе 1:1000–1:500.

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают вертикальную планировку под горизонтальную или наклонную площадку. Основными документами проектов вертикальной планировки являются:

- план организации рельефа;
- картограмма земляных работ.

Отметки проектируемой застройки приводят в соответствие с существующей застройкой. Все геодезические расчеты сводятся к определению рабочих отметок создаваемого рельефа – выемки или насыпи.

Для выноса проекта сооружения в натуру производят его геодезическую подготовку (составляют проект геодезической подготовки), включающую:

- аналитический расчет проекта выноски;

- составление разбивочных чертежей с данными привязки главных осей сооружений к пунктам геодезической основы;
- разработку проекта производства геодезических работ (ППГР).

Вертикальная планировка под горизонтальную поверхность обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, что означает равенство геометрических объемов выемки и насыпи грунта. В этом случае используют фактические отметки вершин квадратов, полученных при площадном нивелировании (рис. 22, а) или из топографической съемки масштаба 1:500 путем интерполяции между горизонталями.

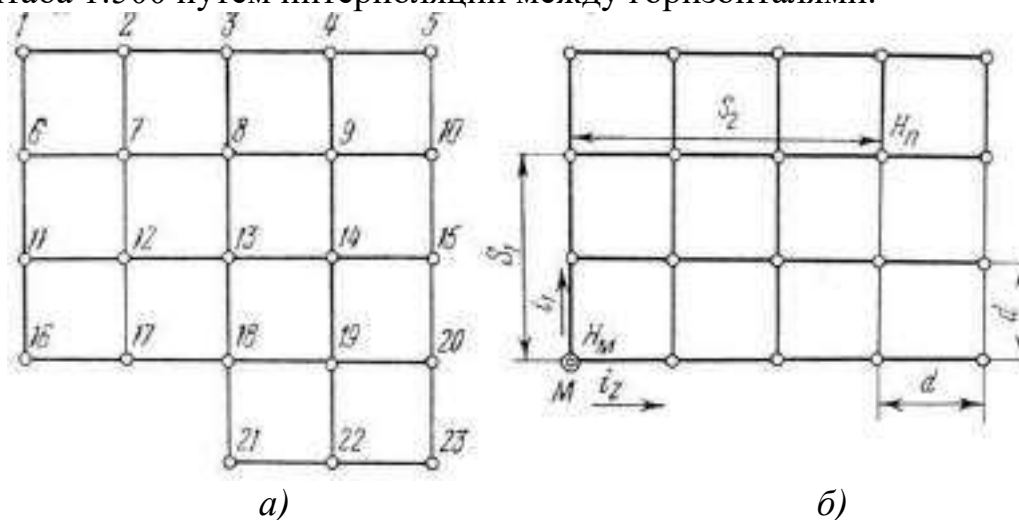


Рисунок 22 - Вертикальная планировка строительной площадки под:

а – горизонтальную поверхность; б – наклонную плоскость

Съемку поверхности (нивелирование площадей) для составления проекта вертикальной планировки чаще всего выполняют методом нивелирования по квадратам или прямоугольникам. Для этого на местности разбивают сетку геометрических фигур со сторонами 10, 20, 50 м и более в зависимости от размеров участка при помощи теодолита и мерной ленты. В это же время ведут съемку подробностей площадки строительства и вычерчивают абрис.

Разбивку квадратов выполняют при помощи теодолита и ленты. На больших площадях для построения сетки возможно использование электронных тахеометров. Каждую вершину квадрата обозначают колышком и сторожком с надписью номера соответствующей вершины.

После разметки участка планировки выбирают схему замкнутого (с целью контроля) нивелирного хода и приступают к нивелированию вершин квадратов.

На местности последовательно устанавливают нивелир в точках I, II, III и вначале берут отсчеты по черной и красной сторонам рейки в связующих точках Iв, 3б, и 3г, рис. 23. После проверки правильности взятых отсчетов, заднюю рейку поочередно устанавливают на соответствующие вершины квадратов согласно схеме нивелирования (рис. 23) и производят

отсчеты только по черным делениям рейки. Все измерения записывают в журнал нивелирования (табл. 4).

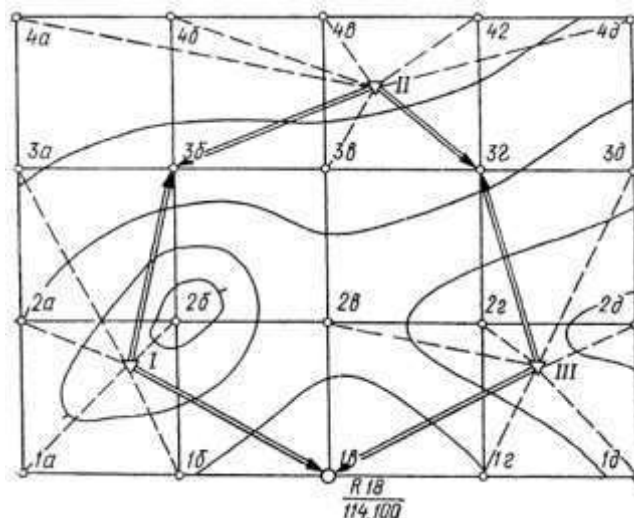


Рисунок 23 - Схема нивелирования по квадратам

При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Например, отметка $H_{3б}$ точки $3б$ будет равна

$$H_{3б} = H_{pen18} + a - b = 114,100 + 1,228 - 0,823 = 114,505 \text{ м (не уравненная).}$$

Затем через горизонт инструмента (ГИ) вычисляют отметки вершин квадратов

$$H_{1б} = ГИ_1 - C_{1б} = 115,328 - 0,576 = 114,752,$$

где $C_{1б}$ – отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке $1б$, табл. 4.

После вычисления отметок всех точек прямоугольной сетки приступают к вычерчиванию плана участка строительной площадки с горизонталями, который используют для составления проекта вертикальной планировки (рис. 24).

Таблица 4 - Журнал технического нивелирования поверхности по квадратам

| Станция | Вершина | Отчеты по рейкам, мм | | | Превышения, мм | | | Горизонт прибора, м | Абсолютные отметки, м |
|---------|--------------|----------------------|----------|---------------|----------------|---------|--------------|---------------------|-----------------------|
| | | задние | передние | промежуточные | вычисленные | средние | исправленные | | |
| I | $1б(R_{18})$ | 1228 | | | | | | 115,328 | 114,100 |
| | $1б$ | 5915 | | 576 | | | | | 114,752 |
| | $1а$ | | | 427 | + 405 | | | | 114,901 |
| | $2а$ | | | 525 | | - 2 | + 403 | | 114,803 |
| | $2б$ | | | 748 | + 405 | | | | 114,580 |
| | $3а$ | | | 1527 | | | | 113,801 | |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | 3б | | 823
5510 | | | | | | |
| II | 3б | 405
5092 | | | | | | 114,908 | 114,503 |
| | 4а | | | 2407 | | | | | 112,501 |
| | 4б | | | 2006 | + 205 | | | | 112,902 |
| | 4в | | | 2005 | | – 2 | | | |
| | 4г | | | | | + 204 | + 202 | | 112,903 |
| | 4з | | | 1607 | + 203 | | | | 113,301 |
| | 4д | | | 402 | | | | | 114,104 |
| | 3в
3г | | | 657 | | | | | 114,251 |
| | | | 200
4889 | | | | | | |
| III | 3г | 2390
7077 | | | | | | 117,095 | 114,705 |
| | 3д | | | 1515 | | | | | 115,580 |
| | 2г | | | 1075 | | | | | 116,020 |
| | 2д | | | 200 | – 605 | | | | 116,895 |
| | 1д | | | 1345 | | – 2 | | | 115,750 |
| | 1г | | | 2093 | – 601 | – 603 | – 605 | | 114,902 |
| | 2в | | | 1795 | | | | | 115,300 |
| | 1б(Р18) | | | 2995
7678 | | | | | 114,100 |

Примечание. $f_h = + 6$ мм; $f_{дон} = \pm 17$ мм.

Нулевой баланс земляных работ обеспечивается заданием проектной отметки по следующей формуле

$$H_{пр} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (2.7)$$

где $\sum H_1$ – сумма фактических отметок, входящих в один квадрат (1, 5, 16, 23); $\sum H_2$ – сумма отметок вершин, общих для двух квадратов (2, 3, 4, 10, ...); $\sum H_3$ – сумма отметок вершин, общих для трех квадратов (18); $\sum H_4$ – сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов (7, 8, 9, ...); n – число квадратов.

По разности между проектной отметкой горизонтальной плоскости и фактической (черной) отметки вершины квадрата получают рабочую высоту выемки или насыпи

$$h_n^{РАБ} = H_{пр} - H_n.$$

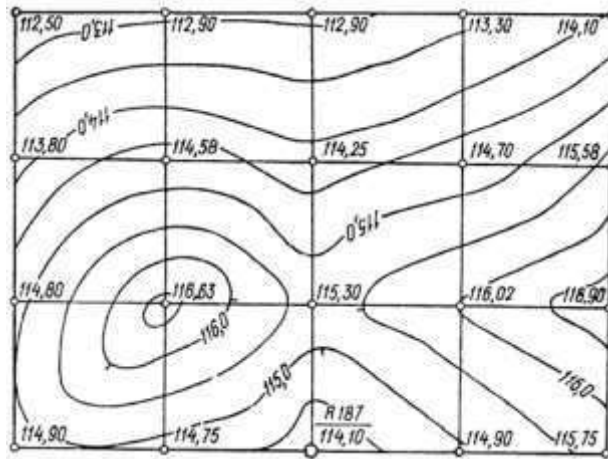


Рисунок 24 - План участка строительной площадки в горизонталях

Рабочие отметки (высоты) подписывают на картограмме земляных работ: со знаком «плюс» – насыпь, «минус» – выемка (рис. 25), а также на сторожках, забитых в вершинах квадратов на местности.

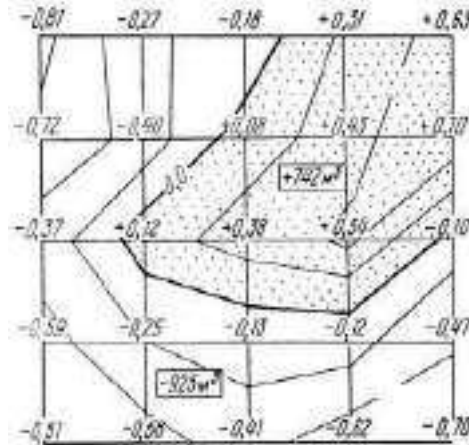


Рисунок 25 - Картограмма земляных работ

Вертикальная планировка под наклонную плоскость производится по заданному проекту уклону i_{np} . Исходными данными являются фактические отметки вершин квадратов, проектная отметка опорной точки M (рис. 22, б), а также проектные уклоны по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов i_1 и i_2 . Проектная отметка точки n определяется из выражения

$$H_n = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2 ,$$

где S_1 и S_2 – расстояния по сторонам квадратов от опорной точки M до искомой n .

В частности, проектные превышения по сторонам первого квадрата находятся

$$h_1 = i_1 d ; h_2 = i_2 d ;$$

где d – длина стороны квадрата.

Зная проектные превышения и отметку опорной точки M , находят проектные отметки вершин квадратов, откуда по значениям фактических отметок вычисляют рабочие.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является картограмма земляных работ, (рис. 25). На ней указывают фактические, проектные и рабочие отметки вершин квадратов, а также положение линии нулевых работ и значения объемов выемки или насыпи грунта.

Объемы земляных работ подсчитывают отдельно по каждому квадрату по рабочим отметкам его вершин, отдельно по выемке и насыпке грунта. В зависимости от требуемой точности, характера рельефа местности и конфигурации земляных работ подсчет объемов производят способами объемной палетки П.К. Соболевского, среднего арифметического, параллельных сечений, правильных геометрических фигур.

По окончании расчетов сводят баланс земляных работ, где указывают избыток или недостаток грунта вертикальной планировки строительной площадки. Для упрощения подсчета насыпных работ, как правило, объем засыпки производят без учета коэффициента разрыхления.

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

4.1 Работы нулевого цикла

Геодезическое обеспечение в гражданском и промышленном строительстве подразделяется на работы, связанные с обслуживанием нулевого цикла и на работы, выполняемые выше нулевой отметки.

В состав нулевого цикла входят:

- рытье котлованов и траншей (с зачисткой дна и откосов);
- монтаж фундамента, стен, подвалов;
- устройство приямков, лифтовых шахт;
- присоединение дворовых коммуникаций;
- монтаж оборудования в подвальном помещении (котлов, насосов, вентиляционных устройств и др.).

Заканчивается подземный цикл возведением объектов до нулевой отметки: чистого пола первого этажа.

Перед началом работ нулевого цикла производят разбивку осей зданий и сооружений. Различают три вида осей (рис. 26):

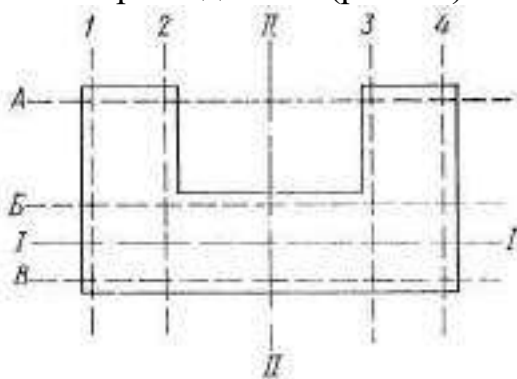


Рисунок 26 - Главные и основные оси здания

Главные оси – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание (сооружение) располагаются симметрично. Их обозначают на генеральном плане римскими цифрами.

Основные оси проходят по контуру здания (сооружения). Продольные оси обозначают буквами, а перпендикулярные к ним линии – арабскими цифрами.

Вспомогательные или разбивочные оси служат для детальной разбивки частей и элементов сооружений. Располагаются они по отношению к основным осям как под углом, так и параллельно к ним в зависимости от конструкции сооружения.

При разбивке главных и основных осей, именуемой основными геодезическими разбивочными работами, их закрепление производят четырьмя осевыми пунктами (знаками), по два с каждой стороны здания (рис. 27).

Знаки должны располагаться на одинаковом расстоянии от сооружения, составляющим, по возможности, полторы его высоты с целью передачи осей со створных пунктов на строящиеся этажи. В дополнение оси можно закреплять краской на стенах существующих зданий.

Кроме плановой разбивки на местности для каждого возводимого сооружения создается высотное обоснование в виде двух рабочих реперов. Место их установки выбирается с учетом удобства пользования и сохранности на весь период строительства. Отметка чистого пола первого этажа принимается за нуль, поэтому все отметки ниже пола будут отрицательными. Перенос отметки строительного нуля на рабочие реперы осуществляется геометрическим нивелированием.

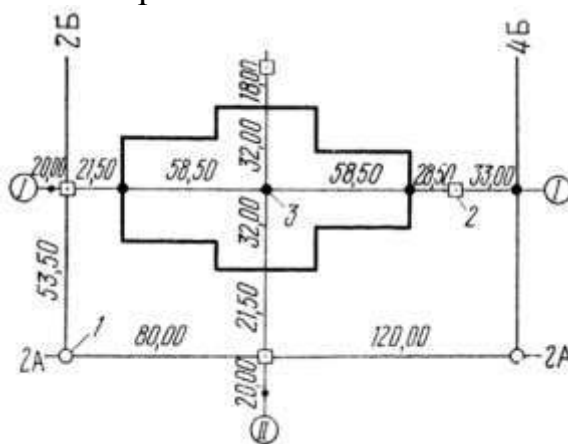


Рисунок 27 - Схема расположения и привязки главных осей: I-I, II-II

По завершении разбивки и закреплении главных и основных осей, установки рабочих реперов составляют акт приемки-передачи разбивочных работ с приложением схемы закрепления осей по установленной форме.

Детальные разбивочные работы нулевого цикла осуществляют с помощью обноски: специального ограждения, установленного по внешнему контуру строящегося здания (рис. 28).

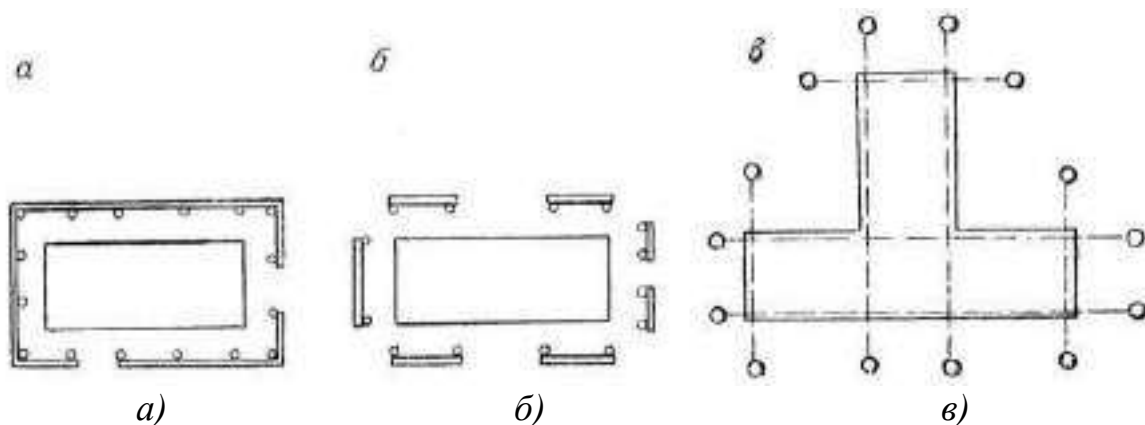


Рисунок 28 - Варианты обноски: *а* – сплошная; *б* – разрезенная; *в* – створная

Сплошная обноски представляет из себя вкопанные по периметру вокруг здания столбы на расстоянии 2–4 м с прибитыми к ним на высоту 0,5–1,2 м обрезными досками. Для въезда/выезда транспорта в зону строительства в отдельных местах ограждения делают разрывы.

Разрезенная обноски устраивается только в местах расположения основных осей здания аналогично сплошной.

Створная обноски состоит из отдельных пар вкопанных столбов, установленных в створах всех осей здания. Срезы столбов выполняют на одной высоте.

Относительная погрешность линейных измерений при разбивке осей с помощью обноски достигает 1/10 000–1/25 000. Для соблюдения высокой точности разбивочных работ к устройству обноски выдвигаются следующие требования:

- створность столбов устанавливают по теодолиту;
- высоту обноски выносят нивелиром;
- разбивку обноски выполняют от створных знаков главных или основных осей;
- точки закрепления главных и основных осей переносят на обноски с помощью теодолита;
- положение вспомогательных (разбивочных) осей определяют на обноске линейными промерами.

4.2 Маркшейдерско-геодезические работы при устройстве котлованов под фундаментами

Разбивочные работы. Способы геодезических разбивочных работ зависят от конструкции и глубины заложения фундамента. Например, разбивка контуров неглубоких котлованов и траншей под ленточные фундамента производится от основных осей с обноски. В этом случае вдоль меток оси натягивают стальную проволоку (струну) и с помощью отвесов ось переносят на земную поверхность, фиксируя ее кольшками. Затем вправо

и влево от оси откладывают необходимые расстояния, в сумме составляющие ширину фундамента, и закрепляют кольями. Шнур, натянутый по кольям, обозначает границу траншеи.

При разработке глубоких котлованов разбивку их контуров выполняют понизу и верхней бровки от главных или основных осей. При этом до выполнения земляных работ обноску обычно не устраивают. Границу верхней бровки рассчитывают по каждому углу котлована с учетом величины « a » (расстояния нижней бровки котлована от фундамента) по формуле

$$\Delta d_i = (H_i - H_0)m,$$

где H_i – отметка земли на каждом углу; H_0 – отметка дна котлована; m – крутизна откоса, рис. 29.

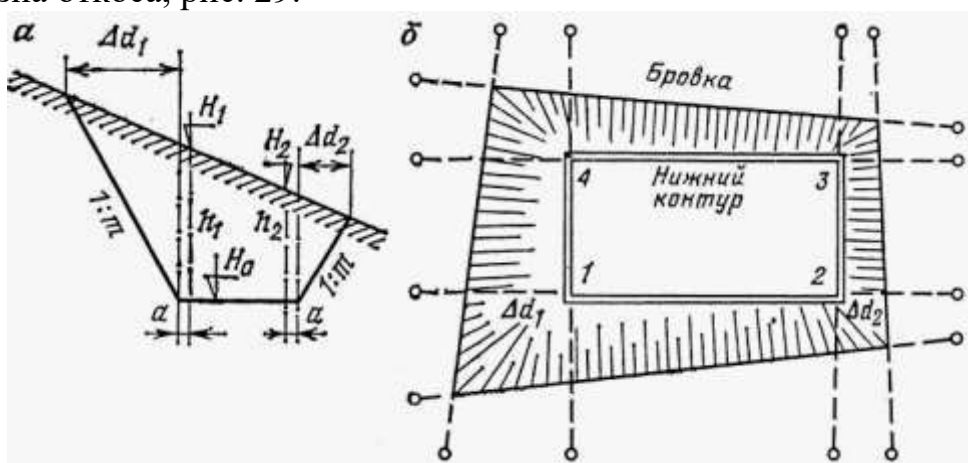


Рисунок 29 - Схема разбивки котлована под фундамента: a – разрез по 1–2; b – план разбивки котлована по нижней и верхней бровкам

Средние квадратические погрешности разбивки границ котлована не должны превышать 3 см.

В процессе разработки котлованов выполняют систематический контроль за их углубкой с помощью горизонтальных визирок и геометрического нивелирования для неглубоких выемок. Контроль глубины разработок со значительными размерами ведут тригонометрическим нивелированием (рис. 30), при котором глубина выемки определяется по формуле

$$h = 0,5(Kn + c) \sin 2\nu,$$

где K – коэффициент нитяного дальномера; n – число сантиметровых делений рейки между нитями; c – постоянная дальномера; ν – вертикальный угол.

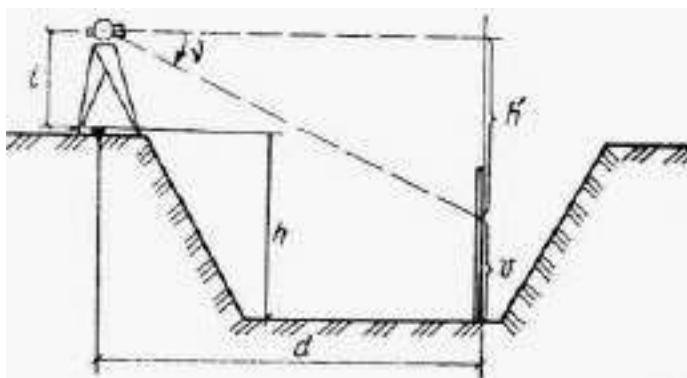


Рисунок 30 - Схема контроля глубины выемки котлована

Среднюю квадратическую погрешность определения глубины котлована вычисляют из выражения

$$m_h^2 = (1/2 \sin 2v)^2 m_d^2 + (d \cos 2v)^2 m_v^2 / \rho^2,$$

где m_d и m_v – погрешности измерения расстояния и вертикального угла соответственно.

После окончательной разработки и зачистки дна котлована определяют объем земляных работ, выполняют исполнительную съемку, на которой показывают фактические и проектные размеры, отметки дна, смещения.

Перенос осей осуществляют в зависимости от глубины выемки и вида фундаментов с помощью: створной засечки теодолитом (рис. 31); отвесов, закрепленных на монтажных струнах; обноски, возведенной на дне котлована.

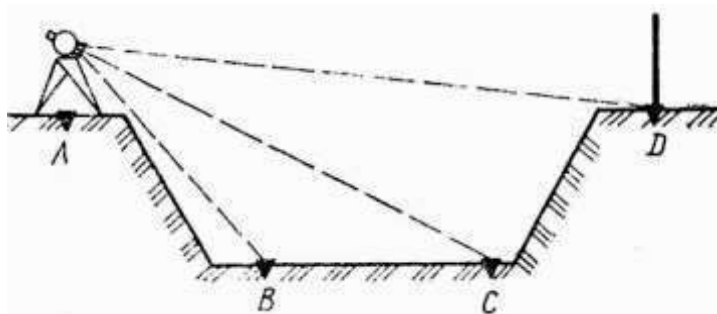


Рисунок 31 - Схема переноса осей на дно котлована

Отметку на дно выработки передают способом геометрического нивелирования с использованием вывешенной вертикально рулетки. Перед этим на дне закладывают два временных репера (марки). Отметку репера, на который осуществляется передача координаты H_{p2} , вычисляют по формуле, вытекающей из рис. 32:

$$H_{p2} = H_{p1} + a - v - (c - d).$$

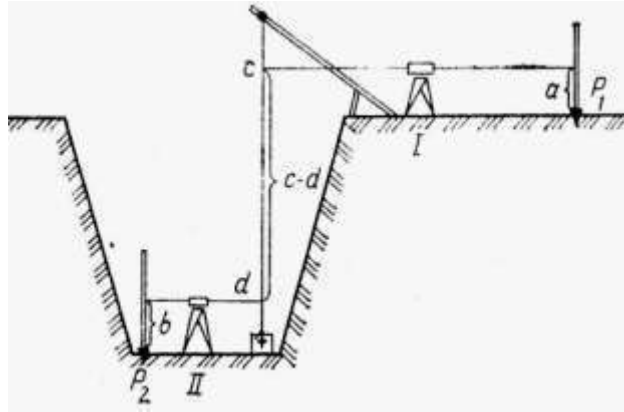


Рисунок 32 - Схема переноса отметки на дно котлована

При этом используют как абсолютную систему высот, так и условную.

Геодезические работы, осуществляемые при возведении фундаментов, зависят от их конструкции, методов и средств монтажа, технологии производства строительно-монтажных работ. Известны ленточные и сплошные (плитные) фундаменты, свайные, монолитные и сборные.

Сборные ленточные фундаменты укладывают на выровненную поверхность, горизонтальность которой контролируют нивелиром. Перед укладкой блоков на их грани наносят установочные риски, служащие для совмещения с осями, вынесенными на дно котлована.

Монтаж фундамента начинают с установки угловых блоков с помощью двух теодолитов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а также используя оси, заданные струной из стальной проволоки. Установочные риски совмещают с остриями отвесов, опущенных со струны. Через 15–20 м от угловых блоков вдоль осей размещают маячные блоки, служащие для ориентирования при возведении остальной части фундамента.

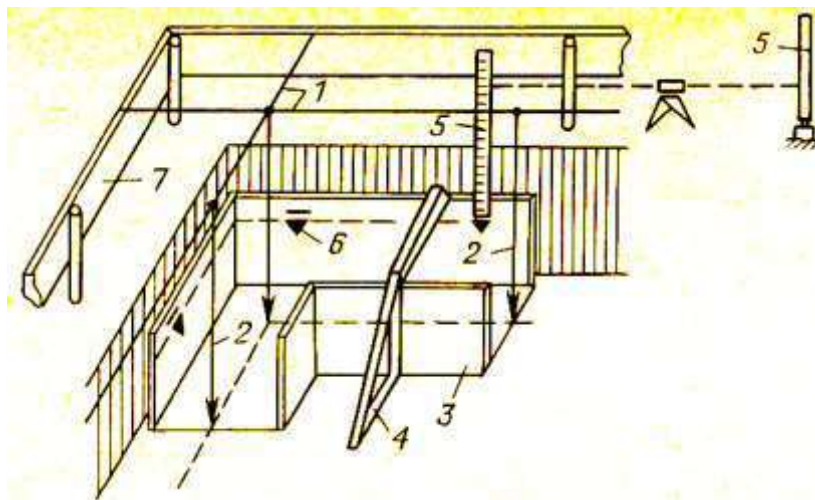


Рисунок 33 - Схема установки опалубки под монолитные фундаменты: 1 – проволочные струны; 2 – отвесы; 3 – щиты опалубки; 4 – крепежные элементы; 5 – мерная рейка; 6 – отметка бетонирования; 7 – обноска

После окончательной выверки в плане и по высоте угловых и маячных блоков между ними натягивают шнур-причалку на расстоянии 15–20 мм от их граней. Промежуточное фундаментное основание устанавливают, ориентируясь на угловые и маячные блоки по шнуру.

Монолитные железобетонные фундаменты (рис. 33).

Монолитные фундаменты возводят по свайному основанию и непосредственно по дну котлована с помощью опалубки. Разбивка под опалубку начинается с проверки высотной и плановой подготовки дна котлована.

4.3 Геодезические выноски и измерения при строительстве надземной части сооружений

Перекрытие первого этажа сооружения является нулевым или исходным монтажным горизонтом. С целью возможности возведения надземной части здания (сооружения) на нулевом перекрытии создаются плановая и высотная геодезические сети. Способы и точность их развития зависят от методов строительного производства, количества этажей здания и конструктивных решений.

При возведении невысоких зданий их основные оси передают от створных знаков и закрепляют на верхнем срезе цоколя (рис. 34). Затем выполняют контрольные промеры и в дальнейшем переносят оси на вышележащие монтажные горизонты от закрепленных на цоколе рисок.

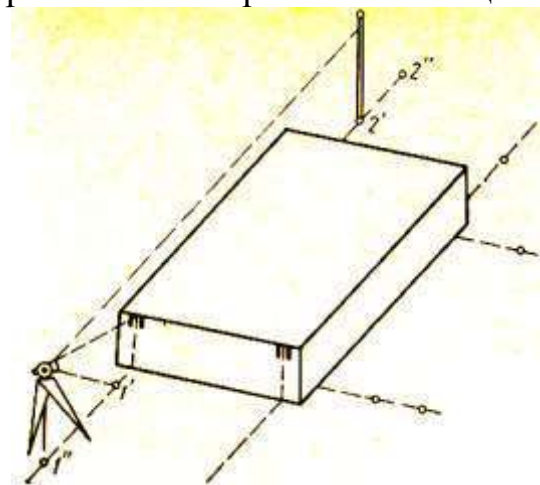


Рисунок 34 - Схема построения осей на основном монтажном горизонте

При повышенных требованиях к точности строительства сооружения (например, высоких зданий), на нулевом монтажном горизонте создается внутренняя разбивочная основа в виде правильных геометрических фигур. Вначале выносят главные или основные оси A, B, I, δ , а затем намечают положение пунктов разбивочной сети на расстояниях a, b, c и d от вынесенных осей (рис. 35).

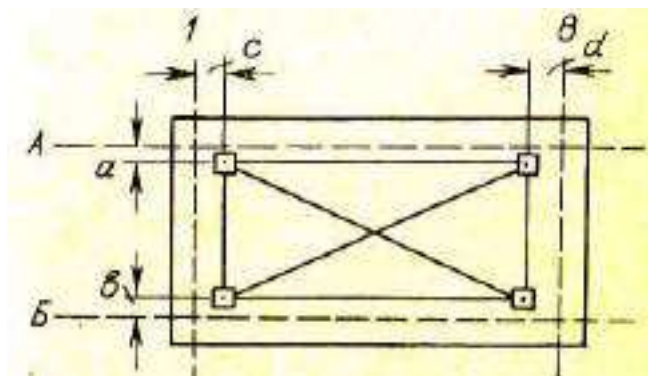


Рисунок 35 - Разбивочная сеть на нулевом перекрытии

Положение центров выбирают исходя из удобства установки прибора, а также обеспечения видимости между соседними знаками в процессе возведения конструкций на этаже. Желательно предусмотреть устройство технологического отверстия в плитах перекрытия.

5 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Под исполнительной съемкой понимают комплекс угловых, линейных и высотных геодезических измерений, целью которых является определение фактического положения строительных элементов относительно друг друга в пространстве, а также соответствие их проектным показателям.

Общий состав работ по ведению исполнительных съемок в строительстве включает:

- создание или пополнение съемочного обоснования;
- планово-высотную детальную съемку элементов строительства, их узлов и отдельных конструкций (в том числе поэтажную съемку);
- планово-высотную съемку наземных и подземных коммуникаций;
- контурную съемку законченного строительства;
- составление маркшейдерско-геодезической документации.

Рассмотрим более подробно обозначенный состав работ.

Создание съемочного обоснования (или его пополнение) производится в случае утраты части пунктов в процессе строительства и осуществляется известными методами: полигонометрических ходов, строительной сетки, цепочки треугольников и др.

Планово-высотную детальную съемку элементов строительства и различных коммуникаций производят с пунктов съемочного обоснования, разбивочной сети, а также разбивочных осей, красных линий, знаков геометрического нивелирования. Ее ведут теми же методами и приборами, что и детальную разбивку осей сооружений. Точность результатов исполнительной съемки должна быть не ниже точности проведения разбивочных

работ, а саму съемку осуществляют преимущественно способом прямоугольных координат, створов, линейных и угловых засечек, геометрического нивелирования. Исполнительные съемки выполняются на протяжении всего строительства, начиная от разбивки осей и заканчивая приемкой его государственной комиссией, при этом заключаются в проведении комплекса геодезических работ для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций.

В зависимости от этапа строительства исполнительные съемки подразделяют на текущие и окончательные.

Текущие исполнительные съемки ведутся по мере возведения сооружения и завершают каждый вид строительно-монтажных работ с составлением основного технического документа. Его результаты позволяют судить о качестве выполненных работ, подсчитать их объемы, если это необходимо, сделать изменения в проекте. Исполнительной съемке подлежат те элементы и части зданий и сооружений, от правильного положения которых зависит прочность и устойчивость всего сооружения, а также точность установки последующих конструкций. Виды конструкций и этапы строительства, подлежащих исполнительной съемке, порядок и очередность геодезических измерений, их точность и применяемые приборы определяет проект производства геодезических работ.

Текущая исполнительная съемка фиксируется на схемах, на которых указывают все проектные и фактические размеры, а также отметки конструкций и элементов сооружений, расстояния между осями, величины и направления отклонений от проектных положений. Особое внимание обращают на исполнительную съемку частей и конструкции сооружений, становящихся впоследствии недоступными для измерений или подлежащих засыпке грунтом: днища котлованов, оголовки свай, закладные детали монолитных фундаментов, анкерные болты под оборудование, подземные коммуникации и др.

Высотное положение конструкций определяется методом геометрического или гидростатического нивелирования от реперов высотного обоснования или в условной системе высот.

Вертикальность конструкций высотой до 5 м выверяется рейкой-отвесом или рейкой-уровнем. При большей высоте применяют способы вертикального или наклонного проектирования. Результаты исполнительной съемки необходимо контролировать путем промеров между точками и контурами, определяемыми независимыми путями при съемке, а также сравнением их с проектными размерами.

Для съемки фундаментов в плане на их верхние и боковые грани переносят оси, от которых выполняют все замеры. Высотная съемка выполняется от временных реперов, установленных на дне котлована в непосредственной близости от возводимого сооружения на поверхности. Отметки определяются по верху фундамента в местах пересечения осей и через 3–5

м между осями, а также дна и верха фундаментов стаканного типа. При возведении наземной части зданий и сооружений на каждом монтажном горизонте выполняется исполнительная съемка планового положения колонн, панелей, блоков, а также их вертикальности, высотного положения опорных площадок и перекрытий, закладных деталей, оконных проемов и других элементов возводимого сооружения.

Повышенное внимание следует уделять исполнительной съемке при строительстве подземных коммуникаций, которая должна выполняться вслед за строительными-монтажными работами. При этом определяется плановое положение оси коммуникации, соблюдение проектных уклонов, выполняется подсчет объемов земляных работ. Исполнительные съемки при строительстве наземных коммуникаций заключаются в определении планового положения осей земляного полотна, выемок и насыпей, кривых, опор и их фундаментов.

Окончательные исполнительные съемки выполняются после завершения строительства объекта. Они производятся отдельно от пунктов плановой и высотной съемочной (разбивочной) геодезической основы в масштабах 1:500, 1:1 000. Если пункты съемочного обоснования частично утрачены, их восстанавливают и для удобства располагают параллельно линиям застройки.

Контурная съемка (исполнительная съемка контуров) выполняется после завершения всего строительства и благоустройства его территории с целью составления исполнительного генерального плана.

При съемке контурных точек, их координаты вычисляют по результатам геодезических измерений. Точками определения являются углы зданий и сооружений, пересечения осей сетей воздушных, наземных и подземных коммуникаций, центры колодцев, проезды, вершины углов поворота трасс и др.

Кроме съемки и определения координат основных точек, в натуре измеряют габариты и элементы зданий и сооружений, которые невозможно отобразить непосредственно на плане. Поэтому на заготовленных заранее абрисах показывают проемы, входы в здание, вводы и выходы коммуникаций, характеристики сооружений (назначение, этажность, строительные материалы и др.). На обмерных чертежах выписывают координаты основных углов, заносят размеры отдельных и общих частей и сторон здания, выступающих элементов его фасада.

Вертикальная съемка строительства ведется от марок и реперов геодезического обоснования геометрическим или тригонометрическим способами. Помимо съемки рельефа определяются отметки всех вышеперечисленных точек плановой съемки, а также бровок и днищ земляных выемок, кюветов, насыпей и др.

Исполнительная съемка подземных коммуникаций выполняется от пунктов планово-высотного обоснования или четких контуров каменных

строений общепринятыми методами в масштабах от 1:5 000 до 1:200 по мере возведения и монтажа сетей. По результатам съемки вычисляют плановое положение углов поворота трасс и точек их осей через 50 м, центры люков колодцев, начала, середину и конец кривых, расположение входов в здания. В обязательном порядке определяют отметки люков всех колодцев, лотков канализационных, водосточных и дренажных коммуникаций, верха труб и пола каналов теплотрассы и энергетических прокладок.

Съемка подземных коммуникаций сопровождается отображением ситуации земной поверхности полосой 20 м в обе стороны от оси трассы. Плановое положение колодцев коммуникаций контролируется промерами расстояний между центрами люков.

Каждая строительно-монтажная организация обязана иметь полный комплект маркшейдерско-геодезической документации.

Маркшейдерско-геодезическая документация в строительстве подразделяется на проектную, обязательную маркшейдерско-геодезическую и исполнительную.

Проектная техническая документация является основой для организации производства маркшейдерско-геодезических работ. Особое место в ней занимает генеральный план, который содержит проектные решения на вертикальную планировку, строительство инженерных сетей, коммуникаций и т.д., служит базовым документом для вынесения проекта в натуру. В его состав входят графические материалы в виде ситуационного плана размещения объектов в масштабе 1:5 000–1:25 000 (в зависимости от сложности строительства), генерального плана с нанесением существующих, подлежащих сносу и проектируемых зданий, сооружений, дорог для всех видов транспорта, пусковых комплексов, благоустройства и озеленения территории. Здесь же приводятся типы покрытия внутриплощадочных дорог, картограмма земляных работ, инженерные коммуникации, схемы грузопотоков и др.

В общей проектной документации существуют дополнительные планы, схемы и решения (технологическая и строительная части, организация строительства, рабочие чертежи), которые используются по их прямому назначению.

Обязательная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на первичную, вычислительную и графическую.

Первичная документация представлена журналами измерения базисов, полигонометрических и теодолитных ходов, нивелирования, топографических съемок. Сюда же входят журналы выноса в натуру проектных геометрических элементов строительства, маркшейдерско-геодезического контроля и других необходимых измерений; различные акты о производстве выполненных разбивок осей и т.п.

Журналы измерений, разбивок и съемок имеют стандартные размеры (148 x 210 мм) и регистрационные номера. На последней странице указы-

вают общее количество пронумерованных страниц за подписью главного геодезиста или маркшейдера. Записи в журналах ведут карандашом, их достоверность проверяют в камеральных условиях, о чем делают соответствующие пояснения.

Вычислительная документация содержит журналы вычислений длин базисов, уравнивания и вычисления окончательных координат триангуляции, решения треугольников, обработки длин сторон полигонометрии и вычисления координат, уравнивания нивелирных ходов и вычисления высотных отметок, координат пунктов плановой разбивочной и съемочной основы. Журналы имеют стандартные размеры 297 x 210 мм, им присваивают порядковые номера, указывают общее число пронумерованных страниц (их число не должно превышать 100) за подписью главного маркшейдера или геодезиста. Записи вычислений ведут четко и разборчиво, ошибочные результаты перечеркивают и делают пояснения за подписью лиц, производивших эти вычисления. В журналах вычислений делают ссылки на номера страниц и журналов полевых измерений, из которых выписаны исходные данные. По результатам определений составляют каталоги координат и высот по видам и разрядам всех пунктов геодезических сетей, а также других необходимых параметров строительства. В дополнение к журналам ведут различные ведомости (например, приведенных направлений для пунктов триангуляции, углов поворота главных осей инженерных коммуникаций и др.).

Графическая документация представляет собой обязательные основные и специальные планы, профили, разрезы, проекции, составленные по результатам маркшейдерско-геодезических съемок и измерений. Они являются важнейшими техническими и юридическими документами строительства, а также служат основой для составления всех остальных видов графических материалов. В виду этого маркшейдерско-геодезическая графическая документация должна быть выполнена с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен в табл. 5.

Конкретный состав графических материалов определяется в зависимости от вида отрасли или строительства, а также специфики возведения объектов, объемов работ, конструктивных решений и регламентируется специальными инструкциями. Уточненный комплект этой документации устанавливается маркшейдерско-геодезической службой генеральной подрядной организации, согласовывается с заказчиком и утверждается техническим руководством.

Чертежи, составляемые непосредственно по результатам геодезической или маркшейдерской съемки, являются оригиналами и выполняются на планшетах или листах бумаги высшего качества и стандартных разме-

ров. Допускается применение прозрачных материалов из листов винипроза или пленок лавсана, хостофена и др.

Планшеты изготавливают самостоятельно на жесткой, полужесткой или мягкой основе в зависимости от оснащенности предприятия современными технологиями и оборудованием, или заказывают специализированным организациям.

Таблица 5 - Примерный перечень основной и специальной графической маркшейдерско-геодезической документации приведен

| Вид документа | Масштаб |
|---|-----------------------------|
| <i>Состав основной маркшейдерско-геодезической графической документации</i> | |
| Обзорная карта района строительства | 1:10 000–1:25 000 |
| Сводные планы строительно-монтажных площадок | 1:5 000–1:10 000 |
| Сводный план внешних линейных сооружений | 1:5 000–1:10 000 |
| План промышленного предприятия, комплекса, объекта | 1:500–1:200 |
| План строительства отдельных подсобных предприятий | 1:1 000–1:2 000 |
| Планы строительных карьеров | 1:500–1:2 000 |
| <i>Состав специальной маркшейдерско-геодезической графической документации</i> | |
| План геодезической плановой и высотной основы | 1:5 000–1:25 000 |
| План наземных зданий и сооружений | в масштабе основного плана |
| План подземных инженерных коммуникаций и сооружений | 1:500–1:2 000 |
| План надземных линий и сооружений | 1:500–1:2 000 |
| Планы разбивки и закрепления главных, основных и вспомогательных осей зданий и сооружений | в масштабе рабочих планов |
| Картограмма геодезической и топографической изученности | 1:10 000–1:50 000 |
| Исполнительные планы, профили, проекции и разрезы законченного строительства | в масштабе рабочих чертежей |
| Схема расположения планшетов | — |

Динамика строительного производства характеризуется постоянным изменением ситуации на промышленной (строительной) площадке. В силу этих изменений ведут *оперативный* (или рабочий) маркшейдерско-

геодезический план территории строительства, представляющий комплекс исполнительных графических материалов. Основное назначение этого документа состоит в своевременном и достаточно точном отражении всех изменений в строительстве, происходящих на промышленной площадке.

На крупных строительных предприятиях для ведения оперативных планов создается специальная группа специалистов, на небольших объектах – ими занимается маркшейдерско-геодезическая служба.

В комплект материалов оперативного маркшейдерско-геодезического плана входит следующая документация:

- основная графическая (сводные и основные планы, профили, разрезы);
- детальная (по объектам);
- вспомогательная (обосновывающая и пояснительная).

Кроме того, в составе оперативного плана имеются сведения по назначению объекта, геометрических размеров объекта в натуре, координат угловых и основных точек, даты сдачи в эксплуатацию и т.п.

Исполнительная маркшейдерско-геодезическая документация подразделяется на текущую, выполнение которой осуществляется в процессе возведения зданий и сооружений, и приемо-сдаточную, т.е. документацию законченного строительства. В совокупности исполнительные материалы должны давать полное представление о фактическом состоянии строительства и его частей.

Текущая документация используется для внутреннего контроля за правильностью ведения строительства объектов и является основанием для выдачи разрешений на производство дальнейших работ. Она включает в себя исполнительные акты и схемы разбивки осей, котлованов, свайных полей, устройство опалубки, детальную разбивку на нулевом (монтажном) горизонте, схемы нивелирования бетонной подготовки под полы.

При возведении надземной части зданий и сооружений исполнительная документация состоит из схем создания разбивочной сети на монтажном горизонте, планово-высотных отображений установки стеновых панелей, расположения оконных и дверных проемов, плит, перегородок и др.

Приемо-сдаточная документация готовится на основе текущей после завершения определенного этапа строительства и включает следующие основные материалы:

- 1) планово-высотные схемы по всем видам инженерных коммуникаций (схемы и акты на разбивку и приемку трассы и ее сооружений, исполнительный план и профиль, размеры колодцев и камер, каталог координат и высот, полную характеристику коммуникаций);
- 2) планово-высотные схемы и акты приемки разбивочных и выполненных работ по земляным сооружениям (готовому котловану, земляному полотну дорог, траншеям и др.);

- 3) планово-высотные схемы и акты на устройство фундаментов (свайные поля, сборные и монолитные ленточные фундаменты, стаканы под установку колонн и др.);
- 4) исполнительные чертежи планово-высотной съемки колонн, подкрановых балок и путей, ферм и балок перекрытий;
- 5) схемы плановой, вертикальной и высотной поэтажных съемок;
- 6) исполнительные съемки кирпичных, блочных и панельных зданий, их полов, плит перекрытий;
- 7) исполнительные планово-высотные схемы на законченные этапы возведения различных зданий и сооружений в зависимости от их назначения (лифтовых шахт, плотин, каналов, тоннелей метро и др.).

Приемо-сдаточная документация подписывается главным маркшейдером или геодезистом и предъявляется при сдаче объекта в эксплуатацию.

Отчетная документация исполнительной съемки представляется исполнителем генеральным планом и дополнительными (исполнительными) чертежами. Исполнительный генеральный план включает в себя план всей территории законченного строительства масштаба 1:500. На нем показывают координатную сетку, пункты геодезического обоснования, центры строительной сетки, гидрографию, рельеф, все здания и сооружения, нанесенные после приемки их государственной комиссией.

Исполнительные чертежи дополняют генеральный план съемкой сложных участков масштаба 1:200, планом подземных коммуникаций масштабов 1:1 000–1: 2 000 с приложением каталога координат и высот колодцев, их эскизов, абрисов, обмерных чертежей отдельных частей, деталей зданий и сооружений.

6 МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БУРОВЫХ СКВАЖИН

6.1 Основные положения

Организации, составляющие проекты разведки, строительства скважин, технологические схемы, должны представить заказчику ведомость проектных координат забоев скважин. В случае наклонной скважины в ведомости дополнительно приводят координаты забоев по кровле каждого продуктивного горизонта.

Местоположение устьев скважин выбирают и уточняют в натуре с обязательным использованием имеющейся горно-технической документации: маркшейдерских, топографических, землеустроительных планов и карт, геологических и структурных карт.

Перенесение в натуру устьев скважин, разбивку и закрепление направлений смещения забоев для наклонных скважин производят маркшейдерско-геодезические службы предприятия-заказчика на основе проектных значений координат устья, забоя и дирекционного угла горизонтальной проекции смещения забоя. Если условия местности не позволяют

закрепить направление смещения забоя, то разбивают ориентирное направление.

При проектировании местоположения устьев скважин и направлений их стволов следует учитывать требования пожарной безопасности, существующие подземные коммуникации и другие объекты обустройства, а также пространственное положение стволов и забоев ранее пробуренных и бурящихся скважин.

6.2 Перенесение в натуру проектного положения устьев скважин

Перенесение проектного положения устьев скважин в натуру производят на основании письменного распоряжения (задания), подписанного главным геологом предприятия – заказчика.

Работы по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включают:

- подбор топографо-геодезических, картографических и аэрофотосъемочных материалов;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру;
- перенесение в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин;
- предварительное определение высот вынесенных в натуру устьев скважин;
- передачу по акту местоположения устьев скважин представителю организации, производящей бурение.

Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения не должны превышать значений, указанных в табл. 6.

Таблица 6 - Предельные погрешности перенесения в натуру проектного положения устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения

| Группа скважин | Предельные погрешности, м | |
|---|---|--|
| | перенесения в натуру планового положение устьев скважин | предварительного определения абсолютных высот устьев скважин |
| Одиночные опорные и параметрические скважины (1 группа) | 150 | 15 |
| Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях | 50 | 10 |
| Разведочные скважины (2 группа) | 25 | 5 |
| Все категории скважин на раз- | 10 | 5 |

| | | |
|---|--|--|
| рабатываемых месторождениях
(3 группа) | | |
|---|--|--|

В случае отступления от требований при разбурировании месторождений сеткой обособленных скважин (без кустования) предложения об изменении проектных координат устьев должны вноситься комиссиями, состоящими из представителей нефтедобывающих и буровых предприятий, а также работников маркшейдерской службы. Комиссия принимает решение после рассмотрения на местности вынесенных в натуру устьев скважин, исходя из условий орогидрографии и застроенности территории месторождения.

Решение об изменении проектного положения устьев скважин должно быть оформлено актом выбора площадок для бурения, утверждаемым руководителями добывающих и буровых предприятий.

При невозможности достижения проектного местоположения забоя скважин при первоначальном, а также измененном положении устья решение о возможности и целесообразности бурения скважины должен принимать главный геолог объединения по согласованию с авторами ПТД разработки месторождения.

Изменение проектного положения устьев параметрических, поисковых и разведочных скважин, как исключение, допускается, если оно не влечет изменения геологических задач, решаемых данной скважиной. При этом обязательно требуется письменное разрешение главного геолога предприятия.

Документация по перенесению в натуру проектного положения устьев скважин включает:

- решение на перенесение проектного положения устья скважин в натуру, а при смещении его проектного положения и документ, разрешающий это смещение;
- маркшейдерский план площадки, отведенной для бурения скважины, или абрис вынесенного и закрепленного устья скважины;
- документ сдачи перенесенных в натуру мест заложения устьев скважин;
- журналы полевых измерений, ведомости вычислений, каталоги координат и высот устьев скважин.

Плановую и высотную привязки устьев скважин производят после монтажа буровой установки.

Координаты и высоты вычисляются и вносятся в каталоги координат и высот устьев скважин. По вычисленным координатам устья скважины наносятся на маркшейдерско-геодезические планы.

Таблица 7 - Предельные значения погрешностей определения планового и высотного положений устьев скважин относительно пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения 1 и 2 разрядов:

| Группа скважин | Предельные погрешности определения положения устьев скважин, м | |
|---|--|-----------|
| | в плане | по высоте |
| Одиночные опорные и параметрические скважины
(1 группа) | 100 | 5,0 |
| Структурные и поисковые скважины, закладываемые по профилям и на площадях | 25 | 1,0 |
| Разведочные скважины
(2 группа) | 10 | 0,5 |
| Все группы скважин на эксплуатационных площадях | 4 | 0,3 |

Для решения задачи перенесения проектного местоположения устьев скважин в натуру допускается использовать топографические карты, обеспечивающие требуемую в табл. 6 точность. При этом в зависимости от группы скважин (см. табл. 6) масштаб топографических карт должен быть не мельче:

Группа скважин

- 1) 1:100 000
- 2) 1:50 000
- 3) 1:25 000
- 4) 1:10 000–1:5000

Допускается использовать следующие методы перенесения устьев скважин в натуру: совмещение устьев скважины с четко выраженным контуром, промер вдоль контура, метод створов, линейная засечка и др. При построении линейной засечки на местности по расстояниям, взятым с карты (не менее чем от трех контуров), сторона треугольника погрешности не должна превышать значения предельной стороны погрешности для соответствующей группы скважин.

В случае отсутствия топографических карт требуемого масштаба или при отсутствии четких контуров вынесение проектного положения устьев скважин осуществляют проложением теодолитных ходов, построением триангуляции, геодезическими засечками и спутниковой геодезической аппаратурой.

Если для перенесения проекта в натуру необходимо развитие геодезических сетей, то их проектируют с таким расчетом, чтобы погрешность окончательного определения планового положения устьев скважин не превышала значений, регламентируемых т. 2.

Места заложения скважин закрепляют металлическими трубами или деревянными столбами длиной 1,5-2 м, закладываемыми на глубину не менее 0,7 м. На верхней части трубы (столба) несмываемой краской надписывают номер скважины, название площади (месторождения), организа-

ции, производящей бурение, и дату перенесения проектного положения устья скважины в натуру.

Если сохранность знака вызывает сомнение, то в надежных местах закладывают створ из двух знаков и измеряют расстояние от каждого из них до вынесенного положения устья.

На перенесенное в натуру местоположение устья скважины составляют абрис, на котором, кроме расстояний от створных знаков, приводят не менее трех промеров от существующих контуров. Абрис подписывается составителем и лицом, принявшим местоположение устья.

Предварительные высоты перенесенных в натуру местоположений устьев скважин определяют по топографическим картам, а при их отсутствии – барометрическим или тригонометрическим нивелированием.

В необходимых случаях (зачастую это так) до начала строительства буровой на участке, отведенном для этой цели, производят маркшейдерскую съемку в соответствии с техническими условиями.

Съемку выполняют согласно требованиям Инструкции [1].

6.3 Работы при сооружении буровой установки

Маркшейдерские работы при сооружении буровой установки включают:

- разбивки главных осей буровой установки и осей оснований оборудования горнопроходческого комплекса;
- плановую и высотную выверки фундаментов, опорных конструкций и оборудования;
- проверку вертикальности шахтного направления;
- проверку соосности буровой вышки, ротора и шахтного направления; определение высоты буровой установки.

Вынесение в натуру главных осей буровой установки обязательно в случаях, когда срок строительства последней составляет более одного года.

Исходной точкой для разбивки главных осей является центр устья ствола скважины. Вынесение этих осей производят с помощью теодолита, устанавливаемого над центром устья скважины. Начальное направление ориентируют в сторону приемных мостков.

Вынесение в натуру разбивочных осей оснований оборудования выполняют относительно главных осей буровой установки полярным способом, способами прямоугольных координат и линейной засечки или их комбинацией.

Две разбивочные взаимно перпендикулярные оси закрепляют на местности знаками, устанавливаемыми по два с каждой стороны от центра: главные оси – постоянными знаками, обеспечивающими их долговременную сохранность; вспомогательные оси – временными знаками (металлические штыри, деревянные колышки). Постоянные знаки следует устанавли-

ливать за пределами зоны земляных работ. Расстояния от них до вышки должны обеспечивать нормативные условия для последующих наблюдений за деформацией вышки. Знаки должны сохраняться на весь период работы буровой; ответственность за их сохранность несет буровой мастер.

По результатам разбивочных работ составляют исполнительную схему закрепления осей с привязкой осевых знаков не менее чем к трем четко выраженным объектам местности.

Выверку планового положения конструкций и оборудования рекомендуется выполнять створными методами. При этом створ задают леской, проволокой, лазерным или оптическим лучом.

Выверку конструкций и оборудования по высоте следует производить геометрическим нивелированием.

Проверка соотношения геометрических элементов буровой установки является обязательной для скважин, срок строительства которых более трех месяцев.

Контроль за остальными буровыми производят при необходимости.

Проверку соблюдения соосности ведущей трубы, ротора и шахтного направления выполняют: теодолитами с пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях; приборами вертикального проектирования; отвесами.

Точность монтажа вышки и оборудования должна соответствовать требованиям, изложенным в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, прилагаемых заводами-изготовителями.

Высота буровой вышки используется при высотной привязке строящейся скважины методом геодезического нивелирования, а также при определении относительной деформации вышки при последующих наблюдениях.

Высоту вышки определяют непосредственным измерением или, когда высоты вышек достигают 50 м и более и непосредственное измерение затруднено, аналитическим способом.

Результаты контрольных измерений заносят в буровой журнал.

6.4 Работы при строительстве кустов скважин

Кустовое бурение, сооружение группы наклонных скважин с общего основания ограниченной площади, на котором размещаются буровая установка и устьевое оборудование. При К. б. продуктивные горизонты вскрываются наклонно-направленными скважинами в заданных точках. К. б. иногда оказывается наиболее экономически целесообразным инженерным решением — при разработке нефтяных и газовых месторождений, расположенных в акватории морей, сильно заболоченной местности или в местности со сложным рельефом поверхности. На практике количество скважин одного куста не превышает 20, хотя известно, что в Калифорнийском заливе 68 скважин пробурены с насыпного острова размером 60×60 м.

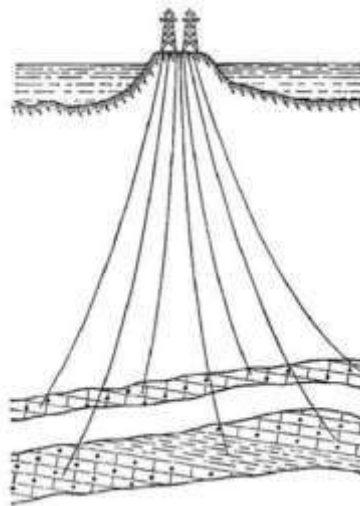


Рисунок 36

Местоположение куста скважин определяют главный геолог и главный маркшейдер НГДУ, в присутствии представителя технологической службы УБР, на основании ПТД на разработку месторождения. В ПТН указано расположение забоев скважин с учетом условий бурения и разработки, правил техники безопасности, глубин продуктивных пластов, сохранения наиболее ценных сельскохозяйственных и лесных угодий, а также норм отвода земельных участков под объекты добычи нефти и газа, допустимых расстояний от существующих на поверхности объектов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам.

Перенесение и закрепление куста скважин в натуре производит маркшейдерская служба НГДУ по письменному распоряжению главного геолога.

Для определения координат и высот устьев скважин в кусте и выдачи ориентирных направлений до начала бурения вблизи или на территории куста закладывают не менее чем два опорных пункта и определяют их координаты и высоты. Пункты закладывают с учетом их долговременной сохранности.

Направление оси ствола скважины и длину проекции смещения забоя определяют по фактическим координатам устья и проектным координатам забоя скважины.

Перенесение в натуре осей куста устьев скважин производят отделы инженерных изысканий территориальных НИПИ или отделы маркшейдерских работ НГДУ.

Закрепленные на местности оси куста передают по акту представителю управления буровых работ; второй экземпляр акта хранится в нефтегазодобывающем управлении.

По окончании строительства площадки куста представителю УБР передают местоположение устьев всех скважин. При этом необходимо учесть размеры участка куста по проекту.

При привязки первой скважины в кусте одновременно определяют дирекционный угол направления мостков (ориентирное направление) и уточняют дирекционный угол движения станка. Ориентирное направление и направление движения станков определяют со средней квадратической погрешностью 5'.

После окончания бурения всех скважин в кусте, по известному дирекционному углу направления движения станка и измеренным расстояниям между устьями скважин вычисляют окончательные координаты устьев скважин, также координаты определяются от ранее заложенных пунктов. Координаты записывают в каталог.

Маркшейдерская служба УБР в процессе бурения ведет дежурный план расположения устьев и забоев скважин в кусте, передает исполнительный план куста маркшейдерской службе НГДУ.

Маркшейдерская служба НГДУ проверяет исполнительный план куста и с учетом данных промыслово-геофизических исследований скважин ведет каталог координат точек маркирующих горизонтов.

6.5 Наклонно-направленное бурение

Наклонно-направленное бурение, способ проведения скважины с отклонением от вертикали по заранее заданной кривой. Н.-н. б. впервые осуществлено в СССР на Грозненских нефтепромыслах (1934). Н.-н. б. оказывается целесообразным при: сложном рельефе местности (например, при расположении залежи под дном крупного водоёма или под капитальными сооружениями); геологических условиях залегания полезных ископаемых, не позволяющих вскрыть их вертикальными скважинами; *кустовом бурении* или *многозабойном бурении*; тушении горящих нефтяных и газовых фонтанов. При геологоразведочных работах Н.-н. б. осуществляется шпindelными буровыми станками, причём скважина забуривается наклонно непосредственно с земной поверхности; при вскрытии нефтяных и газовых пластов Н.-н. б. производится турбобурами или роторным способом (скважина с поверхности забуривается вертикально с последующим отклонением на заданной глубине в запроектированном направлении).

Отклонение скважины от вертикали при Н.-н. б. (изменение зенитного угла и азимута бурения) осуществляется отклоняющими устройствами, например турбинными отклонителями. Бурение прямолинейно-наклонных участков производится с помощью бурильных устройств, включающих центрирующие и калибрующие элементы. Наибольшее отклонение от вертикали при Н.-н. б. (3836 м) получено в США в заливе Кука: на о. Сахалин отклонение составило 2453 м (1972).

6.6 Профили наклонно направленных скважин.

Проектирование профиля наклонно направленных скважин и их реализация на практике в указанном регионе определяются рядом инструкций, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию кустовых наклонно направленных скважин.

При отклонении забоя скважины от вертикали до 300 м применяется тангенсальный трехинтервальный профиль, состоящий из вертикального участка, участка начального искривления и тангенсального участка.

При отклонении забоя скважины свыше 300 м используют S-образный четырехинтервальный профиль, включающий вертикальный участок начального искривления, тангенсальный участок и участок уменьшения зенитного угла.

Для проектирования наклонно направленных скважин специального назначения применяется j-образный вид профиля, включающий вертикальный участок; участок начального искривления, тангенсальный участок и участок малоинтенсивного увеличения зенитного угла до проектной глубины.

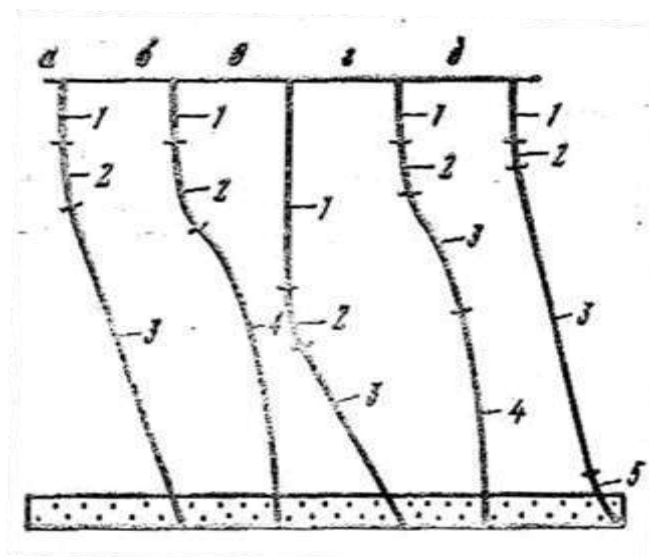


Рисунок 37 - Проектные профили наклонно направленных скважин:

a - тангенциальный; *б* - S-образный; *в* - тангенциальный с большим вертикальным участком; *г* - S-образный с тангенциальным участком; *д* - J-образный;

1,2,3 - участки соответственно вертикальный, начального искривления и тангенциальный; 4,5 - участки соответственно уменьшения и малоинтенсивного увеличения зенитного угла

Если обратится к зарубежному опыту проводки наклонно направленных скважин, то можно отметить, что большинство скважин, проводка которых осуществляется ведущими буровыми фирмами в США и Англии, проектируются по S-образному четырехинтервальному профилю. Все

большее применение находит тангенсальный профиль, чаще всего используемый в целях достижения значительных отклонений от вертикали.

Данные профили проектируются в одной плоскости, т.е. являются плоскими. При проводке скважин в сложных горно-геологических условиях, когда геологические факторы оказывают значительное воздействие на траекторию скважины, используются профили пространственного типа, предусматривающие участки с естественно изменяющимся зенитным углом и азимутом.

Таким образом, все профили, используемые для проектирования наклонно направленных скважин, можно разделить на плоские и пространственные. В свою очередь плоские профили по форме выполнения завершающего интервала профиля разделяются на три типа: S-образный, тангенсальный и J-образный.

6.7. Инклинометрия

Инклинометрия, метод определения основных параметров (угла и азимута), характеризующих искривление буровых скважин, путём контроля инклинометрами с целью построения фактических координат бурящихся скважин. По данным замеров угла и азимута искривления скважины, а также глубины ствола в точке замера строится план (инклинограмма) — проекция оси скважины на горизонтальную плоскость и профиль — вертикальная проекция на плоскость магнитного меридиана, широтную или любую др. Таковой обычно принимается плоскость, в которой составляется геологический разрез по месторождению, проходящий через исследуемую скважину. Наличие фактических координат бурящихся скважин позволяет точно установить точки пересечения скважиной различных участков геологического разреза, т. е. установить правильность бурения в заданном направлении.

6.8 Контроль за положением оси ствола скважины в пространстве

Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливаются с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации.

Проект (технологическая схема) разработки месторождения предусматривает для каждой скважины определенную точку вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение этой точки от проектного положения, учитывающее геологическое строение разбуриваемой площади (месторождения), физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважин, интенсивности искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол искривления φ_i определяют из выражения:

$$\varphi_i = \arcsin \left(\sin \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} \times \sin \theta_{i-1} \times \sin \theta_i \right)^{\frac{1}{2}},$$

а погрешность угла φ_i :

$$m_{\varphi_i} = \frac{\sqrt{2}}{\sin \varphi_i} \left(m_{\theta}^2 \times \sin^2(\theta_i + \theta_{i+1}) \times \sin^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\theta} \times \sin^2(\theta_i - \theta_{i-1}) \times \cos^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\alpha}^2 \times \sin^2(\alpha_i - \alpha_{i-1}) \times \sin^2 \theta_{i-1} \times \sin^2 \theta_i \right)^{\frac{1}{2}},$$

где m_{θ} - средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали; θ_i , θ_{i-1} и α_i , α_{i-1} - соответственно углы отклонения оси ствола скважины от вертикали и азимуты вертикальной плоскости в начале и в конце интервала измерений; m_{α} - средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяют исходя из параметров, приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Допустимые величины отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту

| Глубина добывающих скважин
Н, м | Платформенные области | | | Складчатые области | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------|-----------------------|----------|
| | Расстояние S между скважинами, м | Допустимые отклонения | | Расстояние S между скважинами, м | Допустимые отклонения | |
| | | в % от S | в метрах | | в % от S | в метрах |
| До 2000 | 200 | 10 | 20 | 135 | 15 | 20 |
| 2000-2500 | 250 | 12 | 30 | 150 | 20 | 30 |
| 2500-3000 | 267 | 15 | 40 | 160 | 25 | 40 |
| более 3000 | 250 | 20 | 50 | 167 | 30 | 50 |

Примечание. Допустимые значения горизонтальной проекции отклонения забоя скважины от устья для разведочных скважин складчатых областей составляют 1 и 5% для опорных и поисковых скважин платформенных и складчатых областей, соответственно. При S и Н больше указанных в настоящей таблице горизонтальная проекция отклонения конечного забоя от устья скважины не должна превышать 50 м.

Для расстояний между местоположениями точек вскрытия менее указанных в табл. 7 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрических измерений.

При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводят поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл. 9.

Таблица 9 - поправку за наклон, если фактические углы наклона и расстояния больше указанных в табл.

| Минимальный угол наклона пласта, град | Масштаб карты разреза | Минимальное расстояние между точками вскрытия пласта, м |
|---------------------------------------|-----------------------|---|
| 10 | 1:10 000 | 135 |
| 15 | 1:25 000 | 135 |
| 15 | 1:50 000 | 300 |

Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей, соответственно.

Для сравнения фактического положения характерной точки оси ствола скважины с проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500-1:2000, на котором изображена проектная и строится фактическая трассы оси ствола скважины.

Вокруг проектного положения характерной точки радиусом R , равным значению допуска, в соответствующем масштабе строят окружность.

Точку фактического местоположения накрывают эллипсом погрешностей. При этом может быть один из пяти приведенных на рис. 38 случаев:

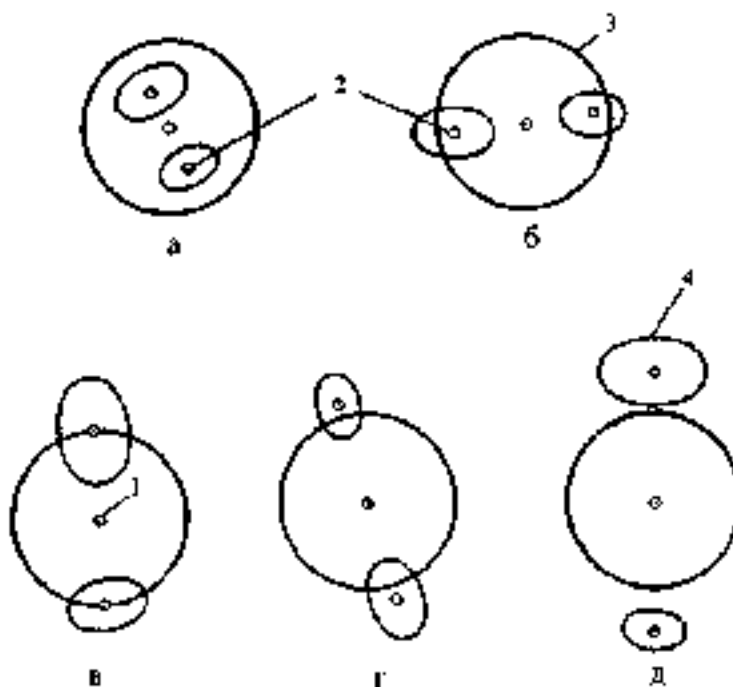


Рисунок 38 - Возможные случаи попадания характерной точки оси ствола скважины в заданную зону допуска:

1 – проектное местоположение характерной точки; 2 – возможное фактическое местоположение характерной точки; 3 – граница зоны допустимого отклонения возможного фактического местоположения характерной точки; 4 – эллипс погрешностей, накрывающий фактическое местоположение характерной точки в плане с доверительной вероятностью 0,95

- эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска (рис. 38, а);
- характерная точка находится внутри границы допуска, а эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска (рис. 38, б);
- характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50% площади эллипса погрешностей выходят за пределы допуска (рис. 38, в);
- характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то часть эллипса погрешностей (менее 50%) накрывает допуск (рис. 38, г);
- эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска (рис. 38, д).

В первом случае можно констатировать, что характерная точка попала в зону, предусмотренную проектом работ, и работу по проводке скважины оценивают на “отлично”.

При ситуации два работу по проводке скважины оценивают на “хорошо”.

При ситуации три работу по проводке скважины оценивают на “удовлетворительно”.

При ситуациях четыре и пять скважину в эксплуатацию не принимают. Положение оси ствола скважины в пространстве необходимо исправить.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдачу материалов заказчику должны производить в соответствии с требованиями Инструкции по инклинометрии.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

7 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СТВОЛА НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ

В процессе инклинометрических работ в отдельных характерных точках ствола скважины измеряется глубина по бурильной колонне l , зенитный угол Θ и азимут α (рис. 39).

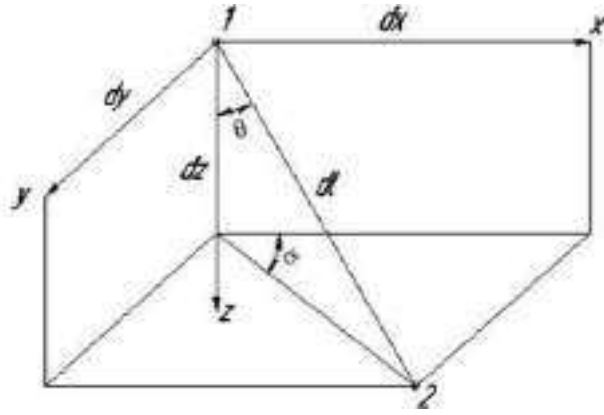


Рисунок 39

Задача построения траектории ствола скважины состоит в том, чтобы по известному массиву инклинометрических данных определить координаты соответствующих точек в прямоугольной системе координат хуz, связанной с устьем скважины, т.е. определить глубину Z и горизонт, смещающаяся в направлении север – юг, ось X – север, Y – восток.

При расчетах принимаем, что ошибки измерения имеют нормальное распределение с нулевыми средними и известными СКП соответственно.

Элементарные приращения координат будут следующими:

$$d_x = d_l \cdot \sin\theta \sin\alpha;$$

$$d_y = d_l \cdot \sin\theta \cos\alpha;$$

$$d_z = d_l \cdot \cos\theta.$$

Приращение координат Δx , Δy , Δz на исследуемом интервале Δl , определяются путем интегрирования элементарных приращений по длине интервала.

$$\Delta x = \int_0^{\Delta l} \sin\theta(l) \sin\alpha(l) \cdot dl ;$$

$$\Delta y = \int_0^{\Delta l} \cos\theta(l) \cdot dl .$$

В простейших методах для определения приращений координат используют результаты измерения зенитного угла и азимута в двух соседних точках (двухточечные методы). В более точных и сложных методах используют результаты измерения по большему числу точек.

7.1 Тангенциальный метод

В качестве исходных данных используются значения зенитного угла и азимута, измеренные в нижней точке интервала. Делается допущение, что оба эти угла сохраняют свои значения на всей протяженности исследуемого интервала, который представляет собой прямую.

$$\Delta x = \Delta l \cdot \sin\theta_2 \cos\alpha_2 ;$$

$$\Delta y = \Delta l \cdot \sin\theta_2 \sin\alpha_2 ;$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \cos\theta_2 .$$

Является самым простым методом, но наиболее ошибочным.

7.2 Метод усреднения углов

Исследуемый участок ствола скважины между двумя точками замера представляется отрезком прямой. Однако зенитный угол и азимут на протяжении участка интерполяции принимается равным средним арифметическим соответствующих углов, замеренных на конце интервала.

$$\Delta x = \frac{\Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}{2};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{2} \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{2};$$

$$\Delta z = \Delta l \cdot \frac{\cos(\theta_1 + \theta_2)}{2}.$$

“1” – означает параметр замеренный у верхнего конца скважины.

7.3 Балансный тангенциальный метод

Исследуемый интервал разбивается на два интервала одинаковой длины: верхний и нижний, каждый участок интерполируется отрезком прямой, причем зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей верхний участок, принимаются равными соответствующим углам в верхней точке замера, а зенитный угол и азимут прямой, интерполирующей нижний участок, принимаются равным соответствующим углам в нижней точке замера, таким образом, отрезки прямой

Приращения координат находят как сумму приращений координат для верхнего и нижнего участка.

$$\Delta x = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \cos\alpha_1 + \sin\theta_2 \cos\alpha_2)};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l}{2(\sin\theta_1 \sin\alpha_1 + \sin\theta_2 \sin\alpha_2)};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l}{2}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2).$$

7.4 Метод расчета по радиусу кривизны

Участок ствола скважины между двумя точками замера аппроксимируется пространственной кривой. Принимается, что проекции исследуемого участка ствола между точками замера на вертикальную и горизонтальную плоскость представляют собой дуги окружностей. В каждой из плоскостей эти дуги проходят таким образом, что касательные к ним в точках, являющиеся проекциями точек замера, направлены по отношению к исходной координатной сетке под углами, равными соответственно зенитным углам и азимутом в этих точках.

Участок прямой между двумя точками замера характеризуется радиусом кривизны проекции треугольника на вертикальную плоскость (дуга

окружности) и радиусом кривизны проекции на горизонтальную плоскость.

Выражения для приращения координат можно получить на основании следующих соотношений:

$$R_B = \Delta l(\theta_2 - \theta_1);$$

$$\Delta z = R_B \left(\frac{\sin \theta_2 - \sin \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \right)$$

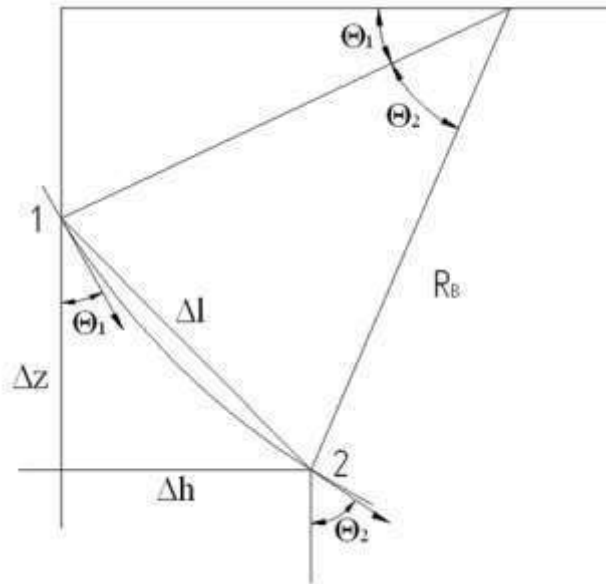


Рисунок 40

В этой методике принимается, что длина дуги окружности $\Delta S \approx \Delta l_{\Delta h}$, т.е. это справедливо при небольшой величине азимута,

$$Rr = \frac{\Delta h}{\alpha_2 - \alpha_1};$$

$$\Delta X = Rr \cdot \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta h = Rr \cdot \text{EMBED Equation.3} = \frac{\Delta h * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\Delta X = \frac{\Delta l * (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l * (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l * (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

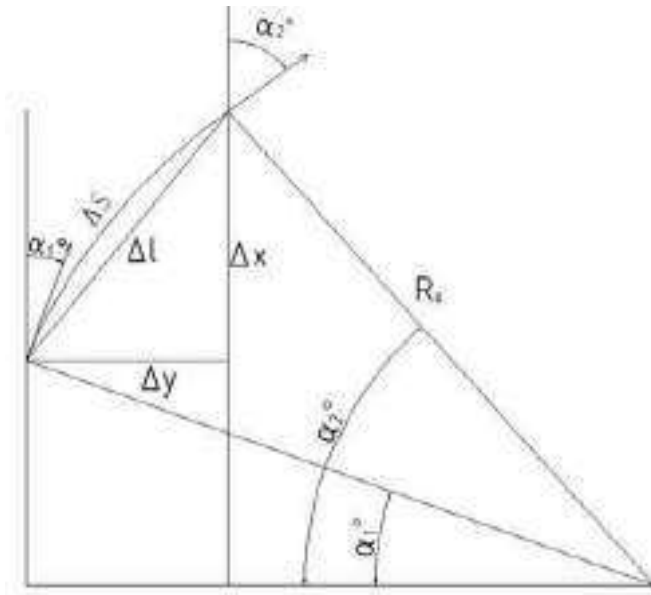


Рисунок 41

7.5 Метод постоянной кривизны

$$\Delta S = \frac{\Delta h^* (\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta x = \frac{\Delta l^* (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{2 * (\Theta_2 - \Theta_1) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta y = \frac{\Delta l^* (\cos \Theta_1 - \cos \Theta_2) * (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{2 * (\Theta_1 - \Theta_2) * \sin \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{2}};$$

$$\Delta z = \frac{\Delta l^* (\sin \Theta_2 - \sin \Theta_1)}{\Theta_2 - \Theta_1}.$$

7.6 Метод кольцевых дуг

В методе расчета кольцевых дуг исследуемый участок представляется в виде дуги. Метод КД обеспечивает более плавную стыковку дуг в точках замера, исключаются сколообразные изменения направления вектора в точке замера.

Длина дуги такая же как и измеренные по створу скважины расстояния.

Обозначим единичные касательные вектора в точках замера как \vec{V}_1 и \vec{V}_2 .

$$\cos_1 \gamma_x = \sin \theta_1 * \sin \alpha_1$$

$$\begin{aligned} \cos_1 \gamma_x &= \sin \theta_1 * \sin \alpha_1 \\ \cos_1 \gamma_y &= \sin \theta_1 * \cos \alpha_1 \\ \cos_1 \gamma_z &= \cos \theta_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos_2 \gamma_x &= \sin \theta_2 * \sin \alpha_2 \\ \cos_2 \gamma_y &= \sin \theta_2 * \cos \alpha_2 \\ \cos_2 \gamma_z &= \cos \theta_2 \end{aligned}$$

D – это между касательными векторами \vec{V}_1 и \vec{V}_2 .

$$\cos D = \cos_1 \gamma_x * \cos_2 \gamma_x + \cos_1 \gamma_y * \cos_2 \gamma_y + \cos_1 \gamma_z * \cos_2 \gamma_z$$

$$\bar{U} = \frac{\vec{V}_1 + \vec{V}_2}{(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|)}$$

где c – длина хорды искомой дуги

$$c = 2 * \Delta l * \frac{\sin\left(\frac{D}{2}\right)}{D}$$

$$(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|) = 2 * \frac{\cos D}{2}$$

$$\Delta \bar{p} = \bar{c} \bar{u} = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} * \frac{(|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|)}{2}$$

Вместо \vec{V}_1 и \vec{V}_2 подставляем сумму их направляющих косинусов по соответствующим координатным осям.

$$\Delta x = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\sin \theta_1 \sin \alpha_1 + \sin \theta_2 \sin \alpha_2)$$

$$\Delta y = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\sin \theta_1 \cos \alpha_1 + \sin \theta_2 \cos \alpha_2)$$

$$\Delta z = \Delta l * \frac{\text{tg} * \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{2} * (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

$$\cos D = \cos(\theta_2 - \theta_1) - \sin \theta_1 \sin \theta_2 [1 - \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

8 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

8.1 Нормативные ссылки

СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

СНиП 14-01-96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации».

СНиП 22-01-85 «Геофизика опасных природных воздействий».

СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».

ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». Изменение № 1.

ГОСТ 22268-76 «Геодезия. Термины и определения».

ГОСТ 22651 «Картография. Термины и определения».

ГОСТ 21.101-93 «Основные требования к рабочей документации».

ГОСТ 21.508-93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

ГОСТ 21.510-83* «СПДС. Пути железнодорожные. Рабочие чертежи».

ГОСТ 21.511-83* «СПДС. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда».

СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».

«Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации» (Госстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1994).

ГКИНП-17-002-93. «Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в Российской Федерации» (Роскартография. - М, 1993).

ГКИНП-07-016-91 «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей СССР» (ЦНИИГАиК. - М.: Недра, 1991).

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (ГУГК СССР. - Недра, 1989).

«Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500. Правила начертания» (Мосгоргеотрест. - М, 1978).

«Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» ГУГК СССР. - М.: Наука, 1986.

ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

ПТБ-88. «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

* Проектная подготовка строительства включает в себя: определение цели инвестирования, разработку ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования и обоснования инвестиций в строительство, разработку градостроительной, проектной и рабочей документации строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий, зданий и сооружений.

8.2 Инженерные изыскания

Инженерные изыскания - комплекс технических и экономических исследований района строительства с целью получения исходных данных, необходимых для разработки наиболее целесообразных технико-экономических решений при проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений. И. и. предшествуют всем видам строительства: промышленного, жилищного, гражданского, гидротехнического, транспортного, дорожного и др. Характер И. и. изменяется в зависимости от вида строительства и степени изученности обследуемого района.

До технических изысканий проводятся, как правило, экономические исследования в целях выбора района (пункта) размещения объекта и экономического обоснования намечаемого строительства. Правильность выбора места строительства существенно облегчается, если на территории предварительно проведена районная планировка, требования которой должны учитываться при И. и.

Программа И. и. должна предусматривать интересы сохранения окружающей среды — продуктивности, чистоты и привлекательности природы — и обеспечивать предотвращение или сведение к минимуму того ущерба, который может быть ей нанесён как самими И. и., так и последующим строительством.

Комплекс технических изысканий включает изучение топографических, геологических, гидрологических и метеорологических условий района строительства, обследование месторождений местных строительных материалов, сбор исходных данных для составления проекта организации строительства и смет, а также проведение необходимых согласований. Особый характер имеют И. и. автодорожные, железнодорожные, для про-

кладки нефте- и газопроводов, линий связи и электропередачи (так называемые линейные изыскания).

И. и. проводятся, как правило, в один этап, включающий получение исходных данных для разработки технического проекта и рабочих чертежей. Для сложных в инженерном отношении объектов И. и. проводятся в два этапа на основе технических заданий, в которых определяются основной состав, детальность и порядок проведения И. и. Изыскательские работы обычно выполняются проектным институтом, осуществляющим проектирование объекта, с привлечением специализированных организаций.

В проведении изыскательских работ различают три периода: подготовительный, полевой и камеральный. В подготовительный период собираются и изучаются необходимые данные по объекту и уточняется задание, выдаваемое изыскательской партией. В период полевых работ проводятся геодезические, топографические, буровые и др. работы. Камеральная обработка состоит в систематизации полевых материалов, составлении топографических планов, геологических разрезов, гидрологических, климатических и др. характеристик района и строительной площадки. Ускорение, повышение качества и снижение стоимости И. и. достигаются при проведении их по единой методологии путём концентрации И. и. в крупных специализированных организациях, имеющих в своём составе постоянно действующие экспедиции и партии.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (надземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются как самостоятельный вид инженерных изысканий и в комплексе с другими видами инженерных изысканий (изыскательских работ и исследований), в том числе инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, а также изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять, как правило, в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительные работы

В подготовительном этапе должно быть выполнено:

- получение технического задания и подготовка договорной (контрактной) документации;

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет на район (участок, площадку) изысканий, а также топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных, находящихся в государственных и ведомственных фондах в архиве изыскательской организации;
- подготовка программы (предписания) инженерно-геодезических изысканий в соответствии с требованиями технического задания заказчика и пп. 4.14. и 5.6 СНиП 11-02-96, с учетом опасных природных и техногенных условий территории;
- осуществление в установленном порядке регистрации (получение разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий.

Полевые работы

В полевом этапе должны быть произведены рекогносцировочные обследования территории, и комплекс полевых работ в составе инженерно-геодезических изысканий, а также необходимый объем вычислительных и других работ по предварительной обработке полученных материалов и данных для обеспечения контроля их качества, полноты и точности.

Камеральные работы

В камеральном этапе должны быть выполнены:

- окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объектах, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и техноприродных процессах;
- составление и передача заказчику технического отчета (пояснительной записки) с необходимыми приложениями по результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий; передача в установленном порядке отчетных материалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в государственные фонды (п. 4.25 СНиП 11-02-96).

8.3 Плано-высотное обоснование

При производстве инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений геодезической основой служат точки (пункты) плано-высотной съемочной геодезической сети, создаваемой в виде магистральных ходов, прокладываемых вдоль трассы.

Магистральные ходы при изысканиях линейных сооружений должны быть привязаны в плане и по высоте к пунктам государственной или опорной геодезической сети не реже чем через 30 км (при изысканиях магистральных каналов 8 км).

При удалении пунктов государственной или опорной геодезической сети от трассы на расстояние более 5 км допускается вместо плановой привязки определять истинные азимуты сторон магистрального хода не реже чем через 15 км. Методы определения истинных азимутов и требования к точности измерений должны устанавливаться в программе изысканий.

При изысканиях линейных сооружений на территориях городов и других поселений, а также промышленных (агропромышленных) и горнодобывающих предприятий плановая и высотная привязка съемочной геодезической сети к пунктам государственной или опорной геодезической сети обязательна.

Методические указания, на которые мы будем опираться, разработаны во ВНИМИ на основе обобщения результатов исследования спутниковых систем за рубежом и на горных предприятиях Российской Федерации.¹

Теодолитные ходы

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов с узловыми точками.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов. На незастроенных территориях длина хода не должна быть более 500 м при съемке в масштабе 1:5000, 300 м - при съемке в масштабе 1:2000 и 150 м - при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500. Длины висячих ходов на застроенных территориях должны приниматься соответственно с коэффициентом 0,7.

При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов не должна превышать 15".

Отдельный теодолитный ход должен опираться на два исходных пункта и два исходных дирекционных угла.

Развитие планово-высотной съемочной сети с использованием электронных тахеометров с регистрацией и накоплением результатов измерений (горизонтальных проложений, дирекционных углов, координат и высот пунктов и точек) допускается выполнять одновременно с производством топографической съемки.

При создании (развитии) съемочной геодезической сети предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки следует принимать в соответствии с табл. 10.

Таблица 10 - Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки

| Масштаб топографической съемки | Предельная длина теодолитного хода, км | | Предельная абсолютная невязка теодолитного хода, м | |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|---|
| | между исходными геодезическими | между исходными пунктами и узловыми | Застроенная территория, открытая | Незастроенная территория, закрытая дре- |
| | | | | |

| | | | | |
|--------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | скими пунктами | точками (или между узловыми точками) | местность на незастроенной территории | весной и кустарниковой растительностью |
| 1:5000 | 6,0 | 4,2 | 2,0 | 3,0 |
| 1:2000 | 3,0 | 2,1 | 1,0 | 1,5 |
| 1:1000 | 1,8 | 1,3 | 0,6 | 0,9 |
| 1:500 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |

Примечания

- При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров и электронных тахеометров предельная длина хода может быть увеличена в 1,3 раза, при этом предельные длины сторон хода не устанавливаются, а количество сторон в ходе не должно превышать:
 - при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 в открытой местности - 50 и в закрытой - 100;
 - при съемке в масштабе 1:1000 - 40 и 80 соответственно характеристике местности, а при съемке в масштабе 1:500 - 20.
- Предельные длины теодолитных ходов и их предельные абсолютные невязки для съемки в масштабе 1:200 устанавливаются в программе изысканий. Предельные длины теодолитных ходов на существующих железнодорожных станциях определяются схемой станций (длиной парков).

Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях для строительства линейных сооружений должны приниматься согласно табл. 11.

Таблица 11 - Допустимые невязки измерений в геодезических ходах при изысканиях линейных сооружений

| №№ п/п | Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений | Допустимые невязки измерений | | |
|--------|--|------------------------------|---------------------|--------------|
| | | угловых, мин | линейных | высотных, мм |
| 1 | Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях: | | | |
| | новых железных дорог | $0,3\sqrt{n}$ | 1/4000 | $30\sqrt{L}$ |
| | новых автомобильных дорог | $1\sqrt{n}$ | 1/2000
(1/1000*) | $50\sqrt{L}$ |
| | Трубопроводов с условным диаметром: до 1000 мм | $1,5\sqrt{n}$ | 1/1000 | $50\sqrt{L}$ |
| | свыше 1000 м | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| | Линий электропередачи, связи, канатно- | $1,5\sqrt{n}$ | 1/1000 | $50\sqrt{L}$ |

| | | | | |
|---|--|---------------|---------------------|--------------|
| | подвесных дорог | | | |
| | Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| 2 | Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов | $1\sqrt{n}$ | 1/2000
(1/1000*) | $50\sqrt{L}$ |
| 3 | Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог: | | | |
| | базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах; | $0,3\sqrt{n}$ | 1/4000 | $30\sqrt{L}$ |
| | съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов | $1\sqrt{n}$ | 1/2000 | $50\sqrt{L}$ |
| 4 | Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой) | - | 1/2000 | - |

Обозначения: n - число углов в ходе; L - длина хода, км; (*) - в трудных условиях пересеченной и горной местности.

Примечания

1. При изысканиях для строительства трубопроводов, линий электропередачи и канатно-подвесных дорог в пересеченной и горной местности может выполняться тригонометрическое нивелирование.
2. Допустимые невязки измерений при изысканиях для строительства высокоскоростных железных дорог устанавливаются в соответствии с требованиями производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов.

Поправка за приведение длин линий к горизонту должна учитываться при величине угла наклона рельефа местности более $1,5^\circ$.

В длины линий, измеренные стальными лентами и рулетками, следует вводить поправку за температуру, если разность температуры воздуха при компарировании и измерении линий превышает 8°C .

Поправки за компарирование вводятся, когда длина мерного прибора отличается от номинальной более чем на 1/10000.

Измерение углов в теодолитных ходах должно производиться теодолитами (типа ЗТ5КП, Т15МКП и 4Т30П или им равноточными) одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами (для теодолитов с двусторонней системой отсчета на величину, близкую к 90° , а для теодолитов с односторонней системой отсчета - в пределах 5°).

Расхождения значений угла между полуприемами не должны превышать $45''$.

Угловые невязки в теодолитных ходах и полигонах не должны превышать величины $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$, где n - число углов в ходе (полигоне).

Определение положения (координат) точек постоянного съемочного обоснования (углов капитальных зданий и сооружений, центров люков смотровых колодцев, опор линий электропередачи и др.) следует выполнять полярным способом с пунктов опорной геодезической сети и точек теодолитных ходов первого порядка. При этом расхождения (в минутах) между результатами измерений примыкающего угла в полуприемах не должны превышать величины $\Delta = 50/L$, где L - расстояние в метрах до определенной точки, которое не должно превышать длины мерного прибора (но не более 50 м). Предельные длины полярных направлений, измеряемые светодальномерами или электронными тахеометрами, не должны превышать 1000 м.

Съемочные сети можно развивать методом триангуляции (трилатерации) взамен теодолитных ходов, а также прямыми и обратными геодезическими засечками.

Между исходными сторонами (базисами) или пунктами опорных (государственных) геодезических сетей допускается построение цепочки треугольников триангуляции в количестве, не более:

- 20 - для съемки в масштабе 1:5000;
- 17 - для съемки в масштабе 1:2000;
- 15 - для съемки в масштабе 1:1000;
- 10 - для съемки в масштабе 1:500.

Не допускается развитие геодезических сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну исходную сторону.

Длина цепи треугольников триангуляции не должна превышать допустимой длины теодолитного хода для соответствующего масштаба съемки, согласно табл. 9.

Базисы (выходные стороны) триангуляции следует измерять с относительной средней квадратической погрешностью не более 1/5000.

Углы в треугольниках должны быть не менее 20° , а длины сторон не менее 150 м.

Измерение углов следует производить в соответствии с п. 5.34. (СП 11-104-97)

Невязки в треугольниках не должны превышать 1,5'.

В измеренные на пунктах углы должны вводиться поправки за центрировку и редукцию, если величины линейных элементов приведения превышают 1/10000 длин линий (сторон).

Прямые засечки следует выполнять не менее чем с трех пунктов опорной геодезической сети так, чтобы углы между смежными направлениями на определяемой точке были не менее 30° и не более 150° .

Обратные засечки должны выполняться не менее чем по четырем пунктам опорной геодезической сети при условии, чтобы определяемая точка не находилась вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

Комбинированные засечки должны строиться сочетанием прямых и обратных засечек с использованием не менее трех исходных пунктов.

При создании съемочной геодезической сети могут быть использованы: метод определения двух точек по двум исходным пунктам (Задача Ганзена) и линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

Техническое нивелирование

Техническим нивелированием должны определяться высоты точек съемочной сети, а также пунктов триангуляции (трилатерации) и полигонометрии, высоты которых не определены нивелированием III-IV классов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

При построении высотной съемочной сети, в случае отсутствия на участке инженерных изысканий реперов и марок государственной нивелирной сети, ходы технического нивелирования должны закрепляться нивелирными знаками из расчета не менее двух на участок работ и не реже чем через 3 км один от другого.

Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки должны приниматься по табл. 12.

Таблица 12 - Допустимые длины ходов технического нивелирования в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки

| Ходы технического нивелирования | Предельная длина хода, км, при высоте сечения рельефа, м | | |
|--|--|-----|-----------|
| | 0,25 | 0,5 | 1 и более |
| Между двумя исходными реперами (марками) | 2 | 8 | 16 |
| Между исходным пунктом и узловой точкой | 1,5 | 6 | 12 |
| Между двумя узловыми точками | 1 | 4 | 8 |

Техническое нивелирование следует выполнять нивелирами (типа ЗН-5Л, 2Н-10КЛ или им равноточными), а также теодолитами с компенсаторами (типа Т15МКП и др.) или уровнем при трубе, с отсчетом по средней нити по двум сторонам рейки.

Расхождения между значениями превышений, полученными на станции по двум сторонам реек, не должен быть более 5 мм.

Расстояние от инструмента до мест установки реек должны быть по возможности равными и не превышать 150 м.

Невязка хода технического нивелирования или полигона не должна превышать величины $50\sqrt{L}$, мм, где L - длина хода, км.

При числе станций на 1 км хода более 25 невязка хода нивелирования или полигона не должна превышать величины $10\sqrt{n}$, мм, где n - число станций в ходе.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование следует применять для определения высот точек съемочной геодезической сети при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 2 и 5 м, а на всхолмленной и пересеченной местности - через 1 м.

В качестве исходных для тригонометрического нивелирования должны использоваться пункты, высоты которых определены методом геометрического нивелирования. В горных районах допускается использовать в качестве исходных пункты государственной или опорной геодезической сети, высоты которых определены тригонометрическим нивелированием.

Длина ходов тригонометрического нивелирования не должна превышать при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 1, 2 и 5 м соответственно 2, 6 и 12 км.

Тригонометрическое нивелирование точек съемочной сети должно производиться в прямом или обратном направлениях с измерением вертикальных углов теодолитом по средней нити одним приемом при двух положениях вертикального круга.

Допускается приложение висячих ходов тригонометрического нивелирования длиной, не более указанной в п. 5.27, с измерением вертикальных углов в одном направлении по трем нитям при двух положениях вертикального круга. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1. Высоты инструмента и визирных целей следует измерять с точностью до 1 см.

Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии при тригонометрическом нивелировании не должно быть более $0,04S$, м, где S - длина линии, выраженная в сотнях метров.

Допустимые невязки в ходах и замкнутых полигонах тригонометрического нивелирования не должны превышать величины

$$\frac{0,04S}{\sqrt{n}}, \text{ см,}$$

где S - длина хода в метрах, а n - число линий в ходе или полигоне.

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не ре-

же чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными и железобетонными столбами, металлическими уголками и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;

по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

На мостовых переходах через большие реки следует устанавливать постоянные реперы на обоих берегах реки.

Геодезические пункты, закрепленные постоянными знаками (грунтовыми и стенными реперами, марками и др.), и долговременно закрепленные точки съемочных сетей подлежат учету и сдаче для наблюдения за их сохранностью заказчику и органам архитектуры и градостроительства в установленном порядке.

Обработка результатов полевых измерений при создании (развитии) съемочной геодезической сети производится на ПЭВМ или на основе использования других средств вычислительной техники. Уравнивание съемочной сети производится упрощенными способами при условии отсутствия ходов более 2-го порядка.

Висячие ходы разрешается вычислять с пунктов опорных (государственных) геодезических сетей и точек съемочных сетей после их уравнивания. При этом в съемочных сетях значения углов следует вычислять до $0.1'$, а координат - до $0,01$ м. Значения высот точек в ходах технического нивелирования должны вычисляться до $0,001$ м и в ходах тригонометрического нивелирования - до $0,01$ м.

В результате выполнения инженерно-геодезических изысканий по созданию геодезической основы должны быть представлены:

- ведомости обследования исходных геодезических пунктов (марок, реперов и др.);
- схемы планово-высотных геодезических сетей с указанием привязок к исходным пунктам;
- материалы вычислений, уравнивания и оценки точности, ведомости (каталоги) координат и высот геодезических пунктов, нивелирных знаков и точек, закрепленных постоянными знаками;
- данные о метрологической аттестации средств измерений (исследований, поверок и эталонирования приборов, компарирования реек и мерных приборов и т.д.);

- акты о сдаче геодезических пунктов и точек геодезических сетей, закрепленных постоянными знаками, на наблюдение за их сохранностью;

- акты полевого (камерального) контроля.

По опорной геодезической сети дополнительно представляются:

- карточки установленных постоянных геодезических знаков и центров;
- журналы измерения направлений (углов), сводки измеренных направлений и листы графического определения элементов приведения;
- абрисы геодезических пунктов, привязанных к постоянным предметам местности;
- абрисы нивелирных знаков (марок, стенных и грунтовых реперов);
- журналы измерения базисов и длин линий, материалы по определению их высот;
- журналы нивелирования;
- ведомости превышений.

По плано-высотной съемочной геодезической сети дополнительно представляются:

- абрисы точек, закрепленных постоянными знаками, и точек постоянного съемочного обоснования;
- журналы измерения углов и линий, технического и тригонометрического нивелирования.

Примечание

Результаты выполненных геодезических измерений могут быть представлены в виде данных, полученных с регистрирующих устройств, спутниковой геодезической аппаратуры или других носителей информации.

8.1 Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок при инженерных изысканиях для строительства

Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях для строительства выполняется методами: горизонтальным, высотным (вертикальным), мензурным, тахеометрическим, нивелированием поверхности, наземным фототопографическим, стереотопографическим, комбинированным аэрофототопографическим, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.

| Наименование | Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка | Мензурная съемка | Тахеометрическая съемка |
|--|---|------------------|-------------------------|
| Предельные расстояния, м, от прибора до четких контуров местности при измерении: | | | |

| | | | |
|--|------|------|------|
| Электронным тахеометром при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | 1000 |
| 1:2000 | 750 | - | 750 |
| 1:1000 | 400 | - | 400 |
| 1:500 | 250 | - | 250 |
| Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 250 | - | 250 |
| 1:1000 | 180 | - | 180 |
| 1:500 | 120 | - | 120 |
| Нитяным дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | 150 | 150 |
| 1:2000 | 100 | 100 | 100 |
| 1:1000 | 80 | 80 | 80 |
| 1:500 | 60 | 60 | 60 |
| Оптическим дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 180 | - | 180 |
| 1:1000 | 120 | - | 120 |
| 1:500 | 80 | - | 80 |
| Предельные расстояния, м, от прибора до нечетких контуров местности при измерении: | | | |
| Электронным тахеометром при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | 1000 |
| 1:2000 | 1000 | - | 1000 |
| 1:1000 | 600 | - | 600 |
| 1:500 | 375 | - | 375 |
| Рулеткой (лентой) при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 370 | - | 370 |
| 1:1000 | 270 | - | 270 |
| 1:500 | 180 | - | 180 |
| Нитяным дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | 220- | 220- |
| 1:2000 | 150 | 150 | 150 |
| 1:1000 | 120 | 120 | 120 |
| 1:500 | 90 | 90 | 90 |
| Оптическим дальномером при съемке в масштабах | | | |
| 1:5000 | - | - | - |
| 1:2000 | 270 | - | 270 |
| 1:1000 | 180 | - | 180 |
| 1:500 | 120 | - | 120 |
| Предельные расстояния, м, от прибора до рейки при съемке рельефа и измерении длин линий нитяным дальномером: | | | |
| в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | - | 250 | 250 |
| 1,0 | - | 300 | 300 |
| 2,0 | - | 350 | 350 |
| 5,0 | - | 350 | 350 |
| в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 200 | 200 | 200 |

| | | | |
|---|-----|------|------|
| 1,0 | 250 | 250 | 250 |
| 2,0 | 250 | 250 | 250 |
| в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 150 | 150 | 150 |
| 1,0 | 200 | 200 | 200 |
| в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 100 | 100 | 100 |
| 1,0 | 150 | 150 | 150 |
| Предельные расстояние между пикетами, м, съемке: | | | |
| в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | - | 70 | 60 |
| 1,0 | - | 100 | 80 |
| 2,0 | - | 120 | 100 |
| 5,0 | - | 150 | 120 |
| в масштабе 1:2000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 40 | 50 | 40 |
| 1,0 | 50 | 60 | 50 |
| 2,0 | 60 | 70 | 60 |
| в масштабе 1:1000 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 20 | 30 | 20 |
| 1,0 | 30 | 40 | 30 |
| в масштабе 1:500 при высоте сечения рельефа, м | | | |
| 0,5 | 15 | 20 | 15 |
| 1,0 | 20 | 30 | 20 |
| Предельные длины съемочных ходов (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 1000 | 1200 |
| 1:2000 | - | 500 | 600 |
| 1:1000 | - | 250 | 300 |
| 1:500 | - | 200 | 200 |
| Предельные число линий в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 5 | 6 |
| 1:2000 | - | 5 | 5 |
| 1:1000 | - | 3 | 3 |
| 1:500 | - | 2 | 2 |
| Предельные длины сторон в съемочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 250 | 300 |
| 1:2000 | - | 200 | 200 |
| 1:1000 | - | 100 | 150 |
| 1:500 | - | 100 | 100 |
| Предельная длина направления засечки, м, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 600 | - |
| 1:2000 | 50 | 300 | - |
| 1:1000 | 50 | 150 | - |
| 1:500 | 50 | - | - |
| Погрешность центрирования, см, при съемке в масштабах: | | | |
| 1:5000 | - | 25 | 1 |

| | | | |
|--|------|--------------------------|--------------------------|
| 1:2000 | - | 10 | 1 |
| 1:1000 | - | 5 | 1 |
| 1:500 | - | 5 | 1 |
| Длины перпендикуляров, м, (без эскера /с эскером при съемке в масштабах: | | | |
| 1:2000 | 8/60 | - | - |
| 1:1000 | 6/40 | - | - |
| 1:500 | 4/20 | - | - |
| Предельные невязки съёмочных (тахеометрических и мензульных) ходов: | | | |
| по высоте, см | - | $\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$ | $\frac{0,04S}{\sqrt{n}}$ |
| в плане, м | - | - | $\frac{S}{400\sqrt{n}}$ |

Обозначения: S - длина хода в м, n - число линий в ходе

Примечания

1. Съёмка в масштабе 1:500 основных углов капитальных зданий (сооружений) с измерением расстояний нитяным дальномером не допускается

2. Допускается проложение висячих ходов с двумя переходными точками от аналитически определенных пунктов (точек) при съёмке в масштабах 1:5000 и 1:2000 и с одной переходной точкой при съёмке в масштабах 1:1000 и 1:500.

Инженерно-топографические планы при изысканиях для разработки градостроительной и проектной документации для строительства крупных промышленных предприятий, железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов следует составлять, как правило, аэрофототопографическим методом по материалам аэрофото-съемки.

Наземную топографическую съёмку следует производить в случаях, когда применение аэрофото-съемки экономически нецелесообразно, ее выполнение не представляется возможным или аэрофототопографический метод не обеспечивает требуемой точности составления планов.

При изысканиях для строительства железных и автомобильных дорог, магистральных каналов и магистральных трубопроводов наземная топографическая съёмка выполняется, как правило, на площадках и в местах переходов и пересечений этих линейных сооружений.

Инженерно-топографические планы могут быть представлены в графическом или цифровом видах (цифровой инженерно-топографический план).

В соответствии с техническим заданием заказчика результаты топографических съёмок могут быть представлены в виде топографо-геодезических материалов для составления градостроительного кадастра (СНиП 14-01-96) и других кадастров, банков инженерно-геодезических данных, а также в виде геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий соответствующего уровня.

Инженерно-топографические планы создаются на копиях (репродукциях) с фотопланов, изготовленных на жесткой основе; на малодеформируемых пластиках; на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую основу.

Планы-оригиналы одноразового пользования небольших (до 1 км²) изолированных участков и узких полос на незастроенной территории допускается составлять на чертежной бумаге.

Цифровые инженерно-топографические планы создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем оцифровки графического изображения планов и последующей векторизации растровых файлов, полученных после сканирования планов.

Точность цифрового инженерно-топографического плана должна быть не ниже точности инженерно-топографического плана в графическом виде соответствующего масштаба. Информация цифрового инженерно-топографического плана должна соответствовать действующим условным знакам для топографических планов (п. 5.8 СНиП 11-02-96).

При создании цифровых инженерно-топографических планов и карт, банков инженерно-геодезических данных, геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, а также при других процессах автоматизированной обработки результатов инженерно-геодезических изысканий должны использоваться утвержденные в установленном порядке классификаторы единой системы классификации и кодирования топографической и картографической информации - «Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» и др.

Номенклатура листов инженерно-топографических планов должна устанавливаться в программе изысканий. На территории существующих населенных пунктов и действующих предприятий принятая разграфка и номенклатура листов планов должны быть сохранены, если они не противоречат единой разграфке планов населенного пункта (поселения).

При создании инженерно-топографических планов участков местности площадью до 20 км², как правило, применяется квадратная разграфка с рамками размерами 40×40 см для листов планов в масштабе 1:5000 и 50×50 см для листов планов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения топографической съемки должны быть представлены:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
 - журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
 - абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы (п. 5.188);
 - акты полевого приемочного контроля.
- Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензуральной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензуральной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

8.4 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка применяется для съемки небольших и узких полос местности.

При выполнении тахеометрической съемки для сокращения продолжительности полевых и камеральных работ следует использовать электронные тахеометры с регистрацией и накоплением результатов измерений.

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов (точек) съемочного обоснования. Сгущение съемочного обоснования допускается выполнять проложением тахеометрических ходов, графическими прямыми и комбинированными засечками с числом направлений не менее трех.

По окончании работы на станции следует контролировать ориентирование лимба теодолита. Отклонение от первоначального ориентирования не должно быть более 1,5'.

На каждой станции должен составляться абрис, в котором следует показывать пикеты, ситуацию, а также структурные линии рельефа местности (тальвеги, водоразделы и др.), направление скатов.

Планы тахеометрической съемки должны приниматься в полевых условиях с оформлением актов контроля и приемки работ.

8.5 Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка застроенных территорий

Горизонтальная съемка застроенных территорий в масштабах 1:2000 - 1:500 выполняется самостоятельно или в сочетании с высотной съемкой.

Горизонтальная съемка выполняется способами: полярным, створов, графоаналитическим, засечек, перпендикуляров (абсцисс и ординат), стереотопографическим.

При всех способах горизонтальной съемки должны составляться абрисы, производиться обмеры контуров зданий (сооружений) и измеряться контрольные связи между ними.

Съемка застроенной территории должна производиться с пунктов (точек) опорной и съемочной геодезических сетей (приложение Г).

Производить съемку с точек мензульных ходов не разрешается.

Створные точки, определяемые от пунктов и точек геодезической основы, должны определяться с точностью не менее 1:2000.

При использовании способа засечек допускаются углы в пределах от 30° до 150°.

Измерение горизонтальных углов при съемке следует выполнять теодолитом при одном положении вертикального круга со средней погрешностью не более 1' и с контролем ориентирования лимба на станции, расхождение от первоначального ориентирования допускается не более 1,5'.

Накладка контуров капитальных зданий (сооружений) с помощью транспортира допускается при величине полярных расстояний до 6 см в масштабе плана. При полярных расстояниях, превышающих указанную величину, накладка таких контуров на план должна производиться по координатам.

При графоаналитическом способе съемки углы кварталов и капитальные здания (сооружения), опоры, колодцы, центры стрелочных переводов должны наноситься на план по координатам, определенным с пунктов планового съемочного обоснования, и данным обмеров контуров зданий (сооружений). Съемку прочих элементов ситуации допускается производить методом мензульной или тахеометрической съемки.

Высоты люков колодцев подземных сооружений и верха труб на дорогах, урезов воды в водоемах (водотоках), полов в капитальных зданиях (по дополнительному заданию) должны определяться геометрическим нивелированием по двум сторонам рейки или тригонометрическим нивелированием при двух положениях вертикального круга. Расхождение между превышениями не должны быть более 2 см. Высоты других пикетов следует определять по одной стороне рейки (при одном положении вертикального круга в случае тригонометрического нивелирования), при расстояниях до пикетов более 250 м следует вводить поправки за кривизну земной поверхности и рефракцию.

На улицах (проездах) поперечные профили должны измеряться через 40, 60, 100 м (в зависимости от масштаба планов), а также в местах перегиба рельефа и по осям пересекающихся улиц (проездов).

При нивелировании поперечных профилей должны быть определены высоты у фасадной линии, бровки тротуара (бордюрного камня), оси улицы (проезда), бровки и дна кюветов, а также других характерных точек рельефа.

Расстояние между нивелирными точками на поперечных профилях не должны превышать 40 м на планах и в масштабе 1:2000 и 20 м - 1:1000 и 1:500.

В результате выполнения аэрофотосъемки дополнительно (п. 5.74) следует представлять:

- оригиналы инженерно-топографических и кадастровых планов с формулярами;
- журналы обследования надземных сооружений и колодцев, шурфов подземных сооружений;
- абрисы съемки подземных сооружений и др. материалы;
- акты полевого приемочного контроля.

Дополнительно по видам наземных съемок должны представляться:

- по горизонтальной и высотной съемке - абрисы и журналы съемки;
- по мензуральной съемке - схема участков съемки с разграфкой листов плана;
- журналы мензуральной съемки;
- кальки высот и контуров (электрографические копии, выкопировки по рамкам южной и восточной) планов в масштабах 1:5000 - 1:2000;
- по тахеометрической съемке - кальки стереообработки, контуров и высот;
- журналы обработки стереопар;
- сводки по рамкам;
- ведомости оценки качества негативов.

Результаты выполненной топографической съемки, контроля и приемки работ должны включаться в состав технического отчета в соответствии с требованиями п. 5.13 СНиП 11-02-96.

Обновление топографических планов (корректур)

При обновлении инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) и кадастровых планов должна выполняться топографическая съемка вновь появившихся контуров, элементов ситуации, зданий и сооружений (подземных, наземных и надземных) и рельефа местности в местах их изменений.

На участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35 %, топографическая съемка должна производиться заново.

Инженерно-топографические планы, составленные по материалам съемки при высоте снежного покрова более 20 см, подлежат обновлению.

Обновление инженерно-топографических (цифровых инженерно-топографических) планов и банков инженерно-геодезических данных должно осуществляться на основе использования:

- государственных фондов Роскартографии, государственных территориальных фондов материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления, государственного ведомственного фонда материалов

комплексных инженерных изысканий Госстроя России, а также фондов материалов других министерств и ведомств;

- материалов и данных геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий;
- материалов и данных государственных кадастров;
- топографо-геодезических материалов предприятий и организаций - оригиналы и копии планов, их формуляры, каталоги координат и высот закрепленных на местности пунктов (постоянных точек) геодезической основы, исполнительные чертежи и планы законченных строительных объектов, профили;
- материалов контрольных геодезических съемок законченных строительством объектов и коммуникаций.

При обновлении планов съемочным плановым обоснованием должны служить пункты существующей опорной геодезической сети, точки постоянного съемочного обоснования, четкие контуры и предметы-ориентиры, а высотным обоснованием - нивелирные знаки и твердые контуры (колодцы, цоколи зданий и т.п.), имеющие высотные отметки.

Съемка вновь появившихся объектов (контуров) и изменений рельефа, а также оформление полевых и камеральных материалов должны производиться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к наземной топографической съемке.

9 СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

На инженерно-топографические планы должны наноситься все существующие подземные и надземные сооружения (коммуникации).

В случае отсутствия планов подземных и надземных сооружений (коммуникаций), исполнительных чертежей, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и других материалов или их недостаточной полноте или точности должна выполняться съемка и обследование подземных и надземных сооружений методами, применяемыми при горизонтальной и высотной съемке застроенных территорий.

Примечание

Подземные, надземные линейные сооружения, предназначенные для транспортировки жидкостей и газов, передачи энергии и информации, относятся к инженерным коммуникациям.

Съемка подземных и надземных сооружений должна производиться с учетом требований пп. 5.7-5.10, 5.12 СНиП 11-02-96.

Составление эскизов опор, определение напряжения и числа проводников в линиях электропередачи и связи, марки проводов и кабелей, ведомственной принадлежности коммуникаций, габаритов и номеров опор, расположения прокладок на опорах, высоты опор и эстакад, видов прокла-

док на них, высот проводов и кабелей между опорами выполняются по дополнительному заданию заказчика.

Работы по съемке и обследованию существующих подземных сооружений включают:

- сбор и анализ имеющихся материалов о подземных сооружениях (исполнительных чертежей, инженерно-топографических и кадастровых планов, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок и др.)
- рекогносцировочное обследование (отыскание на местности сооружений, определение назначения и участков для поиска прокладок с помощью трубокабелеискателей);
- обследование и (или) детальное обследование подземных сооружений в колодцах (шурфах);
- поиск и съемка подземных сооружений, не имеющих выходов на поверхность земли;
- плановая и высотная (нивелирование) съемки выходов подземных сооружений на поверхность земли;
- составление плана и при необходимости схемы сетей подземных сооружений с их техническими характеристиками;
- согласование полноты плана подземных сооружений и технических характеристик сетей, нанесенных на план, с эксплуатирующими организациями.

До начала полевых работ по съемке существующих подземных сооружений должны быть собраны:

- исполнительные чертежи;
- инженерно-топографические планы;
- материалы исполнительной и контрольной геодезических съемок, а также материалы (планы) градостроительного кадастра;
- проектные, инвентаризационные и другие материалы и данные о наличии, технических характеристиках и планово-высотном положении подземных сооружений.

На основе анализа собранных материалов должна быть установлена возможность их использования в намечаемых работах, а также определены предварительные объемы съемки подземных сооружений.

Рекогносцировочное обследование местности должно проводиться для отыскания на ней по внешним признакам местоположения и назначения подземных сооружений, а также определения участков трубопроводов и кабелей для поиска с помощью трубокабелеискателей.

Координирование выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений на застроенной территории должно производиться по дополнительному заданию заказчика.

Расположение углов поворота и других скрытых точек подземных сооружений, а также глубина их заложения должны определяться с помощью трубокабелеискателей, а в случае невозможности их использования применяется шурфование.

При обследовании подземных и надземных сооружений должны быть определены следующие их элементы и технические характеристики:

- по водопроводу
- материал и наружный диаметр труб;
- назначение (хозяйственно-питьевой, производственный);
- по канализации
- характеристика сети (напорная, самотечная);
- назначение (бытовая, производственная, дождевая);
- материал и диаметр труб (внутренний для самотечных и наружный для напорных сетей);
- по теплосети
- тип прокладки (канальная или бесканальная);
- тип канала (проходной, полупроходной, непроходной);
- материал и внутренние размеры канала;
- количество и наружный диаметр труб;
- по газопроводу
- наружный диаметр и материал труб;
- давление газа (низкое, среднее, высокое);
- по кабельным сетям
- напряжение электрических кабелей (высоковольтные 6 кВ и выше, низковольтные);
- направление (номера трансформаторных подстанций) для высоковольтных кабелей;
- условия прокладки (в канализации, в коллекторах, бронированный кабель);
- принадлежность кабелей связи;
- количество отверстий в телефонной канализации;
- материал и размеры распределительных пунктов, трансформаторных подстанций, телефонных шкафов и коробок;
- по подземному дренажу
- материал и наружный диаметр труб;
- поперечное сечение галерейных дрен, глухих коллекторов (по дополнительному заданию заказчика).

При обследовании в колодцах (шурфах) должно быть определено назначение инженерных коммуникаций, диаметр и материал труб, материал и тип каналов, число кабелей (также труб при кабельной канализации),

направление стока в самотечных трубопроводах, направления на смежные колодцы (камеры) и вводы в здания (сооружения) с составлением схемы.

Габариты колодцев (камер) надлежит отражать в масштабе плана, если площадь колодцев (камер) составляет в натуре не менее 4 м² при съемке в масштабе 1:500 и 9 м² - в масштабе 1:1000.

Плановое положение прокладок, размещенных в колодцах (камерах) указанных размеров, определяется относительно проекции центра люка.

При съемках в масштабах 1:2000 и 1:5000 обмер габаритов колодцев (камер), а также привязка размещенных в них коммуникаций не выполняются.

Детальное обследование колодцев (камер), выполняемое по дополнительным требованиям заказчика, кроме работ, указанных в п. 5.181, должно включать:

- обмеры габаритов и определение материалов колодцев (камер) и каналов;
- обмеры конструктивных элементов трубопроводов и их фасонных частей;
- определение взаимного местоположения вводов, выпусков и присоединений прокладок, составление эскизов по основным сечениям этих сооружений.

Нивелирование подземных сооружений включает определение высот обечаек (верха чугунного кольца люка колодца), земли или мощения у колодца, а также высот, расположенных в колодце труб, кабелей, каналов (промерами от обечайки с отсчетом до 1 см).

В колодцах (камерах) подлежат нивелированию:

- в самотечных сетях - дно лотка;
- в перепадных колодцах, дополнительно - низ входящей трубы;
- в колодцах-отстойниках - дно колодца, низ входящей и выходящей труб;
- в напорных трубопроводах - верх труб;
- в каналах коллекторах - верх низ каналов (коллекторов);
- в кабельных сетях - место пересечения кабеля со стенками колодца, верх и низ пакета (блока) при кабельной канализации.

Съемка точек подземных коммуникаций, отыскиваемых с помощью трубокабелеискателей, на прямолинейных участках должна производиться, как правило, через 20, 30, 50 и 100 м соответственно для масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

Глубина заложения безколодезных прокладок должна определяться на углах поворота, в точках резкого излома рельефа, но не реже чем через 10 см в масштабе съемки.

Определение глубины заложения прокладок с помощью трубкабелеискателей должно выполняться дважды. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 15 %.

В зависимости от насыщенности подземными и надземными сооружениями инженерно-топографические планы разрешается составлять совмещенными с изображением на одном листе плана ситуации, рельефа и подземных (надземных) сооружений, планы отдельных подземных надземных сооружений, групп их и др. Необходимость составления совмещенных или отдельных планов подземных (надземных) сооружений должна устанавливаться в техническом задании заказчика.

В результате выполнения съемки подземных и надземных сооружений дополнительно (п. 5.74) должны быть представлены:

- журналы детального обследования наземных и подземных сооружений;
- журналы технического нивелирования;
- эскизы опор и колодцев (камер) при их детальном обследовании;
- планы надземных и подземных сооружений, согласованные с эксплуатирующими организациями;
- каталоги координат выходов, углов поворота и других точек подземных сооружений.

10 СЪЕМКА ВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Русловые съемки (подробные и облегченные), включающие съемку подводного рельефа и береговой полосы, выполняются с соблюдением требований, предъявляемых к топографическим съемкам суши и промерам глубин. При русловой съемке подлежат отображению на планах русловые образования (острова, побочни, косы и осередки), протоки, ручьи, участки размываемого берега и промоины.

Русловые облегченные съемки выполняются с точностью смежного более мелкого масштаба.

Съемки русел рек при подробных и облегченных русловых съемках выполняются, как правило, в масштабах 1:10000-1:2000.

Ширина береговой полосы русловых съемок устанавливается в техническом задании заказчика исходя из цели съемки и ее назначения в зависимости от конкретных условий местности. Ширина береговой полосы должна, как правило, составлять по каждому берегу (считая от меженной бровки) для масштабов: 1:2000-100 м, 1:5000-150 м и 10000-200 м.

Промеры глубин характеризуются подробностью и способами: проложения галсов, определения мест на галсах, измерения глубин.

Промеры глубин следует производить по галсам, пересекающим водоем (водоток), как правило, нормально к общему направлению изобат и расположенным на определенном расстоянии друг от друга.

Для контроля выполняются промеры по продольным галсам, пересекающим основные галсы под углом в пределах 30°-150°.

По подробности промеры глубин подразделяют на специальные, подробные и облегченные.

Каждый из этих видов промеров характеризуется частотой галсов и измеренных глубин на них, а также масштабом оформления плана. Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана следует принимать в соответствии с табл. 13.

Таблица 13 - Расстояние между галсами и промерными точками и масштаб оформления плана

| Подроб-
ность про-
меров глу-
бин | Масштаб
плана | Расстояние, м | | | |
|--|------------------|------------------------------------|-----------|--|----------------|
| | | между галсами при ре-
льефе дна | | между промерными
точками при рельефе
дна | |
| | | сложном | спокойном | сложном | спокой-
ном |
| Специаль-
ные | 1:500 | 5 | 10 | 2 | 2 |
| | 1:1000 | 10 | 20 | 5 | 10 |
| Подробные | 1:2000 | 20 | 40 | 10 | 20 |
| | 1:5000 | 50 | 100 | 20 | 30 |
| | 1:10000 | 100 | 200 | 30 | 40 |
| Облегчен-
ные | 1:2000 | 40 | 60 | 10 | 20 |
| | 1:5000 | 100 | 150 | 20 | 30 |
| | 1:10000 | 200 | 300 | 30 | 40 |

Подводный рельеф на планах изображается изобатами или горизонталями.

Планы составляются в изобатах в тех случаях, когда они предназначаются для проектирования мероприятий, непосредственно связанных с эксплуатацией акваторий, и на них должны быть показаны глубины.

Для проектирования объектов строительства, сопряженных с берегом, рельеф дна на планах акваторий изображается, как правило, горизонталями.

Высота сечения рельефа дна при изображении его горизонталями (изобатами) в зависимости от подробности промера, масштаба плана и сложности рельефа принимается равной 0,5 или 1 м.

Галсы при промерах глубин прокладывают: по береговым створам, фотогалсам и навигационным приборам, маятниковым методом.

В том случае, когда проектируемые береговые створы служат в качестве одной из линий положения, разбивка их на местности должна производиться от точек съемочной сети или промером магистрали, которая прокладывается параллельно линии берега с относительной погрешностью не

ниже 1:1000. Если створы предназначены только для ориентировки на галсе, разбивку их на местности можно выполнять упрощенным способом.

При проложении фотогалсов их привязка осуществляется к контурным точкам, опознаваемым в натуре и на фотоснимках.

По способам определения планового положения промежуточных точек промеры глубин подразделяются на следующие виды:

- без инструментальных засечек;
- с инструментальными засечками;
- по непосредственно разбитым в натуре промерным точкам;
- с применением радиогодезических и спутниковых геодезических систем.

При промерах глубин без инструментальных засечек измеренные глубины разносятся на плане исходя из условия, что движение катера при промере было равномерным. Этот вид промеров применяется на небольших реках и закрытых водоемах, при наличии фотоплана или топографического плана, и длине галсов, не превышающей 4 см в масштабе плана, но не более 200 м на местности.

Промеры глубин с инструментальными засечками выполняются с применением следующих основных способах координирования:

- по створу и прямым засечками с берега одним инструментом;
- прямыми засечками с берега двумя инструментами;
- по створу и обратными засечками одним секстантом;
- обратными засечками двумя секстантами.

К промерам глубин способом непосредственной разбивки в натуре промерных точек относятся промеры по размеченному тросу и промеры со льда.

Промеры глубин с применением радиогодезических систем и спутниковых систем осуществляются на базе автоматизированных гидрографических комплексов, позволяющих выполнить весь состав инженерно-гидрографических работ, включая составление рабочего планшета.

Средняя погрешность определения планового положения промерных точек в масштабе плана относительно ближайших точек съемочной геодезической сети при промерах глубин на реках, внутренних водоемах и других акваториях не должна превышать допусков, установленных п. 5.9 СНиП 11-02-96.

Дополнительные требования к промерам глубин и способам определения положения промерных точек при инженерно-гидрографических работах следует устанавливать в программе изысканий.

Промеры глубин выполняются эхолотами, наметкой или ручным лотом, механическим лотом.

Отсчеты при измерениях глубин должны производиться с точностью не менее 0,1 м при глубинах до 10 м; 0,2 м при глубинах от 10 до 20 м и 0,5 м при глубинах свыше 20 м.

В комплекс работ по высотному обоснованию промеров глубин входят:

- установка и нивелирование реперов;
- устройство водомерных постов и наблюдения за уровнем воды;
- мгновенная или однодневная связка уровней воды;
- нивелирование по рабочим уровням воды.

На участках рек и зон выклинивания водохранилищ, для которых планы составляются в изобатах, выполняются: нивелирование по рабочим уровням воды и однодневная или многодневная связка уровней воды.

На участках рек, для которых планы составляются в горизонталях, а также на озерах и водохранилищах выполняется нивелирование по рабочим уровням воды.

Нивелирование по рабочим уровням воды, от которых измеряются глубины, выполняется одиночными ходами IV класса, опирающимися на реперы высотной опорной геодезической сети. Определение уровней воды в отдельных точках выполняется двойными висячими ходами (шлейфами) нивелирования IV класса или технического нивелирования. Привязка уровней воды производится у каждого галса или через несколько галсов (но реже, чем через 1 км) при условии, что падение уровней поверхности между привязанными галсами было равномерным и не превышало 10 см.

При производстве однодневной связки высотные отметки урезов воды определяются во всех точках излома водной поверхности, положение которых зафиксировано постоянными и временными реперами (ТОС).

При выполнении промеров глубин в прибрежной зоне морей погрешность передачи теоретического нуля глубин (ТНГ) от постоянного уровня поста на временный не должна превышать 5 см.

Обнаружение подводных препятствий, представляющих опасность для судоходства, производится гидрографическим тралением. Гидрографическое траление допускается выполнять жестким тралом, высокочастотным каналом эхолота, гидролокатором бокового обзора (ГБО).

Обследование подводных препятствий производится:

- сгущением галсов до частоты, обеспечивающей детальное определение контура мели или банки и выявление минимальных глубин на них;
- проложением специальных галсов, перпендикулярных основным.

Работы по трассированию судовых ходов и съемке створных площадок включают:

- вынос и закрепление на местности оси трассы, створа и границ судового хода и створных площадок;

- разбивку и нивелирование пикетажа по оси судового хода и створа с последующим составлением продольного профиля;
- съемку полосы трассы и створных площадок.

В результате выполнения инженерно-гидрографических работ должны быть представлены:

- материалы по созданию опорной и съемочной геодезических сетей;
- журналы прибрежной топографической и русловой съемок;
- журналы промеров глубин или эхограммы;
- материалы по плановому определению промерных точек на галсах;
- материалы нивелирования водной поверхности (однодневных и мгновенных связей);
- продольные профили водной поверхности;
- инженерно-топографические планы (русел рек, акваторий и прибрежной части) а горизонталях или изобатах;
- материалы гидрографического траления и обследования подводных препятствий;
- материалы инженерно-гидрографических работ по судоходным трассам и створным площадкам.

11 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

При изысканиях новых трасс линейных сооружений, как правило, выполняются:

- анализ и доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;
- рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений;
- полевое трассирование (вынос трассы в натуру);
- планово-высотная привязка трассы к пунктам государственной (опорной) геодезической сети;
- топографическая съемка полосы местности вдоль трассы (съемка текущих изменений при наличии планов) в масштабах 1:1000-1:500;
- съемка переходов, пересечений инженерных коммуникаций, выявление и нанесение на инженерно-топографические планы и другие топографические материалы участков проявления карста;
- составление инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

По трассам магистральных трубопроводов (прокладываемых в сложных условиях), электрических кабелей 6-20 кВ, кабелей связи, ЛЭП выполняется съемка ситуации.

Под карьеры грунтовых строительных материалов выполняется топографическая съемка площадок их разработки.

При изысканиях для расширения (реконструкции) существующих линейных сооружений следует выполнять:

- съемку плана сооружений и координирование их основных элементов;
- съемку поперечных и продольных профилей (при необходимости для уточнения положения трассы);
- составление топографических планов;
- полевое трассирование трасс сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

11.1 Рекогносцировочное обследование района (участка) трассы и сооружений

Рекогносцировочное обследование выполняется в зависимости от состава материалов, которыми располагает изыскатель к моменту начала работ. Обычно это материалы, подготовленные на этапе составления акта выбора трассы, камерального трассирования по картам или результаты камеральной укладки трассы на полосе маршрутной съемки, составленной на основе проложения магистрального хода.

Перед началом работ вместе с представителем эксплуатационной службы заказчика пройти (проехать) по маршруту намечаемой трассы. При рекогносцировке определяется оптимальный вариант прохождения трассы относительно инженерных сооружений, дорог, естественных преград, коридоров коммуникаций и т.д. в соответствии с требованиями настоящих строительных норм и правил Российской Федерации, а также нормативно-технических документов Федеральной службы геодезии и картографии России.

По возможности необходимо провести подобную рекогносцировочную работу с представителями всех служб и владельцев существующих инженерных сооружений, выявленных на стадии ТЭО, а также при согласовании акта выбора прохождения трассы. Во время рекогносцировки необходимо максимально полно получить информацию о наличии, месторасположении, характеристиках инженерных сооружений, находящихся в введении той или иной службы.

Во время выезда с представителем заказчика уточняется на местности начало, конец трассы - точка отмыкания и примыкания, врезки и т.д.

На территориях нефтяных и газовых месторождений НГДУ нужно более плотно работать с маркшейдерской службой НГДУ, инженерным составом Производственного отдела НГДУ, мастерами ДНС, операторами, обходчиками. Так как они наиболее полно владеют информацией о наличии и месторасположении подземных коммуникаций.

В состав работ при полевом трассировании входят:

- - проложение теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы, разбивка и ведение пикетажа с разбивкой горизонтальных кривых;

- - нивелирование трассы и установка реперов;
- - съемка поперечников на пикетных и всех плюсовых (переломных) точках, съемка поперечных профилей по осям водопропускных труб;
- - закрепление трассы (углов поворота и створных точек, мостовых переходов и др.).

На территории населенных пунктов и промышленных предприятий вместо полевого трассирования должна выполняться крупномасштабная топографическая съемка полосы местности по выбранной трассе с последующей камеральной укладкой трассы по материалам съемки в существующих системах координат и высот.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях, а для застроенных территорий должна ограничиваться шириной проезда (улицы). Для существующих железных дорог ширина полосы съемки ограничивается, как правило, полосой отвода железной дороги. На участках пересечений и сближений трасс с существующими коммуникациями и другими сооружениями ширину полосы съемки следует принимать с учетом обеспечения требований проектирования по их переустройству и переносу.

11.1 Камеральное и полевое трассирование линейных сооружений

В данной главе под линейными сооружениями подразумеваются железные и автомобильные дороги, главное требование к которым заключается в обеспечении безопасности и равномерности движения с заданными уклонами, радиусами поворота и скоростями следования. В связи с этим строительными нормами и правилами (СНиП) строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых всех видов постоянных дорог.

Существуют и другие виды линейных сооружений (например, линии электропередач, теплотрассы, канализации), к которым предъявляются свои специфические требования. Однако многие вопросы, касающиеся инженерных изысканий, геодезических разбивок и съемок имеют общий характер.

Трассировочные работы (трассирование) являются одним из видов инженерно-геодезических изысканий и служат для выбора наиболее оптимального положения на местности трассы и отвечающие всем требованиям технических условий на ее проектирование. Независимо от характера линейного сооружения и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности и не нарушать природного рельефа. По возможности трассу располагают на землях, имеющих наименьшую ценность для сельского хозяйства.

Трассой называют главную ось проектируемого линейного сооружения значительной протяженности. Ось наносится на топографическую карту, задается координатами основных точек и обозначается на местности.

Основными элементами трассы являются план и продольный профиль (вертикальный разрез по проектируемой линии).

План трассы представляет собой сложную линию, состоящую из прямолинейных участков различного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянных и переменных радиусов. Есть трассы, на которых закругления не проектируют, например, линии электропередач, канализаций. В этом случае трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

Продольный профиль трассы состоит из линий переменного уклона, сопрягаемыми обычно вертикальными круговыми кривыми. Для наглядности вертикальный масштаб разреза выполняют в 10 раз крупнее горизонтального. Чтобы наиболее полно охарактеризовать местность, на которой проектируется прокладка линейного сооружения, перпендикулярно трассе составляют поперечные профили.

По топографическим условиям расположения трассы различают долинные, водораздельные, косогорные, поперечно-водораздельные категории.

Долинная трасса проходит по надпойменной террасе долины, имеет обычно спокойный план и профиль, но пересекает большое число водотоков. В силу этого требует возведения дорогостоящих переходов.

Водораздельная трасса пересекает наиболее высокие отметки рельефа. В холмистой местности трассу приходится крайне усложнять, что уменьшает ее преимущество перед другими категориями. Однако в равнинных и среднепересеченных местностях она выгодно отличается по трудоемкости возведения в виду создания небольшого числа искусственных сооружений.

Косогорная трасса располагается на склонах возвышенностей. При ее проектировании со слабым уклоном создается извилистая в плане линия с большим количеством переходов. Эксплуатацию сооружения затрудняют возможные обвалы, осыпи и селевые потоки.

Поперечно-водораздельная трасса пересекает долины и водоразделы и в плане близка к прямой. В продольном же профиле часто встречаются предельные уклоны, что вынуждает строить сложные переходы.

На практике сочетают различные категории трасс путем технико-экономического сравнения возможных вариантов. Таким образом, основная задача трассирования линии на местности заключается в выборе оптимального варианта трассы, расположенной в благоприятных условиях и требующей на строительство и эксплуатацию минимальных затрат.

Трассирование в зависимости от стадии изысканий может быть камеральным или полевым.

Камеральное трассирование выполняют на стадии технического проекта с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Для этого на топографической карте масштаба 1:500 000–1:100 000 (для трассы зна-

чительного протяжения) намечают начальный, конечный и промежуточный пункты. Получают так называемую воздушную линию, к которой стремятся приблизить проектируемую. Затем на картах масштаба 1:50 000 или 1:25 000 фиксируют и уточняют точки положения трассы, определяющие ее ось, при обходе или пересечении различного рода препятствий.

В зависимости от условий местности трассирование по топографической карте выполняют способом попыток или построением линии допустимого уклона.

Способ попыток применяют в условиях равнинной местности, положение трассы определяется, прежде всего, ситуацией, т.е. контурными препятствиями. В виду того, что средний уклон равнинного рельефа меньше допустимого в высотном отношении трассу намечают «вольным ходом», т.е. определяют проектную линию по характерным точкам местности вдоль намеченного направления. При этом в плане стремятся создать прямую трассу по заданному направлению. Тем не менее, в процессе трассирования обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, заповедники и др., заставляющие отклонять трассу в ту или иную сторону. Происходит ее удлинение на каждом участке отклонения, которое может быть вычислено по формуле

$$\Delta L = \frac{AC - AB}{AB},$$

где φ – угол отклонения трассы; $AC = \frac{AB}{\cos \varphi}$,

тогда

$$\Delta L = \frac{1 - \cos \varphi}{\cos \varphi}.$$

Для получения наиболее короткой трассы в равнинных районах придерживаются следующих правил:

1. Трассу прокладывают по прямой линии от одного контурного препятствия к другому. Необходимость в отклонениях от прямолинейного направления и назначение углов поворота должна быть обоснована.
2. Вершину углов поворота выбирают против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие.
3. Углы поворота трассы выдерживают в пределах не более 25–30°, чтобы ее удлинение было минимальным.

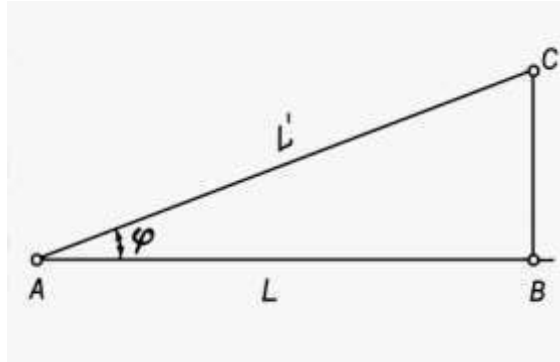


Рисунок 42 - Схема к расчету удлинения трассы

Способ линии предельно допустимого уклона применяется в горных условиях и местности со сложным рельефом. В этом случае по карте выбранного масштаба $1 : M$ и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения ℓ для уклона i_{np}

$$\ell = \frac{h}{i_{np}} \frac{1}{M}.$$

Например, для карты масштаба $1:25\ 000$, при $h = 5$ м, $i_{np} = 0,020$

$$\ell = \frac{5000}{0,020} \frac{1}{25000} = 10 \text{ мм}.$$

По найденному значению ℓ на карте, выделяют участки вольного и напряженного ходов. На участке вольного хода (уклон местности i_m меньше предельного i_{np}) трассу намечают по кратчайшему направлению. На участках напряженного хода (i_m больше i_{np}) трассу намечают по предельно допустимому уклону. Например, из начальной точки A раствором циркуля, равным заложению ℓ , засекают соседнюю горизонталь (рис. 43). Из полученной точки B этим же раствором циркуля вновь засекают уже следующую горизонталь, получая точку B и т.д. При пересечении оврагов и рек (на этой стадии трассирования) сразу переходят на другую сторону, не принимая во внимание переходы. На участках, где расстояние между горизонталями больше заложения ℓ , точки выбирают в необходимом направлении свободно (см. рис. 43, участок $ГД$).

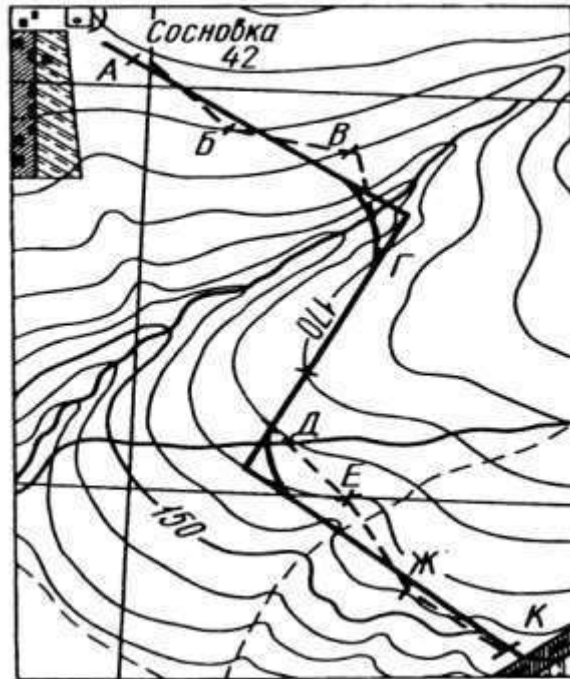


Рисунок 43 - Трассирование по заданному уклону

В результате на карте получают ломаную линию равных уклонов *А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, К* – линию нулевых работ, так как трассирование велось без учета насыпей и выемок. Линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют), вписывают кривые, разбивают пикеты, намечают характерные точки рельефа (плюсовые точки). Спрявление трассы ведет к появлению земляных работ.

Для построения профиля спрямленной трассы (черного профиля) отметки пикетов и плюсовых точек определяют интерполированием по горизонталям. Затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль дороги и получают «красный профиль».

Полевое трассирование осуществляют на стадии рабочего проектирования, основой которого служат материалы камеральных изысканий, с целью определения наиболее оптимального положения трассы на местности. Основной состав этих изысканий включает:

- вынесение проекта трассы в натуру, ее уточнение и закрепление;
- определение фактических углов поворота линейного сооружения;
- линейные измерения и разбивку пикетажа;
- разбивку круговых кривых;
- установку грунтовых реперов и нивелирование трассы;
- топографическую съемку прилегающих к трассе полос местности;
- привязку трассы к пунктам геодезической основы;
- обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации.

Вынесение проекта трассы в натуру осуществляется, прежде всего, по подготовленным в камеральных условиях данным привязки углов вершин поворота к пунктам геодезической сети. Трассировочные работы на местности начинают с рекогносцировки, включающей выявление вблизи трассы существующих пунктов геодезической основы по мере продвижения изысканий. От найденных центров геодезической сети выносят в натуру положение исходных точек трассы известными способами. На этих точках устанавливают вехи, обследуют намеченные направления, смещают углы поворотов, если это необходимо, составляют продольный профиль. После проверки пригодности фактического профиля к строительным работам продолжают трассирование следующего участка.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота трассы закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами. Для обозначения трассы между углами поворота, через каждые 100–800 м устанавливают створные вехи по теодолиту.

Определение фактических углов поворота трассы выполняют путем проложения теодолитных ходов между закрепленными вершинами, с измерением правых углов, рис. 44. При повороте линии вправо, углы поворота определяют по формуле

$$\varphi_n = 180^\circ - \beta_1,$$

при повороте трассы влево

$$\varphi_n = \beta_2 - 180^\circ.$$

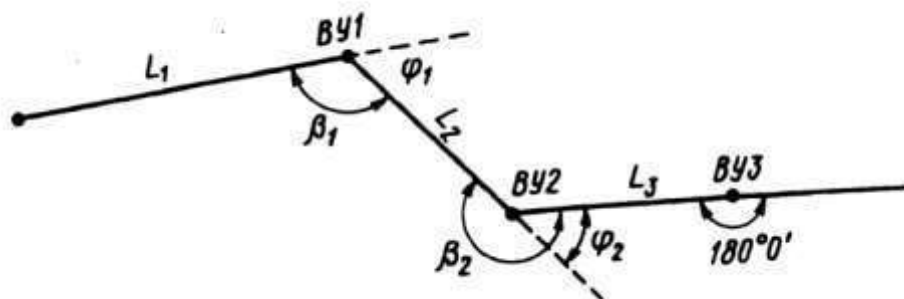


Рисунок 44 - Схема к определению углов поворота трассы

Линейные измерения и разбивку пикетажа производят в процессе проложения теодолитных ходов при определении расстояний между вершинами углов поворота и створными точками. По результатам этих измерений, наряду с плановой привязкой трассы к геодезическим пунктам, вычисляют координаты углов поворота. Определение расстояний осуществляют мерными лентами, оптическими, световыми и другими дальномерами с введением необходимых поправок в соответствии с инструкциями к приборам. Предельная ошибка измерений должна находиться в пределах от 1:1 000 до 1:2 000 в зависимости от условий местности.

Разбивку пикетажа обычно выполняют мерными лентами или 50-метровыми рулетками через каждые 100 м. Кроме собственно пикетов, на местности отмечают дополнительные плюсовые точки. Ими могут быть места перегиба рельефа, пересечения трассы с водотоками, другими сооружениями. В процессе разбивки пикетов вводят поправку за наклон местности. Как правило, во избежание дополнительного измерения углов наклона, мерную ленту располагают горизонтально и проектируют конец отсчета на землю с помощью отвеса.

Разбивку круговых кривых производят через равные отрезки такой длины, при которой можно принимать полученную дугу за прямую линию. В качестве основной кривой, сопрягающей два прямых участка оси трассы дорог и каналов, применяют окружность определенного (допустимого по техническим условиям эксплуатации линейного сооружения) радиуса. К тому же расчет и разбивка круговой кривой на местности отличается наибольшей простотой.

Основными параметрами для расчета выноски части окружности в натуру служат угол поворота φ и радиус кривой R (рис. 45). Для определения на местности главных точек кривой необходимо знать ее основные элементы: T – тангенс (касательную), B – биссектрису, K – длину кривой, D – домер. Вычисляют эти величины по формулам

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad K = \frac{R_{\phi}}{57,2958}; \quad B = R(\sec \frac{\varphi}{2} - 1); \quad D = 2T - K.$$

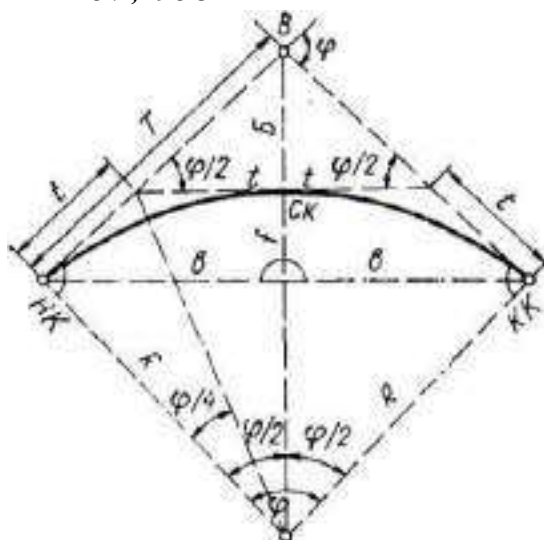


Рисунок 45 - Основные элементы круговой кривой

При разбивке кривой также пользуются готовыми таблицами, где вышеуказанные элементы даны для разных значений угла φ и радиуса R .

Тем не менее, главные точки круговой кривой не дают достаточного обозначения фрагмента окружности на местности. Так, при радиусе больше 500 м кривую разбивают через 20 м, при радиусе от 100 до 500 м – через 10 м. Для осуществления этой задачи используют несколько способов:

прямоугольных координат, линейно-угловой засечки, продолженных хорд, вписанного многоугольника и др. Наиболее распространенными являются первые три способа.

Способ прямоугольных координат применяется в открытой равнинной местности, является наиболее простым и точным. Каждая точка кривой определяется независимыми промерами и при переходе от одной точки к другой ошибка измерений не накапливается. В этом способе за ось абсцисс принимают касательную к окружности (линию тангенса), за начало координат – начало кривой (НК) в точке касания с линией тангенса или конец кривой (КК).

Работу начинают с вычисления центрального угла φ , задавшись величиной дуги κ (например, 5, 10, 20 м), исходя из размера радиуса кривой

$$\varphi = \frac{360}{2\pi R} \kappa = \frac{180}{\pi R} \kappa.$$

Далее находят прямоугольные координаты точек $1, 2, \dots, i$

$$X_i = R \sin i\varphi; Y_i = R(1 - \cos i\varphi),$$

где i – текущий номер точки кривой.

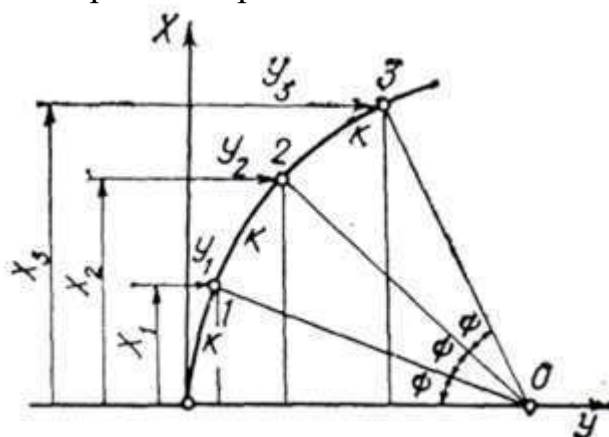


Рисунок 46 - Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Разбивку точек $1, 2, 3, \dots, i$ кривой на местности производят с помощью рулетки от начала кривой (НК) по касательной (рис. 46). Вначале откладывают на ней величины X_1, X_2, \dots, X_i , затем по направлению перпендикуляров к разбитым отрезкам выносят составляющие Y_1, Y_2, \dots, Y_i .

Построение осуществляют от начала кривой (НК) до середины. После этого разбивают фрагмент окружности от конца кривой (КК) также до середины (СК). Сомкнутые половинки кривой в точке СК являются контролем точности разбивки.

Способ линейно-угловой засечки (полярный) используется для выноски круговых кривых земляных сооружений на косогорах, насыпях и в полузакрытой равнинной местности (рис. 47).

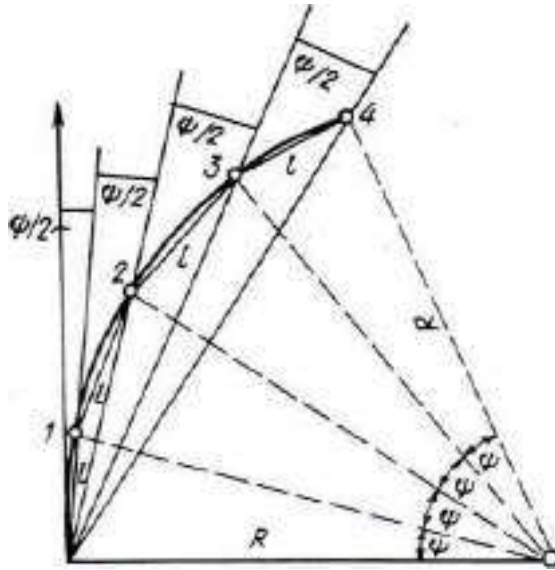


Рисунок 47 - Разбивка кривой способом линейно-угловой засечки

Способ заключается в последовательном построении угла $\varphi/2$ в начале координат от линии тангенса и отложении отрезков хорды ℓ . Исходя из выбранной длины хорды, угол φ определяют по формуле

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{\ell}{2R}.$$

Положение точек кривой на местности выносят с помощью теодолита. Его ориентируют по линии тангенса, например, в точке HK , затем отмеряют угол $\varphi/2$. Отложив вдоль построенного направления хорду ℓ , закрепляют точку 1 . Затем из той же точки HK строят последовательно углы φ , $3\varphi/2$ и т.д. Из точки 1 протягивают рулетку до пересечения отрезка ℓ со вторым визирным лучом (φ) и закрепляют точку 2 . Таким образом, выносят точки $3, 4, \dots, i$.

Недостаток способа – снижение точности разбивки кривой по мере увеличения числа выносимых точек (происходит накопление ошибок).

Способ продолженных хорд заключается в определении искомых точек кривой на местности путем их засечек двумя постоянными величинами ℓ и a от исходной точки 1 (рис. 48). Ее положение обычно определяют при помощи прямоугольных координат X_1 и Y_1 по формуле (2.9).

Закрепив точку 1 (на продолжении створа $A1$), откладывают длину хорды ℓ и временно закрепляют промежуточную точку $2'$. Линейной засечкой с помощью отрезков a и ℓ из точек $2'$ и 1 получают следующее положение кривой – 2 . Остальные точки дуги сектора окружности отстраивают аналогично. Смещение a получают из выражения

$$d = \frac{\ell^2}{R}.$$

Данный способ применяют в стесненных условиях местности и не-высокой точности разбивки.

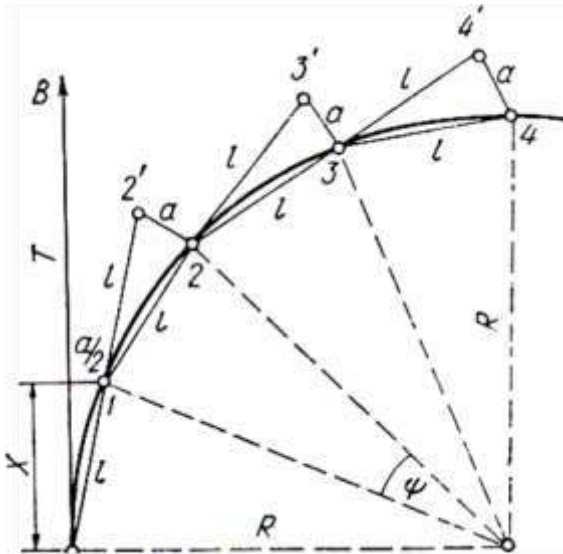


Рисунок 48 - Разбивка круговой кривой способом продолженных хорд

Кроме плановой разбивки трассы, ее выносят и в высотном отношении. Контроль вертикального положения элементов разбивки осуществляют с помощью грунтовых реперов.

Установку грунтовых реперов производят при закреплении трассы через каждые 20–30 км и в местах пересечений существующих магистралей, переходов через реки и т.п. В дополнение к основным через 2–3 км устанавливают постоянные (по необходимости) и временные реперы в виде деревянных столбов, каких-либо устойчивых предметов местности. Местоположение реперов выбирают вне зоны земляных работ строительства сооружения с составлением абриса привязки к пикетам трассы и местности.

Нивелирование трассы осуществляют, как правило, по двум направлениям (в два нивелира). Одним прибором нивелируют все пикеты, плюсовые точки, постоянные и временные реперы. Вторым – нивелируют реперы, связующие точки и поперечные профили. При этих работах применяют технические нивелиры различных типов. Расстояние от нивелира до рейки обычно принимают равным 100–150 м. Невязки хода между исходными пунктами (или замкнутого полигона) не должны превышать, мм:

$$f_{np} = 50\sqrt{L} ,$$

где L – длина хода или полигона, км.

Расхождение между суммой превышений из первого и второго нивелирования не должно быть более величины, мм:

$$\Delta h = 70\sqrt{L} .$$

Топографическую съемку отдельных участков и площадок в крупном масштабе (1:500–1:2 000) производят в процессе ведения полевого трасси-

рования. Съемке подлежат переходы через водотоки, горные ущелья и перевалы, различные площадки под станции и т.п. В сильно пересеченной и сравнительно открытой местности используют тахеометрическую и мензурную съемки. В зависимости от ситуации и рельефа, а также технической возможности изыскательской партии применяют различные виды аэрофотосъемки, наземной фотограмметрической съемки, лазерное сканирование.

Привязку трассы к пунктам геодезической основы выполняют как для контроля полевых работ и повышения их точности, так и для вычисления координат вершин углов поворота и абсолютных отметок набранных точек. Точность геодезических измерений по привязке должна быть не ниже точности работ при построении трассы. Места привязки трассы (начало, конец и середину) к пунктам триангуляции или полигонометрии указывают в проекте привязки трассы к пунктам геодезической основы.

Обработку полевых материалов, составление и ведение необходимой документации выполняют путем проверки полевых журналов, уравнивания нивелирных и теодолитных ходов, вычисления плановых координат и высот точек, вычерчивания различных планов и профилей трассы.

На тщательную камеральную обработку полевых материалов и безошибочное составление графических документов обращают особое внимание. Так, при проверке журналов измерения углов смотрят на правильность вычисления углов поворота трассы. Линейные измерения сравнивают промерами длин между углами поворота и с данными разбивки пикетажа. В пикетажных журналах проверяют вычисление элементов дуг окружностей, значений пикетов начала и конца кривых и т.д. Полевые журналы и вычисления независимо обрабатывают «в две руки». Подготовленные планы и профили также тщательно проверяют, корректируют, сверяют в натуре и устраняют выявленные недостатки и ошибки.

Основными документами полевого трассирования являются:

- 2) пояснительная записка (с обоснованием выноса проекта в натуре и согласованием трассы);
- 3) план, продольный и поперечные профили;
- 4) крупномасштабные планы переходов, пересечений, станций, площадок и других участков;
- 5) схематические планы отвода земель;
- 6) ведомости пересекаемых трассой искусственных сооружений;
- 7) ведомости закреплений прямых и кривых трассы, уравнивания ходов, вычисления координат;
- 8) каталоги координат углов поворота, высот реперов, схемы геодезических сетей, их центров и знаков.

Трассирование линейных сооружений проводится параллельно с выполнением работ по отысканию подземных коммуникаций.

Обычно сначала производят отыскивание на местности подземных коммуникаций, а потом, принимая к сведению весь комплекс полученной информации (подземные сети, воздушные сети, другие существующие инженерные сооружения, рельеф местности, естественные водотоки, лога, данные «Акта выбора», пожелания эксплуатационных служб выявленных в процессе рекогносцировочных работ, и т.д.), укладывают трассу на местности с учетом норм и правил существующих нормативных документов (СНиП, СП, ВСН, ГОСТ).

Все случаи отклонения оси трассы от «Акта выбора» обязательно согласовываются с эксплуатирующей службой. Так же необходимо поставить руководство своего предприятия в известность об изменении местоположения изыскиваемой трассы на конкретном участке.

Особое внимание необходимо уделить определению подземных сетей в местах отмыкания и примыкания трасс, в местах переходов через коридоры подземных коммуникаций.

Если наблюдается очень большая насыщенность подземных сетей и других инженерных сооружений (промышленные площадки), а также сложность рельефа, то в таком случае лучше вначале сделать съемку данного участка местности в М 1:500 -Г.2000. На основе полученного материала выполнить камеральное трассирование данного участка трассы, с последующим выносом её натуру и закреплением.

Отыскание подземных сетей проводить трубокабелеискателем. Во время поиска обязательно обращать внимание не только на явные признаки, указывающие на наличие той или иной коммуникации, (выходы труб, колодцы, задвижки, аншлаги, и т.д.), но и по местным признакам (понижение грунта, наличие ранее проводимых и ликвидированных земляных работ, расположение вблизи от проектируемой трассы каких либо инженерных сооружений). Делать аналитические выводы о наличии коммуникаций только после сопоставления и проверки всех имеющихся сведений.

По уложенной на местности оси трассы прокладывается теодолитный (тахеометрический) ход. Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений даны в табл. 14.

Таблица 14 - Допустимые невязки в ходах при изысканиях линейных сооружений

| №
№
п/п | Геодезические ходы при изысканиях для строительства линейных сооружений | Допустимые невязки измерений | | |
|---------------|---|------------------------------|----------|--------------|
| | | Угловых, мин | Линейных | Высотных, м |
| 1 | Ходы съемочной геодезической сети (магистральные ходы, ходы привязки к пунктам государственной или опорной геодезической сети, ходы планово-высотной привязки аэрофотоснимков) при изысканиях | | | |
| | новых железных дорог | $0,3\sqrt{n}$ | $1/4000$ | $30\sqrt{L}$ |
| | новых автомобильных дорог | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$ | $50\sqrt{L}$ |

| | | | |
|---|--|------------------------------|--|
| | | (1/1000) | |
| | Трубопроводов с условным диаметром до 1000 мм свыше 1000 м | $1,5\sqrt{n}$
$1\sqrt{n}$ | $1/1000$
$1/2000$
$50\sqrt{L}$
$50\sqrt{L}$ |
| | Линий электропередачи, связи, канатно-подвесных дорог | $1,5\sqrt{n}$ | $1/1000$
$50\sqrt{L}$ |
| | Магистральных каналов и коллекторов, линейных сооружений на застроенных территориях | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
$50\sqrt{L}$ |
| 2 | Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) новых железных и автомобильных дорог, трубопроводов, магистральных каналов и коллекторов | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
(1/1000)
$50\sqrt{L}$ |
| 3 | Ходы съемочной геодезической сети при изысканиях для реконструкции и расширения существующих дорог | | |
| | базисные и съемочные ходы на железнодорожных станциях, магистральные ходы на перегонах в населенных пунктах, | $0,3\sqrt{n}$ | $1/4000$
$30\sqrt{L}$ |
| | Съемочные ходы на железнодорожных станциях, базисные ходы на разъездах, магистральные ходы на перегонах и автомобильных дорогах вне населенных пунктов | $1\sqrt{n}$ | $1/2000$
$50\sqrt{L}$ |
| 4 | Линейные измерения при разбивке пикетажа (двойной промер мерной лентой) | - | $1/2000$
- |

Нивелирование трассы и установка реперов

По всем пикетам и плюсовым точкам трассы прокладывается ход технического нивелирования.

При пересечении трассами водотоков нивелируются урезы воды и уровень горизонта высоких вод (ГВВ). ГВВ определяется по местным признакам или опросу жителей близлежащих деревень.

При пересечении с железными дорогами нивелируются головки рельсов.

Ходы технического нивелирования должны прокладываться, как правило, между реперами (марками) нивелирования II-IV классов в виде отдельных ходов или систем ходов (полигонов).

Допускаются замкнутые ходы технического нивелирования, опирающиеся на один исходный репер (ходы, прокладываемые в прямом и обратном направлениях).

В начале, конце трассы на переходах через водотоки, железные и автомобильные дороги, коридоры коммуникаций устанавливаются временные репера.

При изысканиях для строительства линейных сооружений нивелирные знаки должны устанавливаться:

- по трассам автомобильных и железных дорог, магистральных каналов не реже чем через 2 км;
- по трассам трубопроводов не реже чем через 5 км (в том числе на переходах через большие водотоки и на организуемых водомерных постах).

Репера устанавливаются в местах обеспечивающих их сохранность на период строительства и эксплуатации. В качестве временного репера можно использовать окружающие сооружения: опоры, скважины, мосты, фундаменты и т.д.

Закрепление трассы

При изысканиях для строительства линейных сооружений на незастроенных территориях начальная и конечная точки трасс (если они не фиксированы на местности), вершины углов поворота, а также створные точки прямолинейных участков в пределах взаимной видимости (но не реже чем через 1 км) должны закрепляться временными знаками (деревянными столбами, металлическими трубами и уголками с табличкой и др.).

На застроенных территориях закрепление трасс, как правило, не производится, а их точки должны привязываться не менее чем тремя линейными промерами к постоянным предметам местности (углы зданий, сооружений и др.).

Знаки маркируются масляной краской. На знаке подписывается название трассы, наименование или номер закрепительного знака, пикетное значение или расстояние до оси трассы (для вынесенных знаков), год установки и название организации.

На все закрепленные точки и репера составляются кроки.

Геодезические знаки (реперы), закрепляющие ось трассы линейных сооружений, подлежат использованию в качестве разбивочной основы при последующем строительстве и должны быть переданы по акту заказчику или указанной им организации.

Съемка пересечений линий электропередач и связи

При пересечении линий электропередач и связи должны быть определены:

- пикетажное значение и угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой;
- отметки земли и расстояние до нижнего провода в месте пересечения;
- расстояние от трассы или оси пути до центров двух ближайших опор ЛЭП (ЛС) справа и слева от пересечения (подписывается на опорах);
- отметки земли и нижнего провода на опорах справа и слева от пересечения; материал и форма опор, система подвески, количество проводов и изоляторов.

При съемке составляют абрис пересечения, в котором должны быть указаны: температура воздуха в момент измерений, марка проводов и кабелей, пункты, соединяемые ЛЭП (ЛС), ведомственная принадлежность и адрес владельца (по специальному заданию). Кроме того, составляют эскизы всех опор, с указанием номера, формы и материала опор, числа, длины и сторонности траверс на опорах, количества проводов и изоляторов.

Для ВЛ с горизонтальным расположением проводов, пересекаемых под углом менее 60° , необходимо определять высоту каждого провода и троса в месте пересечения.

Пикетажные значения, угол пересечения ЛЭП (ЛС) с трассой и расстояния до ближайших опор можно определять по топографическому плану.

Верх подвески проводов и низ провиса следует определять тригонометрическим нивелированием при измерении вертикального угла при двух положениях вертикального круга, вычисляя место ноля прибора на станции. Отклонение места ноля прибора от значения, определенного ранее, должно быть не более $\pm\Gamma$. Расстояние от прибора до проекции проводов на землю при измерении нитяным дальномером или рулеткой должно быть не менее удвоенной высоты провода над землей.

Съемку пересечений и определение высот подвеса проводов ВЛ напряжением до 20 кВ и ЛС выполняют с одной станции, а ВЛ напряжением 350 кВ и выше - с двух независимых станций.

Высоты проводов над их проекциями на землю вычисляются по формуле:

$$H_{np} = H_{ст} + i + D * \operatorname{tg} v$$

Где: H_{np} - высота определяемой точки; $H_{ст}$ - высота точки стояния инструмента; D - расстояние от инструмента до определяемой точки (горизонтальное проложение); v - угол наклона на определяемый провод; i - высота инструмента над точкой стояния инструмента.

Вычисление по формулам выполняется непосредственно после проведения измерений. Расхождение в вычислении отметок между двумя значениями измерений с двух стоянок инструмента не должны превышать ± 20 см.

При измерении расстояний до проекции проводов рейку нужно устанавливать точно под проекцией проводов и троса, но не около опор или оси пересекаемого сооружения.

Напряжение ЛЭП в поле можно определить по типу опор и количеству изоляторов:

- ЛЭП 6-10 кВ - опоры бетонные или деревянные на бетонном пасынке высотой до 10 м, количество изоляторов 1 или по 2 в местах переходов через дороги и коммуникации, количество проводов 3;
- ЛЭП 35 кВ - опоры, в основном, бетонные, круглые, высотой 10-15 м, угловые опоры, в целом, металлические фермовые, количество изоляторов на проводе 3-5, количество проводов 3 или 6;
- ЛЭП 110 кВ - опоры бетонные круглые или металлические фермовые высотой 15-20 м, количество изоляторов 6-10, количество проводов 3 или 6, по верху опор обычно идет трос заземления.

Иногда на опорах подписано напряжение и номер фидера. Напряжение ЛЭП уточняется при согласованиях в эксплуатирующих организациях.

Полевые документы

Все записи при производстве полевых топографо-геодезических работ следует вести в угломерных, нивелировочных, тахеометрических, аб-

рисных журналах и пикетажных книжках установленной формы карандашом (шариковой ручкой) (ВСН 208-89). Зарисовки снимаемых объектов в абрисных и тахеометрических журналах должны быть четкими и иметь в необходимых случаях краткие характеристики снимаемых объектов.

При съемке ситуации способом полярных координат и угловой засечки все записи угловых и линейных измерений следует вести в абрисном журнале.

При съемке ситуации способом ординат промеры по съемочному ходу (абсциссы) записывают вблизи него перпендикулярно ходу, поперечные промеры (ординаты) - около изображений снимаемых объектов, параллельно съемочному ходу. При насыщенной ситуации результаты промеров записывают в вычерчиваемую сбоку сетку.

Все здания в абрисном журнале должны быть пронумерованы порядковыми номерами, а сведения о них приведены в особой ведомости, помещаемой на одной из страниц того же журнала.

Все страницы полевых журналов должны быть пронумерованы.

Перед выдачей исполнителям работ журналы должны быть подписаны начальником партии (отряда). При съемке больших объектов следует составлять указатель, с помощью которого можно было бы быстро разыскать записи любого элемента работы.

При производстве топографо-геодезических работ с использованием электронных и электрооптических тахеометров или светодальномеров запись результатов измерений должна производиться на магнитный носитель (при автоматизированной регистрации результатов измерений) или в специальных журналах.

В результате выполненных полевых топографо-геодезических работ изыскательской партией должны быть представлены следующие материалы:

- полевые журналы с вычисленными элементами угловых и линейных измерений, пикетажные книжки, а также файлы электронных тахеометров (при автоматической регистрации результатов измерений);
- схемы ходов геодезической съемочной сети и привязок к пунктам государственной геодезической сети;
- топографические карты (схемы), на которых показаны трасса и границы съемок;
- ведомости вычислений и каталог координат и высот пунктов съемочной геодезической сети;
- ведомость реперов;
- инженерно-топографические планы (если их составление в поле предусмотрено программой изысканий);
- схемы пересечений ЛЭП (ЛС) и других коммуникаций;
- схема закрепления трассы;

- акт приемки материалов завершенных инженерных изысканий;
- акты сдачи трасс и материалы согласований.

12 ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗМОЖНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В настоящее время физико-механические и компрессионные свойства пород-коллекторов Марковского месторождения практически не изучены. Исходя из этого, значение модуля упругости и коэффициента Пуассона в расчетах оседаний земной поверхности принимались из известных зависимостей, а параметры упрочнения – по аналогии с другими месторождениями.

В механике горных пород известен тот факт, что точечные лабораторные испытания (проводимые, как правило, по кернам) не моделируют поведение массива горных пород в целом и не отображают в достаточной мере его физико-механические свойства. Влияние слоистости, трещиноватости, факторов выветривания и других структурных особенностей приводит к тому, что прочность и модуль упругости массива может быть более чем на порядок меньше соответствующих величин в образце.

Поэтому для исследования свойств горных массивов проводят крупномасштабные натурные испытания на соответствующем оборудовании, позволяющие получить наиболее достоверные данные о прочности и деформируемости массивов. Однако, выполнение таких работ характеризуется значительной трудоемкостью и требует больших затрат. В практике применяют различные эмпирические и теоретические методы оценки (перехода) к упругим и прочностным свойствам горных массивов по данным лабораторных испытаний образцов пород.

Один из способов оценки прочностных свойств массива заключается в использовании коэффициента структурного ослабления. Среди эмпирических методов можно отметить методику К.Л. Тер-Микаэляна.

Выполненный комплекс работ по прогнозу параметров процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при добыче углеводородов на месторождении показал, что прогнозные максимальные оседания земной поверхности находятся в пределах 330-340 мм (рис. 49). Приведенные величины не представляют существенной угрозы для промышленных, гражданских сооружений и объектов обустройства нефтепромысла.

Тем не менее, исходя из предварительных расчетов и полученных возможных величин оседаний массива пород, можно примерно оценить некоторые ситуации. Одними из важных показателей, характеризующих процесс сдвижения и безопасность наземных сооружений, являются наклоны и кривизна. Если обратиться к рис. 1, отражающим показания расчетных оседаний земной поверхности при отработке Марковского месторождения, и предположить, например, что произойдет одностороннее

оседание земной поверхности над нефтяным пластом, то получим следующее значение наклонов из формулы

$$i = (\eta_i - \eta_{i-1})/L$$

где $\eta_i - \eta_{i-1}$ – значение оседаний переднего и заднего пунктов наблюдения; L – горизонтальное расстояние между пунктами.

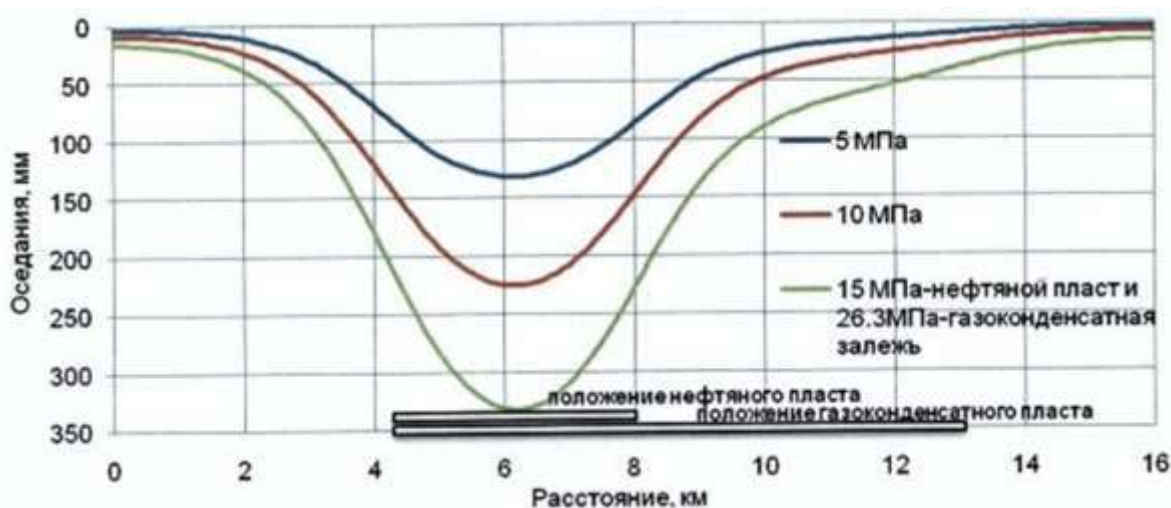


Рисунок 49 – График положения расчетных оседаний при отработке месторождения

Предположив, что $\eta_i = 0$, $\eta_{i-1} = 0,340$ м, $L = 2000$ м и подставив эти величины в формулу (1), получим

$i = 0,340 \text{ м}/2000 \text{ м} = 0,17 \cdot 10^{-3}$ при допустимой (критической) величине наклона $i = 4,0 \cdot 10^{-3}$ для зоны опасного влияния и углов сдвижения [6].

Кривизна определяется по формуле

$$k = (i_n - i_{n-1})d_{cp}$$

где $d_{cp} = (d_n - d_{n-1})/2$ – полусумма горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов.

Подставив в формулу (2) соответствующие значения, получим

$$k = 0,17/2000 = 0,08 \cdot 10^{-6} \text{ при допустимой величине } k = 0,2 \cdot 10^{-3}.$$

Для 100 метрового участка в таком случае $i = 3,4 \cdot 10^{-3}$, $k = 0,03 \cdot 10^{-3}$, что также меньше допустимых величин.

Таким образом, даже предполагаемая и, в принципе невозможная ситуация деформации земной поверхности не может нанести вред охраняемым объектам.

Однако в районах структурных неоднородностей верхней части горного массива существует возможность локальных концентраций деформаций на земной поверхности, что может представлять опасность для объек-

тов инфраструктуры, (для чего в последующем, возможно потребуется выполнить геодинамическое районирование территории месторождения).

Тем не менее, при разработке нефтегазовых месторождений наибольшему техногенному воздействию подвержены природные ландшафты. Под влиянием хозяйственной деятельности происходит их изменение: нарушается естественный профиль почвенно-растительного покрова вплоть до его полного уничтожения, что нередко приводит к образованию начальных эрозионных форм. В результате техногенного воздействия в условиях криолитозоны на границе поверхность-порода нарушается уровень теплообмена, следствием чего является полная деградация многолетнемерзлых пород или снижение ее границ. Оттаивание мерзлых глинистых грунтов сопровождается термокарстовыми просадками на десятки сантиметров и более.

Для добычи строительного камня на площади месторождения, как правило, активно осуществляется разработка карьеров. При разработке карьеров происходит нарушение естественных горно-геологических условий, создание техногенных и природно-техногенных склонов, активизация оползневых процессов.

При разработке месторождения требуется большой объем технической воды с целью поддержания пластового давления (ППД). Источником воды могут служить как поверхностные, так и подземные воды. Последствия изменения их состояния в условиях массового водоотбора трудно оценить, особенно в случае недостаточных ресурсов. При длительной эксплуатации подземных вод, имеющих ограниченное распространение в условиях криолитозоны, возможно истощение запасов и осушение водоносных горизонтов. В условиях связи подземных вод с карбонатными породами, широко распространенными, к примеру, на Верхнечонском месторождении, возможно проявление процессов суффозии. В результате длительной закачки поверхностных вод непредсказуемы изменения гидрологического режима поверхностных водотоков.

Отсюда явствует однозначный вывод: даже при всех предварительных положительных расчетах и выкладках по воздействию извлечения нефти из недр на состояние земной поверхности, маркшейдерско-геодезический мониторинг за охраной недр и рельефом поверхности с использованием геодинамического полигона на Марковском нефтегазовом месторождении необходим.

12.1-Определение оптимального состава и типа реперов применительно к физико-географическим условиям района производства работ

12.1.1 Общие требования к центрам

Геодезические сети представляют собой совокупность закрепленных точек на земной поверхности с известными координатами, высотами или значениями силы тяжести, отнесенными к центрам этих геодезических пунктов. Составные элементы центров геодезических пунктов, имеющих метки, к которым относят координаты, называют «марками» центров.

Существует два типа марок: одни закладываются в бетон, другие привариваются к трубе. На марке указываются начальные буквы организации, выполняющей работы, номер марки или репера. Для обеспечения лучшей сохранности и опознавания на местности геодезические пункты имеют соответствующее внешнее оформление: наружный знак, канавы, курганы, опознавательные столбы или опознавательные знаки.

Геодезические пункты рассчитаны на использование в течение длительного времени и находятся под охраной государства.

Основными требованиями к конструкциям реперов являются незначительная их подверженность сезонным промерзаниям и пучениям грунтов, простота конструкции, удобство в работе.

Опорные и наблюдательные реперы изготавливают и закладывают с особой тщательностью, так как они обеспечивают сохранность и неподвижность закрепленных точек в плановом и высотном положениях на многие годы.

В настоящее время предложено достаточное количество различных конструкций центров геодезических пунктов, учитывающих их ценность и назначение, географические условия местности, характеристики грунтов. Реперы должны быть стойкими к пучению, механическим нагрузкам и химическому воздействию грунтового раствора. Поэтому типовые конструкции реперов выбирают с учетом климатических и физико-географических условий зон, а также в соответствии со схемами, приведенными на рис. 50 и 51.

Установка пунктов геодезического полигона должна обеспечивать их устойчивость, исключение влияния сезонных колебаний почвы и сохранность. Поскольку территория МГКМ относится к Северным районам, необходимо также учитывать наличие многолетнемерзлых пород.

В области сезонного промерзания грунтов глубину закладки центров вычисляют по формуле $Z = Г + 50$ см (Z – глубина закладки, $Г$ – глубина промерзания грунта, см).

Закладку центров и реперов, как правило, выполняют с помощью механических средств; допускается установка котлованным способом.

При закладке центров должны соблюдаться требования «Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

Для закрепления исходных, опорных и рабочих пунктов базового назначения и GPS- сети, а также опорных пунктов профильных линий проектом рекомендована конструкция центров для местных условий в соответствии с инструкциями Роскартографии (ГУГК), а так же ведомственными методическими указаниями.

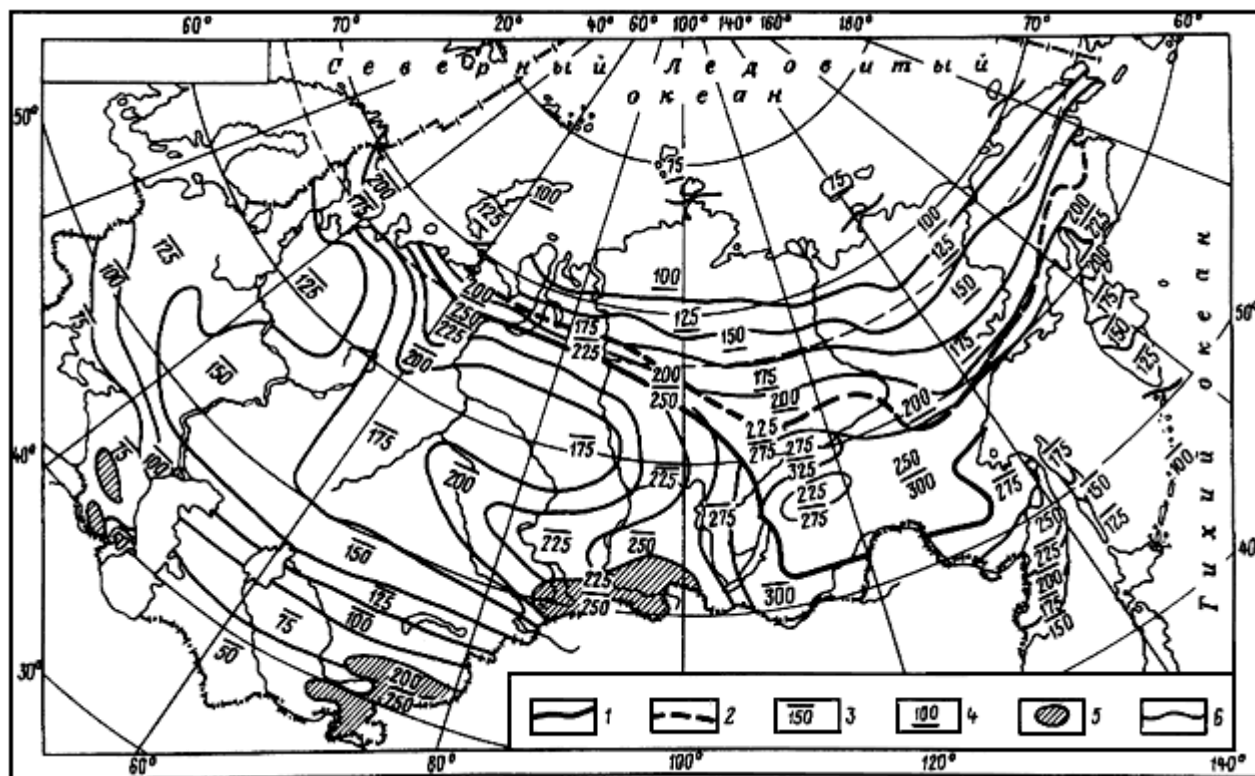


Рисунок 50 - Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров:

1 - южная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты; 2 - северная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты и южная граница области применения знаков, закладываемых в узкие скважины протаиванием или бурением; 3 - глубина промерзания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 4 - глубина протаивания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 5 - высокогорные области с преимущественно каменистыми породами и прерывистым распространением многолетнемерзлых грунтов; 6 - изолинии равных глубин промерзания (протаивания)

Основными требованиями, предъявляемым к глубинным и грунтовым реперам, является их сохранность и устойчивость. Рекомендуемый тип центра репера 2ГР с бетонным якорем отвечает этим требованиям.

Выбор типа продиктован необходимостью исключения влияния на репер сезонных колебаний почвы. Для повышения устойчивости репера рекомендуется увеличить глубину расположения якорной части:

- в местах, где скальные породы расположены близко к поверхности, достаточно внедриться в них на величину 2,0 м ниже глубины оттаивания;
- в местах распространения многолетней мерзлоты (если скальные породы располагаются глубоко) закладку якоря производить на глубину не менее 2,5 м ниже глубины оттаивания;
- в местах с сезонным промерзанием грунта глубину закладки якоря увеличить до 1,0-1,5 м ниже глубины промерзания;
- по возможности исключить закладку реперов на заболоченных участках.

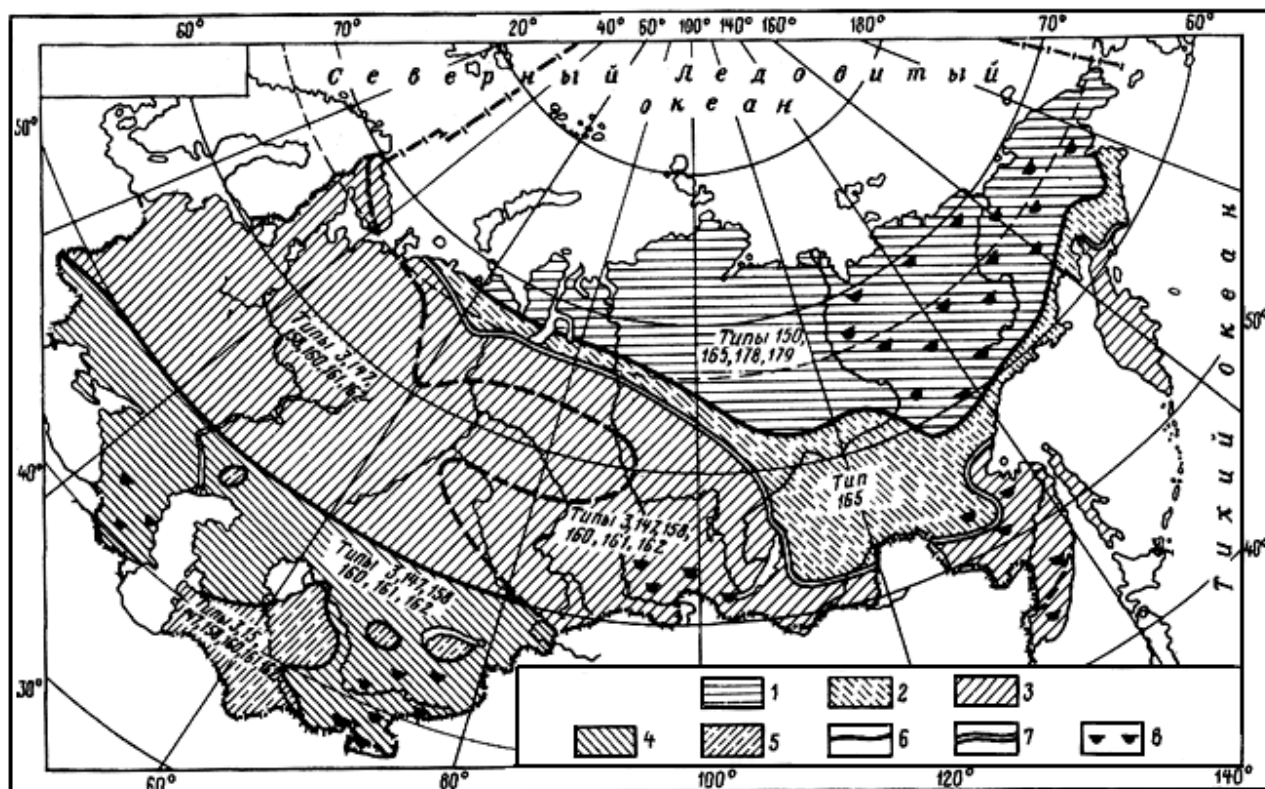


Рисунок 51 - Схема областей применения центров и реперов:

1 - средняя и северная зоны области многолетней мерзлоты; 2 - южная зона области многолетней мерзлоты; 3 - северная зона области сезонного промерзания грунтов; 4 - южная зона области сезонного промерзания грунтов; 5 - область подвижных песков; 6 - границы между зонами с применением различных типов знаков; 7 - южная граница многолетней мерзлоты; 8 - области возможного применения скальных центров и реперов. В "Схему" не включены: 1. Вековые реперы (типы 173, 174, 175). 2. Фундаментальные реперы (типы 114, 161, 164). 3. Центры и реперы, закладываемые в скальных грунтах (тип 7, 8, 9, 92, 164). 4. Образцовые базисы (тип 181, 187). 5. Стенной центр (репер) (тип 143). 6. Центр (репер) для заболоченных территорий (тип 183 и 188)

12.1.2 Закладка наблюдательных реперов

Центры опорных и рабочих реперы устанавливаются в скважины диаметром 150—400 мм. Бетонируемая часть репера должна располагаться на 500—700 мм ниже глубины промерзания грунта h_u . Глубина промерза-

ния грунта *h_i* практически всегда известна для каждой климатической зоны.

Глубина закладки реперов выбирается с учетом геологических и местных условий участка проведения работ: мощностью залегания коренных пород на склонах, равной 1,5-2,5 м; глубиной промерзания или оттаивания; мощностью осадочных пород. В связи с этим глубина закладки якоря составит 2,5-4,0 м.

Способ закладки реперов зависит как от места расположения пункта, так и от глубины закладки: в крепких породах применяется механизированная закладка, в мягких не глубоких наносах – котлованная, ручная.

Рядом с центром оборудуется сторожок. Он представляет собой столбик из асбоцементной трубы высотой 1 м, выступающий над земной поверхностью. На сторожке помещается табличка с подписью имени (номера), принадлежности конкретной сети и даты закладки. Каждый пункт обносится металлической оградкой размерами 2 м×2 м×1,5 м (рис. 2.3), выкрашенной в сигнальный цвет, что позволяет легко различить пункт на фоне остального естественного пейзажа (фона).

Обустройство всех пунктов геодинимических полигонов должно соответствовать следующим требованиям:

- центры устанавливаются в местах, пригодных для производства спутниковых наблюдений. Под этим понимается отсутствие естественных препятствий, мешающих уверенному приему сигнала от спутников (древесная и кустарниковая растительность, металлические конструкции, здания и сооружения), а так же отсутствие радиопомех;

- место закладки должно обеспечивать его сохранность при производстве работ, а так же сохранность оборудования устанавливаемого на него;

- расположение центра должно быть легкодоступным и безопасным для исполнителей, с возможностью продолжительного нахождения на пункте;

- уровень грунтовых вод в местах закладки центров должен находиться не ближе 5 м от поверхности земли.

Материалами для изготовления бетонных центров и реперов служат цемент, песок, щебень (гравий), вода. Наилучшим цементом для изготовления бетонных центров считается портланд-цемент. Он обеспечивает высокую прочность бетона и быстрое твердение. Можно использовать глиноземный и ангидрито-глиноземный цемент марки 300-500.

Качество бетона зависит от чистоты заполнителей, а также от качества и количества воды, от тщательности перемешивания сухой бетонной смеси и бетонного раствора. Количество глинистых и землистых примесей в песке не должно превышать по массе 5 %, а в щебне и гравии – 20 %. Заполнять якорную часть бетоном следует не позже чем через 30 мин после

его изготовления. Для приготовления бетонной смеси на базах можно применять бетономешалки и растворосмесители, для уплотнения – вибраторы.

Для защиты труб и бетона от коррозии их покрывают битумом, эпоксидной смолой, хлорвиниловой липкой лентой и другими средствами.

Перед закладкой центров заранее заказываются и выполняются металлические и другие детали пункта, осуществляется бурение скважин под центры, доставляются все материалы, необходимые для закладки и обустройства пункта.

По окончании закладки центров и реперов представляются документы:

- акт о сдаче геодезических пунктов и наблюдательных реперов для наблюдения за сохранностью;
- журнал закладки;
- карточка закладки пунктов (Приложение 2).

Ниже приводятся некоторые конструкции центров, наиболее подходящие для закладки в условиях Марковского месторождения.

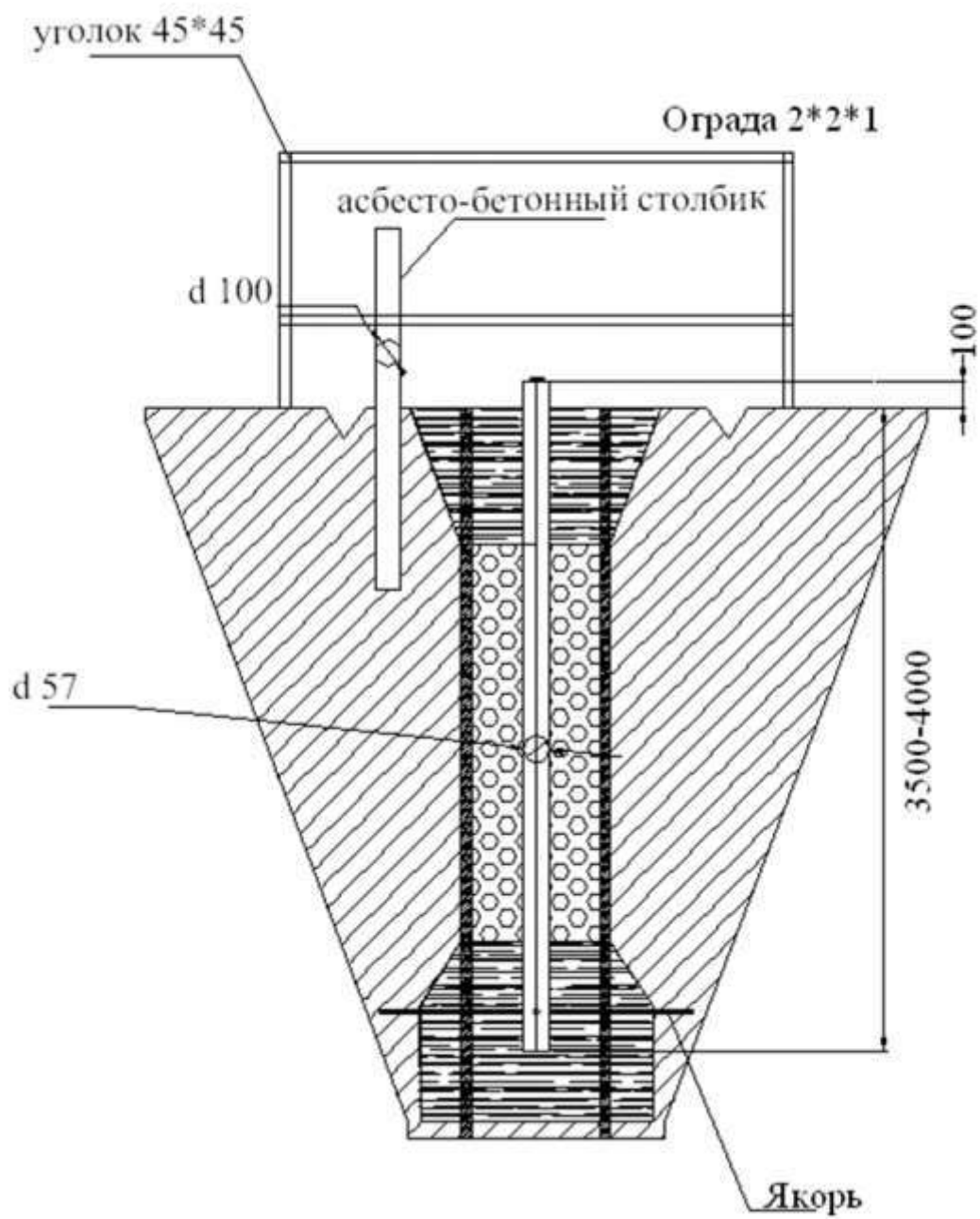


Рисунок 52 - Модель грунтового центра

Центр пункта
 государственной геодезической сети
 1—4 классов
 и грунтовый репер высотной сети
 I—IV классов для области
 сезонного промерзания грунтов свыше 200 см.

Тип 162 оп. знак

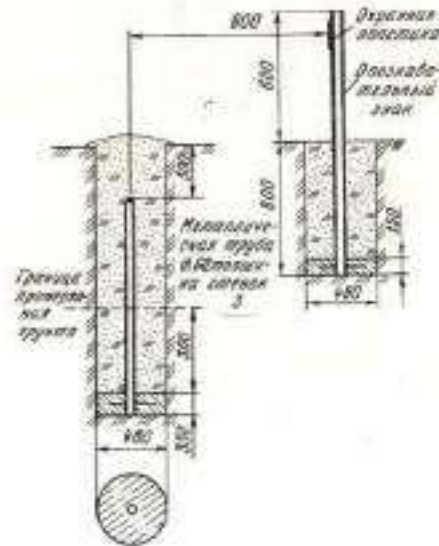


Рисунок 53 - Конструкция пункта геодинимического полигона «Тип 162»

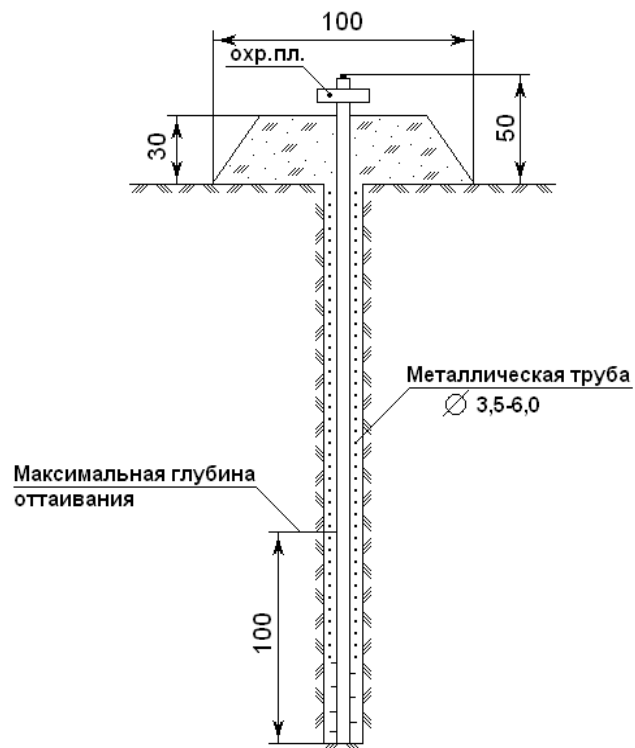


Рисунок 54 - Конструкция пункта геодинимического полигона «Тип 179»
 (размеры даны в см)

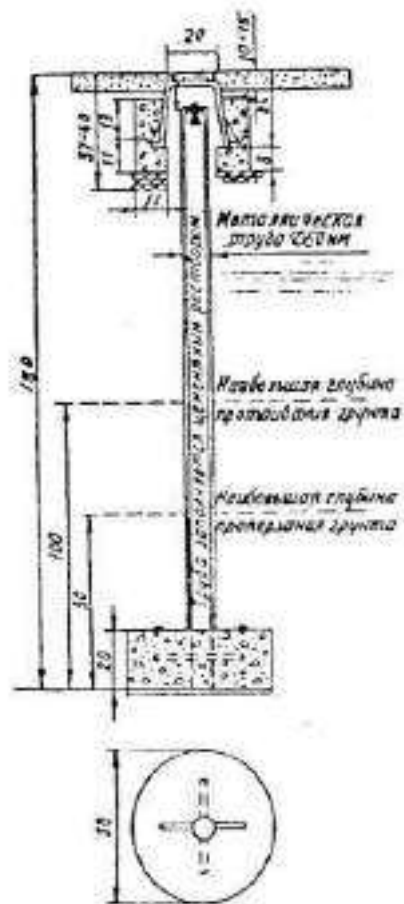


Рисунок 55 – конструкция репера тип 2ГР

Пространство между центром и стенками скважины заполняется гравием и грунтом, который затем утрамбовывается. Для защиты верха центра от различных внешних воздействий, он закрывается откидной металлической крышкой.

Разработка оптимального регламента системы геодинимических наблюдений на полигоне

12.2 Конфигурация сети, густота наблюдательных пунктов

Традиционно, для наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях твердых полезных ископаемых на поверхности закладывают наблюдательные станции, состоящие их профильных линий. Причем типовая наблюдательная станция состоит из одной-двух прямолинейных профильных линий, располагаемых вкрест простираения и одной профильной линии, располагаемой по простираению пласта в главных сечениях мульды сдвижения. Длины профильных линий определяются границами разработок с учетом расстояний, получаемых при проведении линий от границ разработки под углами сдвижения до пересечения с поверхностью. На расстоянии 30-50 м от этих границ закладывают по

одному-два опорных репера с расстояниями между ними равными 30-50 м. Интервалы между рабочими реперами в зависимости от глубины разработки (обычно составляющих 300-600 м, исключение – Норильск, 2 км.) выбирают от 5 до 30 м.

Полная серия наблюдений на таких станциях включает определение высотных отметок реперов (нивелирование) и определение расстояний между реперами. В результате обработки измерений получают значения оседаний реперов, горизонтальные сдвигения, горизонтальные деформации, наклоны, кривизну и сравнивают эти величины с допустимыми величинами. Метод контроля считается надежным.

Нефтегазовое месторождение разрабатывается на глубине 2150-2585 м и имеет размеры по площади 17,4 на 10 км. При таких несоизмеримых размерах месторождения и тяжелых условиях для выполнения работ, применение данного метода практически неприемлемо. Исключение могут составлять отдельные участки.

Учитывая вышеизложенное, проектом рассматривается создание варианта трех уровневой конфигурации формирования маркшейдерско-геодезического обоснования. Геодинамический полигон месторождения представлен серией исходных, опорных и рабочих пунктов геодезических сетей различного назначения, при создании которых предусмотрены следующие принципы.

1. **Исходные** пункты располагаются за зоной влияния процессов сдвигения, определяемой граничным углом сдвигения (60° – по результатам моделирования, с учетом поправки) и, по возможности, вдали от границ тектонических разломов и элементов линеamentной сети. Настоящим проектом предусмотрено включение в систему наблюдений пяти исходных пунктов, расположенных по периметру месторождения: Большая Рассоха, Елань, Сенная, Мысовая, Марково. Пункт «Оболкино» является временным (в тоже время центральным) и служит для осуществления геометрической связи между исходными пунктами.

2. **Опорные** пункты располагаются внутри треугольников, образованных центральным пунктом «Оболкино» и остальными пунктами исходной сети, составляя локальную сеть второго уровня (сеть пунктов GPS), покрывающую места расположения производственных объектов нефтепромысла.

Пункты GPS - сети, по возможности, должны быть совмещены с пунктами ГГС и реперами государственной нивелирной сети, исходя из условий сохранности и радиовидимости. Условия радиовидимости на всех пунктах сети должны быть близки к идеальным: в поле зрения антенны приемника от 15° над горизонтом и выше не должно быть посторонних предметов во время проведения сеанса наблюдений.

3. **Рабочие** реперы (пункты) закладываются по обе стороны тектони-

ческого нарушения и непосредственно возле контуров промплощадок и промышленных сооружений нефтепромысла, обеспечивая контроль за оседаниями охраняемых объектов (приложение 1).

4. **Пункты маркшейдерско-геодезической сети** располагаются вдали от трансформаторных станций, ЛЭП и других объектов, способных создавать внешние электромагнитные поля.

5. **Наблюдательные реперы** закладываются в благоприятных условиях с точки зрения инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков оврагообразования и т.п.

6. **Все пункты-реперы** геодинимического полигона должны по возможности располагаться так, чтобы на них была обеспечена оперативная доставка исполнителей и оборудования различным транспортом.

7. Не рекомендуется изменять имеющуюся геометрию сети в последующих циклах наблюдений (при условии сохранности пунктов).

Для определения координат опорных и рабочих реперов наблюдательных станций используют исходные пункты, в качестве которых могут служить государственные геодезические сети.

При создании GPS-сети также необходимо соблюдать следующие условия:

- рабочие, опорные и исходные пункты должны образовывать сеть связанных многоугольников в виде плоской или объемной фигуры;
- направления и количество измеряемых векторов в сети рекомендуется определять методом оптимальной триангуляции, т.е. триангуляции с минимальным количеством сторон и суммарной длиной ребер.

При этом геометрическое построение сети выполняется таким образом, чтобы при необходимости обеспечить дальнейшее сгущение пунктов в выделенных динамически напряженных зонах. Кроме того, сеть должна быть такой конфигурации, чтобы все объекты наблюдений находились "внутри" границ внешних векторов сети. Это условие необходимо для правильной трансформации результатов наблюдений из геоцентрической системы координат в прямоугольную.

Проектная схема геодинимического полигона (см. приложение 1) включает пять участков. Такое разделение обусловлено значительными размерами месторождения и поэтапным развитием работ по добыче нефти из недр. Исходя из этого, работы по сгущению наблюдательной сети (закладка опорных и рабочих пунктов) производятся также поэтапно, по мере развития инфраструктуры нефтедобывающего комплекса. Это позволит экономить материальные затраты и распределять их во времени.

Проектом также предусматривается закладка опорных и рабочих реперов на перспективных участках месторождения.

Участок № 1, предназначен для наблюдения за сдвижением земной

поверхности, вызванного извлечением из недр нефти и служит связующим звеном в геометрической системе наблюдений. Определение местоположения профильных линий, предназначенных для наблюдения за оседанием земной поверхности вследствие откачки воды, в настоящее время затруднено в связи с отсутствием проекта куста гидрокважин и схемы их расположения. Поэтому схему расположения реперов наблюдательной станции в районе гидрокуста целесообразно составить в виде дополнения к техническому проекту (программе) после изучения данных проекта подземного водозабора.

Участок № 2 сформирован для наблюдения за сдвижением земной поверхности, вызванного добычей нефти, оценки активизации тектонических разломов и состоит из 2-х опорных пунктов, совмещенных с пунктами ГГС. Закладка парных рабочих реперов в количестве 5-ти предусматривается вдоль тектонического нарушения по реперу с каждой его стороны.

Участок № 3 на данный момент времени является краевым в системе наблюдений за земной поверхностью. Является связующим звеном в измерениях и совмещен с пунктами ГГС и опорной маркшейдерской сетью через 2 опорных пункта.

Участки № 4 и № 5 являются основными по добыче нефти, поэтому проект предусматривает наибольшее сгущение сети. В его состав входит 8 опорных и 23 рабочих пунктов, 4 из которых совмещены с опорными пунктами, 21 репер образуют профильную линию для геометрического нивелирования II класса и используются в целях оценки активизации тектонических разломов, наблюдением за земной поверхностью с развитием работ по откачке нефти.

Участок № 6 – перспективный. Здесь закладываются рабочие реперы у скважин Р-11, Р-30, Р-33 с целью определения начальных наблюдений с последующим подключением к ним дополнительных рабочих реперов и слежением за поведением земной поверхности в результате откачки нефти. Далее планируется разбить участок № 5 на 2 фигуры, переориентировав систему на центральный, временный пункт ГГС «Оболкино».

Участок № 7 также перспективный. Предназначен для наблюдения за сдвижением земной поверхности в результате извлечения нефти и оценки активизации тектонических нарушений. К наблюдениям подключаются рабочие реперы, закладываемые вдоль тектонического шва и являющиеся продолжением продольной линии парных рабочих реперов участка № 2.

Дополнительные участки № 6, 7 включены для решения о необходимости проведения наблюдений, которые следует принять на завершающем этапе эксплуатации месторождения, исходя из результатов наблюдений на других участках.

На участках профильных линий, примыкающих к тектоническим разломам (по 500 м в обе стороны от точки пересечения), расстояния между реперами сокращаются до 100 м, согласно требований инструкции [4].

12.2.1 Методика и точность измерений

Все опорные пункты, служащие в некоторых случаях и в качестве рабочих реперов связаны между собой GPS-сетью.

При выполнении работ по определению координат и высот пунктов (реперов) используется комплект спутниковой аппаратуры, например, Trimble R8 GNSS ГЛОНАСС. Измерения на всех пунктах выполняются в статистическом режиме продолжительностью сеанса не менее одного часа.

До начала измерений составляется проект определения мест расположения опорных пунктов. При проектировании построена сеть в виде цепочек треугольников, позволяющая в дальнейшем произвести контроль плановых и высотных координат пунктов. В сеансе измерений отдельная станция устанавливается на определяемые пункты, которые в дальнейшем являются исходными пунктами при продолжении цепочки.

Наблюдения выполняются в периоды, когда в созвездии спутников участвует не менее 6-ти спутников (как правило, 12-14) и их расположение соответствует схеме: один спутник расположен над определяемой точкой, остальные - по всему горизонту. С целью уменьшения ионосферной и тропосферной рефракции, спутники, возвышение которых над горизонтом составляет менее 10° при измерениях не учитываются.

Для исключения явления рассеивания радиосигналов спутников, определяемые пункты (реперы) обеспечиваются открытыми площадками (50x50 м). Наблюдения на пунктах ГГС выполняются при отсутствии на них наружного знака. Координаты пунктов получают в системе координат Киренского района с их трансформацией с помощью программного продукта TrimbleBusinessCenter 2.20.

Для привязки цепочки треугольников ГДП к пунктам геодезической основы месторождения, два приёмника устанавливались на исходных пунктах геодезической сети, каждый из которых пункт триангуляции не ниже 3 класса. Два других приёмника устанавливались на пунктах геодезического полигона. Как на исходных, так и на определяемых пунктах антенны устанавливаются над центрами на штативы, а там где возможно, на реперы с принудительным центрированием. Затем измеряется наклонная высота до середины прокладки приёмника до начала наблюдений и по завершению. Высота измеряется в трёх точках антенны равномерно по окружности. Запись информации осуществляется синхронно на всех пунктах, включенных в сеанс наблюдений.

Периодичность записи 10 секунд, маска – 10 градусов (предварительно выбрана и подготовлена площадку для наблюдений с тем, чтобы обеспечить условия по маске).

Между сеансами производится повторная центрировка антенн.

Вычислительная обработка выполняется программами, обрабатывающими как GPS так и ГЛОНАСС информацию дважды – независимо дву-

мя исполнителями. Для вычисления отметок пунктов геодинамического полигона подключается модель геоида EGM96.

По завершению всех измерений и создания жесткой сети в виде цепочки треугольников, в ПО TrimbleBusinessCenter сначала выполняется свободное уравнивание в системе координат WGS-84, затем производится калибровка в местную систему координат по имеющимся пунктам триангуляции.

Большое количество пунктов, имеющих координаты в двух системах, а также избыточные измерения, позволяют с достаточной точностью получить координаты определяемых пунктов.

Ежедневно, при просмотре файлов данных с приемников производится непосредственный контроль качества записанной информации, т.е. проверяются допуски дисперсии, СКО, отношения векторов. Векторы должны обсчитываться с допустимыми значениями этих параметров. Контроль полноты осуществляется методом предобработки результатов спутниковых измерений. При этом фиксируются как факты недостатка информации, так и факты ее избыточности.

Достаточно большое количество избыточных измерений позволяет выполнять оценку точности спутниковых измерений в ПО TrimbleBusinessCenter, а также обеспечивать заданную заводом изготовителем:

в плане ± 5 мм + 0,5 мм/км СКО;
по высоте ± 5 мм + 1 мм/км СКО.

12.3--Составление схемы нивелирной сети и априорной оценки точности геодезических наблюдений

12.2.2 Схема нивелирной сети

Предварительным проектом [15] предусмотрена закладка реперов по ломаной профильной линии (графическое приложение 1) для выполнения по ним нивелирования II класса. Линия расположена вдоль берега реки Лены и пересекает Осинский горизонт с запасами C_1 . Сеть нивелирования состоит из одной линии, расположенной вкрест простирания (падения пластового давления) залежи и тектонического нарушения. Ее длина составляет 11 км, количество закладываемых рабочих реперов 21 шт., количество опорных реперов 6 шт.

Проектирование такой линии можно сравнить с трассировочными работами, которые предусматривают камеральное и полевое трассирование.

Камеральное трассирование выполняется на стадии технического проекта с целью выбора основного направления трассы. Для этого используются топографическими картами (в данном случае масштаба 1:25 000) и намечают начальный, конечный и промежуточные пункты. Затем осуществляют полевое трассирование с целью определения наиболее опти-

мального положения трассы на местности. В результате таких изысканий местоположение наблюдательных пунктов и реперов может отличаться от проектного в силу различного рода непредвиденных ситуаций.

1. При выборе мест закладки реперов в натуре руководствуются следующими принципами:

1) реперы располагаются в непосредственной близости от основных промышленных сооружений газопромысла, т.к. основное назначение любой наблюдательной станции - исследование процессов сдвижения в районе сооружений, контроль развивающихся деформаций в подрабатываемых объектах;

2) реперы закладываются в благоприятных условиях с позиции инженерной геологии: следует избегать оползневых участков, крутых склонов, заболоченных участков, участков карстообразования, участков оврагообразования и т.п. Профильная линия, по возможности, не должна проходить через сложный рельеф;

3) профильные линии должны, по возможности, проходить через эффективные максимальные нефте и газонасыщенные толщины продуктивных объектов и пересекать максимально возможное число структурных особенностей месторождения, т.к. геодинамика недр, прежде всего, определяется смещением по крупным тектоническим нарушениям и линейным структурам. Другим условием должно быть прохождение профильных линий через зоны прогнозного максимального падения пластового давления, т.е. фактически через зону максимальных оседаний.

2. При определении длины профильной линии реперов руководствуются, прежде всего, накопленными сведениями о граничных углах сдвижения на уже исследованных участках территории месторождения. Однако учитывая отсутствие таких сведений используются результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива при отработке месторождения, которые показали значение граничного угла сдвижения с поправками $60-55^\circ$, откладываемым от нижней границы водонефтяного контакта (ВНК), где должны располагаться кусты опорных реперов. По мере накопления результатов наблюдений величина граничного угла сдвижения уточняется.

3. Куст опорных реперов должен состоять не менее чем из трех опорных реперов, заложенных в вершинах треугольника со сторонами в среднем 50 м. Рекомендуются располагать опорные репера так, чтобы была возможность измерять превышения между ними с одной станции.

4. При определении расстояний между реперами использованы следующие положения.

Расстояние между рабочими реперами должно быть примерно одинаковым и составлять в среднем 500 м, т.к. прогнозируемые незначительные величины оседаний и горизонтальных смещений, а также большая глу-

бина разработки обуславливают возникновение плавной мульды сдвижений. Реперы, располагаемые через 500 м закладываются, по возможности, на возвышенных местах, не подверженных оползневому явлению. В местах пересечения профильными линиями рек и крупных предполагаемых структурных особенностей горного массива рекомендуется сгущение реперов до 20-50 м и использование обычных реперов забивного типа. На данных участках земной поверхности дополнительно определяют горизонтальные деформации земной поверхности путем измерения расстояний между реперами стальными компарированными рулетками с применением жестких отвесов (конструкции ВНИМИ). Расстояния между реперами измеряют в прямом и обратном направлениях. Расхождение горизонтальных расстояний между крайними реперами прямого и обратного ходов не должно превышать $1/10000$ длины профильной линии. Допускается использование светодальномеров и электронных тахеометров, дающих среднеквадратическую ошибку (СКО) измерения длины до 5 мм.

12.2.3 Априорная оценка точности геодезических наблюдений

По рабочим реперам профильной линии рекомендуется осуществлять нивелирование по методике II класса. Нивелирование между опорными реперами следует выполнять также по методике II класса. Программа и методика нивелирования II класса, выполняемого оптическими нивелирами, должна соответствовать программе и методике описанной в Инструкции по нивелированию I, II, III классов [8,10].

1. Перед началом очередной серии наблюдений определяются высотные отметки опорных реперов путем выполнения ходов подходного нивелирования от пунктов триангуляции. Допускается контроль высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов триангуляции, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений. Разность ежегодно получаемых высотных отметок опорных реперов от пунктов триангуляции, полученных из спутниковых наблюдений не должна превышать 10 мм. Высотные отметки всех опорных пунктов должны быть неизменны на протяжении всех циклов наблюдений. Если отметки опорных реперов, полученные из второй серии наблюдений сопоставимы (в пределах погрешности их определения) с отметками реперов, полученными из первой серии, разрешается производство наблюдений по рабочим реперам наблюдательной станции.

2. Периодичность наблюдений должна быть различной. В стадии пробной и опытно-промышленной эксплуатации месторождения, необходимо обеспечить проведение наблюдений один раз в год. По итогам этих исследований в течение трех-четырех последующих лет, при переходе в стадию промышленной эксплуатации в соответствии с «Технологической схемой разработки Марковского НГКМ», частоту наблюдений возможно принять два раза в год. В последующем рекомендуется дополнительно рас-

смотреть вопрос о проведении наблюдений с частотой раз в год или раз в два года, в зависимости от интенсивности развития деформационных процессов [3,4]. В случае возникновения сейсмических явлений или при интенсивном развитии процессов оседания (максимальное оседание - более 130 мм в год) необходимо выполнять наблюдения два раза в год.

3. При обнаружении мест концентрированных деформаций связанных с наличием тектонических нарушений, при наличии в данных местах инженерных сооружений (нефтепроводы, водоводы, кусты скважин, ДНС,

КНС, зон промышленной и гражданской застройки и т.д) рекомендуется увеличить количество выполняемых циклов наблюдений в таких местах до двух ежегодно.

4. При возникновении в районе месторождения техногенного сейсмического явления рекомендуется, по возможности, в кратчайшие сроки выполнить дополнительный цикл наблюдений.

5. Согласно требованиям Инструкции по нивелированию 1,11,III,IV классов, все высотные сети локальных и площадных геодинимических полигонов должны быть привязаны к высотной основе России для получения высот в единой Балтийской системе. Оба конца нивелирной сети для контроля точности нивелировки следует замкнуть на пункты государственной высотной сети. Допускается передача высотных отметок опорных реперов посредством GPS-технологий от пунктов высотной сети, придерживаясь при этом методики спутниковых наблюдений, изложенной в разделе 2.7.

6. Перед производством работ инструмент и рейки необходимо тщательно поверять. Поверки оптического нивелира выполнить, согласно программе, изложенной в сборнике Инструкций по производству поверок геодезических приборов [18]. Соответствующие акты поверок приводить в отчете на проведение работ. При выполнении оптического нивелирования использовать только инварные рейки.

7. При выполнении нивелирования допускается использовать цифровые нивелиры, если инструменты сертифицированы для использования в нашей стране. Средние квадратические погрешности нивелирования, выполненного цифровым нивелиром должны соответствовать требованиям Инструкции по нивелированию I,II,III классов.

Программа и методика цифрового нивелирования должна соответствовать программе и методике для высокоточного нивелирования, изложенной в техническом руководстве пользователя.

Поверки цифрового нивелира выполнить перед выполнением работ согласно сервисным программам проверки и настройки прибора, изложенным в техническом руководстве пользователя.

Полевые журналы оптического нивелирования хранить в течение 5 лет. Сырые данные (файлы) цифрового нивелирования помещать на оптические носители и хранить до завершения отработки месторождения.

8. При камеральной обработке результатов наблюдений оптического нивелирования проверяется заполнение и состояния полевых журналов, контроль правильности выполнения полевых работ. Полевые журналы проверяются в две руки, в журналах осуществляется постраничный контроль.

Разность пятков реек на станции, контроль разницы превышений из прямого и обратного хода осуществляется непосредственно при полевых измерениях. Допуск разности превышений в секциях в миллиметрах вычисляется по формуле:

$$Д = \pm 5V L, \text{ мм,}$$

где L-периметр секции при количестве штативов менее 15.

$$Д = +6V L, \text{ мм,}$$

где L-периметр секции при количестве штативов более 15.

Среднее превышение в секции вычисляется как среднее арифметическое превышений из прямого и обратного ходов нивелирования

Уравнивание нивелирной сети рекомендуется выполнить как строгое уравнивание методом проф. В.В.Попова.

Абсолютные отметки каждого цикла наблюдений следует определять от опорных реперов по уравненным превышениям.

Суммарные оседания следует определять как разницу абсолютных отметок первого и текущего циклов наблюдений.

9. После окончания каждой серии наблюдений осуществляется обработка полевых измерений. Результаты наблюдений оформляются в соответствии с требованиями пункта 254 «Инструкции по производству маркшейдерских работ» РД 07-603-03. По результатам вычислений по каждой профильной линии на вертикальном разрезе строятся графики оседаний и, в случае необходимости, скоростей оседаний реперов, вертикальных (наклон и кривизна) деформаций. После очередной серии наблюдений графики пополняются. Графики горизонтальных сдвижений и деформаций строятся только для тех участков, где выполняются измерения длин линий между интервалами.

12.3--Разработка системы спутниковых наблюдений на пунктах (геодинамического) полигона

Изучение сдвижений и деформаций, происходящих в массиве требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций - геодинамических полигонов. Жесткие требования к проведению подобного рода геодезических работ - обширные территории, охватываемые измерениями, высокий уровень точности определения величин сдвижений и деформаций, короткие периоды между сериями инструментальных измерений, все это предопределяет необходимость использования при проведении исследований современного высокоточного и производительного геодезического оборудования.

В настоящее время имеются две спутниковые системы определения координат: российская ГЛОНАСС (ГЛОбальная Навигационная Спутниковая Система) и американская NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging, Global Positioning System, т. е. «навигационная спутниковая система, обеспечивающая измерение времени и местоположения», «глобальная система позиционирования»). Слово «позиционирование» означает «определение координат»).

Использование современной спутниковой технологии дает возможность для разработки метода выбора расположения пунктов геодезического полигона в тех местах, которые наиболее интенсивно подвержены влиянию деформационных процессов, а не сточки зрения обеспечения прямой видимости между смежными пунктами.

При выполнении большинства геодезических измерений традиционными методами требуется не только прямая видимость, но и оптическая видимость между пунктами, следствием чего является необходимость выбора хороших условий видимости и соответствующего времени суток, что снижает производительность полевых работ. Спутниковые методы определения являются, по существу всепогодными, в результате чего измерения можно производить при любой погоде, в любое время суток и в любое время года, что очень важно, учитывая физико-географическую характеристику месторождения.

Системы ГЛОНАСС и GPS позволяют определять координаты точек на земной поверхности с высокой точностью:

$$m = 5 \text{ мм} + D \cdot 10^{-6},$$

где D – расстояние между опорной (с известными координатами) и определяемой точками, км; m – средняя квадратическая ошибка определения приращений координат.

Основным режимом сбора данных для всех GPS съемок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS-84. Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных, сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах

обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS измерений и маркшейдерско-геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.

2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и залесенных районах.

3. Отсутствие в районе выполнения GPS измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, особенно с перископической схемой усиления радиосигнала, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены ниже, в таблице 15, в порядке возрастания точности определения координат.

Термин "статический" означает выполнение наблюдений с помощью неподвижного приемника, а "кинематический" - с помощью движущегося приемника. Временная потеря сигнала не так страшна для статического метода, как для кинематического.

Статическое абсолютное определение положения полезно, если нужна невысокая точность (от 5 м до 10 м), за сравнительно короткий интервал времени наблюдений. Кинематическое абсолютное определение положения используют для определения траектории транспортного средства в пространстве и времени с точностью от 10 м до 100 м).

Таблица 15 - Основные технологии GPS съемок

| Название технологии, время измерения | Точность, м | Область применения |
|---|-----------------------|--|
| Навигационный режим, непрерывное слежение | 10-15 | Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности. |
| Кинематика «real-time», 20-30 секунд на точку | 0,1-0,3 | Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема. |
| Кинематика «continuous», непрерывное слежение | 0,05-0,2 | Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала. |
| Кинематика «stop-and-go», 20-30 секунд на точку | 0,01-0,03 | Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съемочного обоснования. |
| Быстрая статика, 20-30 минут на точку | $(1-3) \cdot 10^{-3}$ | Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км. |
| Статика, 40-60 минут на точку и более | $(1-3) \cdot 10^{-3}$ | Высокоточные маркшейдерско-геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км. |

Статическое относительное определение положения по наблюдениям фазы несущей в настоящее время является наиболее используемым геодезистами методом, и по-другому данный метод называется "статической съемкой". Принцип основан на определении вектора между двумя неподвижными приемниками. Различают "однобазовое" и "многобазовое" определения, причем последний термин применяют, если число пунктов превышает два. При статической съемке достижима относительная точность от 10^{-6} до 10^{-7} , что эквивалентно миллиметровой точности для баз длиной до нескольких километров.

Кинематическое относительное определение положения выполняется по одновременным наблюдениям на одном неподвижном и одном движущемся приемниках. Метод применяется там же, где и кинематическое абсолютное определение положения, но достигается более высокая точность. Точность в дифференциальном (по кодовым дальностям) определении находится на метровом уровне, а в относительном (по фазам несущей) методе достижима сантиметровая точность.

"Полукинематический" метод, или метод "остановки и движения" (Stop and Go), является комбинацией статического и кинематического относительных определений положения. В этом методе движение приемника чередуется с остановками в заданных пунктах. Наблюдения ведутся постоянно, но во время остановок накапливаются эпохи измерений и, соответственно, повышается точность определений. Метод часто называют просто "кинематической съемкой".

"Псевдокинематический" или "прерывистый статический" метод определения положения предполагает, что на интересующих пунктах наблюдения выполняют еще один раз (примерно через час после первого посещения пункта). Это делается для того, чтобы облегчить разрешение неоднозначности и получить более высокую точность. В основном эти цели достигаются вследствие изменения конфигурации сети спутников. При этом не требуется поддержания непрерывности сигнала между посещениями станции, и приемник во время движения можно даже отключать.

"Быстростатические" методы используют комбинации псевдодальностей и фаз несущей с целью выполнить быструю инициализацию (то есть разрешить неоднозначность) в статическом режиме. В этом случае требуются измерения как кода, так и фазы несущей, на обеих частотах. Наблюдения в течение 5 - 10 минут могут дать относительную точность 10^{-6} .

"Безостановочные (On-The-Fly)" методы позволяют выполнить инициализацию в кинематическом режиме, а не в статическом. Этот метод с использованием кодовых данных позволяет определять положения движущихся объектов с дециметровой и даже с сантиметровой точностью, если неоднозначности разрешены.

Выбор метода GPS съемки зависит, главным образом, от требуемой точности определения положений. При использовании одного приемника имеет смысл лишь определение координат одного пункта - "абсолютное определение положения" пункта. При этом не следует забывать, что неограниченный доступ возможен лишь к коду C/A, и что точность может быть искусственно ухудшена включением режима выборочного доступа (SA - Selective Availability). Более точный P-код в случае режима антиимитации (AS - Anti-Spoofing) или засекречивания P-кода доступен лишь пользователям, имеющим на это разрешение.

При использовании двух или большего числа приемников, один из пунктов служит корректирующей станцией, и на втором пункте достигимы более высокие точности. В дифференциальном режиме наблюдаются кодовые псевдодальности одновременно до четырех (обычно) или более спутников. Корректирующая станция вычисляет действительные поправки к наблюдаемым кодовым псевдодальностям. Эти поправки затем передаются различными средствами связи на неизвестные пункты,

приводя к уточнению независимо вычисленных положений. Поскольку R-кодовые приемники обеспечивают точность кодовых дальностей на метровом уровне, с помощью дифференциального метода достижима субметровая точность определения положения. Следовательно, можно строить сети ниже третьего класса. Преимуществом метода кодовой псевдодальности является его нечувствительность к скачкам фазы и, до некоторой степени, к препятствиям около пункта. Значит, в лесных районах деревья оказывают на кодовые наблюдения меньше влияния, чем на измерения фазы несущей.

В настоящее время геодезические точности достижимы лишь при использовании измерений фаз несущей, выполненных в режиме относительного определения положений. Обработка вектора базы требует, чтобы фазы наблюдались одновременно на обоих концах базы. Следовательно, относительное определение положения было раньше возможно лишь в последующей обработке наблюдений.

Метод статической съемки является наиболее используемым, поскольку единственным основным требованием является относительное отсутствие препятствий для обзора неба на пунктах. Обычно для статической съемки нужно 60-120 минут наблюдений. Однако этот метод включает в себя использующий более короткие интервалы наблюдений (например, 10 минут) метод "широкой полосы (wide-line) или метод быстростатической съемки, основанный на быстром разрешении неоднозначности. Для длинных баз (> 50 км) обнаружение скачков фаз и разрешение неоднозначностей усложняется. В таких случаях может быть полезным использование дополнительных приемников в окрестностях обоих пунктов базы. Неоднозначности определяются для коротких баз и затем используются для определения неоднозначностей на длинных базах. Эта процедура называется "добавочным расширением (bootstrapping) сети. Обычно статическая съемка используется при государственных, областных и местных контрольных съемках, при фотоконтрольных съемках, при исследовании деформаций и границ плит.

Метод кинематической съемки является наиболее производительным в том смысле, что за наименьшее время можно определить положения наибольшего числа пунктов. Тогда как в статическом методе GPS требуется, чтобы спутники перемещались по небу, в кинематическом методе этого не требуется. Поэтому для кинематического метода является полезным предлагаемое совместное с GPS использование геостационарных спутников. Кинематическая съемка требует проведения тщательной рекогносцировки на местности, поскольку не только пункты остановок и неподвижные пункты, но и трасса между пунктами, по которой движется приемник, должны быть свободны от препятствий. Кинематический метод требует непрерывного сигнала от четырех или более спутников в течение всей съемки. На практике это означает, что движущийся приемник

не может проезжать под деревом или близко к столбу. Метод наиболее подходит широким открытым местностям с малым количеством препятствий, а также и для пригородов, где не слишком много больших деревьев нависает над дорогой. С помощью этого метода можно определять положение приемника, размещенного на наземном транспорте, движущемся по данному району по пересекающимся линиям. Трехмерные координаты этого приемника можно определить с высокой точностью (несколько сантиметров), так что возможно подготовить точную топографическую карту этого района.

Псевдокинематическая съемка наиболее близка к статическому методу. Такая съемка требует меньшего времени нахождения приемника в пункте, но нужно дважды побывать на обоих пунктах базы. Обычная схема наблюдений такова: пребывание на обоих пунктах в течение пяти минут, переезд к другим пунктам, и, через один час после первого посещения первой пары пунктов, возврат к ней для повторного наблюдения в течение пяти минут. Преимуществом этого 10-минутного (в сумме) интервала наблюдений, в отличие от 60-минутного, является наличие некоторого промежутка времени, потерянного на переезд к пунктам для повторного наблюдения. Псевдокинематический метод оптимален для ситуаций, когда пункты находятся вдоль дороги, по которой наблюдатели могут быстро двигаться в промежутках между наблюдениями на пунктах. Главным преимуществом метода является то, что за заданный интервал времени можно побывать на большем числе пунктов, чем при использовании обычного статического метода. В сравнении с кинематическим методом, допускается потеря сигнала, а число спутников не играет такой существенной роли. Слабой стороной метода является необходимость возвращения на пункты. Это ограничивает метод лишь локальными его применениями. Поэтому главным конкурентом метода является быстростатический метод определения положений, в котором нет необходимости вновь посещать пункты.

На практике лучше использовать комбинации этих трех методов. Например, статический и псевдокинематический методы можно использовать для установления широкой структуры сети контрольных пунктов и для установки пунктов на другой стороне препятствий, таких, как мосты. Кинематическую съемку можно применить для определения координат большей части пунктов, используя статические пункты в качестве контрольных и для проверки качества наблюдений. Для таких смешанных пунктов необходима тщательная рекогносцировка.

Для того чтобы иметь опорную сеть для последующих съемок и дать возможность преобразования GPS результатов к национальной системе координат, используют два типа контрольных GPS сетей: пассивные контрольные сети и активные контрольные сети. Пассивная сеть привязана к существующим триангуляционным монументам и высотным реперам. Недостатком такой сети является требование выполнения

наблюдений на многих пунктах и поддержка этих пунктов. Однако эта система подходит, когда имеются густые национальные триангуляционные сети и когда контрольная сеть служит другим целям, как, например, геодинамическим исследованиям.

Целями активной контрольной сети являются вычисление и распространение в (почти) реальном времени дифференциальных поправок для пользователей, имеющих лишь один приемник, а также вычисление точных эфемерид в процессе постобработки (в офисе). Сбор и распространение данных выполняется с помощью высокоскоростных наземных, а также спутниковых систем связи.

12.2.4 Организация и планирование полевых работ

Для успешного применения комплексов спутниковой геодезии при изучении процесса деформирования породного массива большое значение имеет организация и планирование полевых работ. Исследование деформаций породного массива в мониторинговом режиме, подразумевает многократное, от цикла к циклу, выполнение точных геодезических измерений на одних и тех же пунктах сети, по одной программе работ с дальнейшим анализом изменений геометрических взаимосвязей между реперами. Из этого вытекает важная особенность геодинамического полигона: возможность детального изучения условий проведения наблюдений на каждом пункте сети и использование их при планировании времени и периода проведения спутниковых измерений, специальная подготовка отдельных пунктов сети с целью устранения причин затрудненного или некачественного приема спутникового радиосигнала.

Точность спутниковых определений зависит от конфигурации спутникового созвездия в период выполнения приема. Влияние конфигурации спутникового созвездия на точность спутниковых определений характеризуется фактором понижения точности DOP (dilution of precision), представляющим собой отношение средней квадратической погрешности определения местоположения к средней квадратической погрешности измерения расстояний до наблюдаемых спутников. Фактор DOP имеет несколько видов, основные из которых приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Виды фактора понижения точности (DOP)

| Вид DOP | Обозначение | Определяемые параметры |
|----------------|-------------|---------------------------|
| Геометрический | GDOP | координаты, высота, время |
| Позиционный | PDOP | координаты, высота |
| Горизонтальный | HDOP | координаты |
| Вертикальный | VDOP | высота |

Фактор DOP характеризуется безразмерной величиной, изменяющейся в пределах первых десятков. Наивысшая точность спутниковых определений достигается при наименьших значениях DOP.

Идеальная для спутниковых определений конфигурация спутникового созвездия достигается в случае, когда один из спутников находится в зените, а остальные равномерно распределены по окружности с центром в определяемой точке так, что их возвышение над горизонтом составляет 20° . Ситуация, когда спутники сгруппированы в небольшой части неба, является неблагоприятной.

Для определения периода времени, благоприятного для выполнения спутниковых наблюдений, на стадии проектирования работ выполняется прогнозирование спутникового созвездия.

Исходными данными для прогнозирования спутникового созвездия являются координаты объекта работ и эфемеридная информация о спутниках. В случае если в районе расположения пунктов геодезической основы, съёмочного обоснования или топографических съёмок имеются предметы или сооружения, препятствующие прохождению радиосигналов от спутников, то в качестве исходной информации при прогнозировании необходимо использовать также значения высот и азимутов границ нахождения препятствий.

В качестве исходных координат объекта работ используют географические координаты, взятые с точностью до 1° .

Эфемеридную информацию в виде файла, называемого в эксплуатационной документации альманахом, получают либо из специально для этого выполняемых спутниковых определений, либо используют эфемеридную информацию, образовавшуюся в процессе каких-либо ранее выполненных спутниковых определений. В любом случае спутниковые определения для получения альманаха должны быть выполнены в дату, отстоящую не более чем на 30 суток от даты, на которую выполняют прогнозирование. Если для получения альманаха специально проводят спутниковые определения, то их выполняют одним приёмником в течение 5 минут.

Для объекта работ или его части, где препятствия прохождению радиосигналов, передаваемых спутниками, отсутствуют, прогнозирование выполняют сразу для всех пунктов и снимаемых участков объекта.

В случае если на объекте работ препятствия имеются, прогнозирование должно быть выполнено с учётом этого обстоятельства. Оно должно быть осуществлено в отдельности для каждого пункта, если выполняют подготовку к производству работ по развитию съёмочного обоснования, или в отдельности для каждого участка съёмки, в пределах которого условия прохождения радиосигналов можно принять одинаковыми, если производят подготовку к выполнению съёмки. При этом используют высоту и азимут объектов, препятствующих прохождению радиосигналов от спутников, определённые в ходе рекогносцировки.

Прогнозирование спутникового созвездия выполняют на ЭВМ с помощью программного пакета, входящего в комплект спутниковой аппаратуры, как описано в прилагаемой эксплуатационной документации.

При прогнозировании для каждого пункта геодезической основы или съёмочного обоснования, или участка съёмки в функции времени суток получают график числа доступных для наблюдения спутников и график значений PDOP (GDOP), на каждую дату предстоящих работ. Данная информация выводится на дисплей ЭВМ или может быть напечатана как в графической форме, так и в форме таблиц. Кроме того, может быть составлена диаграмма видимых положений спутников на небесной сфере в некоторый задаваемый интервал времени.

По полученным графикам и таблицам находят периоды, оптимальные для наблюдения спутников на пунктах геодезической основы или съёмочного обоснования или участках съёмки, которые используются для планирования сеансов наблюдений.

Как показывает практика, благоприятными для производства измерений являются промежутки времени, когда обеспечивается прием спутникового радиосигнала от 7-8 и более спутников при коэффициенте PDOP меньшем 4. При таких условиях наблюдений, возможно, проводить измерения на миллиметровом уровне точности.

Перед началом наблюдений должна быть произведена привязка (определение координат x, y, z) всех опорных реперов профильных линий геодинамического полигона к ближайшим пунктам триангуляции.

При выполнении спутниковых измерений, как правило, используются трехсуточные сеансы наблюдений с применением двухчастотных приемников. Результаты измерений заносят в таблицу 17.

Таблица 17 – Изменения плановых и высотных координат опорных пунктов

| №№ п/п | Номер опорного пункта | Дата наблюдений | Условные плановые и высотные координаты, м | | |
|--------|-----------------------|-----------------|--|-----|-----|
| | | | X | Y | Z |
| 1 | | ... | ... | ... | ... |
| 2 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3 | | ... | ... | ... | ... |

Существуют общие указания по выполнению спутниковых определений:

1. В продолжение приёма необходимо непрерывно наблюдать как базовой, так и подвижной станциями не менее 4 спутников одновременно; при применении динамических методов, и особенно кинематического метода, рекомендуется наблюдать не менее чем 5 спутников. Состав спутников в продолжение приёма может меняться.

2. При применении любого из методов спутниковых определений приём, выполняемый базовой станцией, всегда следует производить в следующей последовательности:

- провести развёртывание аппаратуры, установить приёмник на пункте и определить высоту антенны;
- подготовить приёмник к работе, как указано в эксплуатационной документации;
- установить режим регистрации данных наблюдения спутников;
- пользуясь клавиатурой, ввести в запоминающее устройство: значение номера пункта, значение высоты антенны и вспомогательную информацию: время начала и конца приёма, потерь связи и др.;
- провести приём наблюдений спутников в течение времени, указанного в рабочей программе полевых работ для применяемого метода спутниковых определений;
- выключить режим регистрации данных и выполнить свёртывание аппаратуры;
- в заключение работ на объекте следует выполнить вычислительную обработку данных наблюдений спутников.

3. При выборе значения интервала регистрации необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией используемого типа приёмника с учётом применяемого метода спутниковых определений. Значение интервала регистрации должно быть одинаковым для всех приёмников, используемых в сеансе.

4. Высоту антенны необходимо определять на каждом пункте и пикете. При этом следует руководствоваться эксплуатационной документацией комплекта приёмника. Во избежание ошибок, рекомендуется производить измерения в метрической мере и в дюймах.

При работе со спутниковой аппаратурой необходимо соблюдать следующие правила:

- следить за индицируемым на дисплее значением свободного объёма запоминающего устройства приёмника и вовремя принимать меры по передаче накопившейся информации в ЭВМ;
- во избежание утраты данных спутниковых определений, по окончании каждого рабочего дня копировать полученные данные на дискету (РС-карту);
- всегда отражать в полевом журнале (или его электронном аналоге) ход выполнения работ: время начала и конца приёма, инициализации, потери связи и т.п.;
- не допускать образования толстого снежного покрова на поверхности антенны приёмника и её обледенения;
- беречь антенну от попадания разряда молнии;
- по окончании рабочего дня упаковывать комплект спутниковой аппаратуры в транспортировочные ящики во избежание механических повреждений или воздействия метеофакторов.

Состав комплекта аппаратуры и оборудования, необходимого для выполнения полевых работ включает: приёмник в составе блоков, содер-

жащих функциональные элементы и принадлежностей, необходимых для приведения его в рабочее состояние (кабелей и др.); укладочную тару для хранения и перемещения приёмника (футляр, рюкзак и т.п.); устройства для установки приёмника на точке (штатив, веха, трегер, адаптеры и т.п.).

Вспомогательное оборудование: трегеры, стойки быстрого развёртывания; сменные аккумуляторные батареи; осветительные приборы (для работы в тёмное время суток); рулетка; описание местоположения точек; сторожки, колья, гвозди, топор; полевой журнал, карандаш, авторучка; эксплуатационная документация.

По условиям организации работ могут быть необходимы также устройства хранения, передачи и обработки информации - PC-карты, дискеты, полевой компьютер (ноутбук), модем и принадлежности к ним, - а в необжитой местности, кроме того, - зарядное устройство и агрегат для подзарядки аккумуляторов.

Для успешного выполнения работ по наблюдениям за деформациями земной поверхности на Тагульском газонефтяном месторождении необходимо развитие обоснования для последующих наблюдений, причем пункты обоснования должны находиться вне зоны возможных деформаций земной коры. С этой целью и были запроектированы опорные репера.

Для достижения миллиметрового уровня точности развитие обоснования необходимо запроектировать методом построения сети, соответственно программа полевых работ на объекте должна быть составлена так, чтобы все линии сети были определены независимо друг от друга. При этом необходимо запроектировать определение линий от каждого вновь определяемого пункта обоснования не менее чем до трех пунктов, а для увеличения количества избыточных измерений, которые необходимы для качественного уравнивания сети, следует увеличивать количество исходных пунктов до четырех.

Таким образом, создается калиброванный район работ в зоне действия каркаса из исходных пунктов и базовой станцией на опорном репере. В нашем случае создается несколько калиброванных районов работ и дальнейшее проектирование наблюдений за положением рабочих реперов должно строго исходить из соображения «каркасности» с опорой на базовую станцию. Причем от цикла к циклу это условие должно неукоснительно соблюдаться. Все эти требования необходимы для минимизации погрешностей при определении положения рабочих реперов в каждом цикле наблюдений.

12.3.5 Обеспечение безусловного соблюдения требований промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе

При разработке нефтегазоконденсатных месторождений вступают в силу следующие Федеральные законы, нормативные правовые акты и нормативно-технические документы:

1. Закон РФ «О недрах» в редакции 03.03.95 г. № 27 ФЗ....
2. Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.97 № 116-ФЗ
3. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр. (ПБ 07-601-03). Серия 07. Выпуск 11/ М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 64 с.
4. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01. Введено в действие постановлением Госгортехнадзора России от 20.06.01 № 20.
5. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2004. – 120 с.

Горная промышленность относится к опасным производственным объектам.

Общая безопасность в районе работ обеспечивается Заказчиком.

Охрана труда обеспечивается согласно требованиям инструкции по технике безопасности при топографо-геодезических работах. Руководитель полевых работ до начала изысканий проверяет прохождение работником инструктажа по технике безопасности. Ответственным за соблюдение ТБ при производстве работ является руководитель полевой бригады. Все полевые и камеральные работы выполняются в соответствии со СНиП 11-02-96; СП 11-104-97; так же в соответствии с принятыми на предприятии инструкциями по ТБ и охране труда.

До начала работ на территории промышленных объектов необходимо получить в органах, ведающих данной территорией, разрешение на право производства работ и согласовать требования по безопасности, предъявляемые местными организациями к проведению планируемых работ по созданию геодинамического полигона.

Все работы должны выполняться с соблюдением действующего законодательства об охране окружающей среды (охрана недр, лесов, водоемов и т.п.). Неблагоприятные последствия воздействия на окружающую среду при производстве геодезических работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы.

Запрещается проведение полевых топографо-геодезических работ в необжитой местности в одиночку или малыми группами менее трех человек.

При выполнении производственного задания группой работников в составе двух и более человек один из них должен быть назначен старшим, ответственным за безопасное ведение работ, распоряжения которого для всех членов группы являются обязательными.

Запрещается допускать к работе лиц в нетрезвом состоянии.

При проведении полевых работ по созданию геодинамического полигона и наблюдений запрещается принимать на работу лиц моложе 18 лет.

Рабочие и инженерно-технические работники должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации. Запрещается принимать на работу или допускать к работе лиц, которым по состоянию здоровья противопоказаны определенные виды работ и профессии.

Все рабочие и служащие могут быть допущены к самостоятельной работе только после прохождения инструктажа по технике безопасности, пожаробезопасности, стажировки на рабочем месте и проверки полученных знаний комиссией.

По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж по безопасности труда проводят со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности.

О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте должны пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в полугодие.

Внеплановый инструктаж проводят:

- при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
- по требованию органов надзора;
- при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ – 60 дней.

Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности.

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой проводит непосредственный руководитель работ.

Инструктажи на рабочем месте завершаются проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

Лица, показавшие неудовлетворительные знания, к самостоятельной работе или практическим занятиям не допускаются и обязаны вновь пройти инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного, внепланового, стажировки и допуске к работе работник, проводивший инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж с работниками, проводящими работы по наряду-допуску, разрешению и т.п., фиксируется в наряде-допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, выдаваемые работникам, а также средства коллективной защиты и предметы лагерьного снаряжения и оборудования, должны соответствовать характеру и условиям выполняемой работы, отвечать требованиям действующих стандартов и обеспечивать безопасность труда.

Выдаваемые в полевые бригады оборудование, инструменты и механизмы должны быть в исправном состоянии и иметь соответствующий сертификат или паспорт, подтверждающие их техническое состояние и со-

ответствие выполняемому виду работ. Выдача транспортных средств, а также буровых установок и самоходных механизмов производится по акту готовности к эксплуатации в полевых условиях.

В полевом подразделении каждый работник должен постоянно заботиться о сохранении и укреплении своего здоровья и строго соблюдать требования санитарии и личной гигиены и тем самым способствовать успешному выполнению производственного задания. В этом отношении руководитель подразделения должен служить примером для остальных членов коллектива и требовать от них четкого выполнения установленных правил.

Все работники, командируемые на полевые работы, должны быть обучены правилам оказания первой помощи при несчастных случаях (ожогах, кровотечениях, переломах и т.п.). В полевой бригаде один из работников должен иметь знания по оказанию первой медицинской помощи в пределах требований санитарного инструктора.

При работах в полярных районах, при длительных переходах по снежному покрову следует надевать очки с темными стеклами.

Свободное время от работы работники полевых подразделений проводят по своему усмотрению, но каждый обязан помнить, что он не должен нарушать установленного порядка, а в жилых помещениях обязан считаться с интересами живущих с ним товарищей.

13 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асаченков Л.М. Маркшейдерские работы при строительстве и реконструкции шахт: учеб. пособие/ Л.М. Асаченков. – М.: Недра, 1987. – 199 с.
2. Геодезические работы в строительстве/ В.Н. Ганьшин [и др.], под ред. В.Н. Ганьшина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1984. – 447 с.
3. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства/ Ф.В. Андреева [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 270 с.: ил.
4. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов/Е.Б.Клюшин [и др.]; под ред. Д.Ш.Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
5. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов/ Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
6. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках: справочник/ В.Н. Попов [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 424 с.
7. Маркшейдерское дело: учебник для вузов/ Д.Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
8. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации/ГКИНП (ГНТА) – 01 – 006 – 03 – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 14 с.
9. Поклад Г.Г. Геодезия: учебник для вузов/ Г.Г. Поклад. – М.: Недра, 1988. – 304.
10. Справочник по геодезическим работам в строительном производстве/ С.П. Войтенко [и др.], под ред. Ю.В. Полищук. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
11. Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий/ Я.А. Сундаков. – М.: Недра, 1972. – 362 с.
12. Богданов. Закладка геодезических центров в районах многолетней мерзлоты. - М.: Недра, 1990. – 159 с.
13. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. «Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов». М.: Недра, 1981. – 215 с.
14. Генике, Г.Г. Побединский. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: 1999. – 271 с.

15. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Утверждена постановлением Госгортехнадзора России № 73 06.06.2003г. Москва, 2003 г.
16. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. ГКИНП (ГНТА) – 03-010-03, – М.: ЦНИИГАиК, 2004 г.
17. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1988. – 112 с.
18. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99. – М.: ЦНИИГАиК, 1999 – 32 с.
19. Инструкция по созданию наблюдательных станций и производству инструментальных наблюдений за процессами сдвижения земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в регионе Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). - Пермь, изд.ПермГТУ. - 2003. - 34с.
20. Лазарев Г.Е., Самошкин Е.М. Основы высшей геодезии. М.: Недра, 1980. – 424с.
21. Методические указания по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей на нефтяных и газовых месторождениях с использованием спутниковой аппаратуры. – Санкт-Петербург, 1998.
22. Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых». Утвержденно постановлением Федерального горного и промышленного надзора России № 64 от 30 августа 1999 г.
23. «Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей», – М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат, 1993 – 104 с.
24. «Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети», Издание официальное, – М.: ЦНИИГАиК, 2001 – 30 с.
25. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С.-Петербург: Изд. ВНИМИ, 1998 –291 с.
26. Проект формирования геодинамического полигона Марковского ГКМ ОАО «Устькутнефтегаз» Т. 2 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников. – 2008. – 33 с.
27. Расчет оседаний земной поверхности и проект геодинамического полигона Марковского нефтегазоконденсатного месторождения в Иркутской области: отчет по НИР Т. 1 / ИрГТУ, ООО «Байкалгеосервис», рук. Ю.А. Калашников; исполнит.: Ю.А. Калашников, С.В. Гладышев, С.Г. Ашихин, С.Н. Попов, Е.С. Варнина. – 2008. – 52 с.

28. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно-энергетического комплекса. М.: 1997 – 123с.
29. Сидоров В.А., Хитров В.М., Кузьмин Ю.О. Концепция геодинамической безопасности освоения углеводородного потенциала недр России. – М.: изд.МГГРИ. –1998г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В. Самарин, А.А. Гурин

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие

К курсовой работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ВВЕДЕНИЕ

Для расширенной разработки нестационарной теплоты необходимо обеспечить информацию о форме и условиях затекания течения, структуре массовых и радиальных свойств горючих газов.

Вопросы изучения различных структурных и количественных показателей плазмы в зависимости от параметров решаются при одновременном измерении параметров.

Концепция работ по геометризации нестационарной плазмы включает следующие этапы:

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МОН



На первом этапе проводится изучение параметров длины волны, температуры, географических измерений, газодинамических свойств и создается база данных о различных показателях нестационарного течения.

На втором этапе устанавливается вероятностное распределение значений показателей, их взаимосвязь и структурные зависимости, проводится анализ взаимосвязей между различными показателями.

На третию этап составляется топо-геометрическое профилирование пространственной размерности различных показателей месторождения.

Геометризация различных типов месторождений (уплотнен, рудный, россыпный, неурядный, стратиграфический, мажоритарный, терригенно-амфиболитовый и др.) имеет свои особенности. Наибольшее внимание уделяется изучению основных структурных и генетических показателей, определяющих промышленную ценность того или иного типа месторождения.

1. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

1.1. Методика геолого-маршейной съемки информации

Важнейшие материалы при геометризации россыпной золотоносности:

- топографический план участка;
- результаты геолого-маршейной съемки;
- абсолютные отметки участка россыпи, зафиксированные по нивелиру;
- данные о пробном объеме содержания золота по скважинам.

Данные разведки приведены в таблице 1.1. В координатах участка отложены разведочные скважины, отметки постель россыпи и значения абсолютной отметки участка золота по скважинам (табл. 1.2).

На первом этапе работы строится план разведки участка месторождения (рис. 1.1) и составляется база данных о разведочных россыпях (формулы - табл. 1.3). План разведки строится в масштабе 1:2000 на листе формата А4. На план по координатам X и Y наносится сеть разведочных скважин, у которых указывается номер и абсолютная отметка участка скважины, а также отметка постель россыпи H и значение абсолютного содержания золота C. Методом линейного интерполирования производится построение рельефа местности.

Таблица 1.1

Каталог разведочных данных

| Разведочный номер скважины | № скважины | Координаты участка скважины | | | Отметка постель россыпи H, м | Объемное содержание золота C, г/м ³ |
|----------------------------|------------|-----------------------------|-------|------|------------------------------|--|
| | | X, км | Y, км | Z, м | | |
| 1 | 1 | 4374 | 2471 | 3163 | 308,4 | 110 |
| | 2 | 4380 | 2499 | 3163 | 304,4 | 118 |
| | 3 | 4348 | 2517 | 3159 | 305,4 | 104 |
| | 4 | 4341 | 2500 | 3163 | 307,4 | 81 |
| | 5 | 4332 | 2486 | 3173 | 300,0 | 78 |
| | 6 | 4323 | 2477 | 3183 | 312,3 | 26 |
| 2 | 7 | 4308 | 2413 | 3187 | 309,9 | 194 |
| | 8 | 4298 | 2445 | 3174 | 309,0 | 137 |
| | 9 | 4286 | 2514 | 3174 | 309,3 | 134 |
| | 10 | 4277 | 2504 | 3174 | 306,3 | 187 |
| | 11 | 4267 | 2480 | 3183 | 308,8 | 184 |
| | 12 | 4256 | 2442 | 3186 | 312,3 | 25 |
| 3 | 13 | 4240 | 2424 | 3187 | 310,6 | 107 |
| | 14 | 4209 | 2479 | 3184 | 300,0 | 134 |
| | 15 | 4201 | 2527 | 3182 | 310,2 | 137 |
| | 16 | 4202 | 2565 | 3182 | 313,0 | 190 |
| | 17 | 4202 | 2612 | 3183 | 312,3 | 87 |
| | 18 | 4174 | 2627 | 3193 | 325,7 | 18 |
| 4 | 19 | 4142 | 2424 | 3193 | 313,0 | 82 |
| | 20 | 4138 | 2496 | 3194 | 307,4 | 98 |
| | 21 | 4128 | 2508 | 3193 | 310,0 | 101 |
| | 22 | 4118 | 2536 | 3194 | 311,3 | 124 |
| | 23 | 4110 | 2617 | 3193 | 312,3 | 70 |
| | 24 | 4106 | 2688 | 3202 | 315,7 | 38 |
| 5 | 25 | 4080 | 2479 | 3203 | 313,3 | 54 |
| | 26 | 4054 | 2488 | 3203 | 307,7 | 79 |
| | 27 | 4046 | 2548 | 3202 | 313,0 | 110 |
| | 28 | 4039 | 2586 | 3203 | 313,0 | 87 |
| | 29 | 4034 | 2630 | 3206 | 312,6 | 84 |
| | 30 | 4027 | 2671 | 3210 | 313,8 | 13 |

Таблица 1.2

Потребности в основных удобрениях

| Экв.
д/т | Азот | Н | | P | | K | |
|-------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | ΔX
м | ΔY
м | ΔZ
м | ΔW
м | ΔX
м | ΔY
м |
| 1 | А | 350 | 380 | 48 | 47,3 | 41 | |
| 2 | Б | 460 | 640 | 23 | 33,2 | 19 | |
| 3 | В | 130 | 870 | 23 | 21,8 | 12 | |
| 4 | Г | 240 | 570 | 27 | 26,7 | 17 | |
| 5 | Д | 330 | 860 | 44 | 40,1 | 31 | |
| 6 | Е | 390 | 660 | 21 | 21,9 | 12 | |
| 7 | Ж | 450 | 610 | 21 | 20,9 | 18 | |
| 8 | З | 170 | 780 | 26 | 26,7 | 21 | |
| 9 | И | 530 | 760 | 47 | 47,4 | 33 | |
| 10 | Й | 270 | 670 | 38 | 28,7 | 17 | |
| 11 | К | 540 | 640 | 31 | 36,6 | 26 | |
| 12 | Л | 160 | 521 | 46 | 46,7 | 31 | |
| 13 | М | 510 | 741 | 28 | 37,4 | 44 | |
| 14 | Н | 230 | 621 | 20 | 19,8 | 24 | |
| 15 | О | 440 | 781 | 23 | 24,3 | 11 | |
| 16 | П | 380 | 661 | 25 | 41,2 | 48 | |
| 17 | Р | 250 | 721 | 22 | 26,7 | 28 | |
| 18 | С | 190 | 541 | 26 | 26,4 | 21 | |
| 19 | Т | 260 | 751 | 24 | 24,4 | 40 | |
| 20 | У | 610 | 761 | 44 | 40,7 | 47 | |
| 21 | Ф | 420 | 521 | 18 | 25,7 | 54 | |
| 22 | Х | 170 | 621 | 41 | 42,9 | 46 | |
| 23 | Ц | 220 | 611 | 39 | 38,1 | 26 | |
| 24 | Ч | 250 | 751 | 22 | 22,4 | 28 | |
| 25 | Ш | 10 | 509 | 42 | 41,8 | 33 | |
| 26 | Щ | 410 | 690 | 28 | 27,8 | 45 | |
| 27 | Ъ | 320 | 721 | 23 | 25,2 | 28 | |
| 28 | Ы | 30 | 598 | 41 | 41,8 | 22 | |
| 29 | Э | 310 | 698 | 38 | 23,7 | 44 | |

Примечание. Ф, Н, О - основные буквы латинского алфавита, выделены отчеством. Например, студент П.С. Иван имеет отчество: ΔX=200м, ΔY=340м, ΔZ=120м, ΔH=31,9м, ΔW=40м/т

План размещения участка расчётной сельскохозяйственной зоны

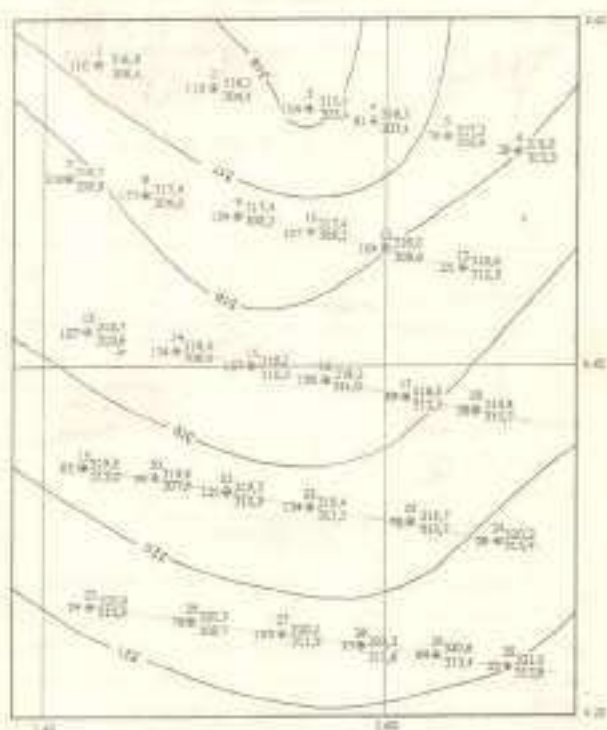


Рис. 1.1

Таблица 1.3

Показатели расхода

| Дата
длина
метра | УМ
показатель | Средняя величина
показателя | | | Отметка
показателя
результат
Н, м | Видовость
показателя
М, м | Объемная
содержание
показателя
С, м³/м³ | Периодичность
показателя
У, м/м |
|------------------------|------------------|--------------------------------|-----|---|--|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| | | Х | У | С | | | | |
| | | мг | сек | м | | | | |
| | | | | | | | | |

Примечания:

1. Количество воздуха содержания, объем определяется по формуле

$$M = Z \cdot H.$$

2. Вертикальные откосы (плоскостное содержание металла) определяются по формуле

$$V = M \cdot C.$$

1.2. Обработка и анализ геологических маркшейдерской информации

Обработка данных разведки ведется статистическим методом.

В работе необходимо исследовать вероятностное распределение значений количества точек M и объемов содержания металла C , выявить среднее значение и изменчивость показателей M, C , исследовать взаимосвязь между количеством точек и объемами содержания металла.

1.2.1. Вероятностное распределение значений показателей

При анализе вероятностного распределения значений показателей M и C производится группировка данных разведки.

Для каждого показателя определяется классный промежуток

$$\Delta = \frac{X_{max} - X_{min}}{i + 3.219N} \quad (1.1)$$

где X_{max} - максимальное значение показателя в данных разведки;

X_{min} - минимальное значение показателя в данных разведки;

N - количество данных разведки.

Значение классного промежутка может округляться в большую или меньшую сторону для удобства дальнейших вычислений. Например, если значение классного промежутка для показателя C , заданного по формуле 1.1, составило 27.8 м³/м³, то при дальнейшей обработке Δ можно принять равным 30 м³/м³.

Далее все возможные значения исследуемых показателей делится на K равных интервалов (классов) и сопоставляется с величиной классного промежутка и подсчитывается число F_i значений показателя, попавших в каждый интервал. Затем производится последовательное суммирование частот F_i по классам и вычисление дискретных W_i и накопленных W_{Σ} частот:

для i -го класса ($i = 1, \dots, K$)

$$W_i = \frac{F_i}{N} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

$$W_{\Sigma} = \frac{\sum F_i}{N} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

Расчеты по обработке значений показателей M и C сводятся к составлению таблицы. Пример - таблица 1.4.

Таблица 1.4

Обработка значений объемного содержания влаги

| Классы
(г/г ³) | Число
классов | Частота
P_i | Начальное
значение
класса
(г/г ³) | Полуполная
частота
ΣP_i | Частота | |
|-------------------------------|------------------|------------------|--|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | | | | | W_1 (%) | W_2 (%) |
| 0-20 | 1 | 2 | 0-20 | 2 | 7 | 7 |
| 20-40 | 2 | 3 | 0-40 | 7 | 17 | 23 |
| 40-60 | 3 | 6 | 0-60 | 13 | 30 | 44 |
| 60-120 | 30 | 16 | 0-120 | 29 | 57 | 77 |
| 120-150 | 1 | 2 | 0-150 | 31 | 7 | 84 |
| 150-180 | 2 | 6 | 0-180 | 37 | 13 | 87 |
| 180-210 | 1 | 1 | 0-210 | 38 | 3 | 100 |

По данным таблицы строятся графики, характеризующие вероятностное распределение значений показателей - гистограмма, полигоны и кумуляты (рис. 1.2).

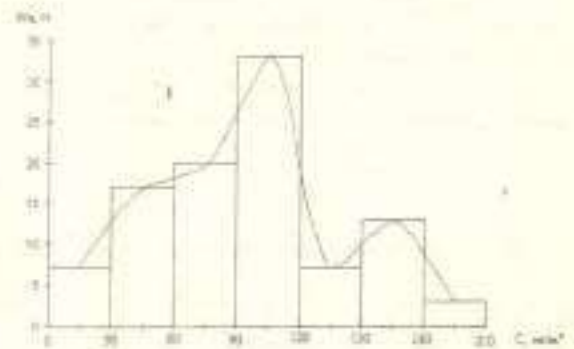
Для построения гистограммы на оси абсцисс откладывают границы интервалов (классов) и строят прямоугольники с основанием, равным длине интервала, и высотой, равной частоте W_1 .

Полигон частоты - линия, соединяющая середины верхних сторон прямоугольников гистограммы.

Кумулята - линия, проведенная через точки, абсциссы которых являются правыми границами классов, а ординаты - накопленные частоты W_2 .

Графики вероятностного распределения значений
объемного содержания влаги

Гистограмма и полигон частот



Кумулята



Рис. 1.2

1.2.2. Статистическое оценивание расчетных показателей

Оценивание среднего значения изучаемых величин M , C и показателей их изменчивости (стандарт, коэффициент вариации) проводится по структурированным данным.

Отсюда по величинам классов и объемам содержания золота составляется таблица для расчета статистических оценок. Пример - таблица 1.3.

Таблица 1.3

Расчет статистических оценок объемного содержания золота

| Классы (мг/т) | Частота P_k | Условное значение класса X_k | $P_k X_k$ | $P_k X_k^2$ |
|---------------|---------------|--------------------------------|-----------|-------------|
| 0-20 | 1 | -3 | -3 | 9 |
| 20-40 | 1 | -2 | -2 | 4 |
| 40-60 | 4 | -1 | -4 | 4 |
| 60-120 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 120-180 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 180-180 | 4 | 2 | 8 | 16 |
| 180-210 | 1 | 3 | 3 | 9 |
| Σ | 24 | | -4 | 44 |

Величина условного значения класса X_k вычисляется по формуле

$$X_k = \frac{X_{k+1} + X_k}{2} \quad (1.4)$$

где X_k - среднее значение показателя в классовой промежуток;

где X_{k+1}

X_k - среднее значение величины в k -ом классе;

X_{k+1} - величина следующего промежутка.

Σ - частоты принимаются средние классовый промежуток.

Вычисления статистических оценок показателей M и C приводятся по формулам:

Условный момент первого порядка

$$M_1 = \frac{\Sigma P_k X_k}{N} \quad (1.5)$$

Условный момент второго порядка

$$M_2 = \frac{\Sigma P_k X_k^2}{N} \quad (1.6)$$

Среднее значение показателя

$$\bar{X} = M_1 = \frac{\Sigma P_k X_k}{N} \quad (1.7)$$

Среднее квадратическое отклонение (стандарт) условной величины

$$\sigma_x = \sqrt{M_2 - \bar{X}^2} \quad (1.8)$$

Коэффициент вариации условной величины

$$v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (1.9)$$

При выполнении работы в объемном месте анализа X используются соответствующие оценки M и C .

1.2.3. Анализ взаимосвязи между показателями

Исследование взаимосвязи между количеством золотосодержащих песков M и объемом содержанием золота C проводится методом корреляционного анализа.

При корреляционном анализе структурированных данных применяется специальная формулар - корреляционная таблица (табл. 1.5).

Корреляционная таблица

Таблица 1.6

| M | Мощность потока, в | | | | | | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | ΣP ₁ M _i | ΣP ₂ M _i | M _{ср} |
|--------------------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | 2 | 3 | 6 | 18 | 2 | 12 | 6,8 |
| 10 | | | | | | | 3 | 2 | 10 | 20 | 10 | 20 | 5,8 |
| 20 | | | | | | | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 45 | 7,0 |
| 30 | | | | | | | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 32 | 8,2 |
| 40 | | | | | | | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 10 | 8,0 |
| 50 | | | | | | | 3 | 2 | 8 | 15 | 15 | 45 | 10,2 |
| 60 | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 8 | 8 | 7 | 7,0 |
| P ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 2 | 17 | 28 | 28 | 28 | |
| P ₂ | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | | | | | | |
| P ₃ | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | | | | | | |
| P ₄ | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 23 | | | | | | |
| ΣP ₁ M _i | 4 | 11 | 5 | 1 | 0 | 0 | 28 | | | | | | |
| ΣP ₂ M _i | 20 | 20 | 15 | 10 | 10 | 0 | 100 | | | | | | |
| Σ | 41 | 38 | 32 | 28 | 24 | 14 | | | | | | | |

Примечание:

1. P_i - количество данных в i-й строке таблицы.

2. M_{ср}, C_{ср} - средние значения показателей (обобщающие показатели) для содержания в i-том классе сырья.

3. $\bar{M} = \sum P_i M_i / P$; $\bar{C} = \sum P_i C_i / P$.

Для оценки качества сырья используются коэффициенты корреляции, который рассчитывается по формуле:

$$r_{CM} = \frac{\sum P_i M_i C_i - N \bar{M} \bar{C}}{N \sigma_M \sigma_C} \quad (1.10)$$

где $\sigma_M = \sqrt{\sum P_i M_i^2 - N \bar{M}^2}$; $\sigma_C = \sqrt{\sum P_i C_i^2 - N \bar{C}^2}$.

Уравнение зависимости объемного содержания металла C от мощности теплообменника можно находить по формуле:

$$C = \bar{C} + r_{CM}(M - \bar{M}) \quad (1.11)$$

где $r = \frac{\sigma_C}{\sigma_M} r_{CM}$.

По результатам расчетов строится график зависимости между показателями (рис. 13).

Законность объемного содержания золота от мощности потока

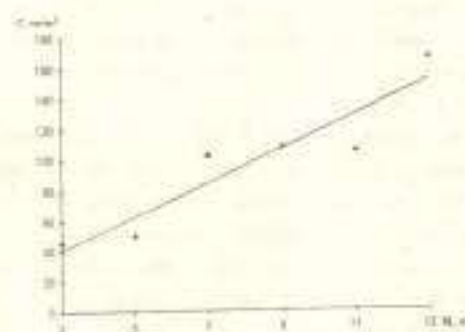


Рис. 13

На графике изображены прямая линия зависимости $C = f(M)$, вычисленная по формуле (1.11), и точки абсциссы которых являются средние значения мощности титана и вольфрама в процентах, а ординаты соответствующие средние значения объемного содержания золота C (табл. 1.6).

1.3 Построение гурь-симметричных графиков

В качестве графика материалов, необходимой для решения задачи разработок, можно:

1. График зависимости средней линейной плотности мощности электропроводящих слоев, объемного содержания титана и вертикальных зазоров на расчетной линии;
2. План размещения значений абсолютных моментов титана;
3. План размещения значений мощности слоев;
4. План размещения значений объемного содержания титана;
5. План размещения значений вертикальных зазоров.

При построении подобных графиков показатели на оси абсцисс показывается расположением слоев по расчетной линии, а по оси ординат откладываются значения M , C и V . Для каждого элемента отводится одна ячейка (рис. 1.4).

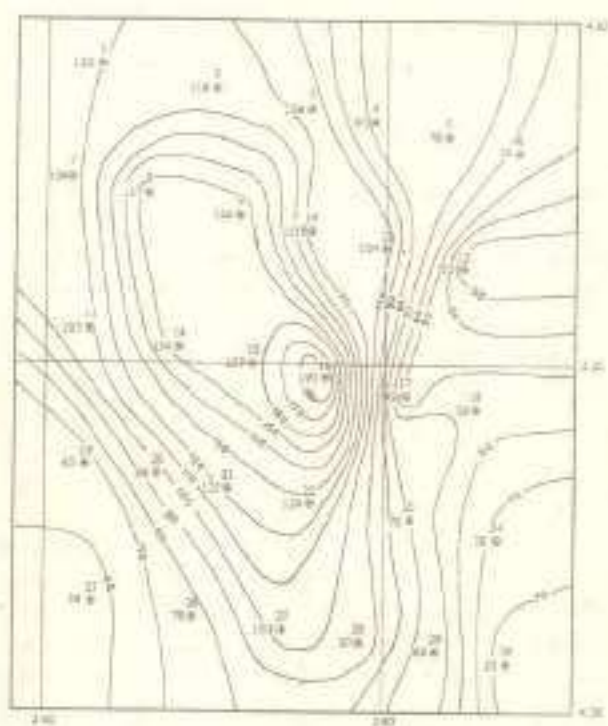
Разделение значений показателей M , C и V на планы изображено схематично (рис. 1.5). При построении графиков необходимо иметь на плане расчетные значения, значения значений показателей и методом линейного интерполирования провести кривые. Сечение титанной проволоки для слоя титана равна 1 мм , для слоя мощности слоев 1 мм , для слоя объемного содержания титана 10 мг / м^2 , для слоя вертикальных зазоров 100 мкм .

План для размещения значений показателей по расчетной линии (1.4)



Рис. 1.4

План разбивки зонной обводки сточных вод



Сечение участка 10 м сек

Рис. 1.8

В заключение по работе приводятся основные данные и размеры показаний рисунка на участке; дается рекомендация по использованию результатов съёмки для решения производственных вопросов.

2. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основании структурного и качественного анализа, представляющего комплексную ценность угольных месторождений, оценка: полезности угольных пластов, рельеф недр и границ пластов, топографическая широта пластов, мощность угля. Нарядом с тем показателем является оценка влияния при симметризации угольных месторождений.

2.1. Исходная геодезическая информация

Исходными материалами для симметризации участка угольного месторождения являются результаты геодезических работ:

- планы горизонтальных скважин (табл. 2.1);
- планы мощностей выщипывающей породы и угольных пластов по скважинам (табл. 2.2 - 2.6);

результаты отработки залежи угля по скважинам (табл. 2.7);

В результате геодезических работ вводятся поправки (табл. 2.8).

На первом этапе работы необходимо:

- с учетом индивидуальных поправок составить планы горизонтальных скважин;
- составить план разведки участка месторождения в масштабе 1:5000 (на плане показывается расположение скважин и рельеф местности);
- составить таблицы мощностей пород по скважинам (с учетом поправок);
- составить таблицы абсолютных отметок точек выщипывающей толщи (формулы - табл. 2.9);
- составить базу данных о мощности и полезности угольных пластов M_1 или M_2 по варианту (формулы - табл. 2.10).

Таблица 2.1

Планы горизонтальных разведочных скважин

| № | № скважины | Горизонтальный участок скважины, м | | | № | № скважины | Вертикальный участок скважины, м | | |
|----|------------|------------------------------------|-----|-----|----|------------|----------------------------------|-----|---|
| | | X | Y | Z | | | X | Y | Z |
| 1 | 11 | 111 | 112 | 113 | 11 | 111 | 112 | 113 | |
| 2 | 12 | 121 | 122 | 123 | 12 | 121 | 122 | 123 | |
| 3 | 13 | 131 | 132 | 133 | 13 | 131 | 132 | 133 | |
| 4 | 14 | 141 | 142 | 143 | 14 | 141 | 142 | 143 | |
| 5 | 15 | 151 | 152 | 153 | 15 | 151 | 152 | 153 | |
| 6 | 16 | 161 | 162 | 163 | 16 | 161 | 162 | 163 | |
| 7 | 17 | 171 | 172 | 173 | 17 | 171 | 172 | 173 | |
| 8 | 18 | 181 | 182 | 183 | 18 | 181 | 182 | 183 | |
| 9 | 19 | 191 | 192 | 193 | 19 | 191 | 192 | 193 | |
| 10 | 20 | 201 | 202 | 203 | 20 | 201 | 202 | 203 | |
| 11 | 21 | 211 | 212 | 213 | 21 | 211 | 212 | 213 | |
| 12 | 22 | 221 | 222 | 223 | 22 | 221 | 222 | 223 | |
| 13 | 23 | 231 | 232 | 233 | 23 | 231 | 232 | 233 | |
| 14 | 24 | 241 | 242 | 243 | 24 | 241 | 242 | 243 | |
| 15 | 25 | 251 | 252 | 253 | 25 | 251 | 252 | 253 | |
| 16 | 26 | 261 | 262 | 263 | 26 | 261 | 262 | 263 | |
| 17 | 27 | 271 | 272 | 273 | 27 | 271 | 272 | 273 | |
| 18 | 28 | 281 | 282 | 283 | 28 | 281 | 282 | 283 | |
| 19 | 29 | 291 | 292 | 293 | 29 | 291 | 292 | 293 | |
| 20 | 30 | 301 | 302 | 303 | 30 | 301 | 302 | 303 | |

Таблица 2.2

Мощность пород по скважинам (в метрах)

Разведочные скважины 17

| Породы | Скважины | | | | | | | |
|------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Песок | 11,0 | 12,8 | 11,2 | 10,0 | 10,8 | 11,0 | 11,2 | 11,4 |
| Глина | - | 1,5 | - | 20,1 | 19,2 | 19,0 | 19,2 | 19,4 |
| Сланец глинистый | - | 1,8 | 22,0 | 20,2 | 18,7 | 19,0 | 19,2 | 19,4 |
| Глина | - | - | 3,9 | 6,1 | 4,8 | 7,4 | 4,2 | 3,8 |
| Глинистый сланец | 14,0 | 17,2 | 10,0 | 9,1 | 16,2 | 12,8 | 8,1 | 14,0 |
| Песок | 1,1 | 6,2 | 6,1 | 8,7 | 6,2 | 4,8 | CM | 1,1 |
| Сланец глинистый | - | - | - | - | - | - | 1,2 | - |
| Глина | - | - | - | - | - | - | 1,1 | - |
| Глинистый сланец | - | - | - | - | - | - | 10,0 | - |
| Песок | - | - | - | - | - | - | 4,1 | - |
| Глина | 1,1 | 4,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | CM | 1,1 | - |
| Сланец глинистый | - | - | - | - | - | 1,1 | - | - |
| Глина | - | - | - | - | - | 1,1 | - | - |
| Песок | - | - | - | - | - | 1,1 | - | - |

Примечание: CM - порода выщипана симметрично.

Таблица 2.3

Минимум пород по селекциям (в метрах)

Разводочная линия 18

| Порода | Селекция | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| Наскис | 8,2 | 8,6 | 7,0 | 8,1 | 8,0 | 8,7 | 8,3 | 8,4 |
| Полчане | - | 1,8 | 23,8 | 29,0 | 20,9 | 18,8 | - | - |
| Самые различные | - | 14,0 | 18,0 | 22,0 | 19,0 | 21,1 | 24,0 | - |
| Утки | - | 4,3 | 7,5 | 7,9 | 8,1 | 4,3 | 3,8 | 2,8 |
| Глиняный камень | 22,0 | 22,0 | 28,0 | 19,0 | 16,1 | 1,4 | 14,1 | 11,1 |
| Утки | 8,1 | 7,9 | 7,9 | 1,2 | - | - | 4,2 | 3,3 |
| Полчане | - | - | - | 1,0 | - | - | - | - |
| | | | | CM | CM | CM | - | - |
| Глиняный камень | - | - | - | 7,0 | - | - | - | - |
| Утки | - | - | - | 6,2 | - | - | - | - |
| Самые различные | - | - | - | - | 1,1 | 14,0 | - | - |
| Утки | - | - | - | - | 1,9 | 6,7 | - | - |
| Глиняный камень | - | - | - | - | 22,1 | 23,0 | - | - |
| Утки | - | - | - | - | 6,2 | 5,7 | - | - |
| Полчане | 2,2 | 3,7 | 2,8 | 2,4 | 3,7 | 3,3 | 2,1 | 1,8 |

Таблица 2.4

Минимум пород по селекциям (в метрах)

Разводочная линия 19

| Порода | Селекция | | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Наскис | 7,0 | 7,8 | 6,7 | 6,3 | 6,3 | 6,0 | 6,7 | 6,8 | 6,8 |
| Полчане | - | 1,3 | 29,0 | 22,1 | 30,9 | 19,0 | - | - | - |
| Самые различные | - | 14,2 | 16,2 | 24,1 | 28,0 | 18,2 | 42,8 | 18,0 | - |
| Утки | - | 2,4 | 2,8 | 6,8 | 6,8 | 4,1 | 5,7 | 8,2 | - |
| Глиняный камень | 28,2 | 32,2 | 28,4 | 31,2 | 40,2 | 7,2 | 21,8 | 22,0 | 4,1 |
| | | | | | | CM | - | - | - |
| Самые различные | - | - | - | - | - | 13,0 | - | - | - |
| Утки | 1,8 | 5,2 | 8,5 | 7,9 | 5,7 | 8,3 | 4,8 | 3,7 | 5,2 |
| Глиняный камень | - | - | - | - | - | 24,7 | - | - | - |
| Утки | - | - | - | - | - | 1,2 | - | - | - |
| Полчане | 1,1 | 1,3 | 4,1 | 10,6 | 2,7 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 2,8 |
| | | | | CM | - | - | - | - | - |
| Глиняный камень | - | - | - | 4,2 | - | - | - | - | - |
| Утки | - | - | - | 2,7 | - | - | - | - | - |
| Полчане | - | - | - | 7,8 | - | - | - | - | - |

Таблица 2.5

Минимум пород по селекциям (в метрах)

Разводочная линия 20

| Порода | Селекция | | | | | | |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|
| | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 |
| Наскис | 8,0 | 6,1 | 7,0 | 7,5 | 5,3 | 5,8 | 7,1 |
| Полчане | - | - | 11,9 | 12,1 | 7,1 | - | - |
| Самые различные | - | 14,0 | 11,0 | 10,2 | 10,2 | 10,0 | - |
| Утки | - | 8,2 | 8,7 | 1,4 | 8,0 | 2,4 | - |
| Глиняный камень | 22,2 | 22,0 | 17,1 | 3,0 | 18,0 | 21,0 | 18,2 |
| Утки | 4,8 | 5,8 | 5,4 | - | 3,8 | 4,9 | 4,2 |
| Полчане | - | - | 6,8 | - | - | - | - |
| | | | CM | CM | - | - | - |
| Глиняный камень | - | - | 3,8 | - | - | - | - |
| Утки | - | - | 4,1 | - | - | - | - |
| Самые различные | - | - | - | 10,8 | - | - | - |
| Утки | - | - | - | 3,1 | - | - | - |
| Глиняный камень | - | - | - | 19,0 | - | - | - |
| Утки | - | - | - | 6,2 | - | - | - |
| Полчане | 3,1 | 3,7 | 3,7 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,1 |

Таблица 2.6

Минимум пород по селекциям (в метрах)

Разводочная линия 21

| Порода | Селекция | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | |
| Наскис | 6,0 | 6,8 | 7,4 | 7,2 | 6,8 | 6,0 | 6,0 | |
| Полчане | - | 1,4 | 9,6 | 3,2 | - | - | 10,2 | |
| Самые различные | 4,2 | 14,1 | 14,1 | 14,1 | 20,2 | 16,0 | - | |
| Утки | 2,9 | 4,2 | 6,4 | 3,8 | 4,1 | 4,1 | - | |
| Глиняный камень | 22,1 | 20,8 | 16,0 | 4,2 | 22,1 | 21,8 | 23,0 | |
| | | | | CM | - | - | - | |
| Самые различные | - | - | - | 11,2 | - | - | - | |
| Утки | 6,6 | 8,5 | 4,1 | 5,8 | 5,7 | 3,8 | 6,4 | |
| Полчане | - | - | 2,8 | - | - | - | - | |
| | | | CM | - | - | - | - | |
| Глиняный камень | - | - | 12,1 | 20,1 | - | - | - | |
| Утки | - | - | 3,2 | 2,8 | - | - | - | |
| Полчане | 3,7 | 4,2 | 2,7 | 6,8 | 3,8 | 6,7 | 1,8 | |

Таблица 2.7

Результаты пробования качества угля

| УИ | Запасная группа | | Полученная группа | | ГП | Запасная группа | | Полученная группа | |
|----|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| | Модуль | Запасная группа, А, % | № пробы | Запасная группа, А, % | | № пробы | Запасная группа, А, % | № пробы | Запасная группа, А, % |
| | ИЛМАТ (серый) | | | | | ИЛАСТ (темный) | | | |
| 17 | 21 | 24,7 | 30 | 22,9 | 17 | 24 | 24,7 | 29 | 24,4 |
| | 26 | 25,5 | 31 | 22,7 | | 25 | 26,3 | 30 | 23,7 |
| | 27 | 26,2 | - | - | | 26 | 26,2 | 31 | 23,9 |
| | 28 | 24,3 | - | - | | 27 | 25,3 | - | - |
| | 29 | 23,7 | - | - | | 28 | 24,3 | - | - |
| | 30 | 23,2 | - | - | | 29 | 23,3 | - | - |
| 18 | 34 | 24,2 | 37 | 23,6 | 18 | 33 | 25,4 | 36 | 25,3 |
| | 35 | 24,4 | 38 | 24,7 | | 34 | 27,3 | 37 | 25,5 |
| | 36 | 24,7 | 39 | 24,6 | | 35 | 25,8 | 38 | 24,8 |
| | 37 | 23,3 | 40 | 24,3 | | 36 | 25,6 | 39 | 23,7 |
| | 38 | 23,4 | - | - | | - | - | 40 | 23,9 |
| 19 | 41 | 23,3 | 47 | 23,9 | 19 | 42 | 26,7 | 45 | 26,1 |
| | 44 | 23,8 | 48 | 23,6 | | 43 | 28,2 | 46 | 27,2 |
| | 45 | 24,3 | 49 | 26,1 | | 44 | 27,7 | 47 | 25,6 |
| | 46 | 24,7 | - | - | | 45 | 27,3 | 48 | 26,3 |
| | 47 | 24,2 | - | - | | - | - | 49 | 27,4 |
| | - | - | - | - | | - | - | 50 | 26,2 |
| 20 | 52 | 26,3 | 54 | 27,8 | 20 | 53 | 28,3 | 55 | 28,4 |
| | 56 | 26,3 | 55 | 27,2 | | 52 | 28,7 | 54 | 26,2 |
| | 58 | 27,4 | 56 | 26,7 | | 53 | 28,1 | 55 | 26,3 |
| | - | - | 57 | 27,5 | | - | - | 56 | 26,8 |
| | - | - | - | - | | - | - | 57 | 26,4 |
| 21 | 59 | 28,2 | 61 | 26,1 | 21 | 58 | 28,2 | 60 | 28,2 |
| | 64 | 28,4 | 62 | 28,4 | | 59 | 30,3 | 61 | 28,3 |
| | 66 | 26,3 | 63 | 28,6 | | 60 | 31,2 | 62 | 28,4 |
| | 67 | 28,2 | 64 | 28,1 | | - | - | 63 | 28,4 |
| | - | - | 65 | 28,9 | | - | - | 64 | 28,9 |

Таблица 2.8

Поправки в исходные данные расчета

| М/В | Г | А | Ф | | | М | К | О | В |
|-----|---|-----|---------|-----|-----|----------|---------|------|-------|
| | | | ΔX | ΔY | ΔZ | | | | |
| г/г | г | г | г | г | г | г | г | г | |
| | | | М | М | г | М | М | г | г |
| | | | Минимум | | | Максимум | | | |
| | | | ΔМ, г | | | ΔМ, г | | | Δ%, % |
| 1 | A | 220 | 110 | 22 | -2 | -0,1 | 1 (1,1) | -0,2 | |
| 2 | B | 310 | 300 | 11 | -10 | -2,0 | 1 (2,1) | -2,4 | |
| 3 | B | 31 | 300 | 111 | -4 | -0,3 | 1 (1,1) | -0,3 | |
| 4 | C | 120 | 120 | 71 | -11 | -2,2 | 2 (2,1) | -4,3 | |
| 5 | D | 410 | 400 | 122 | -1 | -0,6 | 1 (1,1) | -1,0 | |
| 6 | E | 50 | 520 | 142 | -4 | -0,8 | 1 (1,1) | -0,8 | |
| 7 | E | 230 | 120 | 217 | -21 | -1,2 | 2 (3,1) | -1,4 | |
| 8 | K | 120 | 110 | 81 | -4 | -0,2 | 1 (1,1) | -0,2 | |
| 9 | L | 110 | 120 | 147 | -21 | -0,7 | 1 (1,1) | -0,7 | |
| 10 | H | 420 | 120 | 122 | -2 | -1,4 | 1 (1,1) | -0,4 | |
| 11 | H | 610 | 100 | 122 | -3 | -1,0 | 2 (2,1) | -1,1 | |
| 12 | H | 290 | 100 | 118 | -10 | -1,2 | 2 (1,1) | -1,2 | |
| 13 | H | 140 | 140 | 81 | -10 | -0,7 | 1 (1,1) | -0,7 | |
| 14 | H | 130 | 120 | 211 | -1 | -1,0 | 1 (2,1) | -1,0 | |
| 15 | H | 280 | 400 | 147 | -14 | -1,3 | 2 (2,1) | -1,3 | |
| 16 | O | 440 | 100 | 118 | -10 | -1,0 | 1 (1,1) | -0,6 | |
| 17 | H | 220 | 120 | 107 | -4 | -0,1 | 1 (1,1) | -0,3 | |
| 18 | F | 110 | 140 | 31 | -11 | -0,8 | 1 (1,1) | -0,5 | |
| 19 | C | 160 | 110 | 112 | -11 | -1,0 | 2 (2,1) | -1,0 | |
| 20 | C | 240 | 100 | 71 | -10 | -0,7 | 2 (1,1) | -0,8 | |
| 21 | F | 270 | 470 | 142 | -17 | -1,2 | 1 (1,1) | -0,1 | |
| 22 | F | 320 | 100 | 242 | -15 | -0,8 | 1 (1,1) | -0,9 | |
| 23 | K | 120 | 100 | 67 | -20 | -0,4 | 2 (1,1) | -0,2 | |
| 24 | L | 430 | 430 | 146 | -12 | -0,2 | 1 (1,1) | -0,8 | |
| 25 | H | 330 | 400 | 31 | -20 | -1,6 | 1 (1,1) | -0,7 | |
| 26 | H | 120 | 400 | 114 | -22 | -0,8 | 1 (1,1) | -1,1 | |
| 27 | H | 240 | 120 | 192 | -17 | -0,9 | 2 (1,1) | -0,4 | |
| 28 | K | 120 | 400 | 81 | -13 | -0,7 | 1 (1,1) | -0,4 | |
| 29 | K | 480 | 480 | 148 | -14 | -0,5 | 1 (1,1) | -1,2 | |
| 30 | K | 280 | 300 | 41 | -15 | -1,2 | 1 (1,1) | -0,1 | |

Примечания: 1) Ф, К, О - начальные буквы соответствующих фамилий
лиц, отсюда 2) Обозначения в колонке "В" графа "Г" - верхний лист угля, 3 -
нижний лист угля, К - первая плита, П - вторая плита

Максимум, минимум П.С. Если имеет поправку: Δx = +10м, Δy = +120м, Δz =
+120м, ΔM₁ = -7м, ΔM₂ = +0,5м, ΔA₁ = +0,8%. При составлении ведомости в
таблице исключены данные пробования качества №2 (ожижено) и серия
симметричный график рельефа или кровля

Таблица 2.9

Абсолютные отметки поверхности (кряжи исл. почвы)
(плоты (№1 или №2))

| Разведочная линия 17 | | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| №В скважин | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| Отметка, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Разведочная линия 18 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 32 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | |
| Отметка, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Разведочная линия 19 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Отметка, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Разведочная линия 20 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | | |
| Отметка, м | - | + | + | + | + | + | + | | |
| Разведочная линия 21 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | |
| Отметка, м | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Примечания:

1. Абсолютные отметки поверхности плоты определяются путем вычитания из отметки устья скважины значений всех вышележащих пород.

2. В скважинах, расположенных в зоне смещения, отметка дана отсюда от верхней поверхности (то западного и восточного крыльев нарушения плоты).

Таблица 2.10

Плоты исл. устья скважины (№1 или №2)

| Разведочная линия 17 | | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| №В скважин | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| Мощность, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Зачистка, % | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Разведочная линия 18 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 32 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | |
| Мощность, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Зачистка, % | - | + | + | + | + | + | + | + | + |

Продолжение табл. 2.10

| Разведочная линия 19 | | | | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| №В скважин | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Мощность, м | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Зачистка, % | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Разведочная линия 20 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | | |
| Мощность, м | - | + | + | + | + | + | + | | |
| Зачистка, % | - | + | + | + | + | + | + | | |
| Разведочная линия 21 | | | | | | | | | |
| №В скважин | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | |
| Мощность, м | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Зачистка, % | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Примечание: В скважинах, расположенных в зоне смещения, отметка дана отсюда от верхней поверхности (то западного и восточного крыльев нарушения плоты).

2.2. Обработка и анализ геолого-маршейерской информации

Обработка данных геологических работ проводится статистическим методом.

В работе необходимо установить вероятностное распределение значений отметки плоты: M и толщину устья A , оценить границы явления и значимость признаков M и A . При обработке используются данные отклонения отного плоты (№1 или №2 по варианту).

Анализ вероятностного распределения и статистические характеристики значений отметки плоты проводится по методике, изложенной в п.п. 1.2.1 и 1.2.2.

2.3. Построение геологических профилей

В качестве графических материалов, характеризующих условия изостроения, выделены:

1. Система геологических разрезов
2. Геометрические графики горизонтальной угловой шашки
3. Планы размещения зонной мощности пластов
4. Планы размещения зонной мощности угля

В работе необходимо построить геологические разрезы по каждой разведочной линии; построить геометрический план брони для точки шашки и пластов (по варианту); построить план размещения брони по пластам (по варианту); построить план изоэлектрической для одного из пластов (по варианту).

Геологические разрезы по разведочным линиям строятся в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:2000. Разрезы должны иметь высоту основы, равную в плане по координатам X и Y, ориентировку по направлению. Построение разрезов производится последовательным откладыванием от точки скважины вышестоящих пород, подчиненных складчатости (с выделением по варианту опираемых). На геологических разрезах показываются условия пласта, выщипывание пород и тектонические нарушения (смещение) (рис. 2.1).

При построении геометрического графика поверхности брони (толщ) пласта на плане выносятся разведочные скважины и точки их заложения, абсолютные отметки поверхности. С геологических разрезов на график переносятся точки заложения пласта под шашкой и точки встречи заданной поверхности со смещением. Последовательным соединением соответствующих точек строится линия заложения пласта под шашкой в линии разведочных скважин и восточной границей пласта со смещением, представляющим для участка. На абсолютные отметки поверхности, подчиненным условиям, методом выщипывания строятся участки поверхности. В этих случаях

Геологический разрез по разведочной линии 10

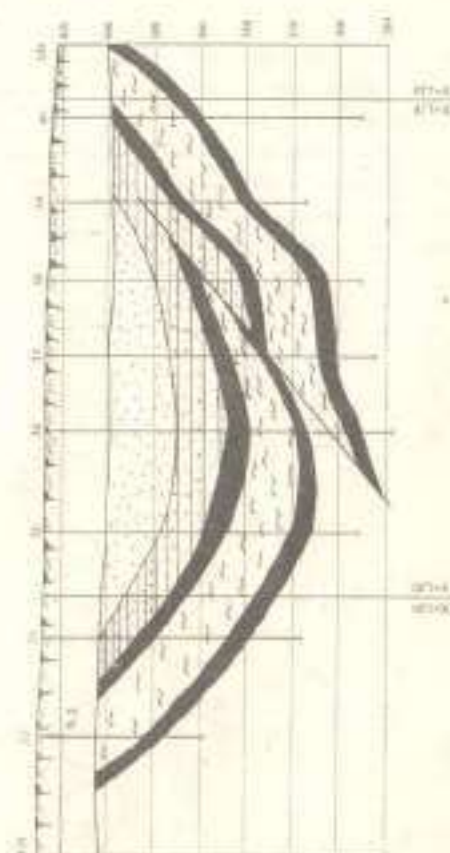


Рис. 2.1

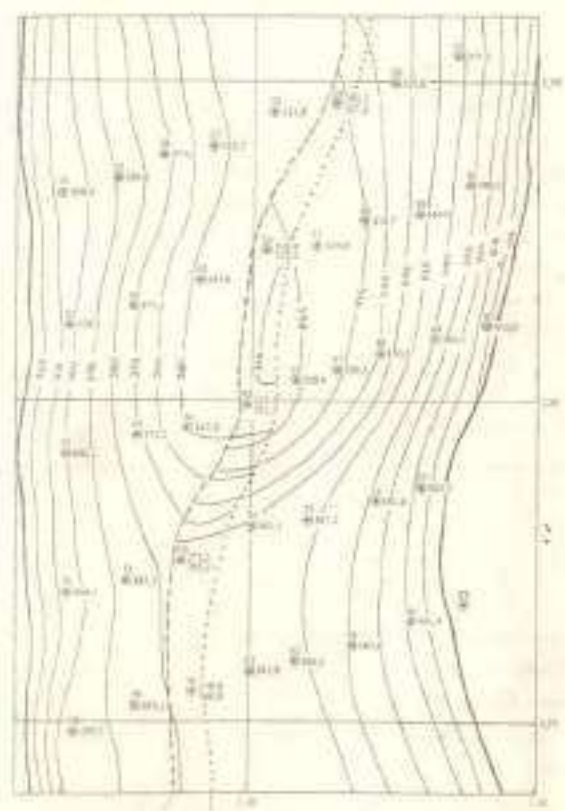
дромостой, наименее подвижной грунтовой. Основное задание - 10 м (рис. 22).

Планы выработки в направлении угла склонею ската кровли выделены поперечным σ -резу. Сечение поперечной выработки - (м, горизонтальная высота устья - 1 %).

По результатам гнбарования дается краткое заключение, в котором оцениваются выделенные мероприятия в разрезе породных структур и в зависимости показаний исторических на участке в плане разведочном по проекционной дилекции получены материалы.



Гидрометрический график выработки кровли угольного пласта



Сечение выработки 10 м
Рис. 22

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА РОССЫПНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА | 4 |
| 1.1 Исходная геолого-маркшейдерская информация..... | 4 |
| 1.2 Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации | 8 |
| 1.2.1. Вероятностное распределение значений показателей..... | 9 |
| 1.2.2. Статистическое оценивание значений показателей..... | 12 |
| 1.2.3 Анализ взаимосвязей между показателями..... | 13 |
| 1.3. Построение горно-геометрических графиков..... | 16 |
| 2. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УЧАСТКА УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... | 20 |
| 2.1. Исходная геолого-маркшейдерская информация..... | 20 |
| 2.2. Обработка и анализ геолого-маркшейдерской информации..... | 27 |
| 2.3. Построение горно-геометрических графиков..... | 28 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А.Упоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**Б1.В.ДВ.04.01 ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2020

Автор: Лаптев Ю.В., профессор, д.т.н.

Одобен на заседании кафедры

Маркшейдерского дела

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Жабко А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 15 от 10.03.2020 г.

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 4 от 20.03.2020 г.

(Дата)

Екатеринбург-2020

Геометризация месторождений полезных ископаемых: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Ю.В. Лаптев; Уральский государственный горный университет, кафедра Маркшейдерского дела. - Екатеринбург: 2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы дисциплины в соответствии с учебным пособием [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специальности «Горное дело» специализации Маркшейдерское дело».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела «09» апреля 2019 г., протокол № 19

© Лаптев Ю.В.

© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 5 |
| 2. Повторение материала лекций. | 5 |
| 3. Самостоятельное изучение тем курса. | 6 |
| 4. Подготовка к практическим занятиям | 7 |
| 5. Подготовка к экзамену | 11 |

Введение

Самостоятельная работа обучающегося является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки обучающегося составляет 172 часов или 8 зачетных единиц. Из них 53 часов (очное обучение) и 119 часов (заочное обучение) отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Геометризация месторождений полезных ископаемых» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины: повторение материала лекций, самостоятельное изучение тем курса, подготовка к практическим занятиям, подготовка к зачету и экзамену, подготовка к опросу, подготовка к выполнению и оформление курсовой работы.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Геометризация месторождений полезных ископаемых». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой тестовых вопросов на зачет и экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебном пособии по курсу [1]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре маркшейдерского дела имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
 2. По учебному пособию [1] освоите каждый структурный элемент темы.
 3. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
 4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
 5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.
 6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
 7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу
- При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Обучающийся должен пользоваться своим конспектом лекций для усвоения пройденного материала.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КУРСА

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические

зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

4. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Назовите предмет и задачи геометризации СПИ.
2. Что связывает предмет геометрии недр и геометризации МПИ?
3. В чем состоит отличие геометрии недр от геометризации МПИ?
4. Какие модели составляют в зависимости от объекта геометризации недр?
5. Какие показатели являются объектом геометризации недр?
6. Месторождения каких полезных ископаемых являются объектами геометризации?
7. Назовите отечественных ученых, проводивших исследовательские работы по геометризации месторождений полезных ископаемых.
8. Какие физико-математические методы применяются для геометризации месторождений?

Тема 2: Связь «Геометризации МПИ» с горными и геологическими науками

1. Какова информационная схема потоков на предварительной стадии геометризации МПИ?
2. Какова задача горного производства?
3. Основные задачи маркшейдерии и геометрии недр при разработке месторождений полезных ископаемых.
4. Подсчет и управление запасами при отработке месторождения.
5. Каковы задачи маркшейдерских и геологических съемок при геометризации МПИ?
6. Какие задачи геометризации МПИ решаются при помощи математической модели месторождения?
7. Для решения каких вопросов служит математическая модель месторождения?
8. Какие вопросы горного производства решаются с помощью геометризации МПИ?
9. Что входит в задачи горно-геометрического анализа?
10. Какими методами производится обработка горно-геометрических графиков?

Тема 3: Морфология месторождений полезных ископаемых

1. Назовите основные морфологические элементы залежей полезных ископаемых.
2. Что понимается под поверхностью залежи?
3. Что такое линия выклинивания?
4. Как определяется линия выклинивания залежи?
5. Что понимается под мощностью залежи?
6. Что такое срединная поверхность, ось и центр залежи?
7. Какие формы залежи Вы можете назвать?
8. Укажите длину, ширину и показатель вытянутости тела полезного ископаемого.
9. Назовите элементы залегания рудных тел.
10. Что такое простирание залежи?
11. Как определяется азимут простирания?
12. Определите угол падения залежи.
13. Какая бывает форма залежей?
14. Определите показатель сложности контура залежи.
15. Типовое строение залежей полезных ископаемых.
16. Анизотропия геологической структуры полезного ископаемого.

Тема 4: Методы изучения залежей МПИ

1. Какие виды геологоразведки производятся при открытых и подземных горных работах?
2. Какие цели и задачи у доразведки обрабатываемого месторождения?
3. Задачи и особенности эксплуатационной разведки.
4. Геологическая документация и опробование при эксплуатации.
5. Задачи детальной разведки обрабатываемого месторождения.
6. Геофизические методы исследования на горных предприятиях.
7. Геофизические методы исследования скважин (каротаж).
8. Основные виды каротажа скважин.
9. Методы подземной геофизики.
10. Инженерно-геологические исследования на горных предприятиях.
11. Гидрологические исследования на горных предприятиях.
12. Ядерно-физические методы изучения горного массива.

13. Электрометрические методы исследования массива горных пород.
14. Гравиметрические методы изучения массива горных пород.
15. Магнитометрические методы исследований горного массива.

Тема 5: Оценка изменчивости и изученности МПИ

1. Что понимают под свойством недр?
2. Какой тип изменчивости свойств является функциональным?
3. Какая изменчивость характеризует статистически независимые свойства?
4. Какая изменчивость свойств недр является наблюдаемой?
5. Назовите координируемую изменчивость свойств недр.
6. Приведите пример изменчивости кусочно-непрерывного размещения.
7. Приведите изменчивость дискретного размещения.
8. Какая составляющая изменчивости является случайной?
9. Какая составляющая изменчивости является коррелированной?
10. Назовите существующие показатели изменчивости.
11. Назовите типы реальной наблюдаемой изменчивости.
12. В чем заключается влияние решетчатости распределения результатов наблюдений и неравномерности интервала?
13. Что такое «белый шум»?
14. Что такое показатель устойчивости изменчивости?
15. Как соотносятся понятия «изменчивость» и «изученность»?
16. В чем состоят принципы информационной оценки изученности месторождения?
17. В чем состоит информационное различие детальной и эксплуатационной разведок?
18. Назовите факторы, определяющие геолого-структурную модель месторождения и методы их инженерно-геологической оценки.

Тема 6: Геометризация месторождений твердых полезных ископаемых

1. Назовите геометрические элементы залегания тел полезных ископаемых.
2. Назовите элементы залегания поверхности геологического контакта залежи с вмещающими породами.
3. В чем заключается съемка и документирование буровой скважины?
4. Как производится геометризация формы и условий залегания месторождения?
5. Как производится построение геологических разрезов?
6. Как производится построение гипсометрических планов?
7. Мощность залежи и ее виды, построение изомощностей.
8. Определите глубину залегания и постройте изоглубину.
9. В чем заключается прогнозирование морфологических показателей угольных пластов?
10. Методы измерения и опробования качественных показателей залежи.
11. Способы расположения точек отбора порций товарной пробы из вагонов.
12. Какие способы отбора проб в горных выработках?
13. Геолого-маркшейдерская документация при опробовании.
14. Методика обработки данных опробования качественных показателей полезного ископаемого.
15. Методы построения изолиний качественных свойств полезного ископаемого.

16. Районирование месторождений твердых полезных ископаемых по сортовому составу.
17. Прогнозирование разрывных нарушений на угольных месторождениях по данным его геометризации.
18. Как производится выявление закономерностей в изменчивости качественных свойств и мощности рудных тел, а также угольных пластов?
19. Геометризация месторождения химического сырья (на примере фосфоритовой залежи).
20. Горно-геометрический анализ Боскунчакского месторождения поваренной соли.

Тема 7: Геометризация нефтяных и газовых месторождений

1. Какую роль выполняют «коллекторы» в составлении нефтяных и газовых пластов?
2. Как производится геометризация залежей нефти и газа на основе объединения коллекторов-ловушек?
3. Как провести подсчет запасов нефти и газа на основе оптимальных значений нефтеотдачи «коллекторов-ловушек».
4. Производство расчетов коэффициента продуктивности на основе произведения эффективной нефтенасыщенной мощности пласта h на коэффициент, учитывающий емкостно-фильтрационную характеристику пласта $\alpha_{сп} P^{h\alpha} = h \alpha_{сп}/$
5. Критическая величина $P^{h\alpha}$ характеризует искомую границу кондиций пласта. Найти эту величину для разных $h \alpha_{сп}$.
6. Как производится оценка изменчивости свойств нефтяных залежей?
7. Как определить высотное положение водонефтяного контакта и оценить его точность?
8. Определите условие горизонтальности положения поверхности водонефтяного контакта.
9. Определите оценку значимости параметров негоризонтального водонефтяного контакта.
10. В чем заключается графоаналитический способ построения водонефтяного контакта на карте?
11. Как производится оценка точности площади нефтеносности?
12. Как определяется ошибка коэффициента нефтеотдачи?
13. Назовите показатели, характеризующие особенности геологического строения залежей нефти?
14. Как производится выбор аналога разведываемой залежи на основе составления значений геологических показателей?
15. Принцип и методика определения оптимальной изученности нефтяного месторождения.
16. Каковы требования к степени изученности залежи и месторождения?
17. Определение оптимальной степени изученности залежей и месторождений в процессе их разведки.

Тема 8: Геометризация показателей трещиноватости и устойчивости массива

1. Что такое трещиноватость?
2. Каковы показатели и параметры трещиноватости?
3. Как определяются горно-геометрические типы трещиноватости осадочных пород?

4. Каковы геотектонические условия образования трещиноватости?
5. В чем заключаются закономерности проявления трещиноватости?
6. Прокомментируйте и объясните генетическую классификацию трещиноватости осадочных пород.
7. Как выполняется методика изучения трещиноватости?
8. Как проводится изучение трещиноватости в горных выработках?
9. Как выполняется изучение трещиноватости по результатам разведочного бурения?
10. Как производится прогнозирование трещиноватости?
11. Назовите факторы устойчивости откосов отвалов и бортов карьеров.
12. Объясните смысл коэффициента устойчивости откоса как показателя районирования.
13. В чем состоит учет влияния на устойчивость откосов поверхностей ослабления?
14. В чем заключается балльная система оценки устойчивости карьерных откосов?
15. В чем заключается районирование по условиям шарашечного бурения взрывных скважин?
16. Как производится районирование по трудности взрывания пород?
17. Как производится районирование по трудности экскавации пород?
18. Как производится построение прогнозных карт районирования технологических условий?

Тема 9: Геометризация процессов технологии горного производства

1. Назовите технологические процессы горного производства в карьере.
2. Укажите технологическую последовательность формирования рудных складов и отвалов пустых пород.
3. Назовите типы автотранспорта, поставляющего руду и вскрытые породы на склады и отвалы горного предприятия.
4. Какова высота отвалов и складов на горном предприятии?
5. Опишите технологию отвалообразования на горных предприятиях?
6. В чем состоит закономерность формирования внутренней структуры отвальных тел?
7. Какие геометрические зоны стоит выделить во внутренней и внешней структуре насыпного объема отвальных тел?
8. Опишите геометрические закономерности процесса сегрегации сыпучей горной массы при ее отсыпке на горизонтальное и наклонное основание отвальных тел.
9. Как изменяется коэффициент разрыхления в сечении и укладки отвальных тел?
10. Какие технологические операции для рациональной отгрузки насыпных тел Вы могли бы предложить?

5. ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные задачи маркшейдерии и геометрии недр при разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Каковы задачи маркшейдерских и геологических съемок при геометризации МПИ?

3. Какие вопросы горного производства решаются с помощью геометризации МПИ?
4. Что входит в задачи горно-геометрического анализа?
5. Какими методами производится обработка горно-геометрических графиков?
6. Что понимается под поверхностью залежи?
7. Что понимается под мощностью залежи?
8. Что такое простирание залежи?
9. Как определяется азимут простирания?
10. Какая бывает форма залежей?
11. Задачи и особенности эксплуатационной разведки.
12. Задачи детальной разведки отрабатываемого месторождения.
13. Основные виды каротажа скважин.
14. Ядерно-физические методы изучения горного массива.
15. Магнитометрические методы исследований горного массива.
16. Что понимают под свойством недр?
17. Какой тип изменчивости свойств является функциональным?
18. Приведите пример изменчивости кусочно-непрерывного размещения.
19. Назовите существующие показатели изменчивости.
20. Назовите существующие показатели изменчивости.
21. Что такое «белый шум»?
22. Назовите геометрические элементы залегания тел полезных ископаемых.
23. Мощность залежи и ее виды, построение изомощностей.
24. Методы измерения и опробования качественных показателей залежи.
25. Какие способы отбора проб в горных выработках?
26. Геолого-маркшейдерская документация при опробовании.
27. Методы построения изолиний качественных свойств полезного ископаемого.
28. Какую роль выполняют «коллекторы» в составлении нефтяных и газовых пластов?
29. Как производится оценка изменчивости свойств нефтяных залежей?
30. Назовите показатели, характеризующие особенности геологического строения залежей нефти?
31. Что такое трещиноватость?
32. Как проводится изучение трещиноватости в горных выработках?
33. Назовите факторы устойчивости откосов отвалов и бортов карьеров.
34. В чем состоит учет влияния на устойчивость откосов поверхностей ослабления?
35. Как производится районирование по трудности взрывания пород?
36. Укажите технологическую последовательность формирования рудных складов и отвалов пустых пород.
37. Опишите технологию отвалообразования на горных предприятиях?
38. В чем состоит закономерность формирования внутренней структуры отвальных тел?
39. Какие геометрические зоны стоит выделить во внутренней и внешней структуре насыпного объема отвальных тел?
40. Опишите геометрические закономерности процесса сегрегации сыпучей горной массы при ее отсыпке на горизонтальное и наклонное основание отвальных тел.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Букринский В.А., Геометризация недр. Практический курс: Учеб. пособие. – 2004. –333 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Шмонин А. Б.

**УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.1
(ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ)**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по учебно-методическому комплексу

_____ доц. С. А. Упоров

«__» _____ 2019 г.

**УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.1
(ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ)**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»*

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург - 2019

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая): Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №4 «маркшейдерское дело» / А. Б. Шмонин; Уральский государственный горный университет, кафедра маркшейдерского дела. - Екатеринбург:2019. – 13 с.

Материал пособия охватывает все разделы учебной практики в соответствии с методическими указаниями [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов специализации «Маркшейдерское дело» направления подготовки «Горное дело» по курсу «Геодезия».

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры маркшейдерского дела « ___ » _____ 2019 г., протокол № _____

© Шмонин А.Б.
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|---|--|----|
| | Введение | |
| 1 | Методические указания к организации самостоятельной работы студента | 5 |
| 2 | Содержание разделов учебной практики.
Контрольные вопросы и упражнения. | 6 |
| 3 | Методические указания к составлению отчета по практике | 13 |
| | Рекомендуемая литература | 25 |

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)» составляет 108 часа или 3 зачетных единиц. Из них 36 часов отводится на самостоятельную работу обучающихся.

По курсу «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным разделам учебной практики, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление и защита отчёта о практических работах; подготовка к тестированию; подготовка к зачёту.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 (геодезическая)». Она содержит названия разделов учебной практики с указанием основных вопросов по каждому разделу. Каждый раздел является основой вопросов на зачёт. При проведении учебной практики преподаватель указывает те вопросы, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждому разделу учебной геодезической практики содержится в Методических указаниях [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам учебной геодезической практики в данном учебно-методическом пособии. приведены контрольные вопросы образцы тестовых заданий.

При освоении, указанных ниже разделов, рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой раздела.

2. По методическим указаниям [1] освоите каждый структурный элемент раздела. Во всех разделах указаны страницы методических указаний содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными разделами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых по результатам выполнения практических полевых работ, и в том порядке, в котором следуют разделы по учебной практике.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Раздел 1. Подготовительный (организационный) этап практики

Подготовительные работы, инструктаж по технике безопасности, организационные вопросы, формирования бригад, поверки приборов

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные поверки теодолита 2Т30П.
2. Назовите основные поверки нивелира Н-3.
3. Назовите участников процесса измерений?
4. Какие обязанности выполняет бригадир в бригаде?
5. Какие правила безопасности должны выполнять практиканты в период учебной практики на полевых и камеральных работах?

Раздел 2. Создание плано-высотного съемочного обоснования

Рекогносцировка местности, закрепление пунктов геодезического съемочного обоснования. Измерение горизонтальных и вертикальных углов на пунктах теодолитного хода, измерение длин сторон хода. Привязка теодолитного хода к опорным пунктам геодезической сети. Камеральные работы: вычисление координат и высот пунктов теодолитного хода.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Сущность создания съёмочного обоснования?
2. Виды теодолитных ходов.
3. Что такое «привязка» теодолитного хода к пунктам опорной сети?
4. Как закрепляются пункты съёмочной геодезической сети?
5. Что такое теодолитный ход?
6. Перечислите виды геодезических засечек.
7. Чем отличаются полевые и камеральные работы.
8. Опишите технологию проложения теодолитного хода.
9. Опишите технологию выполнения прямой угловой засечки.
10. Последовательность вычисления горизонтальных проложений сторон теодолитного хода, превышений и высотных отметок точек теодолитного хода
12. Последовательность вычисления координат точек теодолитного хода.
13. Какова методика измерения превышения нивелиром Н-3 на станции

Задания для тестирования:

1. Найти коллимационную ошибку теодолита, если отсчеты по его горизонтальному кругу, при визировании на одну точку, равны $KЛ=0^{\circ}06'$ и $КП=180^{\circ}08'$

1. $0^{\circ} 02'$
2. $0^{\circ} 07'$
3. $-0^{\circ} 01'$
4. $0^{\circ} 01'$

2. Чтобы исключить грубые ошибки при измерении стороны теодолитного хода мерной лентой необходимо: использовать:

- A. измерить сторону шагами
- B. измерить лентой дважды и сравнить результаты
- C. измерить светодальномером
- D. более точный мерный прибор

3. Для графического интерполирования высотных отметок при построении горизонталей на топографических планах применяется:

- A. курвиметр
- B. планиметр
- C. транспортир
- D. линейная палетка

4. Вычислить горизонтальное проложение d между точками А и В, если приращения координат между ними равны: $\Delta Y=30$ м и $\Delta X=40$ м

- A. 50 м
- B. 10 м
- C. 70 м
- D. 60 м

5. Найти гол наклона, если отсчёт по вертикальному кругу теодолита равен $KЛ= 3^{\circ}06'$ и место нуля $МО= -0^{\circ}02'$.

- A. $3^{\circ} 04'$
- B. $3^{\circ} 08'$
- C. $1^{\circ} 06'$
- D. $5^{\circ} 06'$

6. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось У совпадает с:

- A. географическим меридианом точки
- B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
- C. линией перемены дат
- D. линией экватора

7. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось X совпадает с:

- A. географическим меридианом точки
- B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
- C. магнитным меридианом точки
- D. линией экватора

8. Сумма исправленных приращений координат в замкнутом теодолитном ходе равна:

- A. линейной невязке
- B. нулю
- C. разности координат исходных пунктов
- D. разности превышений

9. Теодолитный ход состоит из 9 точек на которых измерены 9 горизонтальных углов. Найти предельную допустимую угловую невязку.

- A. $9'$
- B. $1'$
- C. 4.5
- D. $3'$

Раздел 3. Тахеометрическая съемка

Угловые измерения. Теодолит, его устройство. Поверки теодолита. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Линейные измерения. Измерение линий нитяным дальномером, мерной лентой. Принцип измерения расстояний светодальномерами. Классификация ошибок. Средние квадратические ошибки. Относительные ошибки. Невязки. Математическая обработка ряда равноточных независимых измерений одной и той же величины. Математическая обработка ряда неравноточных независимых измерений одной и той же величины. Поправки, вводимые в измеренные расстояния. Измерения неприступных расстояний. Измерение превышений. Методы определения превышений: геометрическое, тригонометрическое и др. нивелирования. Нивелир, его устройство и поверки. Нивелирные рейки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите технологию тахеометрической съёмки.
2. Какие допуски на точность измерения углов теодолитом 2Т30 устанавливает Инструкция при тахеометрической съёмке?
3. С какой точностью измеряется высота прибора при тахеометрической съёмке?
4. Перечислите поверки теодолита 2Т30?
5. Какова точность центрирования прибора при тахеометрической съёмке?
6. Как учитывается место нуля теодолита при тахеометрической съёмке?

7. Что такое «место нуля» у теодолита и как оно вычисляется?
8. Какая последовательность операций при приведении теодолита в рабочее положение перед измерениями?

Задания для тестирования:

1. Геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов называется:

- A. нивелир
- B. теодолит
- C. кипрегель
- D. буссоль

2. Чтобы исключить грубые ошибки при измерении стороны теодолитного хода мерной лентой необходимо:

- A. измерить сторону шагами
- B. измерить лентой дважды и сравнить результаты
- C. измерить светодальномером
- D. измерить радиодальномером

3. Расстояния при тахеометрической съёмке измеряются с помощью:

- A. шагов
- B. рулетки
- C. нитяного дальномера и рейки
- D. радиодальномера
- D. землемерной ленты

4. Высота прибора i это высота горизонтального визирного луча над:

- A. точкой стояния прибора
- B. плоскостью горизонта
- C. рейкой
- D. уровнем моря

5. Каким видом нивелирования определяется высотная отметка реечной точки при тахеометрической съёмке.

- A. геометрическим
- B. тригонометрическим
- C. гидростатическим
- D. барометрическим

4. Найти место нуля вертикального круга теодолита 2Т30, если отсчёты по его вертикальному кругу равны $KЛ = 3^{\circ}06'$ и $KП = -3^{\circ}04'$

- A. $0^{\circ}02'$

- B. $-0^{\circ}02'$
- C. $0^{\circ}01'$
- D. $-0^{\circ}01'$

Раздел 4. Инженерно-техническое нивелирование

Рекогносцировка трассы. Разбивка пикетажа на трассе. Нивелирование связующих и промежуточных точек. Работа на станции. Полевой контроль. Ведение полевого журнала. Привязка трассы к пунктам ГГС. Обработка журнала нивелирования. Постраничный контроль. Вычисление невязки нивелирного хода. Вычисление отметок точек хода. Построение профиля трассы. Проектирование по трассе, расчет уклонов. Вычисление проектных и рабочих отметок. Построение поперечных профилей. Вынос в натуру точек с проектными отметками и линии с проектным уклоном

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое трассирование линейных сооружений?
2. Как разбивают пикетаж на трассе линейного сооружения?.
3. Как выполняется геометрическое нивелирование связующих и промежуточных точек?
4. Что такое горизонт прибора и для чего он применяется?
5. Как осуществляется полевой контроль при нивелировании?.
6. Как вычисляется невязка в нивелирном ходе?
7. Опишите последовательность обработки журнала нивелирования.
8. Опишите технологию построения продольного профиля трассы.
9. Опишите технологию проектирования автодороги по продольному профилю трассы и расчёта проектных уклонов.
10. Как вычисляются проектные и рабочие отметки на продольном профиле трассы?
11. Опишите технологию построения поперечных профилей.
12. Какие допуски на точность измерения превышений при геометрическом нивелировании технической точности устанавливает Инструкция?
13. Какая методика нивелирования даёт более точный результат: «из середины линии» или «с конца линии».

Задания для тестирования:

1. Длина нивелирного хода технической точности 9 км. Найти предельную допустимую невязку.

- A. 150 мм
- B. 60 мм

C. 15 мм

D. 90 мм

2. Горизонт прибора это высота горизонтального визирного луча над:

A. земной поверхностью

B. плоскостью горизонта

C. уровнем моря

D. кольшком пикета

4. Найти высотную отметку конца проектной линии с уклоном $i = 1\%$, если длина участка $d=500$ м, а начальная отметка $H_n=52,35$ м.

A. 52,85 м

B. 57,35 м

C. 50,35 м

D. 50,35 м

5. Высотная отметка земли (чёрная) $H_{ч} = 85,56$ м, проектная (красная) отметка в этой точке $H_{к} = 84,34$ м. Вычислить рабочую отметку м.

E. - 1,22 м

F. 1,22 м

G. 84,95 м

H. 84,45 м

Раздел 5. Инженерно-геодезические задачи и рабивочные работы

Вынос в натуру точки с проектными координатами (полярным способом).
Вынос в натуру точек с проектными отметками и линии с проектным уклоном.
Определение положения точек земной поверхности с помощью геодезических спутниковых систем (CPS ГЛОНАСС). Работа с навигатором

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как настроить навигационный спутниковый приемник на определение плоских прямоугольных координат точек земной поверхности?

2. Чем отличаются космические группировки спутников ГЛОНАСС и GPS

3. Какова точность измерения координат навигационным спутниковым приёмником?

4. Опишите технологию выноса в натуру точек с проектными высотными отметками.

5. Технология выноса в натуру линий с проектными уклонами.

6. Технология выноса в натуру линий с проектными углами наклона.

7. Как измерить высоту сооружения косвенным способом?

8. Как вычислить рзбивочные элементы круговой кривой?

Задания для тестирования:

1. Вычислить дирекционный угол линии АВ, если приращения координат между точками А и В равны $\Delta Y=120$ м и $\Delta X=120$ м.

- A. 135°
- B. 225°
- C. 315°
- D. 45°

2. Вычислить уклон i проектной линии в % на участке продольного профиля длиной $D=500$ м, если высотная отметка начала линии $H_n=60,56$ м, а конца $H_k=64,56$ м

- A. 0,8 %
- B. 8,0 % м
- C. 2,5 %
- D. 0,008 %

3. Дирекционный угол линии равен 210° , определить ее румб.

- A. 10° СВ
- B. 120° ЮЗ
- C. 30° ЮЗ
- D. 30° ЮВ

4. Румб линии может изменяться в пределах:

- A. $0^\circ-360^\circ$
- B. $0^\circ-180^\circ$
- C. $0^\circ-90^\circ$
- D. $90^\circ-180^\circ$

3. Методические указания к составлению отчёта по практике

Оформление отчета осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

3.1 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ И НУМЕРАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ГЛАВ И ПАРАГРАФОВ

Отчет должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент отчета (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение
1 Общие сведения
2 Выполненные работы
Заключение
Приложения

3.2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «... Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)...».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

3.3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПЕРЕЧИСЛЕНИЙ

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«...заключение содержит:
- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ь, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) ...;
б) ...;
1) ...;

3.4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 ...» или «... тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со

всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграмма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



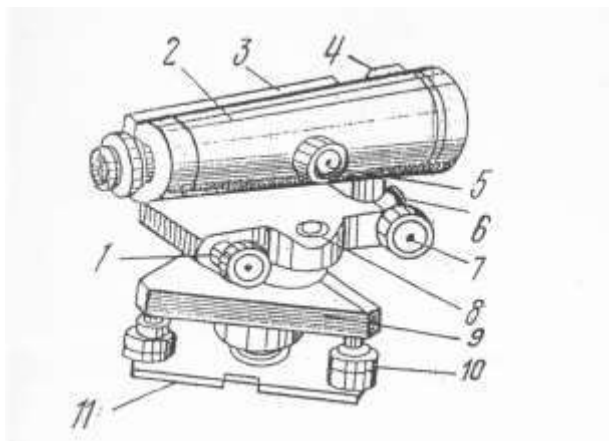
Рисунок 1 – Этапы выполнения работ

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Протяженность трассы, км

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:



- 11 – основание;
- 10 – подъемные винты;
- 9 – подставка;
- 8 – круглый уровень;
- 7 – наводящий винт;
- 6 – закрепительный винт;
- 5 – винт фокусировки;

Рисунок 1 – Устройство нивелира Н-3 [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:

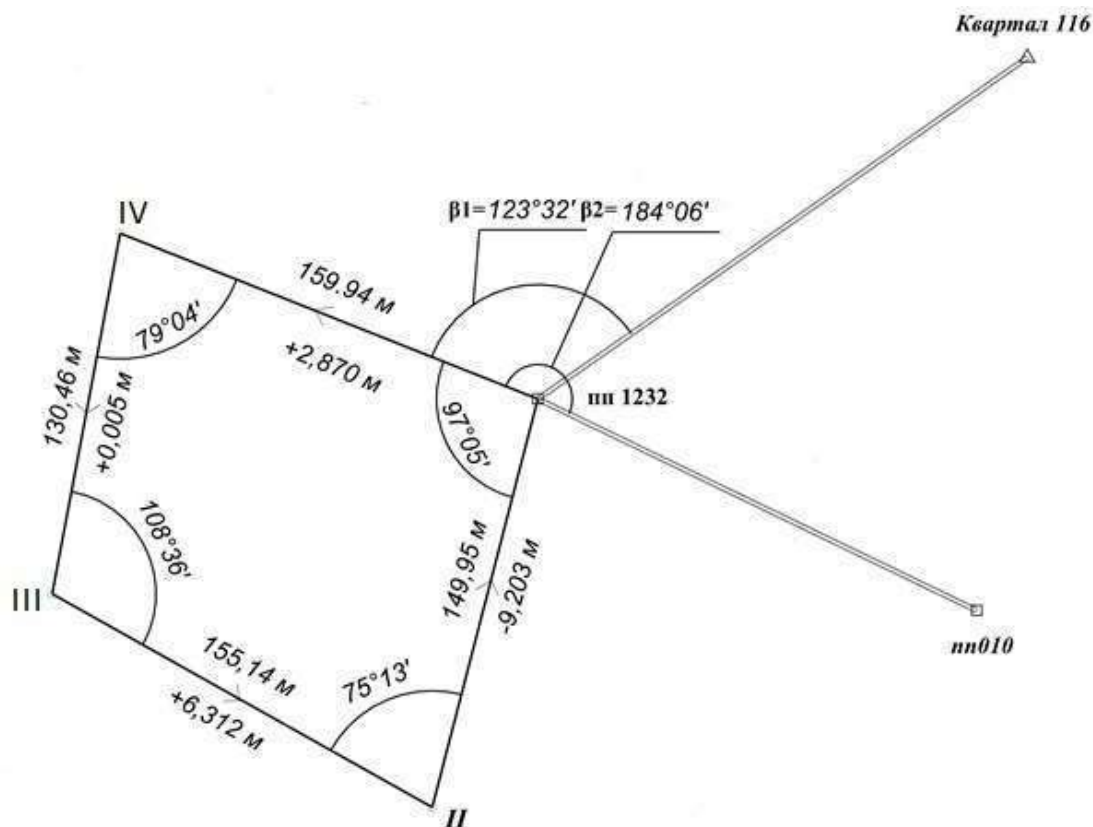


Рисунок 2 – Схема плано-высотного обоснования,.....¹

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисующий текст), например, легенда.

3.5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦ

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «...в таблице 2 представлены ...» или «... характеризуется показателями (таблица 2)».

¹ Составлено автором по: [15, 23, 42].

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзачного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Перечень используемого оборудования

| Наименование | Количество, штук |
|----------------------|------------------|
| Нивелир Н-3 | 1 |
| Рейка нивелирная 3 м | 2 |

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика использования GPS оборудования при проведении изысканий

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|------|------|------|------|
| Количество организаций использующих GPS оборудования при проведении изысканий | 150 | 210 | 280 | 370 |
| | | | | |

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Трудозатраты¹

| Трудозатраты | 2016 | 2017 |
|------------------------------|------|------|
| Количество человек в бригаде | 6 | 7 |

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

¹ Составлено автором по: [2, 7, 10]

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

3.6 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРИМЕЧАНИЙ И ССЫЛОК

При необходимости пояснить содержание текста, таблицы или иллюстрации в работе следует помещать примечания. Их размещают непосредственно в конце страницы, таблицы, иллюстрации, к которым они относятся, и печатают с прописной буквы с абзацного отступа после слова «Примечание» или «Примечания». Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Если их несколько, то после слова «Примечания» ставят двоеточие и каждое примечание печатают с прописной буквы с новой строки с абзацного отступа, нумеруя их по порядку арабскими цифрами.

Цитаты, а также все заимствования из печати данные (нормативы, цифры и др.) должны иметь библиографическую ссылку на первичный источник. Ссылка ставится непосредственно после того слова, числа, предложения, по которому дается пояснение, в квадратных скобках. В квадратных скобках указывается порядковый номер источника в соответствии со списком использованных источников и номер страницы, с которой взята информация, например: [4, с. 32]. Это значит, использован четвертый источник из списка литературы со страницы 32. Если дается свободный пересказ принципиальных положений тех или иных авторов, то достаточно указать в скобках после изложения заимствованных положений номер источника по списку использованной литературы без указания номера страницы.

3.7 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Оформлению списка использованных источников, прилагаемого к отчету, следует уделять самое серьезное внимание.

Сведения об источниках приводятся в следующем порядке:

1) **нормативные правовые акты:** Нормативные правовые акты включаются в список в порядке убывания юридической силы в следующей очередности: международные нормативные правовые акты, Конституция Российской Федерации, федеральные конституционные законы, федеральные законы, акты Конституционного Суда Российской Федерации, решения других высших судебных органов, указы Президента Российской Федерации, постановления Правительства Российской Федерации, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, законы субъектов Российской Федерации, подзаконные акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, акты организаций.

Нормативные правовые акты одного уровня располагаются в хронологическом порядке, от принятых в более ранние периоды к принятым в более поздние периоды.

Примеры оформления нормативных правовых актов и судебной практики:

1. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов власти субъектов Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 06.10.1999 г. № 184-ФЗ // Собрание законодательства РФ. - 1999. - № 43.

2. О порядке разработки и утверждения административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 11.11.2005 г. № 679. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

3. О практике применения судами Закона Российской Федерации «О средствах массовой информации» [Электронный ресурс]: Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 15.06.2010 № 16. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

4. Определение судебной коллегии по гражданским делам Верховного Суда Российской Федерации по иску Цирихова // Бюллетень Верховного Суда Российской Федерации. - 1994. - №9. - С. 1-3.

2) **книги, статьи, материалы конференций и семинаров.** Располагаются по алфавиту фамилии автора или названию, если книга печатается под редакцией. Например:

5. Абрамова, А.А. Трудовое законодательство и права женщин [Текст] / А.А.Абрамова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 11, Право. - 2001. - № 5. - С. 23–25.

6. Витрянский, В.В. Договор банковского счета [Текст] / В.В. Витрянский // Хозяйство и право.- 2006.- № 4.- С. 19 – 25.

7. Двинянинова, Г.С. Комплимент: Коммуникативный статус или стратегия в дискурсе [Текст] / Г.С. Двинянинова // Социальная власть языка: сб. науч. тр. / Воронеж. межрегион. ин-т обществ. наук, Воронеж. гос. ун-т, Фак. романо-герман. истории. - Воронеж, 2001. - С. 101–106.

8. История России [Текст]: учеб. пособие для студентов всех специальностей / В.Н. Быков [и др.]; отв. ред. В.Н. Сухов; М-во образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. - 2-е изд., перераб. и доп. / при участии Т.А. Суховой. - СПб.: СПбЛТА, 2001. - 231 с.

3) **статистические сборники, инструктивные материалы, методические рекомендации, реферативная информация, нормативно-справочные материалы.** Располагаются по алфавиту. Например:

13. Временные методические рекомендации по вопросам реструктуризации бюджетной сферы и повышения эффективности расходов региональных и местных бюджетов (Краткая концепция реструктуризации государственного и муниципального сектора и повышения эффективности бюджетных расходов на региональном и местном уровнях) [Текст]. - М.: ИЭПП, 2006. - 67 с.

14. Свердловская область в 1992-1996 годах [Текст]: Стат. сб. / Свердлов. обл. комитет гос. статистики Госкомстата РФ. - Екатеринбург, 1997. - 115 с.

15. Социальное положение и уровень жизни населения России в 2010 г. [Текст]: Стат. сб. / Росстат. - М., 2002. - 320 с.

16. Социально-экономическое положение федеральных округов в 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>

4) **книги и статьи на иностранных языках** в алфавитном порядке. Например:

17. An Interview with Douglass C. North [Text] // The Newsletter of The Cliometric Society. - 1993. - Vol. 8. - N 3. - P. 23–28.

18. Burkhead, J. The Budget and Democratic Government [Text] / Lyden F.J., Miller E.G. (Eds.) / Planning, Programming, Budgeting. Markham : Chicago, 1972. 218 p.

19. Miller, D. Strategy Making and Structure: Analysis and Implications for Performance [Text] // Academy of Management Journal. - 1987. - Vol. 30. - N 1. - P. 45–51;
20. Marry S.E. Legal Pluralism. – Law and Society Review. Vol 22.- 1998.- №5.- p. 22-27

интернет-сайты. Например:

21. Министерство финансов Российской Федерации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minfin.ru>

22. Российская книжная палата: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bookchamber.ru>

В списке использованных источников применяется сквозная нумерация с применением арабского алфавита. Все объекты печатаются единым списком, группы объектов не выделяются, источники печатаются с абзацного отступа.

Объекты описания списка должны быть обозначены терминами в квадратных скобках²: - [Видеозапись]; [Мультимедиа]; [Текст]; [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.8 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

В приложения рекомендовано включать материалы, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть: материалы, дополняющие работу; таблицы вспомогательных цифровых данных; инструкции, методики, описания алгоритмов и программ задач, иллюстрации вспомогательного характера; нормативные правовые акты, например, должностные инструкции. В приложения также включают иллюстрации, таблицы и распечатки, выполненные на листах формата А3.

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах после списка использованных источников.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ъ (ПРИЛОЖЕНИЕ А, ПРИЛОЖЕНИЕ Б, ПРИЛОЖЕНИЕ В и т.д.). Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Само слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» пишется прописными (заглавными) буквами.

Если в работе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Каждое приложение следует начинать с новой страницы. При этом слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его буквенное обозначение пишутся с абзацного отступа.

Приложение должно иметь заголовки, который записывают на следующей строке после слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» с абзацного отступа. Заголовок пишется с прописной буквы.

В тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки, например: «... в приложении Б...». Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте работы.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

² Полный перечень см. в: Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]: ГОСТ 7.1-2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец оформления титульного листа отчета по практике



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

ОТЧЕТ

о прохождении учебной практики

**по получению первичных профессиональных
умений и навыков, ч.1 (ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ)**

(наименование организации прохождения практики)

Направление / Специальность: 21.05.04

ГОРНОЕ ДЕЛО

Профиль /Специализация:

№ 4 «Маркшейдерское дело»

Бригада № 4

Группа: МД-18-1

Студенты : Борисов А. В.

Иванов С. И.

Петров И. В.

Сидоров А. В.

Кучин С. Р.

Руководитель практики от университета:

Колесатова О.С.

Руководитель практики от УГГУ:

Шмонин А.Б, доцент каф.МД

Оценка _____

Подпись _____

Екатеринбург 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец оформления содержания отчета по учебной практике

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----|--|-----|
| | Введение | 3 |
| 1 | Общие сведения | 5 |
| 1.1 | Физико-географическая характеристика района работ | ... |
| 1.2 | Рекогносцировка местности и закладка центров | ... |
| 2 | Выполненные работы | ... |
| 2.1 | Поверки теодолита | ... |
| 2.2 | Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний | ... |
| 2.3 | Вычисление координат и отметок точек съемочного обоснования | ... |
| 2.4 | Тахеометрическая съемка | ... |
| 2.5 | Поверки нивелира | ... |
| 2.6 | Геометрическое нивелирование | ... |
| 2.7 | Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы | ... |
| 2.8 | Решение инженерно-геодезических задач | ... |
| 2.9 | Вычерчивание топографического плана | ... |

Заключение

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Образец оформления титульного листа отчёта о практике.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Образец оформления содержания отчёта.

Рекомендуемая литература

1. Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений / И.В.Назаров, Е.В. Шипилова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018.- 55 с
2. Геодезия : курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2017. - 149 с.
3. В. Е. Коновалов, В. Л. Клепко Геодезия : методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ : для студентов заочного обучения всех специальностей ; Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2010. - 59 с.
4. Геодезия : учебник / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - Москва : Академический Проект, 2007. - 592 с
5. Практикум по геодезии : учебное пособие / Ю. К. Неумывакин. - Москва : КолосС, 2008. - 318 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 311.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Б. П. Голубко

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ
ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч.3

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

О Г Л А В Л Е Н И Е

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| Программа практики | 6 |
| Рекомендуемая литература | 7 |
| 1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ | 8 |
| 1.1. Общие сведения о Березовском месторождении | 8 |
| 1.2. Геологическое строение | 8 |
| 1.3. Горнотехническая характеристика | 9 |
| 2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ | 10 |
| 2.1. Основные положения | 10 |
| 2.2. Передвижение по горизонтальным, вертикальным и наклонным
выработкам | 11 |
| 2.3. Передвижение по горным выработкам с маркшейдерскими
инструментами | 12 |
| 2.4. Меры безопасности при выполнении соединительных съемок | 13 |
| 2.5. Краткие сведения о ядовитых газах | 14 |
| 2.6. Сведения из Правил техники безопасности при производстве взрывных
работ | 15 |
| 2.7. Меры безопасности при авариях в шахте. Самоспасание | 15 |
| 2.8. Оказание первой помощи при поражении электрическим током | 16 |
| 2.9. Самопомощь, взаимопомощь пострадавшим и способы
искусственного дыхания | 17 |
| 3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ | 19 |
| 3.1. Поверки теодолитов | 19 |
| 3.2. Поверки нивелиров | 21 |
| 3.3. Поверки рулеток | 22 |
| 3.3.1. Компарирование рулетки | 22 |
| 3.3.2. Определение стрелы провеса рулетки | 23 |
| 4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ | 24 |
| 4.1. Основные положения | 24 |
| 4.2. Опорные сети 1-го разряда. Полевые работы | 24 |
| 4.2.1. Рекогносцировка и закладка пунктов | 24 |
| 4.2.2. Измерение горизонтальных углов | 25 |
| 4.2.3. Измерение длин | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3. Опорные сети 1-го разряда. Камеральная обработка результатов измерений..... | 28 |
| 4.3.1. Обработка длин сторон..... | 28 |
| 4.3.2. Вычисление координат пунктов полигонометрического хода | 30 |
| 4.4. Высотные опорные сети | 35 |
| 4.5. Съёмочные работы на земной поверхности | 38 |
| 4.6. Определение объемов отвалов..... | 41 |
| 4.7. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ | 44 |
| 4.7.1. Основные положения | 44 |
| 4.7.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов..... | 49 |
| 4.7.3. Вынос центра и оси шахтного ствола в натуру | 53 |
| 5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В ШАХТЕ | 57 |
| 5.1. Создание подземной маркшейдерской опорной сети..... | 57 |
| 5.1.1. Рекогносцировка и закрепление пунктов подземной полигонометрии | 57 |
| 5.1.2. Измерение углов | 58 |
| 5.1.3. Измерение длин сторон..... | 58 |
| 5.1.4. Съёмка подробностей..... | 59 |
| 5.1.5. Камеральная обработка результатов измерений подземных маркшейдерских опорных сетей..... | 59 |
| 5.2. Ориентирно-соединительная съёмка подземных маркшейдерских опорных сетей..... | 61 |
| 5.2.1. Общие положения..... | 61 |
| 5.2.2. Ориентирование через один вертикальный шахтный ствол с использованием гирокомпаса | 62 |
| 5.2.3. Ориентирование через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса | 67 |
| 5.2.4. Анализ результатов ориентировок..... | 73 |
| 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПУНКТОВ ПОДЗЕМНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ | 73 |
| 6.1. Общие положения | 73 |
| 6.2. Передача высотной отметки в шахту длиномером (глубиномером) ДА-2 | 74 |
| 6.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой | 78 |
| 6.4. Геометрическое нивелирование в подземных горных выработках | 81 |
| 6.5. Вертикальная съёмка откаточных путей почвы и кровли выработки | 82 |

| | |
|--|-----------|
| 7. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ..... | 84 |
| 7.1. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости..... | 84 |
| 7.2. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости | 84 |
| 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ | |
| ОТЧЕТА О ПРАКТИКЕ | 86 |
| 8.1. Общие положения | 86 |
| 8.2. Содержание отчета..... | 88 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 91 |

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие к учебной маркшейдерской практике предназначено для студентов специализации «Маркшейдерское дело» и освещает все вопросы, предусмотренные учебной программой по дисциплине «Маркшейдерия»: содержит описание отдельных видов маркшейдерских работ, последовательность их выполнения, нормы точности и преследует цель закрепления теоретических знаний, практических навыков ведения маркшейдерских работ в условиях действующего горного предприятия.

Учебная маркшейдерская практика проводится на действующей шахте Березовского золоторудного месторождения. Все виды работ выполняются студентами самостоятельно в составе бригад по 7-8 человек под руководством преподавателя.

Отчет по результатам выполненных на практике работ составляется и защищается каждым студентом индивидуально.

В комплект отчетной документации входят:

полевые журналы с записью результатов измерений (бригадные);

расчеты, выполненные по прилагаемым формам (индивидуальные);

чертежи, выполненные тушью на бумаге стандартных форматов, с соблюдением ГОСТ. Горная графическая документация. (бригадные).

Продолжительность практики – 4 недели.

Автор благодарит преподавателей кафедры маркшейдерского дела О. С. Раеву, А. А. Шевелева, И. С. Кошеева за активное участие в подготовке учебного пособия.

Автор выражает искреннюю признательность рецензентам д-ру техн. наук Б. Г. Афанасьеву, д-ру техн. наук А. В. Зубкову за ценные замечания по содержанию учебного пособия.

Программа практики

1. Изучение и сдача экзамена по техминимуму правил безопасности.

2. Маркшейдерские работы на земной поверхности шахты.

2.1. Создание опорных сетей на поверхности (полигонометрия 1-го разряда) – 2 км.

- 2.2. Создание высотного обоснования на поверхности (нивелирование 4-го класса) – 2 км.
- 2.3. Съёмочные работы земной поверхности.
- 2.4. Вынос центра и осей вертикального ствола в натуру.
- 2.5. Съёмка отвалов горных пород.
3. Маркшейдерские работы в шахте.
 - 3.1. Создание опорных сетей в шахте (1,2 км).
 - 3.2. Создание высотного обоснования в шахте (1,2 км).
 - 3.3. Нивелировка откаточных путей в шахте (1,0 км).
4. Ориентирно-соединительная съёмка.
 - 4.1. Ориентировка подземных горных выработок через один вертикальный шахтный ствол.
 - 4.2. Ориентировка подземных горных выработок через два вертикальных шахтных ствола.
 - 4.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой, длиномером ДА-2.
5. Написание, оформление и защита отчета о практике.

Рекомендуемая литература

1. *Голубко Б. П., Земских Г. В., Шевелев А. А.* Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых: методические разработки к лабораторным работам по курсу «Маркшейдерия» для студентов специализации «Маркшейдерское дело». Екатеринбург: УГГГА, 2007. 64 с.
2. *Кортев Н. В., Леонтьев А. Т., Самарин А. В.* Маркшейдерская документация: учебное пособие. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 68 с.
3. *Земских Г. В., Кортев Н. В.* Маркшейдерско-геодезические приборы: учебное пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2009. 146 с.
4. *Инструкция по производству маркшейдерских работ.* М., 2003. Серия 07, выпуск 15. 118 с.
5. *Маркшейдерское дело: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин и др.* М.: Недра, 1981.

1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.1. Общие сведения о Березовском месторождении

Березовское месторождение, являющееся колыбелью золотопромышленности России и Урала, было открыто в мае 1745 года жителем деревни Шарташ рудознатцем Ерофеем Марковым. С 1748 года началась разработка Березовского месторождения. В 1757 году закончено строительство золотопромывального завода. При заводе по обоим берегам р. Березовки вскоре вырос небольшой поселок, получивший название Березовского (сейчас это старая часть города). В 1938 году он получил статус города.

Город Березовский расположен в 12 км от областного центра – г. Екатеринбурга. Местность района месторождения ровная, с незначительным понижением к северу. Климат района континентальный, ветры чаще всего юго-западного направления. Наибольшее количество осадков приходится на летние месяцы: июнь, июль, август. Растительность лесная с преобладанием сосны и березы. Главным металлическим ископаемым является золото. К нерудным ископаемым следует отнести поделочный и строительный камень.

1.2. Геологическое строение

Район, окружающий Березовское рудное поле, расположен в пределах полосы палеозойских зеленокаменных эффузивно-пирокластических и осадочных пород, ограниченной с востока Мурзино-Алабашской, с запада Верх-Исетской гранитными интрузиями.

В пределах этой полосы заключено несколько малых гранитных плутонов (Благодатский, Шарташский и Шабровский) и крупные интрузии пород габбро-перидотитового комплекса. Интрузии ультраосновных пород прорваны массивами габбро, диоритов и плагиогранитов. Внедрение гранитов и их жильных производных происходило в карбоно-пермский период.

На территории месторождения распространены серпентиниты, которые окаймляют толщу вулканогенных и туфогенных осадочных пород. Конечным продуктом гидротермального мета-

соматоза этих пород являются листвиниты, окаймляющие кварцевые жилы. Толща метаморфизованных пород пересечена многочисленными дайками гранитоидов. Преобладающее простирание даек меридиональное или близкое к нему. Средняя мощность даек не превышает 20 м. Протяженность их по простиранию 7-8 км и углы падения от 20 до 90°. Рудные проявления на месторождении выражены частыми параллельными системами с неравномерными расстояниями между ними. Жилы простираются перпендикулярно по отношению к дайкам, не выходя за их пределы. Протяженность жил по падению в среднем 10-20 м. Мощность жил изменяется от весьма тонких прожилков до жил в 50 см. Средняя мощность их колеблется в пределах 2-6 см.

Золотосодержащими являются не только жилы, но и прилегающие к ним зальбанды. Наибольшее оруденение даечного материала наблюдается в непосредственной близости к контактам кварцево-сульфидных жил. В жилах и прилегающих к ним зальбандах сосредоточено до 80-90 % металла.

1.3. Горнотехническая характеристика

Шахта «Южная» работает на дайках: Перво-Павловской, Второ-Павловской, Соймоновской и Севастьяновской.

Южная часть месторождения в пределах поля шахты «Южной» вскрыта двумя вертикальными стволами: «Южный» и «Вспомогательный». Ствол «Южный» является рудовыдачным и оборудован грузовым подъемом на два скипа и грузолюдским на одну клеть с противовесом. Ствол «Вспомогательный», оборудованный двухклетевым подъемом, служит для спуска и подъема людей и материалов. На флангах шахтного поля пройдены вертикальные вентиляционные стволы.

По горизонтам 212 и 314 м произведены сбойки с шахтами «Северная» и «Центральная».

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Основные положения

В период прохождения практики каждый студент обязан строго соблюдать правила техники безопасности. Спуск бригады или отдельных студентов в шахту разрешается только после прохождения вводного инструктажа и проверки знаний правил безопасности. Без ведома руководителей практики спуск студентов в шахту категорически воспрещается.

Перед спуском в шахту студент должен надеть спецодежду и шахтерскую предохранительную каску. В шахте работать без каски запрещается.

Если в шахте установлен порядок индивидуального пользования самоспасателями, студенты должны получить их перед спуском, проверить целостность корпуса, наличие и исправность колец для вскрытия самоспасателей и плечевых ремней для ношения самоспасателя.

При спуске в шахту каждый студент должен иметь индивидуальный светильник. При получении светильника необходимо тщательно проверить его исправность (накаливание обоих волосков лампы, герметичность аккумулятора, целостность предохранительного стекла). При обнаружении неисправности светильник следует заменить в ламповой.

Строго запрещается:

- а) курить в ламповой, на копре и в клети;
- б) спускаться или подниматься в клети при открытой двери;
- в) входить в клеть или выходить из клети после сигнала отправления;
- г) во время движения клети высовываться или выставлять из нее руки и различные предметы;
- д) кататься на вагонетках;
- е) лежать на породе;
- ж) пить шахтную воду (она не пригодна для питья и может вызвать серьезные желудочные заболевания).

При несчастном случае члены бригады должны оказать первую помощь пострадавшему и сообщить о несчастном случае преподавателю и горному мастеру.

2.2. Передвижение по горизонтальным, вертикальным и наклонным выработкам

После выхода из клетки студенты должны следовать к месту работы, не задерживаясь в околоствольном дворе. Переходить с одной стороны околоствольного двора на другую можно только по обходной выработке или по специальному переходу под лестничным отделением ствола. Запрещается проходить через ствол шахты по клетевому отделению.

При передвижении к месту работы и обратно нужно строго придерживаться указаний предупредительных знаков, установленных в шахте. Движение должно проходить только по разрешенным для хождения выработкам, хождение по рельсовым путям запрещается.

При передвижении по выработкам путь нужно освещать лампой, наблюдая за состоянием почвы и кровли выработки и остерегаясь ушибов о выступающие предметы (фланцы труб, крепь и т. д.). О замеченных опасностях следует немедленно сообщить рядом идущему человеку. Передвигаясь по выработкам, необходимо следить за световыми сигналами. В случае приближения поезда нужно остановиться в свободном проходе или специальной нише, став спиной к стенке выработки, и пропустить поезд. Если при приближении поезда возникает опасность или грозит авария поезду, необходимо остановить поезд. Сигналом для остановки поезда служит поперечное движение лампой (от одного бока выработки к другому). Нужно иметь в виду, что тормозной путь электровоза с составом равен 40 метрам. Подходя к закруглению или повороту откаточной выработки, в случае приближения электровоза встаньте в безопасное место.

Не пролезайте между вагонетками, через канаты тягальных и скреперных лебедок во время их работы.

При передвижении по выработкам, где имеют место контактные провода или проложены кабели, надо опасаться поражения электрическим током.

Нельзя прикасаться к контактными проводам руками, головой, одеждой или каким-либо предметом. Запрещается брать кабель руками без средств защиты (резиновых электротехнических перчаток).

Запрещается входить в нерабочие, временно остановленные, заброшенные выработки. Запрещающим знаком входа служит знак из сбитых крест-накрест досок, установленный поперек выработки, или специальный аншлаг: «ПОМНИ: пребывание в непроветриваемой выработке опасно для жизни». Нельзя останавливаться и задерживаться в местах с неисправной крепью. Запрещается проходить около люков в момент выпуска руды. При передвижении по неосвещенным горизонтальным выработкам с испорченной лампой необходимо руководствоваться рельсовыми путями, направлением вентиляционной струи воздуха (двигаться навстречу свежей струе) или течением воды в водоотливной канавке (идти по течению воды).

Поднимаясь по лестницам в восстающих выработках, тщательно проверяйте прочность стремянок (ступенек). Пока нога не ступит на лестничный полоч, необходимо крепко держаться за стремянки. Между лестничными полками одного пролета разрешается подниматься одному человеку.

При передвижении в вертикальных и наклонных выработках необходимо следить за исправностью лестниц и полков, в случае обнаружения неисправности сообщить об этом лицам технического надзора.

2.3. Передвижение по горным выработкам с маркшейдерскими инструментами

Все маркшейдерские приборы и инструменты должны быть приспособлены для переноски их по горным выработкам. Измерительные приборы и принадлежности к ним надежно закрепляются в ящиках, закрывающихся на ключ. Ящики и штативы к измерительным приборам для переноски их на спине или плече должны быть снабжены специальными ремнями. Ножки штатива при переноске должны быть скреплены ремнем.

Мелкий инструмент (рулетки, отвесы и пр.) укладывается в специальную сумку для предотвращения выпадения при передвижении по восстающим. При спуске в шахту инструменты ставят на пол у боковой стенки клетки, штативы и нивелирные рейки держат вертикально в руках. Ни один из предметов, уложенных на пол клетки, не должен выступать за ее пределы. По горизонтальным выработкам следует передвигаться друг за другом. Во

избежание задевания контактного провода и кровли выработки штативы и нивелирные рейки переносятся на руках в горизонтальном положении.

При спуске и подъеме инструментов и оборудования по лестничному отделению вертикальной или наклонной выработки следует соблюдать осторожность, чтобы не уронить какие-либо предметы на ниженаходящихся товарищей. Интервал передвижения по ходовому отделению – один лестничный пролет.

2.4. Меры безопасности при выполнении соединительных съёмок

Работы при выполнении соединительных съёмок производятся в стволе шахты или в непосредственной близости от него.

Приступая к соединительным съёмкам, руководитель работ должен объявить через технический надзор шахты о начале и конце работы и категорически запретить находиться в околоствольном дворе и надшахтном здании всем лицам, не участвующим в выполнении этой работы. Предупреждение должно быть сделано через Книгу распоряжений по шахте в установленном порядке.

Всем участвующим в выполнении работы должно быть разъяснено:

а) работающим на поверхности – о необходимости осторожно работать над стволом шахты, не допуская падения в ствол различных предметов (щепок, кусков породы, гвоздей, инструментов и т. д.);

б) работающим в шахте – о недопустимости приближения к стволу шахты без разрешения руководителя и нахождения возле ствола, когда этого не требуется.

Ствол шахты на земной поверхности и на каждом ориентируемом промежуточном горизонте должен быть перекрыт предохранительным полком из достаточно прочного материала (металл, дерево) на все время работ, включая время спуска и подъема отвесов. Приступая к спуску отвесов, руководитель работ на поверхности должен предупредить об этом руководителя работ в шахте и получить его подтверждение о приеме предупреждения.

Спуск и обратный подъем отвесов на металлической проволоке должны производиться с малой нагрузкой, не превышающей 5 кгс.

Руководитель должен лично проверить надежность закрепления грузов на проволоке.

Отверстия для спуска отвесов через временные перекрытия ствола шахты должны иметь диаметр 15-20 см.

Спуск и подъем отвесов производятся равномерно со скоростью не более 1 м/с с небольшими остановками через каждые 50 м для успокоения качания.

Руководитель работ на поверхности должен лично просмотреть всю проволоку и пропустить ее при спуске «через руку».

При спуске и подъеме отвесов никто не должен находиться вблизи ствола шахты.

Приступая к работе в стволе, руководитель работ на ориентируемом горизонте обязан предупредить об этом руководителя на поверхности. При производстве соединительных съемок должна быть обеспечена телефонная связь ориентируемого горизонта с поверхностью.

2.5. Краткие сведения о ядовитых газах

Угарный газ (оксид углерода, CO) – это газ без цвета и запаха, немного легче воздуха, относительная плотность 0,97. Отравляющее действие окиси углерода объясняется тем, что этот газ во много раз быстрее, чем кислород, соединяется с гемоглобином крови. Содержание окиси углерода в воздухе в количестве свыше 0,0017 % по объему опасно для жизни. Если где-либо произошло загорание, в процессе которого выделяется окись углерода, узнать об этом можно по дыму или запаху гари. При необходимости прохождения по выработкам, заполненным продуктами горения, обязательно пользование самоспасателем и выход на свежую струю.

Окислы азота образуются при взрывных работах и работе машин с двигателями внутреннего сгорания. Вступая в реакцию с влагой, окислы азота образуют азотную кислоту, пары которой сильно раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Содержание окислов азота в воздухе в количестве более 0,00026 % по объему в пересчете на NO₂ опасно для жизни. В забой входить после взрывных работ можно только после тщательного проветривания выработки и после истечения времени, предусмотренного графиком проветривания.

Углекислый газ (диоксид углерода, CO₂) – это бесцветный газ со слабокислым вкусом и запахом, относительная плотность 1,52, поэтому он скапливается внизу выработок. Образуется при гниении дерева, дыхании людей, взрывных работах и пожарах. Допустимое содержание углекислого газа на рабочих местах 0,5 %.

Фильтрующие самоспасатели пригодны только для защиты от окиси углерода. Самоспасатель не может быть использован при содержании в шахтном воздухе менее 17 % кислорода.

2.6. Сведения из Правил техники безопасности при производстве взрывных работ

При производстве взрывных работ в подземных горных выработках обязательно применение звуковых сигналов. Запрещается подача сигналов голосом. Сигналы должны быть хорошо слышны.

Звуковые сигналы подаются взрывником, а при одновременной работе нескольких взрывников – руководителем взрывных работ в следующем порядке:

первый сигнал – предупредительный (один продолжительный). Все люди, не занятые заряданием и взрыванием, должны удалиться за пределы опасной зоны или в безопасное место, заранее указанное ответственным за ведение взрывных работ, а у мест возможного входа в опасную зону должны быть выставлены посты охраны;

второй сигнал – боевой (два продолжительных). По этому сигналу взрывники зажигают огнепроводные шнуры и удаляются в укрытия, а при электрическом взрывании включают ток;

третий сигнал – отбой (три коротких) – подается после окончания взрывных работ.

Допуск к месту взрыва разрешается лицом технадзора, осуществляющим непосредственное руководство взрывными работами, после принудительного проветривания.

2.7. Меры безопасности при авариях в шахте. Самоспасание

Сигналом аварии служит появление запаха тухлой капусты из труб сжатого воздуха (запах этилмеркаптана) или пятикратное включение-отключение света. При сигнале «авария» все должны

немедленно оставить работу и уходить согласно плану ликвидации аварий. При возникновении аварии соблюдайте спокойствие и действуйте по указанию лиц горного надзора. Если лиц горного надзора нет, нужно узнать по телефону или громкоговорящей связи о месте и характере аварии и выходить на поверхность в соответствии с планом ликвидации аварий.

Во всех случаях прорыва воды в выработки необходимо быстро перекрыть водоупорные перемычки, подняться на выше-лежащий горизонт и по запасным выходам выйти на поверхность. При возникновении пожара необходимо использовать самоспасатель. Для этого вскройте самоспасатель, возьмите мундштук в рот и выходите на свежую струю воздуха. Не бегите, а идите быстро и ровно, дышите ртом через самоспасатель.

Если самоспасатель и вдыхаемый вами воздух нагревается, – это значит, что самоспасатель работает исправно. Ни при каких обстоятельствах не выбрасывайте мундштук изо рта и не снимайте носового зажима до тех пор, пока не выйдете на свежий воздух. Берегите самоспасатель и не вскрывайте его без надобности. Самоспасатель без пломбы, с надорванной лентой или пробитым корпусом непригоден для пользования, и его нужно своевременно обменять на исправный.

2.8. Оказание первой помощи при поражении электрическим током

Быстро освободить пострадавшего от источника тока, оказать ему первую помощь, немедленно вызвать врача. При освобождении пострадавшего от тока следует принять все меры личной предосторожности. Лучше всего в этом случае отключить напряжение. Если этого сделать нельзя, надо освободить пострадавшего от проводника тока. В электрических установках до 1 кВ для отделения пострадавшего от земли или токоведущих материалов следует пользоваться сухой одеждой, пеньковым канатом, палкой, доской или каким-нибудь другим сухим непроводником, действуя по возможности одной правой рукой. При высоком напряжении для отделения пострадавшего от земли или от токоведущих частей следует надеть резиновые боты, перчатки. При напряжении до 6 кВ, если пострадавший касается одного полюса или одной фазы (ток идет через тело в землю), можно под-

ложить под ноги пострадавшему сухую доску или другое изолирующее приспособление.

На линиях электропередачи, когда освобождение пострадавшего одним из указанных способов не может быть осуществлено быстро и безопасно, необходимо прибегнуть к замыканию накоротко (например, набросом проволоки) всех проводов линии и к надежному заземлению их. Набрасываемая проволока не должна касаться тела пострадавшего. Кроме того: а) если пострадавший на высоте, то надо обезопасить его от падения; б) если пострадавшего касается один провод, то достаточно заземлить этот провод; в) осуществляя заземление или закорачивание, необходимо применяемый для этого провод сначала соединить с землей, а затем набросить его на провода, подлежащие отключению; г) необходимо также помнить, что и по отключении линии бронированного кабеля на нем может сохраниться опасный для жизни заряд, для снятия которого каждая жила кабеля должна быть соединена с землей в течение минуты (до полного разряда). При прикосновении заземленной штанги к жилам кабеля не должна проскакивать искра.

2.9. Самопомощь, взаимопомощь пострадавшим и способы искусственного дыхания

Легко пострадавшие при авариях люди должны сами оказать себе доврачебную помощь, используя для этого индивидуальный пакет и аптечку. Тяжело пострадавшим доврачебную помощь должны оказать работающие рядом люди. Все подземные рабочие должны иметь при себе индивидуальные перевязочные пакеты в прочной водонепроницаемой оболочке.

При обмороке и потере сознания пострадавшему необходимо расстегнуть воротник одежды, ослабить пояс и уложить так, чтобы его ноги были выше головы.

В случае сотрясения мозга пострадавшего укладывают так, чтобы его голова была приподнята, и, обеспечивая полный покой, кладут на лоб смоченное холодной водой полотенце. Признаки сотрясения мозга: потеря сознания, а после его восстановления головокружение, тошнота, рвота. Транспортировать пострадавшего нельзя до тех пор, пока он не придет в сознание.

При шоке наблюдается тяжелое общее состояние, безучастный вид пострадавшего, бледность, снижение температуры тела (иногда до 34,5°).

Пострадавшего освобождают от стесняющей одежды и укладывают так, чтобы его ноги были выше головы, и согревают все тело. До выведения из состояния шока пострадавшего транспортировать нельзя.

При ушибах пострадавшему создают покой и на ушибленное место накладывают холодные компрессы и давящие повязки.

При вывихах необходимо придать поврежденной конечности наиболее удобное положение и наложить повязку. Вправление вывихнутого сустава производит хирург.

В случае перелома к поврежденной конечности необходимо прибинтовать шину, а если перелом открытый, то на него предварительно надо наложить стерильную повязку.

Искусственное дыхание необходимо производить во всех случаях ослабленного или едва заметного дыхания человека, при потере сознания или мнимой смерти. Если появились судороги, то искусственное дыхание производить нельзя.

Искусственное дыхание производится с помощью оживляющих аппаратов («Горноспасатель – 8» и др.), а при их отсутствии – способом «рот в рот» с одновременным непрямой массажем сердца. Способ искусственного дыхания «рот в рот» заключается в том, что оказывающий помощь делает выдох из своих легких в легкие пострадавшего через специальное приспособление или непосредственно в рот или нос пострадавшего.

Приспособление состоит из двух отрезков резиновой или гибкой пластмассовой трубки диаметром 8-12 мм, длиной 60-100 мм, натянутых на металлическую или твердую пластмассовую трубку длиной 40 мм, и овального фланца, вырезанного из плотной резины.

Прежде чем приступить к искусственному дыханию, необходимо пострадавшего положить на спину, быстро, не теряя ни секунды, освободить его от стесняющей одежды – расстегнуть во-рот, брюки и т. п.; освободить рот от слизи; если рот крепко стиснут, раскрыть его путем выдвижения нижней челюсти.

Для предотвращения западания языка и закрытия дыхательного пути необходимо запрокинуть голову пострадавшего назад так, чтобы подбородок оказался на одной линии с шеей.

Пострадавшему следует вложить в рот трубку (приспособление) длинным концом, следя за тем, чтобы она попала в дыхательное горло, а не в пищевод. Затем, встав на колени над головой пострадавшего, следует плотно пристегнуть к его губам фланец, а большими пальцами обеих рук зажать пострадавшему нос, после чего оказывающий помощь делает в трубку выдохи со скоростью 10-12 выдохов в минуту (каждые 5-6 с). При этом после каждого вдувания должны освобождаться нос и рот пострадавшего (при этом не вынимать изо рта трубки).

При отсутствии приспособления (трубки) следует, проделав все необходимые подготовительные операции, делать выдох в рот пострадавшему. Вдувание воздуха можно производить через марлю, салфетку или носовой платок.

При отсутствии у пострадавшего пульса необходимо одновременно с искусственным дыханием проводить наружный массаж сердца путем ритмичных (60-70 раз в минуту) нажатий на переднюю стенку грудной клетки.

Производить искусственное дыхание пострадавшему надо до тех пор, пока у него не восстановится самостоятельное правильное дыхание (искусственное дыхание иногда производится в течение 4-5 час.) или не появятся признаки явной биологической (действительной) смерти, устанавливаемой врачом.

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Перед началом полевых работ производится осмотр и проверка всего оборудования и инструментов. Каждая бригада делает проверки закрепленных за нею теодолитов, нивелиров, выполняет компарирование и определение стрелы провеса рулеток.

Под руководством преподавателя производится осмотр и подготовка оборудования, предназначенного для ориентирно-соединительных съемок.

3.1. Поверки теодолитов

Перед началом измерения углов необходимо провести поверки теодолита. Теодолит должен удовлетворять следующим основным условиям:

1. Вращение подъемных винтов подставки должно быть плавным, с отсутствием торможения и раскачки.

2. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга (UU) должна быть перпендикулярной к оси вращения (ZZ) прибора (рис. 3.1).

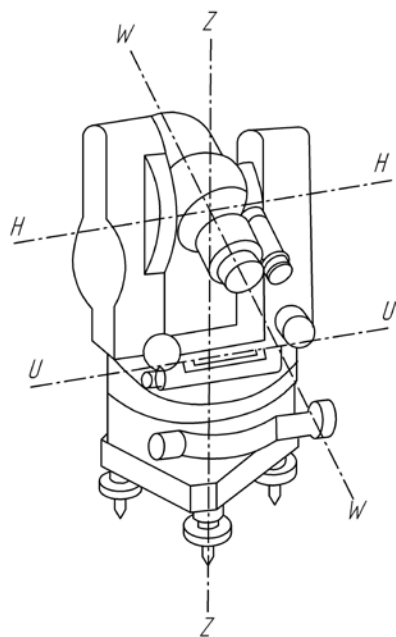


Рис. 3.1. Основные оси теодолита

3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения зрительной трубы. Допускается отклонение от вертикали на три толщины штриха для теодолитов класса Т2, Т5.

4. Визирная ось зрительной трубы (WW) должна быть перпендикулярной к горизонтальной оси (HH) теодолита (поверка коллимационной ошибки), (см. рис. 3.1).

Значение коллимационной ошибки (C) определяется по двум визирным целям, расположенным на горизонте стояния инструмента на расстояниях до 10 м и более 150 м. С целью исключения грубых погрешностей коллимационная ошибка для каждой цели определяется дважды.

Величина C рассчитывается по формуле

$$C = \frac{КЛ - КП}{2},$$

где КЛ и КП – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при положении вертикального круга слева и справа при наведении на одну и ту же цель.

Средние значения C , определенные для точек, расположенных на различных расстояниях, должны совпадать (в пределах тройной средней квадратической погрешности измерения угла поверяемым теодолитом). Значение СКП указывается в паспорте прибора.

Абсолютная величина C не имеет значения, так как не влияет на точность угловых измерений по методике полного приема, важно, чтобы при дальнейших измерениях она была близка (в пределах тройной СКП) к значению, полученному при поверке.

5. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с вертикальной осью инструмента (допустимое несовпадение составляет 2 мм).

Проверка оптического центрира выполняется при наблюдении центра в процессе вращения прибора после его горизонтирования и центрирования. Юстировка в полевых условиях не выполняется.

6. При горизонтальном положении трубы верхний центр должен совпадать с вертикальной осью инструмента.

Проверка правильности расположения верхнего центра на визирном целике трубы выполняется после горизонтирования прибора и его центрирования под точкой, находящейся в кровле выработки. Отклонение центра прибора относительно положения нитяного отвеса не должно превышать 2 мм.

Перечисленные поверки являются основными и обязательными.

3.2. Поверки нивелиров

Геометрическое нивелирование основано на визировании горизонтальным лучом. Для установки визирного луча в горизонтальное положение нивелиры должны удовлетворять следующим условиям (рис. 3.2):

1. Ось установочного круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения инструмента.

2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора.

3. У нивелира с уровнем при зрительной трубе ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Значение угла i вычисляют по формуле

$$i = \frac{[(l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2)]\rho''}{S_{1,2} - S_{2,3}} = \frac{h' - h}{S_{1,2} - S_{2,3}} \rho'',$$

где $S_{1,2}$ – расстояние между точками 1 и 2; $S_{2,3}$ – расстояние между точками 3 и 2.

С целью уменьшения возможного искажения результатов измерений за счет неправильного хода фокусирующей линзы расстояние от точки 2 до точки 3 должно быть не менее 6 м.

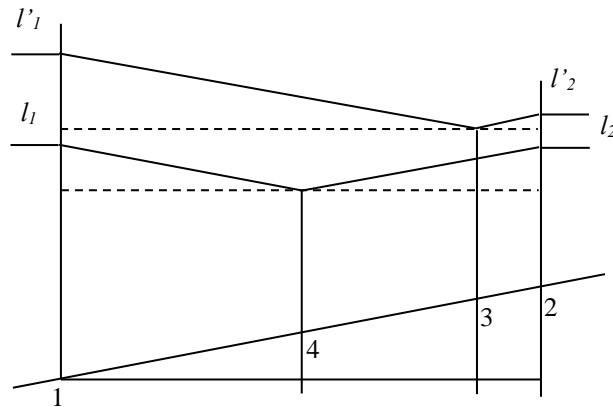


Рис. 3.2. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла i

4. У нивелира с компенсатором линия визирования должна быть горизонтальной при наклонах оси вращения инструмента в пределах работы компенсатора.

3.3. Поверки рулеток

Измерение длин сторон подземных полигонометрических ходов в опорных и съемочных сетях производится компарированными стальными рулетками.

3.3.1. Компарирование рулетки

Под компарированием понимают определение истинной длины рулетки на специальном приборе – компараторе.

Подробное изучение процесса компарирования рулеток со студентами проводится в период лабораторных работ [1]. Каждая бригада студентов компарирует рулетку длиной 50 м и выполняет камеральную обработку результатов компарирования с вычислением поправки за компарирование. Данный вид работ в период практики не проводится.

3.3.2. Определение стрелы провеса рулетки

При измерении длины рулеткой на весу неизбежен ее провес, поэтому в результате измерения следует вводить поправку за провес. Для этого необходимо определить опытным путем значение стрелы провеса рулетки.

На равнинном участке забивается два кола или устанавливается два штатива, расстояние между которыми равняется длине рулетки. Колья устанавливаются на одном уровне по лучу нивелира (рис. 3.3). С помощью динамометра рулетка натягивается между кольями с усилием 10 кгс.

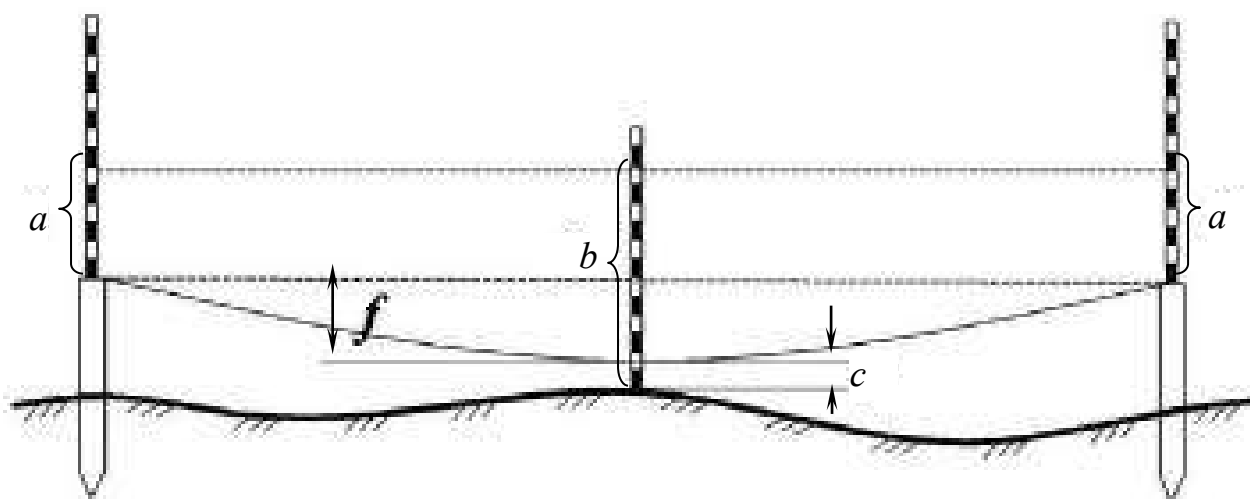


Рис. 3.3. Схема определения стрелы провеса рулетки

По нивелирной рейке, установленной поочередно на кольях и в середине рулетки, с помощью нивелира берутся отсчеты a , b и визуально – c . Стрела провеса определяется по формуле

$$f = b - a - c.$$

Для контроля определение стрелы провеса рулетки делается повторно и после интенсивной работы в шахте или на поверхности.

4. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

4.1. Основные положения

Главной геометрической основой для выполнения съемок на территории производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия и в подземных горных выработках являются маркшейдерские опорные геодезические сети. В качестве исходных пунктов для построения маркшейдерской опорной геодезической сети служат пункты государственной геодезической сети 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов и сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов.

Маркшейдерские опорные сети на земной поверхности создаются методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов, нивелирования III и IV классов в соответствии с установленными требованиями [3].

В программе практики предусмотрено создание опорных сетей на территории шахты в виде замкнутого полигона 1-го разряда: предельная относительная невязка хода $f_{\text{доп}} \leq 1:10000$, допустимая угловая невязка, $c, f_{\beta} \leq 10\sqrt{n}$, где n – число углов в ходе.

4.2. Опорные сети 1-го разряда. Полевые работы

4.2.1. Рекогносцировка и закладка пунктов

Перед началом полевых работ по созданию опорных маркшейдерских сетей на территории шахты проводится рекогносцировка. В результате рекогносцировки выбирается схема замкнутого полигона, места закладки пунктов и составляются абрисы привязки пунктов к местным предметам. Схема опорных сетей на территории шахты «Южная» Березовского РУ представлена на рис. 4.1.

Ввиду кратковременного использования пунктов (на период практики в течение 4-х недель) они закрепляются реперами забивного типа (отрезками арматуры). На каждом репере наносится керн и рядом с ним устанавливается сторожок с указанием номера пункта.

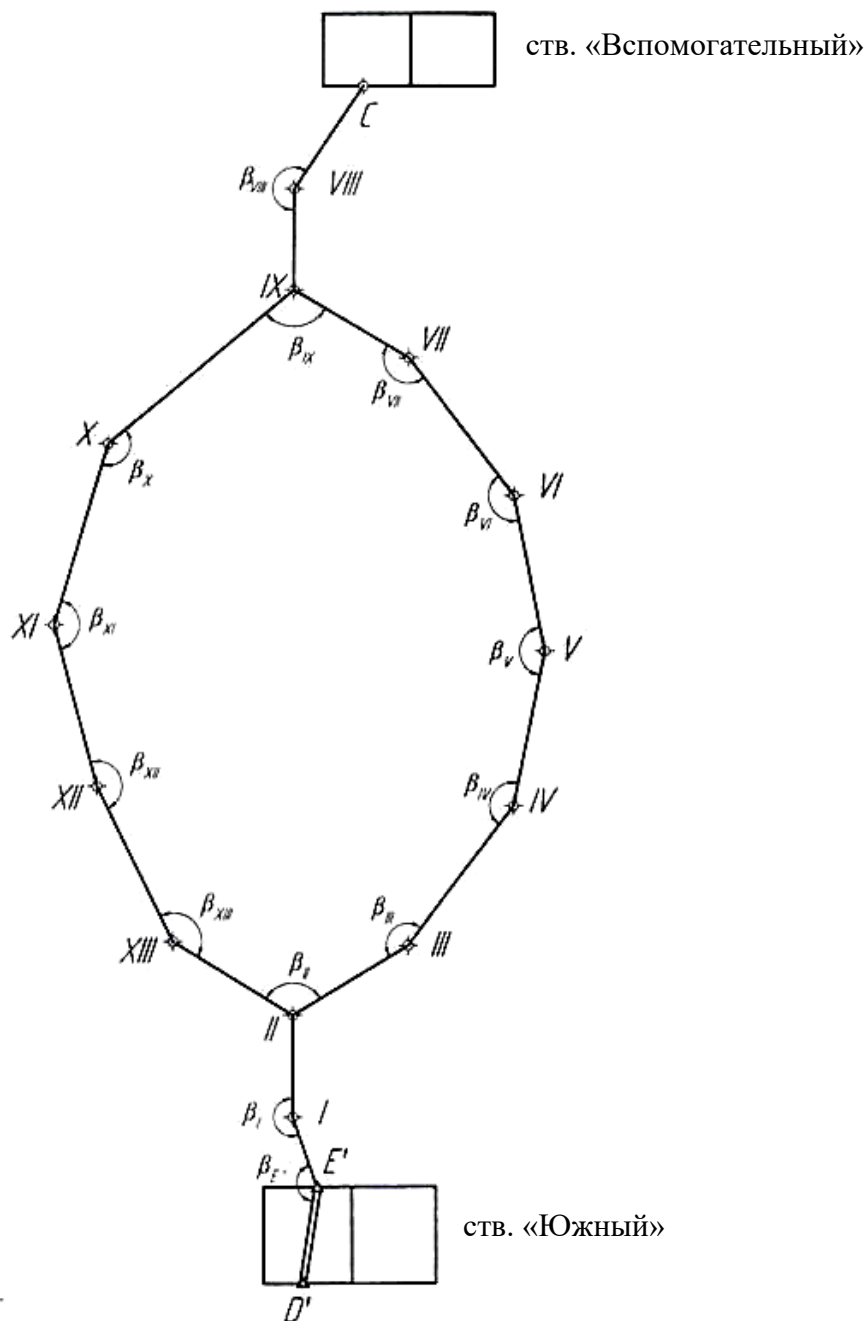


Рис. 4.1. Схема полигона опорных сетей 1-го разряда на поверхности шахты «Южная»

4.2.2. Измерение горизонтальных углов

Измерение горизонтальных углов производится теодолитом или электронным тахеометром способом приемов (при наблюдении двух направлений) и способом круговых приемов (при наблюдении более двух направлений). Число приемов – 2, расхождение между результатами наблюдений на начальное и промежуточные направления в приемах не должно превышать $\pm 10''$.

Таблица 4.1

Формуляр журнала угловых и линейных измерений

| Номера точек стояния | | Отсчеты по теодолиту | | | | | | | Номера точек пролетов | Отсчеты по рулетке, м | | | | | | Номера точек пролетов | Абрисы, примечания |
|----------------------|-------------|----------------------|-----|----------------------------|----------------------|-------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------------|-------|-----------------|---------------|-------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| | | горизонтальный круг | | | | вертикальный круг | | | | ход «прямо» | | | ход «обратно» | | | | |
| ин-стру-мента | визир. цели | КЛ/КП | 2С | $\frac{(КЛ+КП\pm 180)}{2}$ | направления или углы | КЛ/КП | 2МО | углы | | П | З | П-З | П | З | П-З | | |
| | | 0' ' " | | 0' ' " | 0' ' " | 0' ' " | 0' ' " | 0' ' " | | | | | | | | | |
| Х | IX | 0°06'54" | +6" | 0°06'51" | | | | | IX-X ₁ | | | | | | | | |
| | | 180°06'48" | | | | 126°22'03" | | | | | 47573 | 100 | 47473 | 47593 | 120 | 47473 | IX-X ₁ |
| | XI | 126°28'54" | 0 | 126°28'54" | | | | | | 47572 | 100 | 47472 | 47595 | 120 | 47475 | | |
| | 306°28'54" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Х | IX | 60°20'54" | +6" | 60°20'51" | | | | | X ₁ -X ₂ | | | | | | | | |
| | | 240°20'48" | | | | 126°22'03" | | | | | 47573 | 100 | 47473 | 47595 | 120 | 47475 | |
| | XI | 186°42'54" | 0 | 186°42'54" | | | | | | | ср | 47473 | | ср | 47474 | | |
| | 6°42'54" | | | | | | | | 38795 | 100 | 38695 | 38815 | 120 | 38695 | X ₁ -X ₂ | | |
| Х | IX | 120°15'06" | +6" | 120°15'03" | | | | | X ₂ -X | | | | | | | | |
| | | 300°15'00" | | | | | | | | | 38793 | 100 | 38693 | 38817 | 120 | 38697 | |
| | XI | 246°37'06" | 0 | 246°37'06" | | | | | | | | | | | | | |
| | 66°37'06" | | | | 126°22'03" | | | | | 38793 | 100 | 38693 | 38815 | 120 | 38695 | | |
| | | | | | | | | | | ср | 38694 | | ср | 38696 | | | |
| | | | | | ср. | | | | X ₂ -X | 23685 | 100 | 23585 | 23703 | 120 | 23583 | X ₂ -X | |
| | | | | | 126°22'03" | | | | | 23680 | 100 | 23580 | 23700 | 120 | 23580 | | |
| | | | | | | | | | | 23681 | 100 | 23581 | 23700 | 120 | 23580 | | |
| | | | 0 | 60°24'00" | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | | | | | 182°37'30" | | | | | 23680 | 100 | 23580 | 23700 | 120 | 23580 | | |
| | | | 0 | 243°01'30" | | | | | | | ср | 23580 | | ср | 23580 | | |
| | | | | | 20°14'24" | | | | | | | Σ _{ср} | 109747 | | | | |

Линейная ошибка центрирования не должна превышать ± 1 мм. Результаты измерений записываются в полевой журнал (табл. 4.1).

4.2.3. Измерение длин

Измерение длин сторон полигонов в условиях учебной маркшейдерской практики производится стальными компарированными рулетками и электронным тахеометром.

Измерение длин стальными рулетками выполняется при постоянном натяжении рулетки, равном натяжению при компарировании (10 кгс).

В случае когда длина сторон хода больше длины рулетки, выставляются промежуточные точки ($x_1, x_2 \dots x_n$), т. е. сторона разбивается на интервалы. Провешивание промежуточных точек (установка их в створе) осуществляется теодолитом. Длины интервалов должны быть примерно равными и несколько меньше длины рулетки.

Отсчеты по рулетке берутся с точностью до 1 мм по переднему (П) и заднему (З) концам рулетки. Длина стороны (интервала) определяется вычитанием значений переднего и заднего отсчетов (П - З). Каждая длина (интервал) стороны измеряется трижды. Разница между тремя измерениями одной длины (интервала) стороны не должна превышать 2 – 5 мм ($f_{отн} \leq 1 : 10000$).

Для определения горизонтальных проложений сторон (интервалов) хода определяют превышения между пунктами сторон хода. Превышения определяются геометрическим нивелированием.

Горизонтальные проложения сторон (интервалов) хода вычисляются:

$$d = l - \frac{h^2}{2l},$$

где d – горизонтальное проложение, м; l – наклонное (измеренное) расстояние, м; h – превышение между точками измеренной длины (интервала) стороны хода, м. Результаты измерений записываются в журнал (см. табл. 4.1).

Измерение длин электронными тахеометрами проводят в одном направлении (при одной установке прибора и отражателя) по трехштативной системе. Программу измерений устанавливают для каждого типа тахеометра в соответствии с его точностью и требованиями к линейным измерениям опорных сетей 1-го разряда.

Температуру и атмосферное давление измеряют один раз для каждой линии в точке установки прибора.

Результаты измерения записываются в полевой журнал (см. табл. 4.1).

4.3. Опорные сети 1-го разряда.

Камеральная обработка результатов измерений

Конечной целью камеральной обработки результатов полевых работ является получение плановых координат пунктов полигона опорных сетей на земной поверхности.

4.3.1. Обработка длин сторон

В длину, измеренную металлической рулеткой, вводятся следующие поправки (табл. 4.2):

а) за компарирование рулетки Δl_k , мм (из ведомости обработки компарирования);

б) за разность температур при измерении и компарировании рулетки, мм:

$$\Delta l_t = \alpha l (t - 20^\circ),$$

где l – длина измеренной стороны (интервала), м; t – температура измерения, °С; 20°C – температура, к которой приведена длина рулетки при ее компарировании; $\alpha = 1,15 \cdot 10^{-5}$ – коэффициент линейного температурного расширения металла, из которого сделана рулетка;

в) за наклон измеренного интервала, мм:

$$\Delta l_h = -\frac{h^2}{2l},$$

где h – превышение одного конца интервала над другим, м;

г) за провес рулетки, мм:

$$\Delta l_f = -\frac{8f^2}{3l},$$

в случае измерения длины частью рулетки

$$\Delta l_{f_i} = \Delta l_f \cdot \frac{l_i^3}{l^3},$$

где Δl_f – поправка для полной длины рулетки (l); Δl_{f_i} – поправка для измеренного интервала длины частью рулетки (l_i); f – стрела провеса всей рулетки, м; l , l_i – длина всей рулетки и части рулетки соответственно.

Таблица 4.2

Ведомость обработки длин

| Номера интервалов | Измеренная длина, мм | | Средняя длина интервала, мм | Среднее превышение, мм | $t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$ | Поправки, мм | | | | | Испр. длина интервала d , мм | $\Delta d_{\text{пп}}, \text{мм}$ | $\Delta d_{\text{ум}}, \text{мм}$ | Окончат. длина интервала, мм |
|-------------------|----------------------|--------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | прямой ход | обратный ход | | | | $\Delta l_{\text{к}}$ | Δl_t | Δl_h | Δl_f | $\Sigma \Delta l$ | | | | |
| V-1 | 20341 | 20342 | 20342 | 70 | 26 | -1,4 | +1,4 | -0,1 | -0,8 | -0,9 | 20341 | | | |
| 1-2 | 23152 | 23151 | 23152 | 583 | 26 | -1,8 | +1,6 | -7,3 | -1,3 | -8,8 | 23143 | | | |
| ... | | | | | | | | | | | | | | |
| 5-VI | 19682 | 19682 | 19682 | 240 | 25 | -1,3 | +1,4 | -1,5 | -0,7 | -2,1 | 19680 | | | |
| | | | | | | | | | | | 145987 | +6 | -6 | 145987 |

Вычислил: _____

Проверил: _____

Дата: " _____ " _____ 20 г.

После введения перечисленных поправок в измеренные длины (интервалы) подсчитывается общая исправленная длина стороны хода. В эту длину вводятся поправки:

д) за приведение длин сторон на плоскость поверхности Гаусса, м:

$$\Delta d_{\text{пл}} = \frac{Y_T^2}{2R^2} \cdot d,$$

где Y_T – ордината средней точки данной стороны хода, км; R – средний радиус Земли (6387 км); d – горизонтальное проложение стороны, м;

е) за приведение длин к уровню моря, м:

$$\Delta d_{\text{ум}} = -\frac{H}{R} d = -0,000156H \cdot d,$$

где H – средняя абсолютная отметка стороны, км; $H = 0,260$ км.

Поправки $\Delta d_{\text{пл}}$ и $\Delta d_{\text{ум}}$ вводятся, если их сумма превышает 1:15000 длины измеренной линии (d).

4.3.2. Вычисление координат пунктов полигонометрического хода

Перед вычислением координат пунктов проводится тщательная проверка вычисленных средних значений углов и длин. Средние значения измеренных углов и обработанных длин сторон записываются в ведомости вычисления координат (табл. 4.3).

Требуется определить координаты пунктов (II, III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI, XII, XIII) и примычных точек (I, VIII, С – рис. 4.2).

Методика вычислений (см. табл. 4.3):

1) рассчитывают угловую невязку замкнутого полигона (см. рис. 4.2):

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}},$$

где f_{β} – угловая невязка; $\sum \beta_{\text{изм}}$ – сумма измеренных углов (внутренних или внешних) в замкнутом полигоне; $\sum \beta_{\text{теор}}$ – теоретическая сумма углов многоугольника:

$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}(n-2)$ – внутренних углов; $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}(n+2)$ – внешних углов; $f_{\beta} = 1620^{\circ}00'27'' - 1620^{\circ} = 27''$;

Таблица 4.3

Ведомость вычисления координат опорных сетей 1-го разряда на поверхности шахты «Южная»

| Точки | | Горизонт. пролож., м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы | | | Приращения, м | | Координаты, м | | Номер пункта |
|---------|------------|----------------------|---------------------|--------------|-------------------|---|----|---------------|------------|---------------|----------|--------------|
| стояния | наблюдения | | измеренные | исправленные | ° | ' | '' | ΔY | ΔX | Y | X | |
| D' | E' | | | | 269° 10' 10'' | | | | | 48050,952 | 9704,279 | E' |
| E' | D' | 29,116 | 179°03'13'' | 179° 03'13'' | 268°13'23'' | | | -29,102 | -0,903 | 48021,850 | 9703,376 | I |
| I | I | | | | | | | | | | | |
| I | E' | 86,093 | 176°37'29'' | 176° 37'29'' | 264°50'52'' | | | -85,745 | -7,731 | 47936,105 | 9695,645 | II |
| II | II | | | | | | | | | | | |
| II | I | 130,724 | 200°03'36'' | 200°03'36'' | 284°54'28'' | | | -126,324 | 33,631 | 47809,785 | 9729,276 | III |
| III | III | | | | | | | | | | | |
| III | II | 103,352 | 205°20'40'' | 205° 20'38'' | 310°15'06'' | | | -78,880 | 66,780 | 47730,908 | 9796,056 | IV |
| IV | IV | | | | | | | | | | | |
| IV | III | 118,818 | 161°05'44'' | 161° 05'42'' | 291°20'48'' | | | -110,666 | 43,251 | 47620,446 | 9839,306 | V |
| V | V | | | | | | | | | | | |
| V | IV | 124,889 | 137°03'10'' | 137°03'07'' | 248°23'55'' | | | -116,118 | -45,977 | 47504,132 | 9793,328 | VI |
| VI | VI | | | | | | | | | | | |
| VI | V | 74,100 | 188°01'50'' | 188°01'48'' | 256°25'43'' | | | -72,031 | -17,388 | 47432,103 | 9775,940 | VII |
| VII | VII | | | | | | | | | | | |
| VII | VI | 58,331 | 162°47'04'' | 162°47'01'' | 239°12'44'' | | | -50,110 | -29,857 | 47381,995 | 9746,083 | IX |
| IX | IX | | | | | | | | | | | |

Продолжение табл. 4.3

| Точки | | Горизонт. пролож., м | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы | | | Приращения, м | | Координаты, м | | Номер пункта |
|---------|------------|----------------------|---------------------|--------------|-------------------|---|----|---------------|------------|---------------|----------|--------------|
| стояния | наблюдения | | измеренные | исправленные | ° | ' | '' | ΔY | ΔX | Y | X | |
| IX | VII | 65,088 | -2 | 25°41'00'' | 84°53'44'' | | +2 | 64,830 | 5,791 | 47446,827 | 9751,874 | X |
| | X | | | | | | | | | | | |
| X | IX | 181,722 | -2 | 157°13'28'' | 62°07'12'' | | +6 | 160,629 | -1 | 47607,462 | 9836,850 | XI |
| | XI | | | | | | | | | | | |
| XI | X | 147,727 | -3 | 247°03'29'' | 129°10'38'' | | +5 | 114,517 | -1 | 47721,984 | 9743,527 | XII |
| | XII | | | | | | | | | | | |
| XII | XI | 112,892 | -2 | 161°34'17'' | 110°44'53'' | | +4 | 105,571 | -1 | 47827,559 | 9703,533 | XIII |
| | XIII | | | | | | | | | | | |
| XIII | XII | 108,829 | -3 | 163°24'33'' | 94°09'23'' | | +3 | 108,543 | 1 | 47936,105 | 9695,645 | II |
| | II | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| IX | VII | 44,408 | 198°50'33'' | 198°50'33'' | 258°03'17'' | | | -43,446 | -9,191 | 47432,103 | 9775,940 | VII |
| | VIII | | | | | | | | | 47338,549 | 9736,892 |  | VIII |
| VIII | IX | 24,772 | 211°42'47'' | 211°42'47'' | 289°46'04'' | | | -23,312 | 8,378 | 47315,237 | 9745,270 | C |
| | C | | | | | | | | | | | |

$$f_y = -39 \text{ мм}; \quad f_x = 5 \text{ мм}; \quad f_{abc} = 39 \text{ мм};$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{39}{1226472} = \frac{1}{31448} < \frac{1}{10000}.$$

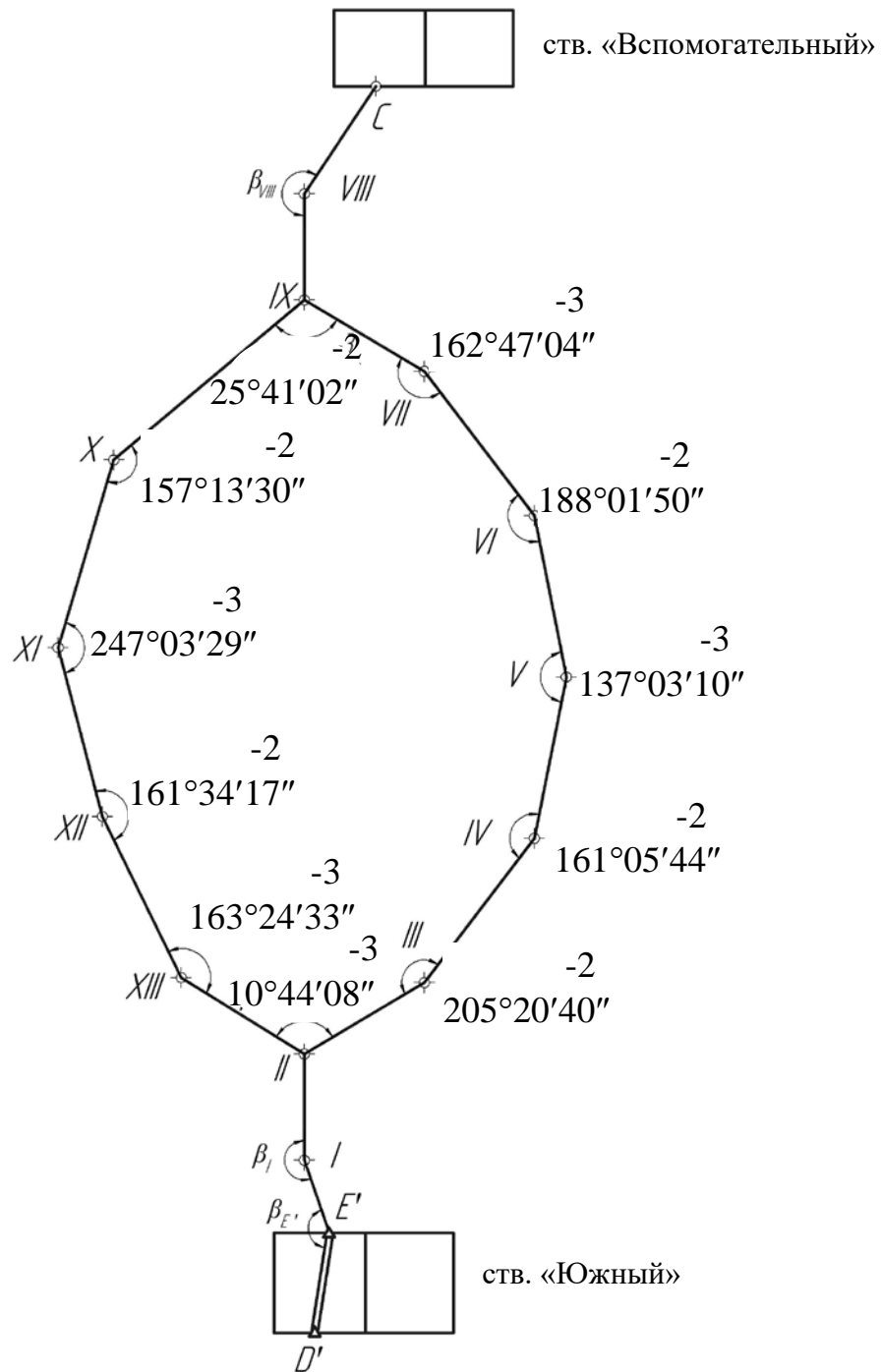


Рис. 4.2. Схема полигонов

$f_{\beta, \text{доп}} \leq 10\sqrt{n} = 10\sqrt{11} = 33''$, где n – число углов в ходе;

2) при соблюдении условия $f_{\beta} \leq f_{\beta, \text{доп}}$ угловая невязка f_{β} распределяется во все углы полигона поровну с обратным знаком (см. табл. 4.3) и записываются исправленные углы;

3) после распределения угловой невязки, решая прямую геодезическую задачу, рассчитывают дирекционные углы всех сторон полигона и приращение координат пунктов полигона:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{л}} - 180^0; \quad \alpha_{i+1} = \alpha_i - \beta_{\text{п}} + 180^0;$$

$$\Delta Y = d_i \cdot \sin \alpha_i; \quad \Delta X = d_i \cdot \cos \alpha_i,$$

где α_{i+1}, α_i – дирекционные углы исходной и искомой сторон соответственно; $\beta_{\text{л}}, \beta_{\text{п}}$ – измеренные горизонтальные углы и правые по ходу расчета соответственно; f_y, f_x – линейная невязка по Y и X соответственно; $\Delta Y, \Delta X$ – приращение координат, м; d_i – горизонтальное проложение сторон, м;

4) вычисляют линейные невязки и относительную погрешность замкнутого полигона:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P}; \quad f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}} \leq \frac{1}{10000},$$

где $f_{\text{абс}}, f_{\text{отн}}, f_{\text{доп}}$ – абсолютная, относительная и предельная относительная невязки хода соответственно; P – периметр полигона, м.

Распределение допустимых линейных невязок производится пропорционально длинам сторон с обратным знаком (см. табл. 4.3):

$$\Delta f = \frac{f_y}{P} \cdot d_i = \frac{f_x}{P} \cdot d_i$$

Исходные данные для расчета полигона:

$\alpha_{D'E'} = 269^{\circ} 10' 10'' + N^{\circ} N' N''$ – дирекционный угол исходной стороны;

где N – номер варианта для индивидуального расчета каждого студента;

$Y_{E'} = 48050,952$ м; $X_{E'} = 9704,279$ м – координаты исходного пункта.

Пример расчета координат пунктов полигонометрического хода 1-го разряда приведен в табл. 4.3.

4.4. Высотные опорные сети

Высотные опорные сети на территории горного предприятия создаются нивелированием III и IV классов в соответствии с установленными требованиями [3]. В период учебной практики студенты выполняют нивелирование IV класса.

Нивелирование IV класса проводится в одном направлении по пунктам полигона (рис. 4.3). На каждой станции берутся отсчеты в следующей последовательности: по верхней и средней нитям по черной стороне задней рейки; по верхней и средней нитям по черной стороне передней рейки; по средней нити по красной стороне передней рейки; по средней нити по красной стороне задней рейки. Пример записей приведен в табл. 4.4.

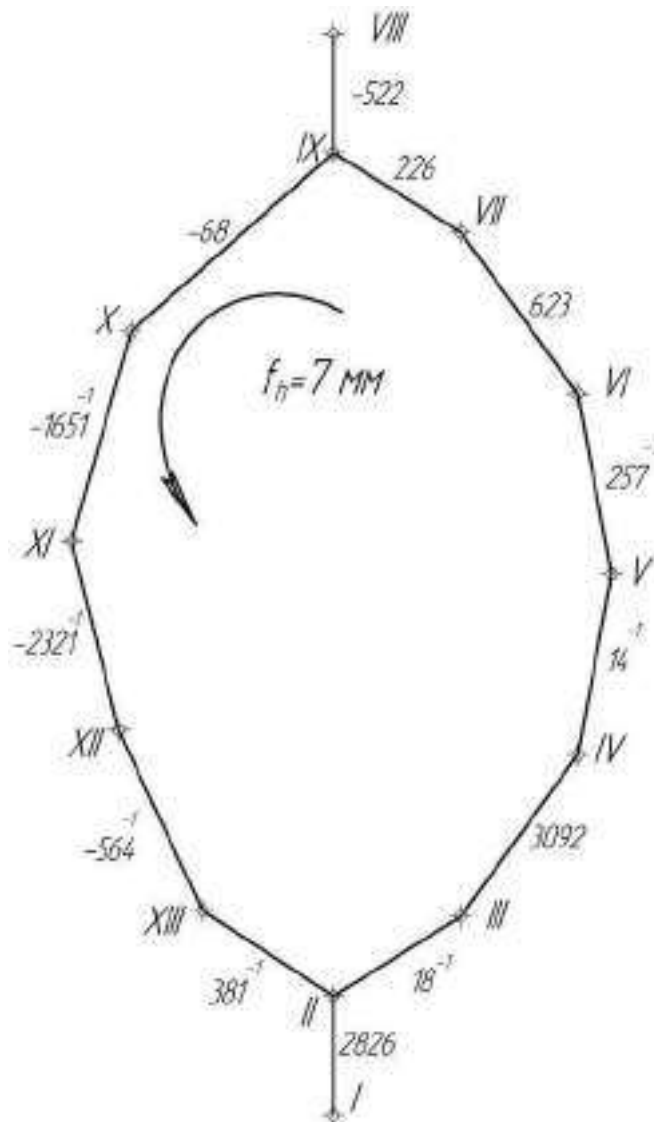


Рис. 4.3. Схема полигона.

Нивелирование IV класса, распределение высотной невязки

Журнал нивелирования IV класса

Дата _____ Инструмент _____ № _____
 Наблюдатель _____ Погода _____

| Но-
мер
стан-
ций | Номера
пикетов | Дальномер-
ное расстоя-
ние до зад-
ней и перед-
ней реек, м | Отсчеты по рейкам, мм | | Превы-
шение,
мм | Среднее
превы-
шение,
мм |
|----------------------------|-------------------|--|-----------------------|----------|------------------------|-----------------------------------|
| | | | задней | передней | | |
| 1 | IV-V | (7) 89,4 | (1) 1809 | (3) 0968 | | |
| | | (8) 85,2 | (2) 1362 | (4) 0542 | (11)+820 | (13)+820 |
| | | | (6) 6162 | (5) 5342 | (12)+820 | |
| | | | (9) 4800 | (10)4800 | (14) 0 | |
| 2 | V-VI | 41,0 | 1800 | 2300 | | |
| | | 57,6 | 1595 | 2012 | -417 | -417 |
| | | | 6396 | 6812 | -416 | |
| | | | 4801 | 4800 | +1 | |
| и так далее | | | | | | |

Примечание. Цифрами в скобках указан порядок действий.

После окончания нивелирования всего полигона опреде-
 ляют:

Среднее превышение:

по черной стороне (15) + 7846
 по красной стороне (16) – 7863

Расхождение:

полученное (17) – 17
 допустимое (18) + 22

Среднее превышение:

(19) + 7854

Расхождение в превышениях на станции, определяемых по черным и красным сторонам реек, не должно превышать 5 мм.

Максимальную длину визирного луча принимают не более 150 м. Высота визирного луча над земной поверхностью должна быть не менее 0,2 м, неравенство плеч до реек не более 5 м.

Допустимая высотная невязка хода не должна превышать $20\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км. При наличии более 15 штативов (станций) на 1 км хода невязка не должна превышать 5 мм \sqrt{n} . В нашем случае $f_{h_{доп}} = 20\sqrt{1,23} = 23$ мм. Допустимая высотная невязка распределяется пропорционально длинам сторон с обратным знаком:

$$\Delta f_{h_i} = -\frac{f_h \cdot l_i}{P};$$

где f_h – допустимая высотная невязка; l_i – горизонтальное проложение соответствующей стороны; P – периметр полигона. Пример распределения высотной невязки показан на рис. 4.3.

После распределения невязки вычисляют высотные отметки пунктов на поверхности (табл. 4.5):

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_i,$$

где $H_{\text{посл}}$ – последующая высотная отметка, м; $H_{\text{пред}}$ – предыдущая высотная отметка, м; h_i – превышение между пунктами, м.

Таблица 4.5

Определение высотных отметок пунктов опорной сети

| Пункты | Превышения, мм | Высотные отметки, м | Высотные отметки уравненные, м | Пункты | Гор. проложения, м |
|--------|----------------|---------------------|--------------------------------|--------|--------------------|
| Е' | | 260,613 | 260,613 | Е' | 29,074 |
| I | -1874 | 258,739 | 258,739 | I | |
| I | | 261,565 | 261,565 | II | 86 |
| II | 2826 | | | III | 138,988 |
| II | | 261,583 | 261,582 | IV | 105,486 |
| III | 18 | | | V | 105,778 |
| III | | 264,675 | 264,674 | VI | 124,466 |
| IV | 3092 | | | VII | 74,396 |
| IV | | 264,689 | 264,687 | VIII | 56,93 |
| V | 14 | | | IX | 63,582 |
| V | | 264,946 | 264,943 | X | 181,691 |
| VI | 257 | | | XI | 147,684 |
| VI | | 265,569 | 265,566 | XII | 112,862 |
| VII | 623 | | | XIII | 108,789 |
| VII | | 265,795 | 265,792 | II | |
| IX | 226 | | | III | |
| IX | | 265,727 | 265,723 | IV | |
| X | -68 | | | V | |
| X | | 264,076 | 264,071 | VI | |
| XI | -1651 | | | VII | |
| XI | | 261,755 | 261,749 | VIII | |
| XII | -2321 | | | IX | |
| XII | | 261,191 | 261,185 | X | |
| XIII | -564 | | | XI | |
| XIII | | 261,572 | 261,565 | XII | |
| II | 381 | | | XIII | |
| IX | | 265,273 | 265,270 | II | |
| VIII | -522 | | | III | |

Исходные данные для индивидуального расчета высотных отметок пунктов полигона:

$$Z_{E'} = 260,613 + N_M + N_{MM},$$

где N_M, N_{MM} – номер варианта в м и мм соответственно.

По результатам выполненных работ каждый студент представляет таблицу с вычисленными значениями превышений, высотных отметок пунктов опорной сети и горизонтальных проложений между пунктами (см. табл. 4.5).

4.5. Съемочные работы на земной поверхности

При топографической съемке территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия соблюдаются требования Инструкции по топографической съемке и Инструкции по производству маркшейдерских работ [1].

Топографическую съемку выполняют в масштабах: 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

На топографических планах подлежат обязательному отображению действующими условными знаками все предметы местности, ситуация, объекты. Основными методами съемки являются: стереотопографический, лазерное сканирование и тахеометрический.

Для условий учебной практики съемка земной поверхности территории шахты выполняется тахеометрическим методом в масштабе 1:1000.

Съемку ведут с пунктов полигона по схеме, приведенной на рис. 4.4.

От начального направления VII–VI на выбранные пикеты 1, 2, 3 измеряются горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, вертикальные углы и наклонные расстояния l_1, l_2, l_3 . Аналогичные измерения проводятся на остальных пунктах полигона.

Измерение горизонтальных углов допускается при одном положении круга с точностью отсчитывания 1'. Во избежание грубых ошибок в конце работы на каждом пункте полигона (стоянке инструмента) рекомендуется контрольное визирование на начальное направление. Допустимое смещение не должно превышать 2'. С помощью рулетки измеряют высоту инструмента с точностью 1,0 см и записывают в журнал (табл. 4.6).

Журнал тахеометрической съемки

Таблица 4.6

Точка стояния пункт VIII

Дата _____

Инструмент Theo 015, МГ=90°, К=100

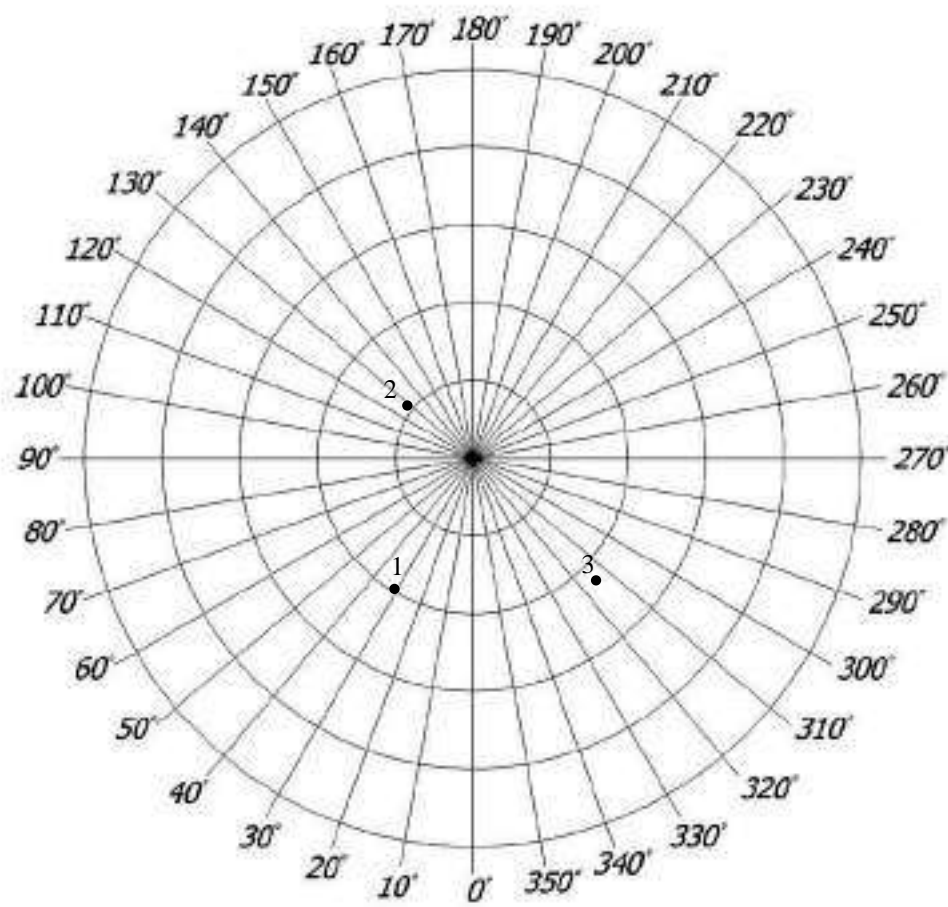
Исполнитель _____

Станция _____

$i =$ _____ м
0°00' на ст.

$v =$ _____ м.

| Точки визирувания | Отсчет по дальности | Отсчет по горизонтальному кругу | Отсчет по вертикальному кругу | Угол наклона δ | Горизонтальное проложение d , м | Превышение, м
$h = d \cdot \text{tg} \delta + i - v$ | Высоты точек, м | Примечания |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|-----------------|------------|
| VI | | 0°0'0" | | | | | 265,566 | |
| 1 | 20,5 | 30°30' | 90°28' | -0°28' | 20,5 | -0,170 | 265,396 | |
| 2 | 21,4 | 129°00' | 91°10' | -01°10' | 21,4 | -0,430 | 265,136 | |
| 3 | 24,3 | 316°00' | 89°00' | 01°00' | 24,3 | 0,420 | 265,986 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



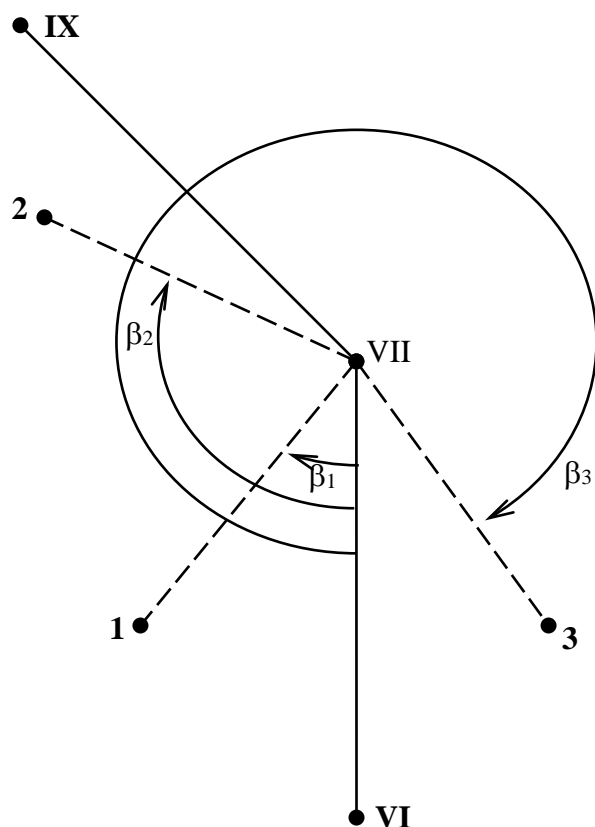


Рис. 4.4. Тахеометрическая съемка

Горизонтальное проложение длины линии до пикета (d_i) и превышение (h_i) определяют по формулам:

$$d_i = l_i \cos \delta_i; \quad h_i = d_i \operatorname{tg} \delta_i; \quad h_i = l_i \sin \delta_i$$

при условии наведения трубы теодолита на отметку высоты инструмента на нивелирной рейке.

Расстояние от прибора до пикета для съемки в масштабе 1:1000 не должно превышать 80 м для четких контуров (здания, сооружения) и 150 – м для нечетких (дороги, линии электропередач).

На каждой стоянке тахеометрической съемки ведется абрис съемки с нанесением положений снимаемых контуров.

Измерения записываются в журнал тахеометрической съемки, в котором ведут вычисления горизонтальных проложений, приращений и высот пикетов (см. табл. 4.3).

Камеральная обработка результатов тахеометрической съемки начинается с проверки полевых записей в журнале. После проверки журнала работу проводят в следующей последовательности:

- наносят пункты полигона;

– вычисляют горизонтальные проложения, превышения и высотные отметки пикетов;

– наносят пикеты и все элементы и контуры участков съемки, используя абрис.

Для нанесения горизонтальных углов и длин линий на план применяют тахеометрические транспортиры, линейки с миллиметровыми делениями.

Точность планов земной поверхности оценивают по данным контрольных измерений. Предельные расхождения в положении контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших пунктов полигона не должны превышать на плане 1,0 мм.

4.6. Определение объемов отвалов

До начала складирования полезного ископаемого на складах или вмещающих пород на отвалах должна быть выполнена съемка земной поверхности участка, отведенного под склад или отвал в масштабе 1:500 или 1:1000 с сечением рельефа 0,25-0,5 м.

Объемы отвалов в зависимости от их формы определяют рулеточным замером или по результатам тахеометрической съемки.

Рулеточным замером определяют объемы отвалов сравнительно правильной геометрической формы, например конусообразные, пирамидальные, призматические с трапецеидальным сечением. Объемы подсчитывают по формулам геометрически правильных тел.

Для определения объемов отвалов со сложными поверхностями выполняют съемку тахеометрическим способом, лазерным сканированием в масштабе не мельче 1:1000.

В программе учебной практики используется тахеометрический способ. Пикеты выбирают на характерных точках рельефа. Расстояние до пикетов от съемочных точек не превышает 60 м, расстояние между пикетами не более 10 м.

При составлении плана поверхности отвала в горизонталях по результатам тахеометрической съемки сечения принимают в зависимости от средней высоты отвала (табл. 4.7).

Таблица 4.7

К выбору высоты сечений

| Средняя высота отвала складированной руды, м | Сечение горизонталей, м |
|--|-------------------------|
| Менее 5 | 0,25-0,50 |
| Более 5 | 1,0 |

На рис. 4.5 по результатам тахеометрической съемки изображен склад руды в горизонталях. Тахеометрическая съемка производилась с точек I, II, III. Профильные линии для построения разрезов были проведены через 20 м. Пример построения вертикального разреза по линии 5-5 показан на рис. 4.6.

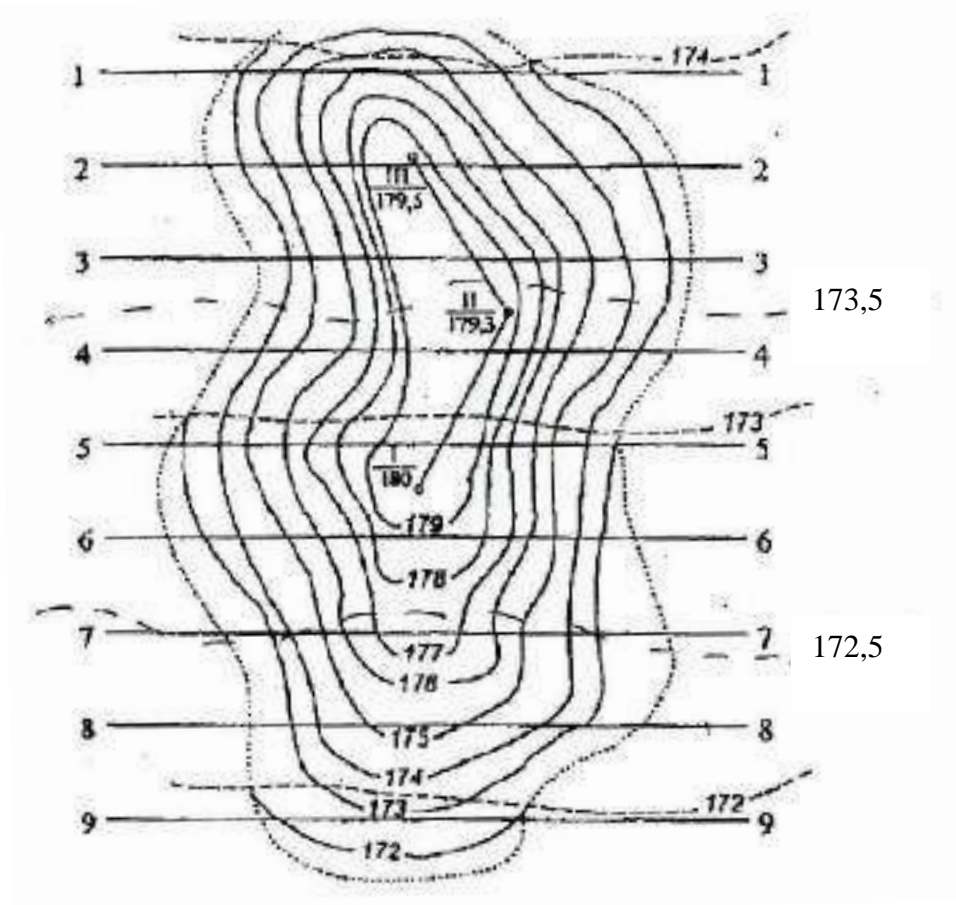


Рис. 4.5. Определение объема складированной руды

Площади сечений S определяют по формуле, m^2 :

$$S = \frac{S \cdot M^2}{100^2},$$

где M – знаменатель масштаба; S – в cm^2 .

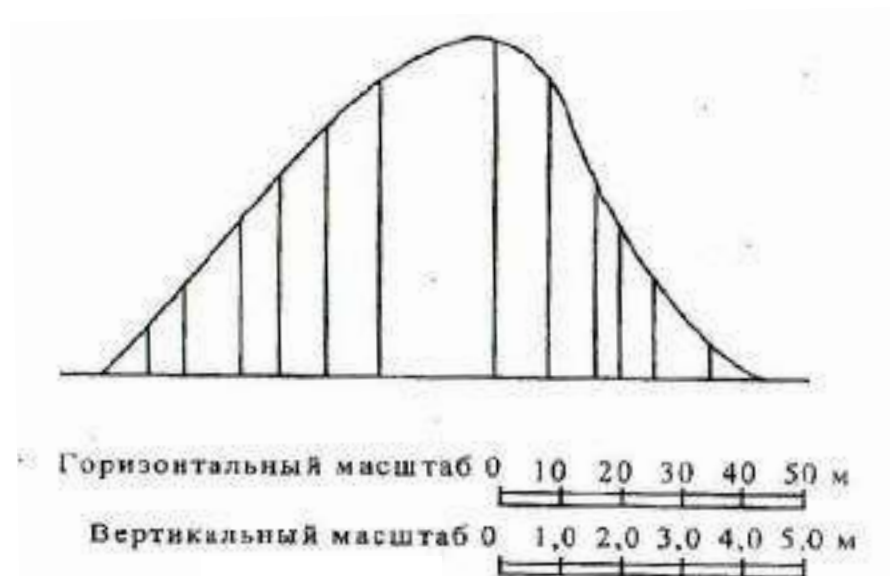


Рис. 4.6. Разрез по линии 5-5

Площади сечений измеряли планиметром дважды (табл. 4.8). За окончательный результат принимали средние значения. Коэффициент планиметра $K = 1,03$ (получен из трех определений).

Таблица 4.8

Определение площадей разрезов планиметром

| Номера сечений | Отсчеты по планиметру | | $(n_2 - n_1)$ | Среднее значение $n_2 - n_1$ | $S, \text{ см}^2$ | $S, \text{ см}^2$ |
|----------------|-----------------------|-------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| | n_1 | n_2 | | | | |
| 1-1 | 750,1 | 763,1 | 13,0 | 13,05 | 13,44 | 134,4 |
| | 763,1 | 776,2 | 13,1 | | | |
| 2-2 | 160,5 | 189,9 | 26,4 | 26,40 | 27,19 | 271,9 |
| | 189,9 | 213,3 | 26,4 | | | |
| 3-3 | 253,9 | 284,6 | 30,7 | 30,65 | 31,57 | 315,7 |
| | 284,6 | 315,2 | 30,6 | | | |
| 4-4 | 843,7 | 874,1 | 30,4 | 30,40 | 31,31 | 313,1 |
| | 874,1 | 904,5 | 30,4 | | | |
| 5-5 | 437,5 | 473,8 | 36,3 | 36,40 | 37,49 | 374,9 |
| | 473,8 | 510,3 | 36,5 | | | |
| 6-6 | 367,0 | 398,8 | 31,8 | 31,9 | 32,86 | 328,6 |
| | 398,8 | 430,8 | 32,0 | | | |
| 7-7 | 514,5 | 536,9 | 22,4 | 22,60 | 23,28 | 232,8 |
| | 536,9 | 559,7 | 22,8 | | | |
| 8-8 | 658,0 | 676,0 | 18,0 | 17,80 | 18,33 | 183,3 |
| | 676,0 | 693,6 | 17,6 | | | |
| 9-9 | 776,7 | 780,9 | 4,2 | 4,30 | 4,43 | 44,3 |
| | 780,9 | 785,3 | 4,2 | | | |

Площади сечений S определялись по формуле, см²:

$$S = K(n_2 - n_1),$$

где K – коэффициент планиметра; n_1, n_2 – отсчет по счетному механизму планиметра до обводки площади и после обводки измеряемой площади соответственно.

Если вертикальные и горизонтальные масштабы разные, то

$$S = \frac{S \cdot M_{\Gamma} \cdot M_{\text{В}}}{100^2},$$

где M_{Γ} – знаменатель горизонтально масштаба; $M_{\text{В}}$ – знаменатель вертикального масштаба.

Объем полезного ископаемого между двумя соседними сечениями определится как произведение полусуммы площадей на расстоянии между сечениями:

$$v_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot l_i.$$

Объемы краевых частей склада определяют по формуле

$$v_{\text{к}} = \frac{1}{2} S_{\text{к}} \cdot l_{\text{ср}}$$

где $S_{\text{к}}$ – площадь краевого сечения (на рис. 4.5 S_{1-1} и S_{9-9}); $l_{\text{ср}}$ – среднее расстояние от краевого сечения до контура складированной руды (измеряется на чертеже в характерных точках).

Объем склада руды (см. рис. 4.5), подсчитанный по вышеизложенной методике, равен 43140 м³.

4.7. Маркшейдерское обеспечение горно-строительных работ

4.7.1. Основные положения

Задачами маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ являются:

- перенесение геометрических элементов проекта в натуру;
- контроль соблюдения геометрических элементов горно-строительных работ, предусмотренных проектом;
- производство маркшейдерской съемки, составление и пополнение горно-графической документации инженерных сооружений и горных выработок;

учет объемов горной массы и добычи полезного ископаемого, если таковая производится в процессе горно-строительных работ.

При выполнении разбивочных работ, учитывая их особую ответственность, маркшейдеры выполняют вычисления и проверяют соответствие указанных в проектных чертежах координат и размеров основных элементов горно-строительных работ.

Проектные чертежи принимают к производству разбивочных работ после проверки правильности размеров и числовых значений, всех элементов комплекса горно-строительных работ, указанных в проекте.

При маркшейдерской подготовке проекта выполняют его привязку, т. е. расчет разбивочных элементов, по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерских съемочных сетей. Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения (высотные отметки), выбор и расчет которых зависят от принятого способа разбивки. Результатом маркшейдерской подготовки проекта являются разбивочные чертежи, по которым выполняются разбивочные работы в натуре. Разбивочные чертежи выполняются в масштабе 1:500 – 1:2000 и крупнее в зависимости от сложности объекта.

На разбивочных чертежах показывают:

- координаты исходных пунктов маркшейдерских сетей;
- дирекционные углы исходных сторон;
- высотные отметки исходных маркшейдерских пунктов;
- контур и размеры горно-строительных работ;
- пункты маркшейдерских сетей, от которых производится разбивка;

разбивочные элементы, значение которых может быть указано прямо на чертеже.

Точность разбивочных работ зависит от многих факторов: вида, назначения, местоположения объекта, его размеров, порядка и способа производства работ, особенностей эксплуатации и т. п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах (СНиПы, ГОСТы, ведомственные инструкции). Точность выноса геометрических параметров объекта в нормативных документах и чертежах определяется предельно допустимыми отклонениями. По принципу равных

ошибок всех источников, в том числе и на маркшейдерские измерения (m_M), приходится доля от общей погрешности ($M_{\text{общ}}$):

$$m_M = \frac{M_{\text{общ}}}{\sqrt{n}},$$

где n – количество источников погрешностей.

Переход от допуска к среднеквадратическому отклонению получают из выражения

$$m = \frac{m_M}{3}.$$

Разбивочные работы сводятся к фиксированию на местности отдельных точек, определяющих геометрические параметры объекта. Плановое положение этих точек определяют путем построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта (рис. 4.7).

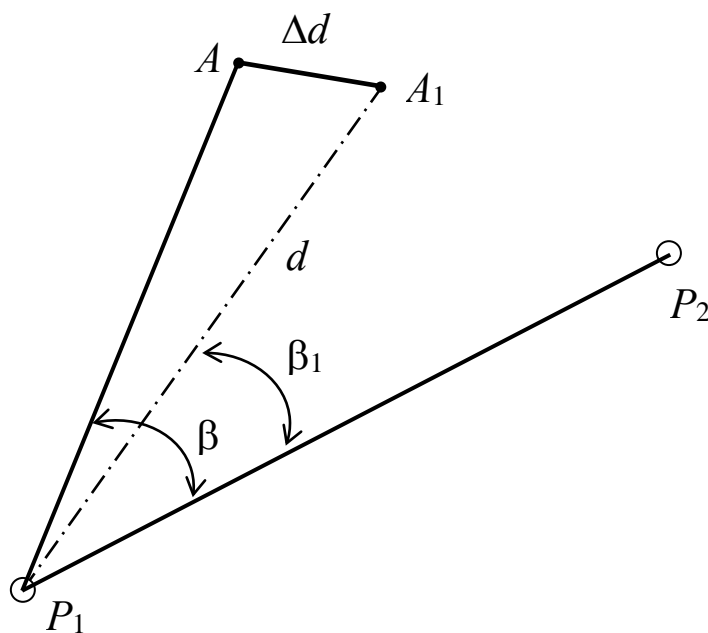


Рис. 4.7. Схема построения проектного угла на местности:
 P_1P_2 – исходное направление; A – точка определяемого направления

Работы выполняются в следующей последовательности: в точке съёмочного обоснования P_1 устанавливают теодолит, наводят зрительную трубу на точку съёмочного обоснования P_2 и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. К данному отсчету прибавляют проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Труба теодолита указывает проектное направление. Далее откладываем проектное расстояние (d) и фиксируем на местности точку A .

Маркшейдерские приборы по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. Поэтому точность вынесения разбивочных элементов оказывается ниже, чем точность измерений. Если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, нужно построенный проектный угол измерить несколькими приемами (n):

$$n = \frac{m_{\beta 1}^2}{m_{\beta 2}^2},$$

где $m_{\beta 1}$, $m_{\beta 2}$ – средняя квадратическая погрешность соответственно теодолита и требуемая для вынесения угла.

Измерив построенный угол, вычисляют угловую ($\Delta\beta = \beta - \beta_1$) и линейную ($\Delta d = d \left(\frac{\Delta\beta}{\rho} \right)$) поправки.

Далее откладывают в точке A перпендикулярно к линии P_1A линейную поправку Δd и фиксируют точку A_1 . Полученный угол $A_1 P_1 P_2$ будет равен проектному с заданной точностью.

Вынос проектного расстояния от исходного пункта производится отложением в заданном направлении длины, равной проектному значению. Для этого используются мерные приборы: рулетки, светодальномеры, оптические дальномеры, гарантирующие необходимую точность. В случае, когда требуется вынесение линии с высокой точностью, на местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния, а затем это расстояние измеряют с необходимой точностью с учетом всех поправок. Измеренную длину ($l_{\text{изм}}$) сравнивают с ее проектным значением ($l_{\text{пр}}$) и находят линейную поправку: $\Delta l = l_{\text{пр}} - l_{\text{изм}}$.

Поправку Δl откладывают с соответствующим знаком от ранее закрепленной точки. Для контроля вынесенную линию повторно измеряют.

Вынос в натуру точки с проектной высотной отметкой ($Z_{\text{пр}}$) производится геометрическим нивелированием, при угле наклона земной поверхности менее $5 - 8^\circ$, или тригонометрическим нивелированием, при угле наклона более $5 - 8^\circ$.

Геометрическое нивелирование. Нивелир устанавливается примерно посередине между точкой съемочного обоснования с известной высотной отметкой ($Z_{\text{изв}}$) и выносимой точкой с про-

ектной высотной отметкой ($Z_{\text{пр}}$). На точке с известной высотной отметкой устанавливают рейку и берут отсчет (a). Вычисляют вначале горизонт инструмента:

$$\text{ГИ} = Z_{\text{изв}} + a,$$

а затем вычисляют значение отсчета по рейке b , которая будет установлена на выносимой точке A_1 :

$$b = \text{ГИ} - Z_{\text{пр}} = Z_{\text{изв}} + a - Z_{\text{пр}}.$$

Вычислив отсчет (b), в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают рейку до тех пор, пока отсчет по ней не будет равен вычисленному значению (b). Данная позиция рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке выносимой точки. После этого точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят геометрическое нивелирование необходимой точности, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Тригонометрическое нивелирование. Теодолит устанавливают в точке съемочного обоснования (P_1) с известной высотной отметкой ($Z_{\text{изв}}$), (рис. 4.8).

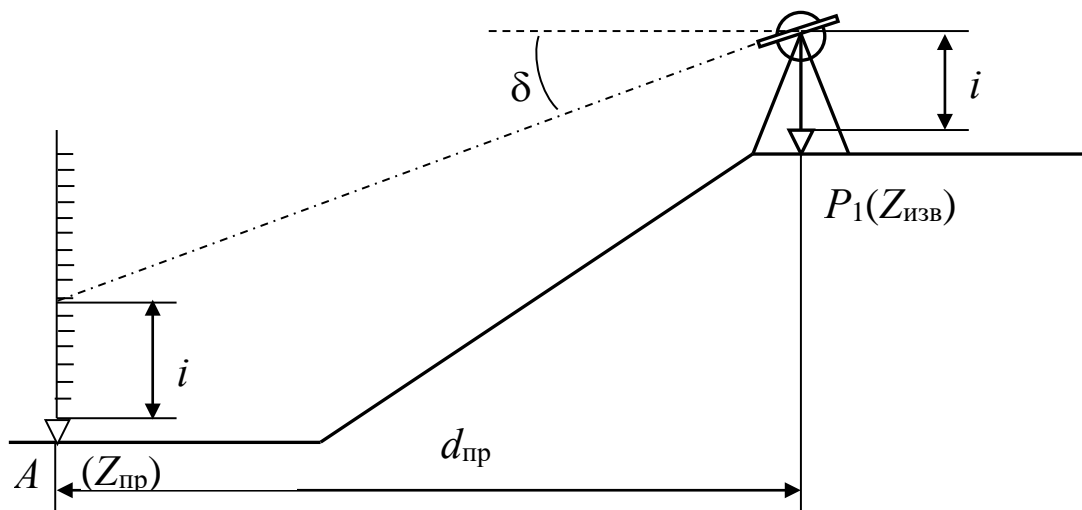


Рис. 4.8. Вынос проектной высотной отметки тригонометрическим нивелированием

Измеряют высоту инструмента (i) с точностью до 1 мм и вычисляют угол наклона визирного луча теодолита (δ):

$$\delta = \arctg(Z_{\text{пр}} - Z_{\text{изв}}) / d_{\text{пр}}.$$

Далее на вертикальном круге теодолита с учетом места нуля устанавливают вычисленный отсчет угла наклона (δ). В точке выноса проектной отметки (A), поднимая или опуская нивелирную рейку, фиксируют ее положение по горизонтальной нити зрительной трубы на высоте инструмента (i), отмеченной на рейке. Данное положение рейки (ее пятка) соответствует проектной отметке точки. Точка фиксируется в натуре.

Для контроля проводят тригонометрическое нивелирование и определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу повторяют.

4.7.2. Перенос в натуру проектных данных горнотехнических объектов

Перенос элементов проекта в натуре выполняется следующими способами: полярным, засечек (угловой, линейной), перпендикуляров. Выбор того или иного способа зависит от геометрических размеров объекта, технологии его выполнения, имеющих в наличии маркшейдерских приборов и инструментов и этапа производства разбивочных работ. Критерием выбора способа, при прочих равных условиях, является необходимая точность и минимальная трудоемкость.

Полярный способ. Положение выносимой точка (A) на местности находят путем отложения от направления (P_1P_2) пунктов съемочного обоснования проектного угла (β) и расстояния (d) (рис. 4.9).

Разбивочный угол (β) вычисляют по разности дирекционных углов: $\alpha_1 = \alpha_{P_2A}$; $\alpha_2 = \alpha_{P_2P_1}$; $\beta = 360^\circ - (\alpha_2 - \alpha_1)$.

Дирекционные углы и расстояние (d) вычисляют, решая обратную геодезическую задачу по известным координатам точек P_1 , P_2 и A . Данный способ целесообразно применять, когда проектное расстояния (d) меньше базисного (P_1P_2).

Способ прямой угловой засечки. Положение выносимой точки (A) на местности находят путем отложения на пунктах съемочного обоснования (P_1 и P_2) углов (β_1 и β_2) (рис. 4.10).

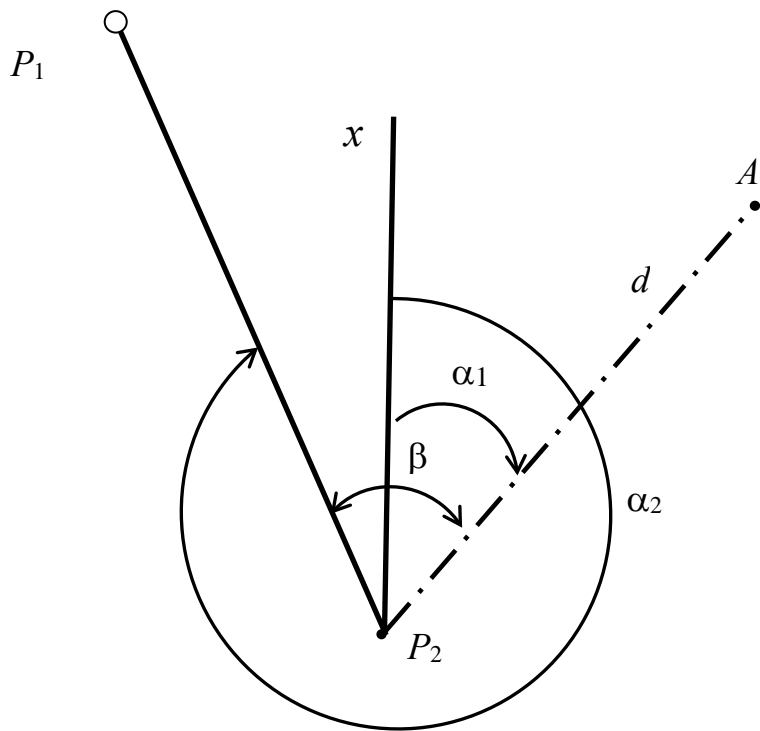


Рис. 4.9. Полярный способ разбивочных работ

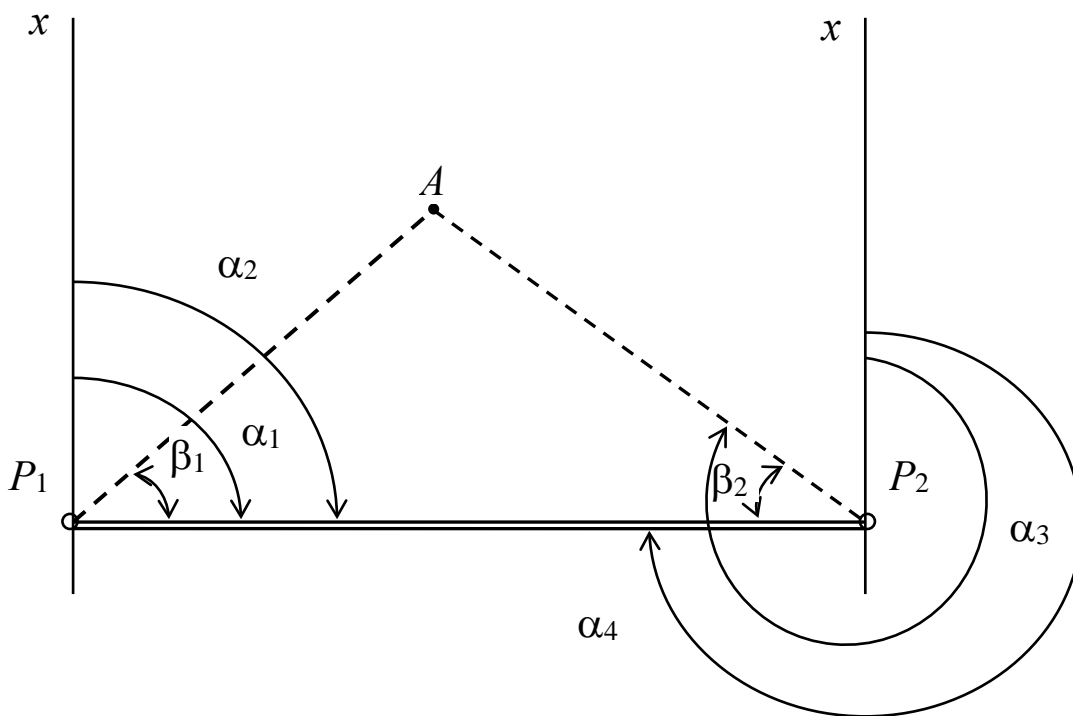


Рис. 4.10. Способ прямой угловой засечки при выполнении разбивочных работ

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют по разности дирекционных углов исходной стороны ($P_1 P_2$) и сторон ($P_1 A$) и ($A P_2$):

$$\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_2; \quad \beta_2 = \alpha_3 - \alpha_4.$$

Дирекционные углы сторон вычисляют из решения обратной геодезической задачи по известным координатам точек P_1 , P_2 и A .

Данный способ целесообразно применять для выноса точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов съемочного обоснования. В этом случае погрешность центрирования теодолита и фиксация точки выполняются сравнительно точно. Основными погрешностями являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования).

Способ применяют в случаях, когда доступ к пунктам съемочного обоснования затруднен, а визирование на них беспрепятственное.

В этом случае находят приближенное проектное положение выносимой точки (A) и фиксируют ее на местности (рис. 4.11).

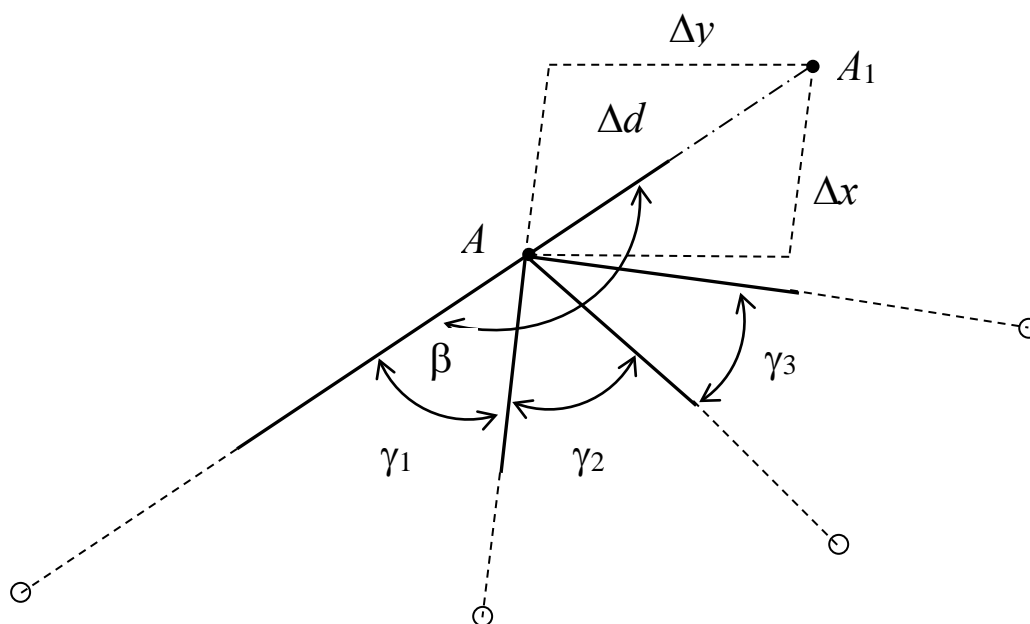


Рис. 4.11. Способ обратной угловой засечки (способ редуцирования)

Устанавливают теодолит и с требуемой точностью измеряют горизонтальные углы не менее чем на три исходных пункта

съемочного обоснования. По измеренным углам (γ) решают обратную геодезическую засечку и вычисляют координаты приближенно установленной точки. Полученные координаты сравнивают с проектными и по разности координат вычисляют величину смещения (редукции) точки в проектное положение. Отложив угол (β) и длину (Δd), фиксируют проектное положение выносимой точки (A_1).

Способ линейной засечки. Положение выносимой точки (A) на местности находят путем пересечения двух проектных длин линий (d_1 d_2), отложенных от исходных пунктов съемочного обоснования (P_1P_2) (рис. 4.12).

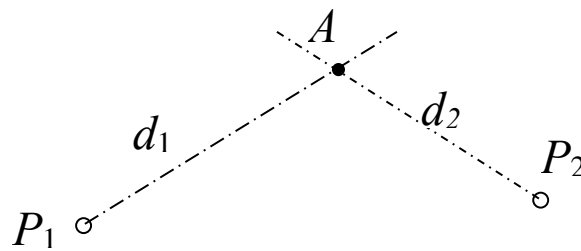


Рис. 4.12. Способ линейной засечки

Разбивку производят при помощи двух мерных приборов (рулетка, мерная лента). Расстояние от исходных точек до выносимой точки не должно превышать длины мерного прибора.

Способ перпендикуляров. Положение выносимой точки (A) на местности определяют путем отложения проектной длины (d_1) от створа исходных точек (P_1P_2) (рис. 4.13).

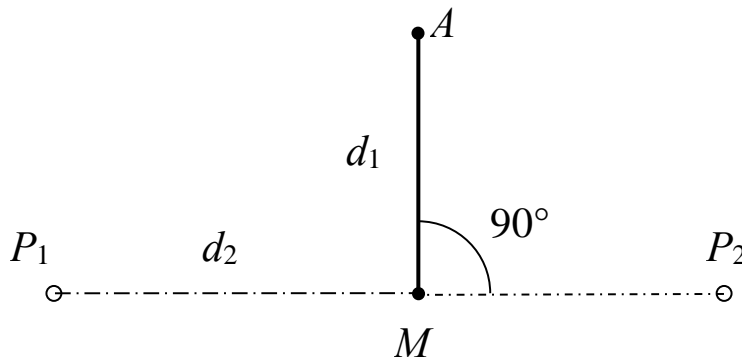


Рис. 4.13. Способ перпендикуляров

От одной из известных точек в створе линии откладывают проектную длину (d_2), устанавливают в точке (M) теодолит, от-

кладывают прямой угол от створа (P_1P_2) и выносят на расстояние (d_1) точку (A).

Целесообразно выбирать большее расстояние – по створу исходной стороны, а меньшее – по перпендикуляру. Для контроля положения выносимой точки измерения можно повторить от другого пункта.

4.7.3. Вынос центра и оси шахтного ствола в натуру

Для приобретения практических навыков по вопросам маркшейдерского обеспечения горно-строительных работ в программе учебной практики предусмотрено решение задачи по выносу с проекта в натуру центра и осей вертикального шахтного ствола.

Данную работу выполняет каждая бригада по исходным данным, полученным из результатов расчета координат пунктов полигона и проектных данных (координат центра ствола и дирекционного угла оси ствола).

Исходные данные: рис. 4.14, табл.4.9.

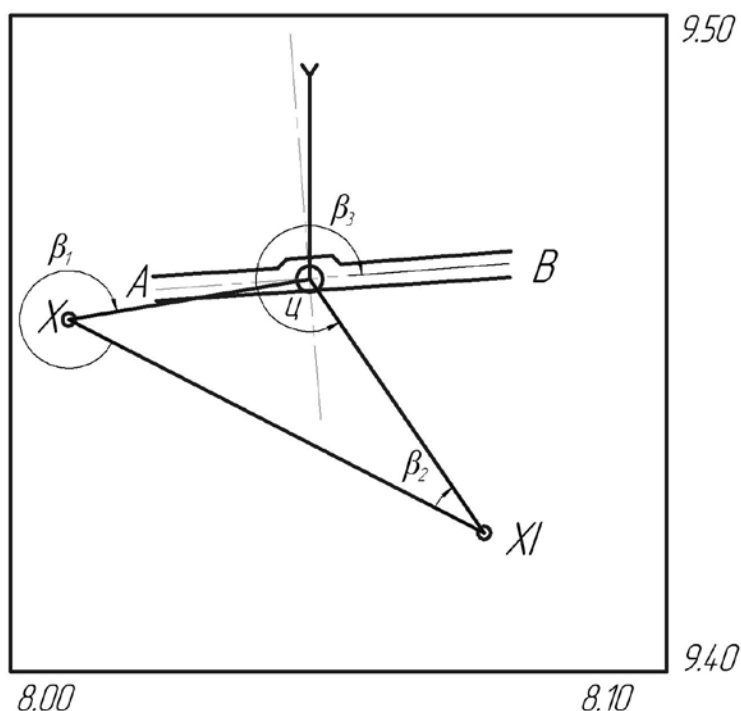


Рис. 4.14. Схема разбивки центра (ц. с.) и строительной оси ствола:

X, XI – пункты опорной маркшейдерской сети;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – разбивочные горизонтальные углы; AB – строительная ось ствола

Пункты опорной сети и их координаты бригада выбирает из закрепленного за ними полигона. Координаты центра ствола и дирекционный угол оси ствола выдаются преподавателем.

Таблица 4.9

Исходные данные

| Номера точек | Координаты, м | | | Направления | Дирекционный угол |
|--------------|---------------|----------|---------|-------------|-------------------|
| | X | Y | Z | | |
| X | 9453,755 | 8008,870 | 263,092 | | |
| XI | 9421,131 | 8071,764 | 265,784 | AB | 86°00'00" |
| ц. с. | 9460,000 | 8045,000 | 264,000 | | |

Пример решения задачи. Для вычисления разбивочных углов β_1, β_2 , (см. рис. 4.14) необходимо знать значения дирекционных углов $\alpha_{X-ц.с.}$ и $\alpha_{XI-ц.с.}$. Дирекционные углы указанных направлений определяют решением обратной геодезической задачи:

$$\alpha'_{X-ц.с.} = \arctg\left(\frac{Y_{ц.с.} - Y_X}{X_{ц.с.} - X_X}\right);$$

$$\alpha'_{X-ц.с.} = \arctg\left(\frac{8045,000 - 8008,870}{9460,000 - 9453,755}\right) = 80^\circ 11' 36'' \text{ (I четверть);}$$

$$\alpha_{X-ц.с.} = 80^\circ 11' 36'';$$

$$\alpha'_{XI-ц.с.} = \arctg\left(\frac{Y_{ц.с.} - Y_{XI}}{X_{ц.с.} - X_{XI}}\right);$$

$$\alpha'_{XI-ц.с.} = \arctg\left(\frac{8045,000 - 8071,764}{9460,000 - 9421,131}\right) = 34^\circ 33' 00'' \text{ (IV четверть);}$$

$$\alpha_{XI-ц.с.} = 360^\circ - 34^\circ 33' 00'' = 325^\circ 27' 00'';$$

$$\alpha_{ц.с.-XI} = \alpha_{XI-ц.с.} - 180^\circ = 325^\circ 27' 00'' - 180^\circ = 145^\circ 27' 00'';$$

$$\alpha'_{XI-X} = \arctg\left(\frac{Y_X - Y_{XI}}{X_X - X_{XI}}\right);$$

$$\alpha'_{XI-X} = \arctg\left(\frac{8008,870 - 8071,764}{9453,755 - 9421,131}\right) = 62^\circ 35' 01'' \text{ (IV четверть);}$$

$$\alpha_{\text{XI-X}} = 360^\circ - 62^\circ 35' 01'' = 297^\circ 24' 59'';$$

$$\alpha_{\text{X-XI}} = \alpha_{\text{XI-X}} - 180^\circ = 297^\circ 24' 59'' - 180^\circ = 117^\circ 24' 59''.$$

Разбивочные углы β_1, β_2 вычисляются по разности дирекционных углов направлений, составляющих искомый угол:

$$\beta_1 = \alpha_{\text{X-ц.с}} - \alpha_{\text{X-XI}}; \quad \beta_1 = 80^\circ 11' 36'' + 360^\circ - 117^\circ 24' 59'' = 322^\circ 46' 37'';$$

$$\beta_2 = \alpha_{\text{XI-ц.с}} - \alpha_{\text{XI-X}}; \quad \beta_2 = 325^\circ 27' 00'' - 297^\circ 24' 59'' = 28^\circ 02' 01'';$$

$$\beta_3 = \alpha_{\text{A-B}} - \alpha_{\text{ц.с-XI}}; \quad \beta_3 = 86^\circ 00' 00'' + 360^\circ - 145^\circ 27' 00'' = 300^\circ 33' 00''$$

Горизонтальное проложение $d_{\text{XI-ц.с}}$ вычисляется по следующей формуле:

$$d_{\text{XI-ц.с}} = \frac{\Delta Y_{\text{XI-ц.с}}}{\sin \alpha_{\text{XI-ц.с}}} = \frac{\Delta X_{\text{XI-ц.с}}}{\cos \alpha_{\text{XI-ц.с}}};$$

$$d_{\text{XI-ц.с}} = \frac{-26,764}{\sin 325^\circ 27' 00''} = 47,192 \quad \text{м};$$

$$d_{\text{XI-ц.с}} = \frac{38,869}{\cos 325^\circ 27' 00''} = 47,192 \quad \text{м};$$

$$d_{\text{XI-ц.с.}} = 47,192 \quad \text{м}.$$

Наклонная длина $l_{\text{XI-ц.с}}$ вычисляется по формуле

$$l_{\text{XI-ц.с}} = \sqrt{d_{\text{XI-ц.с}}^2 + (Z_{\text{XI}} - Z_{\text{ц.с}})^2};$$

$$l_{\text{XI-ц.с}} = \sqrt{(47,192)^2 + (265,784 - 264,000)^2} = 47,226 \quad \text{м};$$

$$d_{\text{X-ц.с}} = \frac{\Delta Y_{\text{X-ц.с}}}{\sin \alpha_{\text{X-ц.с}}} = \frac{\Delta X_{\text{X-ц.с}}}{\cos \alpha_{\text{X-ц.с}}};$$

$$d_{\text{X-ц.с}} = \frac{36,130}{\sin 80^\circ 11' 36''} = 36,666 \quad \text{м};$$

$$d_{X-ц.с} = \frac{6,245}{\cos 80^{\circ}11'36''} = 36,666 \text{ м};$$

$$d_{X-ц.с} = 36,666 \text{ м};$$

$$l_{X-ц.с} = \sqrt{d_{X-ц.с}^2 + (Z_X - Z_{ц.с.})^2};$$

$$l_{X-ц.с} = \sqrt{(36,666)^2 + (263,092 - 264,000)^2} = 36,677 \text{ м}.$$

На точке XI с помощью теодолита от направления XI – X откладывают угол β_2 (см. рис. 4.14) при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП). В результате (при наличии в приборе коллимационной ошибки) с точки XI откладывают два направления, каждое из которых закрепляют двумя вешками. Вешки 1, 2, 3, 4 устанавливают приблизительно в районе центра ствола (с точностью до 10 м) (рис. 4.15).

Среднее направление с точки XI на точку ц.с закрепляют вешками 5 и 6 в серединах отрезков 1-3 и 2-4 соответственно. По среднему направлению от точки XI откладывают длину $l_{XI-ц.с}$. Центр ствола закрепляют кольшком.

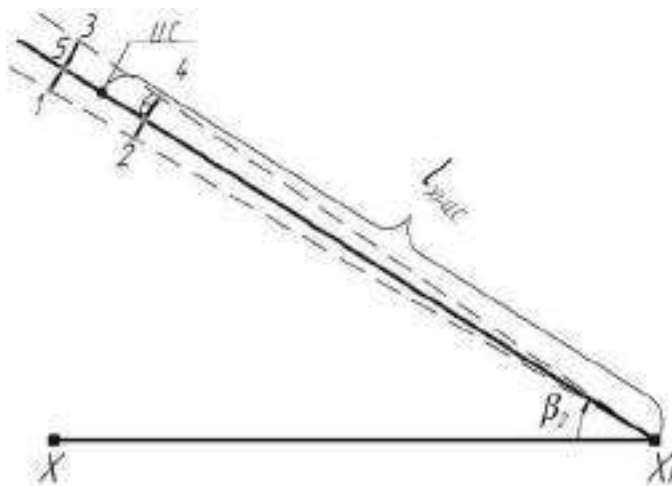


Рис. 4.15. Схема выноса центра ствола в натуру

Направление главной оси ствола АВ определяют отложением разбивочного угла β_3 от направления ц.с – XI (см. рис. 4.14). Вспомогательную ось разбивают под углом 90° к главной оси. Направления осей закрепляют постоянными центрами (на учебной практике кольями).

5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В ШАХТЕ

5.1. Создание подземной маркшейдерской опорной сети

Подземные маркшейдерские опорные сети являются геометрической основой для выполнения съемок горных выработок и решения горно-геометрических задач, связанных с обеспечением правильной и безопасной разработки месторождений полезных ископаемых.

Подземные опорные сети состоят из полигонометрических ходов, прокладываемых, как правило, по вскрывающим и подготовительным выработкам.

Программой учебной маркшейдерской практики предусматривается прокладка полигонометрического хода, являющегося одновременно соединительным ходом между шахтными стволами при ориентировании маркшейдерской сети через два вертикальных ствола.

Высоты пунктов определяют геометрическим нивелированием.

5.1.1. Рекогносцировка и закрепление пунктов подземной полигонометрии

Перед прокладкой подземного полигонометрического хода в намеченном участке проводят рекогносцировку с целью выбора места расположения пунктов. При этом учитывают безопасность производства съемки, удобство установки инструмента при измерении углов и длин и сохранность пунктов.

Пункты подземных маркшейдерских опорных сетей в зависимости от срока их существования и способа закрепления разделяют на постоянные и временные. Постоянные пункты закладывают в устойчивых коренных породах подошвы и кровли выработки, а также в бетонной крепи или фундаментах стационарных установок.

Центры временных знаков закрепляются в верхняках дверных окладов, на болтах или деревянных клиньях, пробках, забитых в шпур.

Все пункты должны быть пронумерованы. Порядок нумерации определяет руководитель практики, на производстве – главный маркшейдер.

При выборе расстояний между пунктами необходимо стремиться к тому, чтобы стороны хода были примерно равными и по возможности не менее 20 м.

Для облегчения отыскания пунктов на стенке выработки указывают их номера масляной краской.

5.1.2. Измерение углов

Углы в подземных полигонометрических ходах измеряют теодолитами, обеспечивающими среднюю квадратическую погрешность не более 20". Способ и точность центрирования теодолита и сигналов зависят от длины сторон:

| | |
|---|---------|
| Автоматическое центрирование, м | 5 – 10 |
| Оптическое или двукратное центрирование отвесом (с измерением угла при каждом центрировании), м | 10 – 20 |
| Однократное центрирование теодолита шнуровым отвесом, м | > 20 |

В случае применения шнурового отвеса для центрирования должны быть приняты меры по ограждению отвеса от влияния воздушной струи.

Углы (левые по ходу) в полигонометрических ходах измеряют двумя приемами. Расхождение углов между приемами не должно превышать $1,5t$ инструмента (теодолита), но $\leq 45''$, где t – точность инструмента (теодолита).

На узловых точках измерение углов производят способом круговых приемов.

Результаты измерений записывают в журнал угловых и линейных измерений.

5.1.3. Измерение длин сторон

Длины сторон в полигонометрических ходах измеряют стальными компарированными рулетками, электронными тахеометрами. Линейные измерения выполняют, как правило, одновременно с угловыми.

При измерении линий рулетками стороны разбивают на интервалы, несколько меньшие, чем длина рулетки. Отклонение концов интервалов от створа при минимальной их длине 10 м не должно превышать 10 см. Длины измеряют «на весу» с постоянным натяжением рулетки, равным натяжению при компарировании (10 кгс), которое фиксируется динамометром. С целью непосредственного измерения горизонтальных длин на отвесах, размечающих створ линии, с помощью теодолита или нивелира отмечают горизонт инструмента. Отсчеты по рулетке берут на уровне горизонта инструмента. Производят измерение температуры воздуха в горной выработке.

Стороны измеряют в прямом и обратном направлениях. Разрешается измерить линии в одном направлении со смещением промежуточных отвесов.

При измерении длин линий электронными тахеометрами используют трехштативную систему (с переменной мест отражателя и тахеометра). Длину измеряют двумя приемами.

Расхождение между двумя измерениями линий не должно превышать 1:3000 длины стороны [1].

Результаты измерений записывают в журнал угловых и линейных измерений.

5.1.4. Съёмка подробностей

Одновременно с измерением длин производится съёмка подробностей, включающая съёмку контуров горных выработок, геологических нарушений, элементов крепи, характерных объектов и т. п. Съёмка ведется ординатным способом с точностью до ± 5 см. На точках стояния теодолита и в характерных точках горной выработки измеряют расстояния до стенок выработки и ее высоту.

5.1.5. Камеральная обработка результатов измерений подземных маркшейдерских опорных сетей

Камеральную обработку начинают с предварительной обработки результатов измерений, в которую входят: контроль вычислений в журналах угловых и линейных измерений; вычис-

ление длин линий и поправок к ним; вычисление угловых и линейных невязок и уравнивание (распределение невязок).

Угловая невязка в опорных сетях не должна превышать величин:

$$f_{\beta} = 2m_{\beta}\sqrt{n} = 40''\sqrt{n} \text{ – в замкнутых полигонах;}$$

$$f_{\beta} = 2m_{\beta}\sqrt{n_1 + n_2} = 40''\sqrt{n_1 + n_2} \text{ – в висячих полигонах,}$$

пройденных дважды (в прямом и обратном направлениях);

$$f_{\beta} = 2\sqrt{2m_{\alpha}^2 + nm_{\beta}^2} \text{ – в полигонах, проложенных между гиросторонами,}$$

где

$m_{\beta} = 20''$ – средняя квадратическая погрешность измерения углов, m_{α} – средняя квадратическая погрешность определения дирекционных углов гиросторон; n – число углов полигонометрического хода; $(n_1 + n_2)$ – число углов в прямом и обратном направлениях соответственно.

Если угловая невязка хода в пределах допустимой, она распределяется с обратным знаком поровну на все углы. После исправления углов приступают к вычислению дирекционных углов сторон хода, решая прямую геодезическую задачу.

В измеренные металлической рулеткой длины линий вводят поправки за компарирование, температуру, провес и наклон линии.

Поправки за приведение к поверхности референц-эллипсоида вводят при высотных отметках более + 200 м, а поправки за приведение на плоскость проекции Гаусса вводят при удалении от осевого меридиана более 50 км. Поправки выбирают из специальных таблиц [1] или вычисляют по формулам [2].

По вычисленным дирекционным углам сторон полигонометрического хода и обработанным длинам вычисляют приращения координат.

Линейная относительная невязка (невязка в приращениях координат) в замкнутых полигонах не должна превышать 1:3000 длины хода, в разомкнутых и дважды пройденных – 1:2000.

Допустимые линейные невязки распределяют в приращениях координат пропорционально длине каждой линии с обратным знаком. По исправленным приращениям вычисляют координаты пунктов полигонометрического хода. Пример вычисления координат пунктов подземного хода приводится в главе «Ориентирно-соединительная съемка подземной маркшейдерской опорной сети».

5.2. Ориентирно-соединительная съемка подземных маркшейдерских опорных сетей

5.2.1. Общие положения

Ориентирно-соединительная съемка является чисто маркшейдерской задачей, в результате которой должны быть найдены плановые координаты (X и Y) первого пункта (центрирование сетей) и дирекционный угол (α) первой стороны (ориентирование сети) подземных маркшейдерских опорных сетей в системе координат, принятой на земной поверхности.

Практическое значение ориентировки весьма велико. Без надлежащей ориентировки не может быть безопасного и технически правильного ведения горных работ. Ориентировка, как это принято называть у маркшейдеров-производственников, является основой решения ответственных задач практической маркшейдерии.

В маркшейдерии на всех этапах ее развития уделялось особое внимание вопросам ориентирования, поскольку составление планов земной поверхности горного предприятия и планов подземных горных работ в единой системе координат обеспечивает взаимное совмещение как всей съемки в целом, так и отдельных ее частей. Такое совмещение позволяет определить местоположение любого участка подземных горных работ относительно земной поверхности. Точность определения положения подземных выработок зависит от точности способов ориентирования.

В зависимости от схемы вскрытия месторождения различают три основных вида ориентировки: через один вертикальный ствол; через два вертикальных ствола, соединенных между собой горными выработками на ориентируемом горизонте; через наклонный ствол или штольню.

Последний вид ориентировки не требует особых комментариев и выполняется известными методами геодезии – прокладка разомкнутых теодолитных ходов. Особое внимание заслуживает ориентировка через вертикальные стволы.

Современная маркшейдерия поставленные задачи решает двумя способами: геометрическим и гироскопическим ориентированием [1].

Учитывая ответственность указанных видов работ, в Инструкции [1] предусматривают двукратное независимое ориентирование, выполненное одним или разными методами.

Расхождение в результатах ориентирования одной и той же стороны не должно превышать 3'. За окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух результатов.

Гироскопический способ ориентирования рекомендуется применять во всех случаях. В этом случае среднеквадратическая погрешность не должна превышать $\pm 30''$.

Геометрическое ориентирование применяют при глубине шахтного ствола не более 500 м.

Центрирование сети, передача плановых координат в шахту через вертикальный ствол выполняют как при гироскопическом, так и при геометрическом ориентировании с помощью отвесов.

Координаты отвесов на земной поверхности определяют от опорных геодезических сетей проложением подходного полигона. Количество сторон от исходных пунктов до отвесов – не более трех.

Расхождение в положении пункта подземной опорной сети между двумя независимыми передачами не должно превышать 5 см при $H < 500$ м и величины $0,01H$, см, при $H > 500$ м, где H – глубина ствола, м. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух передач.

В программе учебной практики предусмотрено ориентирование через один и два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса.

5.2.2. Ориентирование через один вертикальный шахтный ствол с использованием гирокомпаса

При ориентировании данным способом задачи центрирования (передача координат) и ориентирования (определение дирекционного угла) подземной опорной сети решаются отдельно.

Передача координат в шахту осуществляется с помощью одного отвеса, а определение дирекционного угла одной из сторон в шахте – гироскопическим ориентированием.

Выполнение работ производится в следующей последовательности:

- 1) проектирование точки с поверхности в шахту с помощью отвеса;
- 2) примыкание к отвесу на поверхности и в шахте;
- 3) гироскопическое ориентирование стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте;
- 4) вычисление координат первых двух пунктов подземного теодолитного хода (подземной маркшейдерской опорной сети).

Перед началом ориентировки руководитель производит осмотр шахтного ствола, намечает места расположения отвеса, оборудования, инструментов и распределяет обязанности между студентами.

Перед опусканием отвеса и установкой оборудования производят перекрытие ствола. Перекрытие ствола начинают с нулевой площадки копра. В это время всех людей на ориентируемом горизонте удаляют от ствола. Перекрытие должно быть прочным и сплошным, чтобы в процессе работы не могли провалиться вниз мелкие инструменты, камни, сор и т. д.

В перекрытии прорубается одно небольшое отверстие для пропуска отвеса. После этого наверху людей удаляют от ствола, и они устанавливают оборудование. В это время производится перекрытие ствола на ориентируемом горизонте. При установке перекрытия в стволе работают только в специальных предохранительных поясах при самой строгой страховке. Между поверхностью и ориентируемым горизонтом заранее условливаются о сигнализации по спуску и подъему отвеса, о начале и окончании работ. Обычно сохраняется система сигнализации, принятая для шахтного подъема, и постоянная телефонная связь.

Для спуска и закрепления отвесов применяют следующее оборудование: ручные лебедки с намотанной на барабаны проволокой необходимой длины; блоки; центрировочные пластины; комплекты грузов; сосуды для успокоителя отвеса.

После установки всего оборудования приступают к спуску отвеса. Для этого к концу проволоки подвешивают небольшой груз весом 2-3 кг и медленно спускают в ствол. Во время спуска отвеса людей на ориентируемом горизонте следует удалить от ствола. Ответственный за ориентировку на поверхности при спуске отвеса пропускает проволоку «через руку» с целью обнаружения ее изгибов (барашков). Спуск проволоки производится со скоростью 1 м/с с периодическими остановками для предот-

вращения сильного раскачивания отвеса. Когда груз опустится до ориентируемого горизонта, малый груз осторожно снимают, удерживая руками проволоку в натянутом состоянии, и навешивают подставку (грузодержатель), на которую устанавливают рабочий груз. Для более быстрого успокоения качаний отвес погружают в бак-успокоитель, не касаясь дна (бак, наполненный водой с древесными опилками).

После успокоения отвеса проверяют, не касается ли он стенок ствола или оборудования, расположенного в стволе. Проверка осуществляется посылкой «почты» с поверхности в шахту.

Для этого на проволоку отвеса на поверхности надевают кольцо диаметром 2 – 3 см, изготовленное из мягкой проволоки, и опускают его по проволоке отвеса в шахту. Если кольцо, не задерживаясь, доходит до груза, предполагают, что отвес висит в стволе свободно. Для надежного контроля по каждому отвесу спускают два – три кольца.

Проверка отвесов является ответственным моментом проектирования, поэтому ее производят обязательно.

На рис. 5.1 показана схема ориентировки через один ствол «Вспомогательной» шахты «Южная» Березовского РУ подземных маркшейдерских опорных сетей гор. 262 м, и далее приведены порядок, методика измерений и пример вычислений координат пунктов первой стороны.

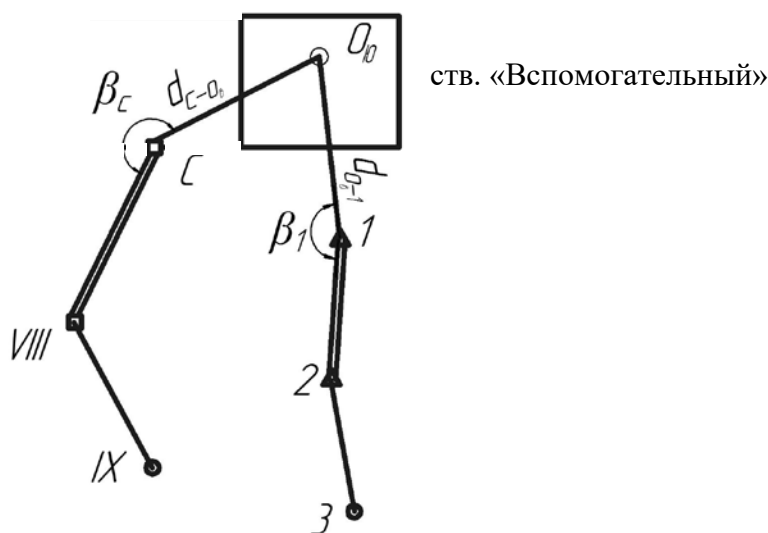


Рис. 5.1. Схема ориентировки через один вертикальный ствол с использованием гирокомпаса

Исходные данные:

$$X_{\text{VIII}} = 9736,892; Y_{\text{VIII}} = 47338,549; \alpha_{\text{VIII-C}} = 289^{\circ}46'04'' .$$

Координаты точки VIII и дирекционный угол стороны $\alpha_{\text{VIII-C}}$ берутся из ведомости расчета координат полигона на поверхности (см. табл. 4.3).

Дирекционный угол первой стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте (гироскопическое ориентирование)

$$\alpha_{2-1} = 270^{\circ}31'35'' + N^{\circ} + N' + N'' ,$$

где N – номер варианта для индивидуального расчета.

Методика и порядок измерений:

В точке примыкания C на земной поверхности и в точке 1 на ориентируемом горизонте поочередно, вначале в шахте, а затем на поверхности, измеряют:

на земной поверхности – горизонтальный угол β_C , горизонтальные расстояния $d_{\text{VIII-C}}, d_{\text{C-OB}}$;

на ориентируемом горизонте – горизонтальный угол β_1 , горизонтальное расстояние $d_{\text{OB-1}}$.

Измерение углов теодолитом типа Т5 производят тремя приемами. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из приемов.

Измерение длин производится металлической рулеткой пять раз с точностью отсчета 1 мм. Расхождения между результатами измерений не должны превышать 2 мм. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из пяти измерений. Углы и длины могут быть измерены.

Вычисление координат пунктов 1 и 2 первой стороны подземных маркшейдерских опорных сетей (табл. 5.1):

1) вычислим координаты отвеса на поверхности:

$$X_{\text{OB}}^{\text{II}} = X_{\text{VIII}} + d_{\text{VIII-C}} \cdot \cos \alpha_{\text{VIII-C}} + d_{\text{C-OB}} \cdot \cos \alpha_{\text{C-OB}} ;$$

$$Y_{\text{OB}}^{\text{II}} = Y_{\text{VIII}} + d_{\text{VIII-C}} \cdot \sin \alpha_{\text{VIII-C}} + d_{\text{C-OB}} \cdot \sin \alpha_{\text{C-OB}} ,$$

где $X_{\text{VIII}}, Y_{\text{VIII}}, \alpha_{\text{VIII-C}}$ из табл. 4.3.

$$\alpha_{\text{C-OB}} = \alpha_{\text{VIII-C}} + \beta_C - 180^{\circ} ;$$

2) вычислим координаты точки 1 в шахте:

Таблица 5.1

**Вычисление ориентировки через один вертикальный ствол
с использованием гироскопического ориентирования**

| Точки | | Горизонтальное
проложение,
м | Горизонтальные
углы | Дирекционные углы | Приращения, м | | Координаты | | Номер
точки |
|---------|------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------|------------|------------|----------|----------------|
| стояния | наблюдения | | | | ΔY | ΔX | Y | X | |
| VIII | | 24,772 | | 289°46'04" | | | 47338,549 | 9736,892 | VIII
С |
| | С | | | | | | 47315,237 | 9745,270 | |
| С | VIII | 6,658 | 196°40'15" | 306°26'19" | -5,356 | +3,954 | 47309,881 | 9750,940 | Об |
| | Об | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 2 | | | | 270°31'35" | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 8,623 | 172°06'34" | 262°38'09" | | | 47309,881 | 9749,224 | Об |
| | Об | | | | | | | | |
| Об | | 8,623 | | 82°38'09" | 8,552 | -0,105 | 47318,433 | 9750,329 | 1 |
| | 1 | | | | | | | | |
| 1 | Об | 43,244 | 187°53'26" | 90°31'35" | 43,242 | -0,397 | 47361,675 | 9749,932 | 2 |
| | 2 | | | | | | | | |

$$X_1 = X_{OB}^{\text{III}} + d_{OB-1} \cdot \cos \alpha_{OB-1};$$

$$Y_1 = Y_{OB}^{\text{III}} + d_{OB-1} \cdot \sin \alpha_{OB-1},$$

где $X_{OB}^{\text{III}} = X_{OB}^{\text{II}}$; $Y_{OB}^{\text{III}} = Y_{OB}^{\text{II}}$;

$$\alpha_{OB-1} = \alpha_{1-OB} + 180^\circ;$$

$$\alpha_{1-OB} = \alpha_{2-1} + \beta_1 - 180^\circ;$$

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} + 180^\circ;$$

α_{1-2} определяют гироскопическим ориентированием;

3) вычислим координаты точки 2 в шахте:

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2};$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Результаты вычисления приведены в табл. 5.1.

Для контроля выполняют сдвиг отвеса Пв, вторичное при-
мыкание к отвесу и повторный расчет координат точек 1 и 2.

5.2.3. Ориентирование через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса

При ориентировке через два вертикальных ствола геометрическую связь между съемками на земной поверхности и в шахте осуществляют с помощью двух отвесов. В каждый из стволов опускают по одному отвесу.

Ориентирно-соединительная съемка через два вертикальных ствола состоит из следующих операций: 1) проектирования точек с поверхности на ориентируемый горизонт горных работ; 2) примыкания к отвесам на поверхности и в шахте; 3) вычисления координат пунктов подземного теодолитного хода (опорных сетей).

На рис. 5.2 приведена схема ориентировки через стволы «Южный» и «Вспомогательный» шахты «Южная» Березовского РУ.

Подготовительные работы, включающие перекрытие ствола, расположение отвесов в стволе, место установки оборудования и инструментов, аналогичны в случае ориентировки через один вертикальный ствол.

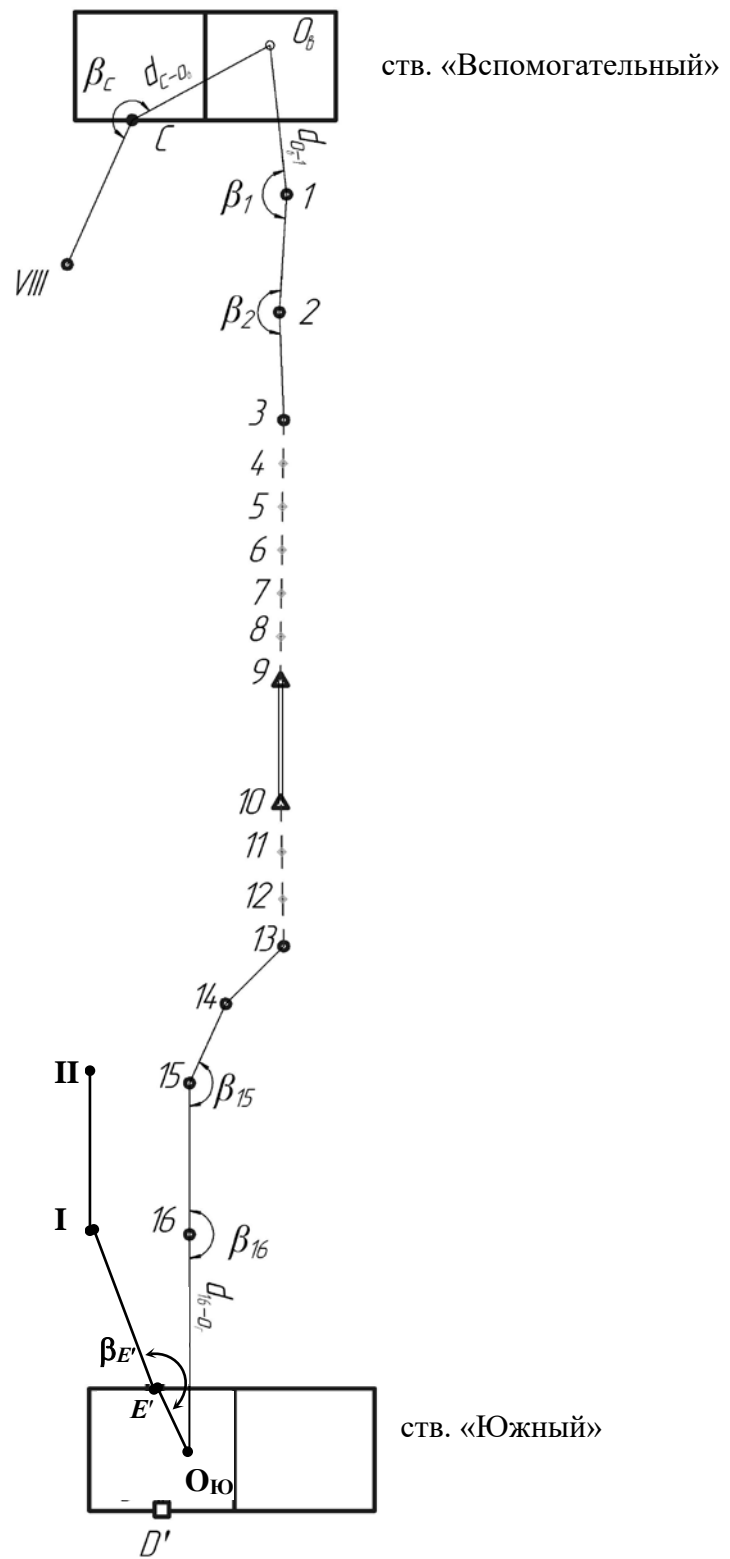


Рис. 5.2. Схема ориентировки через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса

Проектирование координат с земной поверхности на ориентируемый горизонт (центрирование сети) производят с помощью отвесов через каждый ствол поочередно.

На земной поверхности от пунктов опорной сети с известными координатами $X_{E'}$, $Y_{E'}$, X_{VIII} , Y_{VIII} (см. табл. 4.3) измеряют углы и расстояния для определения координат отвесов $O_B, O_{Ю}$.

В шахте на ориентируемом горизонте проходится соединительный теодолитный ход между стволами. На примычных точках 1 и 16 измеряются углы и длины до отвесов $O_B; O_{Ю}$.

Углы измеряют теодолитом или тахеометром тремя приемами. За окончательный результат принимают среднее арифметическое.

Длины измеряют металлической рулеткой пять раз с точностью отсчета 1 мм. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение, длина может быть измерена электронными приборами с относительной погрешностью 1:3000. *Исходные данные:* $X_{O_B} = 9749,224$; $Y_{O_B} = 47309,881$ (берутся из ориентировки через один ствол), (см. табл. 5.1).

$$X_{E'} = 9704,249; \quad Y_{E'} = 48050,952; \quad d_{E'-O_{Ю}} = 8,930 \text{ м};$$

$$\alpha_{I-E'} = 88^{\circ}13'23'' \text{ (см. табл. 4.3); } \quad \alpha_{10-9} = 272^{\circ}53'35'' + N^0 + N' + N'',$$

где N – номер варианта для индивидуального расчета;

α_{10-9} – дирекционный угол стороны подземного теодолитного хода на ориентируемом горизонте (гироскопическое ориентирование).

Требуется определить: координаты пунктов соединительного теодолитного хода в шахте (опорные сети). Расчет дирекционных углов в шахте ведется от стороны, дирекционный угол которой определен гироскопическим ориентированием (α_{10-9}) в сторону отвеса O_B и в сторону отвеса $O_{Ю}$. Приведем расчет координат от отвеса O_B , приняв значение его координат, полученных на поверхности.

Решение:

1. Координаты отвеса на поверхности:

$$X_{O_{Ю}}^n = X_{D'} + d_{O_{Ю}-D'} \cdot \cos \alpha_{O_{Ю}-D'};$$

$$Y_{O_{Ю}}^n = Y_{D'} + d_{O_{Ю}-D'} \cdot \sin \alpha_{O_{Ю}-D'}.$$

2. Вычисление дирекционных углов соединительного теодолитного хода в шахте от стороны 10-9 (α_{10-9}):

$$\alpha_{9-8} = \alpha_{10-9} + \beta_9 - 180^0; \dots; \alpha_{1-0B} = \alpha_{2-1} + \beta_1 - 180^0;$$

$$\alpha_{10-11} = \alpha_{9-10} - \beta_{10} + 180^0; \dots; \alpha_{16-0\Gamma} = \alpha_{15-16} + \beta_{16} - 180^0.$$

3. Координаты пунктов хода в шахте от отвеса O_B , в том числе $O_{Ю}$:

$$X_1 = X_{O_B} + d_{O_B-1} \cdot \cos \alpha_{O_B-1};$$

$$Y_1 = Y_{O_B} + d_{O_B-1} \cdot \sin \alpha_{O_B-1};$$

$$X_{O_{Ю}}^{III} = X_{16} + d_{16-0\Gamma} \cdot \cos \alpha_{16-0\Gamma};$$

$$Y_{O_{Ю}}^{III} = Y_{16} + d_{16-0\Gamma} \cdot \sin \alpha_{16-0\Gamma}.$$

4. Линейная невязка определяется сравнением координат отвеса $O_{Ю}$ на поверхности и в шахте:

$$X_{O_{Ю}}^{II} - X_{O_{Ю}}^{III} = \Delta X;$$

$$Y_{O_{Ю}}^{II} - Y_{O_{Ю}}^{III} = \Delta Y.$$

Уравнение:

$$\frac{\Delta X}{P} \cdot d_i; \frac{\Delta Y}{P} \cdot d_i; \quad \text{где } P = \sum d_i.$$

Результаты вычислений приведены в табл. 5.2.

Для контроля отвес $O_{Ю}$ сдвигается и выполняется повторное примыкание и повторный расчет координат точек 1, 2, 3, ..., 16.

Таблица 5.2

Вычисление ориентировки через два вертикальных ствола с использованием гирокомпаса

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | Дирекционные углы | Приращения, м | | Координаты, м | | Номер точки |
|-----------|----------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|------------|---------------|----------|----------------------|
| стояния | наблюдения | | | | ΔY | ΔX | Y | X | |
| <i>I</i> | <i>E'</i> | | | 88°13'23" | | | 48050,952 | 9704,279 | <i>E'</i> |
| <i>E'</i> | <i>I</i> | 8,930 | 178°57'28" | 87°10'51" | 8,919 | 0,439 | 48059,871 | 9704,718 | <i>O_ю</i> |
| | <i>O_ю</i> | | | | | | | | |
| 10 | 9 | 60,937 | | 272°53'35" | | | 47750,907 | 9732,300 | 9 |
| 9 | 10 | 61,888 | 180°03'00" | 272°56'35" | -61,806 | 3,178 | 47689,100 | 9735,478 | 8 |
| | 8 | | | | | | | | |
| 8 | 9 | 53,136 | 180°30'00" | 273°26'35" | -53,040 | 3,191 | 47636,060 | 9738,669 | 7 |
| | 7 | | | | | | | | |
| 7 | 8 | 62,835 | 179°24'52" | 272°51'27" | -62,757 | 3,132 | 47573,303 | 9741,801 | 6 |
| | 6 | | | | | | | | |
| 6 | 7 | 79,676 | 180°37'45" | 273°29'12" | -79,529 | 4,846 | 47493,775 | 9746,647 | 5 |
| | 5 | | | | | | | | |
| 5 | 6 | 54,053 | 179°57'00" | 273°26'12" | -53,956 | 3,240 | 47439,819 | 9749,887 | 4 |
| | 4 | | | | | | | | |
| 4 | 5 | 50,444 | 175°47'38" | 269°13'50" | -50,439 | -0,677 | 47389,380 | 9749,210 | 3 |
| | 3 | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 27,714 | 182°15'45" | 271°29'35" | -27,705 | 0,722 | 47361,675 | 9749,932 | 2 |
| | 2 | | | | | | | | |
| 2 | 3 | 43,244 | 179°02'00" | 270°31'35" | -43,242 | 0,397 | 47318,433 | 9750,329 | 1 |
| | 1 | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 8,623 | 172°06'34" | 262°38'09" | -8,852 | -1,105 | 47309,881 | 9749,224 | <i>O_в</i> |
| | <i>O_в</i> | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 5.2

| Точки | | Горизонтальные проложения, м | Горизонтальные углы | Дирекционные углы | Приращения, м | | Координаты, м | | Номер точки |
|---------|------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|------------|---------------|----------|-------------|
| стояния | наблюдения | | | | ΔY | ΔX | Y | X | |
| | | | | | | | | | |
| 10 | 9 | 65,885 | 180°21'45" | 93°15'20" | 65,779 | -3,742 | 47877,545 | 9725,483 | 11 |
| | 11 | | | | | | | | |
| 11 | 10 | 50,275 | 177°04'00" | 90°19'20" | 50,274 | -0,283 | 47927,819 | 9725,200 | 12 |
| | 12 | | | | | | | | |
| 12 | 11 | 52,442 | 177°31'53" | 87°51'13" | 52,405 | 1,964 | 47980,224 | 9727,164 | 13 |
| | 13 | | | | | | | | |
| 13 | 12 | 24,158 | 240°46'30" | 148°37'43" | 12,576 | -20,626 | 47992,800 | 9706,538 | 14 |
| | 14 | | | | | | | | |
| 14 | 13 | 26,450 | 125°17'15" | 93°54'58" | 26,388 | -1,806 | 48019,188 | 9704,732 | 15 |
| | 15 | | | | | | | | |
| 15 | 14 | 34,886 | 177°58'18" | 91°53'16" | 34,867 | -1,149 | 48054,055 | 97,03583 | 16 |
| | 16 | | | | | | | | |
| 16 | 15 | 5,640 | 166°19'18" | 78°12'34" | 5,521 | 1,152 | 48059,576 | 9704,735 | Ою |
| | Ою | | | | | | | | |

$$\sum d_i = 762,286$$

$$f_Y = 0,295; f_X = 0,017$$

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,09 + 0,003} \approx 0,3$$

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{\sum d_i} = \frac{0,3}{762,286} \leq \frac{1}{3000}$$

5.2.4. Анализ результатов ориентировок

По результатам выполненных ориентировок через один и два вертикальных шахтных ствола проводят сравнительный анализ результатов расчета координат пунктов подземных маркшейдерских опорных сетей.

Каждый студент анализирует результаты своих расчетов, должен изложить свою точку зрения на качество выполненных работ и, руководствуясь Инструкцией [1], сделать выводы о целесообразности применения того или иного способа ориентирования в условиях, имеющих место на учебной практике.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПУНКТОВ ПОДЗЕМНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ

6.1. Общие положения

Вертикальная съемка – совокупность измерений и вычислений, в результате которых определяются высотные отметки (координата Z) отдельных точек. Исходными данными для построения высотной сети на поверхности шахты являются реперы государственного нивелирования не ниже IV класса.

Определение высотных отметок пунктов подземной маркшейдерской сети состоит из следующих этапов: а) геометрическое нивелирование на поверхности от реперов III или IV класса до устья ствола; б) передача высотной отметки в шахту; в) техническое нивелирование в горных выработках.

Программой учебной маркшейдерской практики предусмотрено выполнение следующих видов работ: а) передача высотной отметки через вертикальный ствол шахты длиномером (глубиномером) ДА-2 и шахтной лентой; б) техническое нивелирование пунктов маркшейдерской опорной сети в шахте; в) нивелирование транспортных путей.

Передачу высот в горные выработки производят независимо дважды. Допустимые расхождения между двумя независимыми передачами высот по вертикальным выработкам определим по формуле [1], м

$$\Delta Z = 0,0003H,$$

где H – глубина шахтного ствола, м.

При допустимых расхождениях за окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух определений.

6.2. Передача высотной отметки в шахту дальномером (глубиномером) ДА-2

Передачу высотной отметки с земной поверхности в шахту дальномером ДА-2 выполняют в следующей последовательности:

1. На верхней приемной площадке вблизи шахтного ствола (рис. 6.1) устанавливают дальномер. Над стволом закрепляют направляющий блок.

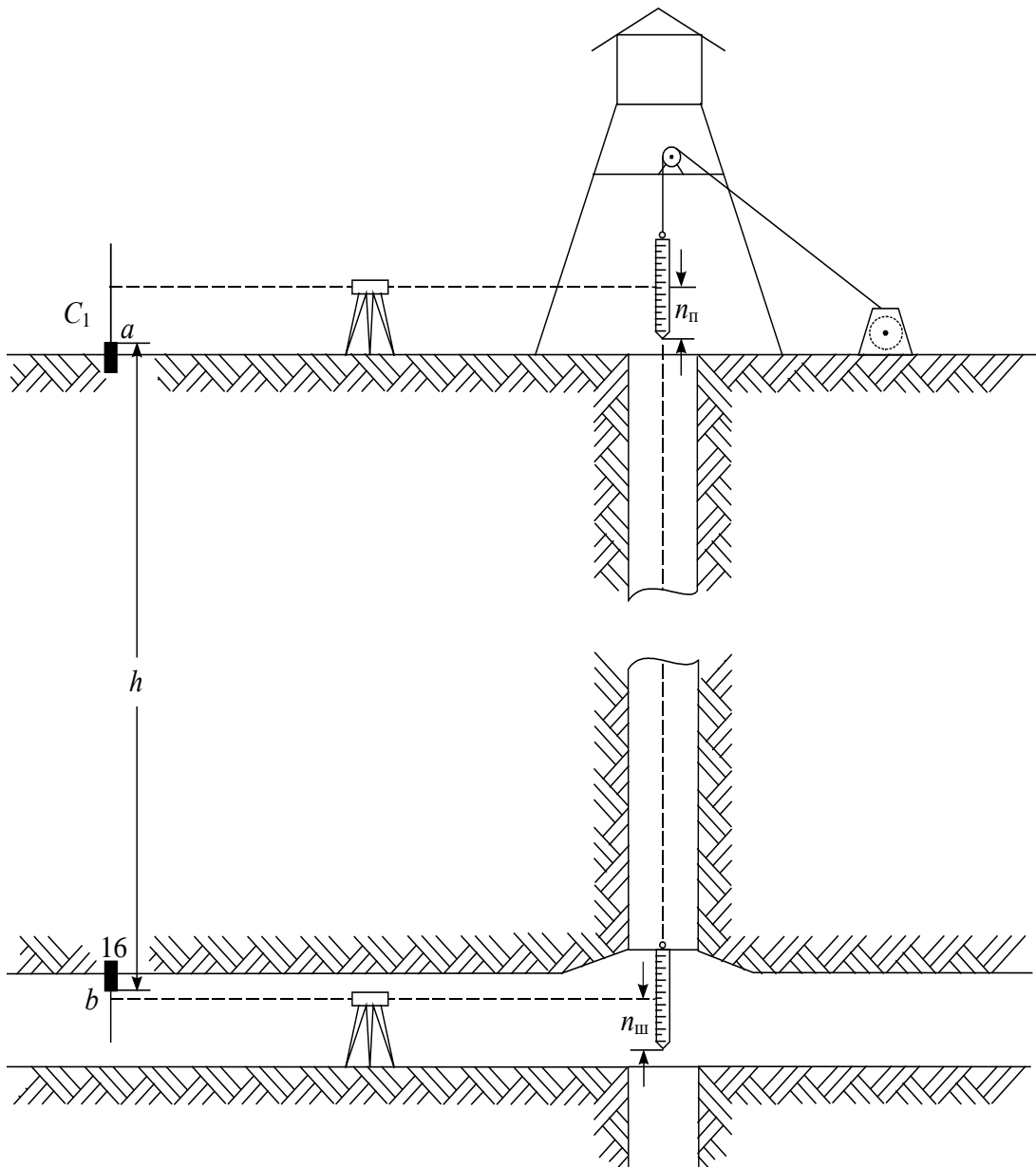


Рис. 6.1. Схема передачи высотной отметки в шахту дальномером (глубиномером) ДА-2

Длиномер ДА-2 представляет собой лебедку, на оси которой насажены барабан для наматывания проволоки и мерный диск, снабженный счетным механизмом.

2. На уровне визирного луча нивелира на конец проволоки крепят груз-рейку, на 1 м выше – контрольную рейку.

3. Нивелир устанавливают посередине между исходным репером, с известной координатой Z , и груз-рейкой.

4. Берут отсчеты:

N_{Π} – по счетчику оборотов на шкале мерного диска, м (отсчет, соответствующий положению груз-рейки или контрольной рейки на уровне визирного луча нивелира на поверхности);

n_{Π} – по шкале груз-рейки (или контрольной рейки) на поверхности, мм;

a – по нивелирной рейке, установленной на репере C с известной высотной отметкой на поверхности, мм.

5. Груз-рейка и контрольная рейка опускаются в ствол шахты до уровня визирного луча трубы нивелира, установленного на ориентируемом горизонте. Нивелир устанавливают посередине между репером в шахте и груз-рейкой. По сигналу из шахты спуск проволоки прекращают и берут следующие отсчеты:

$N_{\text{ш}}$ – по счетчику оборотов на шкале мерного диска, м;

$n_{\text{ш}}$ – по шкале груз-рейки (или контрольной рейки), мм;

b – по нивелирной рейке, установленной на пункте 16 в околоствольном дворе. Пример передачи высотной отметки приведен в табл. 6.1.

Повторно производят передачу высотной отметки при подъеме проволоки, для чего предварительно изменяют положение груз-рейки (контрольной рейки) по высоте или изменяют горизонты нивелиров на земной поверхности и в шахте. Отсчеты по нивелирным рейкам, груз-рейкам и контрольной рейке берут до миллиметра.

Расхождение между двумя результатами или двумя превышениями не должно быть более 4 мм, за результат принимают среднее арифметическое. Расчет превышения и определение отметки репера, находящегося в шахте, производят в следующей последовательности:

$$L = N_{\text{ш}} - N_{\Pi} + n_{\Pi} - n_{\text{ш}},$$
$$h = L - a - b$$

Таблица 6.1

Результаты передачи высотной отметки в шахту ствол «Южный» длиномером ДА-2

| Операция | Рейки | Отсчеты | | | | | | h, м | Поправки, мм | | | | |
|----------|-------------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|---------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------|
| | | N _п , м | n _п , мм | a, мм | N _ш , м | n _ш , мм | b, мм | | ΔL _d | ΔL _{t1} | ΔL _{t2} | Δ _к | ΣΔL |
| Спуск | Груз-рейка | 12,271 | 223 | 1149 | 274,439 | 375 | 1539 | 259,328 | 658,900 | -20,351 | 10,093 | -812,824 | -164,181 |
| | Контр-рейка | 13,322 | 144 | 1149 | 275,298 | 105 | 1539 | 259,327 | 658,418 | -20,336 | 10,086 | -812,229 | -164,061 |
| Подъем | Груз-рейка | | | | | | | | | | | | |
| | Контр-рейка | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 259,163 | 658,659 | -20,343 | 10,090 | -812,527 | -164,121 |

$$h_{cp} = 259,202$$

76

Паспортные данные ДА-2 № 82

Диаметр мерного диска 317,323 мм

Температура компарирования мерного диска – $t_k = 23^\circ$

Температура на поверхности $t_п = 29^\circ$, в шахте $t_ш = 9^\circ$, $t_{cp} = 19^\circ$

Коэффициент линейного расширения $\alpha = 0,000011$

Длина окружности диска 996,8996 мм

$$Z_{16} = Z_I - h_{cp} = 258,734 - 259,163 = -0,429 \text{ м}$$

Вычислил: _____

Проверил: _____

или

$$h = N_{\text{ш}} - N_{\text{п}} - n_{\text{ш}} - a - b + n_{\text{п}},$$

с учетом поправок

$$h' = h + \Delta L_d + \Delta L_{t_1} + \Delta L_{t_2} + \Delta L_{\text{к}},$$

где ΔL_d – поправка за диаметр проволоки, мм; ΔL_{t_1} – поправка за разность температур проволоки на земной поверхности и в стволе шахты, мм; ΔL_{t_2} – поправка за разность температур мерного диска при измерениях и при компарировании, мм, $\Delta L_{\text{к}}$ – поправка за компарирование мерного диска, мм.

Поправки вычисляются по формулам:

$$\Delta L_d = 0,001 \cdot d \cdot \pi(N_{\text{ш}} - N_{\text{п}});$$

$$\Delta L_{t_1} = 0,001 \cdot \alpha_1(N_{\text{ш}} - N_{\text{п}})(t_{\text{ср}} - t_{\text{п}});$$

$$\Delta L_{t_2} = 0,001 \cdot \alpha_2(N_{\text{ш}} - N_{\text{п}})(t_{\text{п}} - t_{\text{к}});$$

$$\Delta L_{\text{к}} = 0,001(l - 1000)(N_{\text{ш}} - N_{\text{п}}),$$

где d – диаметр проволоки, равный по паспорту 0,8 мм; π – 3,1416; α_1 – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена проволока (для стали $\alpha_1 = 0,0115$); $t_{\text{ср}}$ – средняя температура воздуха в стволе шахты, принятая как среднее арифметическое значение из температур в околоствольном дворе и у устья шахты, град; $t_{\text{п}}$ – температура мерного диска при измерениях, т. е. температура воздуха на земной поверхности, град; α_2 – температурный коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлен мерный диск (из паспорта длиномеров $\alpha_2 = 0,011$); l – длина окружности мерного диска (по паспорту завода); $(N_{\text{ш}} - N_{\text{п}})$ – разность отсчетов по счетчику оборотов и мерному диску при положении груза-рейки (контрольной рейки) в околоствольном дворе и на земной поверхности, мм.

Поправки вводят в $h_{\text{ср}}$, полученное из двух независимых передач высотной отметки.

Пример камеральной обработки результатов передачи высотной отметки при помощи длиномеров ДА-2 приведен в табл. 6.1.

6.3. Передача высотной отметки в шахту шахтной лентой

Производство работ при передаче высотной отметки с земной поверхности в шахту шахтной лентой аналогично предыдущему методу и заключается в следующем.

Перед началом работы шахтная лента должна быть прокомпарирована. Барабан с лентой прочно укрепляется над стволом шахты (рис. 6.2). На конец ленты подвешивается небольшой груз, после чего лента осторожно разматывается и опускается в ствол шахты. После спуска ленты барабан фиксируют, а внизу на ленту подвешивают рабочий груз, равный натяжению ленты при компарировании.

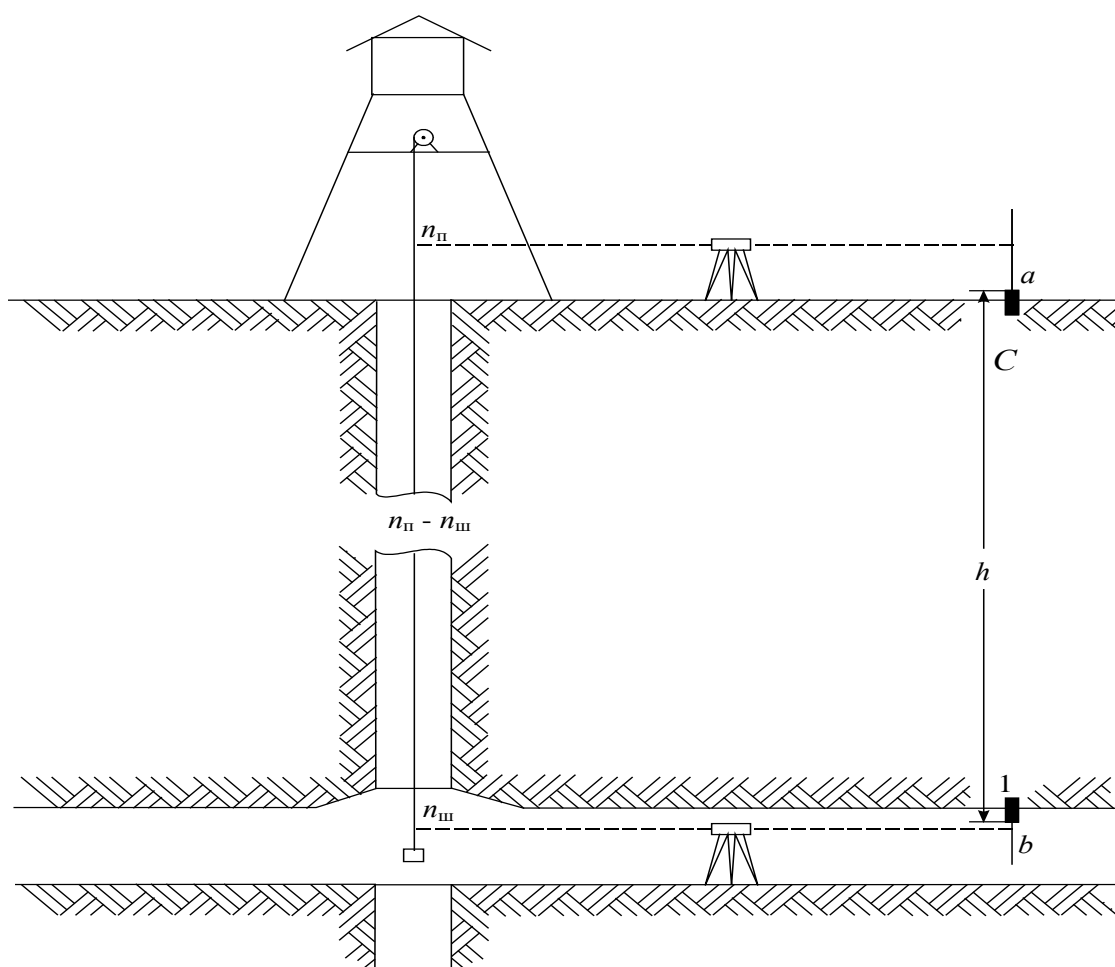


Рис. 6.2. Схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой

На земной поверхности и на ориентируемом горизонте нивелиры устанавливают так, чтобы в трубу каждого нивелира были видны лента и рейка, установленная на репере. Расстояния от нивелира до ленты и рейки должны быть по возможности одина-

ковыми, чтобы в процессе работы исключить перефокусировку трубы нивелира.

По команде руководителя поочередно на поверхности, затем в шахте берутся отсчеты по ленте $n_{п}$ и $n_{ш}$ и по рейкам, установленным на реперах на поверхности a и в шахте b . Затем лента передвигается (подтягивается вверх или опускается) и серия отсчетов повторяется, т. е. производится новая независимая передача высотной отметки.

Высотная отметка должна быть передана в шахту не менее двух раз.

Превышение h вычисляют по формуле

$$h = n_{п} - n_{ш} - a - b.$$

Если все значения h из нескольких независимых передач высотной отметки удовлетворяют допуску, то вычисляется среднее арифметическое значение превышения $h_{ср}$. В эту величину необходимо ввести следующие поправки:

Δl_k – за компарирование шахтной ленты, эта поправка берется из ведомости обработки результатов компарирования ленты с соответствующим знаком;

Δl_t – за разность температур шахтной ленты при измерениях и при компарировании, мм:

$$\Delta l_t = 1000 \cdot \alpha \cdot l(t - t_k),$$

знак поправки определяется знаком разности температур $(t - t_k)$;

Δl_g – за растяжение шахтной ленты от собственного веса, мм:

$$\Delta l_g = \frac{100\gamma \cdot l^2}{2E},$$

где α – коэффициент линейного расширения стали, равный 0,000015; l – длина ленты, опущенной на глубину ствола, м; t – температура ленты в момент измерения, т. е. средняя температура воздуха в стволе, которая получается как среднее арифметическое значение температур, измеренных на поверхности у устья ствола и в околоствольном дворе в шахте, град; t_k – температура ленты при компарировании, град; γ – плотность стали (7,8 т/м³); E – модуль упругости, равный для стали $2 \cdot 10^6$ кг/см².

Таблица 6.2

**Результаты измерений и расчет передачи высотной отметки в шахту ств. «Вспомогательный»
шахтной лентой**

| Положение
ленты | Отсчеты на земной поверх-
ности | | Отсчеты в шахте | | h , м | Поправки, мм | | | | h_{cp} , м |
|--------------------|------------------------------------|----------|-----------------|----------|---------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| | $n_{п}$, м | a , мм | $n_{ш}$, м | b , мм | | ΔL_k | ΔL_1 | ΔL_g | $\Sigma \Delta L$ | |
| 1 | 69,372 | 1294 | 336,124 | 1330 | 264,128 | | | | | |
| 2 | 69,167 | 1294 | 335,918 | 1330 | 264,127 | | | | | |
| 3 | 69,142 | 1294 | 335,892 | 1330 | 264,126 | | | | | |
| | | | | | | +5,0 | -1,3 | +2,6 | +6,3 | 264,133 |

$$h_{cp} = 264,133$$

$$Z_1 = Z_c - h_{cp} = 265,890 - 264,133 = 1,757 \text{ м}$$

Проверил _____

Вычислил _____

Если натяжения шахтной ленты при компарировании и при измерениях не равны, то вводится поправка за разность натяжений, мм:

$$\Delta l_Q = \frac{10 \cdot l(Q_{\text{и}} - Q_{\text{к}})}{E \cdot F},$$

где $Q_{\text{и}}$ – масса груза при измерении, кг; $Q_{\text{к}}$ – масса груза (или сила натяжения) при компарировании ленты, кг; F – площадь поперечного сечения ленты, см².

Знак поправки определяется знаком разности веса ($Q_{\text{и}} - Q_{\text{к}}$). Пример вычисления передачи высотной отметки при помощи длинной шахтной ленты приведен в табл. 6.2.

6.4. Геометрическое нивелирование в подземных горных выработках

Геометрическое нивелирование технического класса точности выполняют в выработках с углом наклона не более 5-8° с целью создания высотного обоснования для вертикальной съемки в шахте и решения различных маркшейдерских задач.

Для данного класса нивелирования применяют нивелиры типа Н-10, позволяющие обеспечить точность 10 мм на 1 км двойного хода.

Нивелирные ходы прокладывают замкнутые или разомкнутые, пройденные в прямом и обратном направлениях. Расстояние между нивелиром и рейками не должно превышать 50 м. Отсчеты по рейкам берут до миллиметра, расхождение в превышениях на станции, определенных по черным и красным сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, не должно превышать 10 мм.

Невязки хода технического нивелирования не должны превышать $50 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L – длина хода, км. Уравнивание нивелирных ходов выполняют распределением допустимой невязки, взятой с обратным знаком, пропорционально числу станций или длине сторон хода.

Методика выполнения геометрического нивелирования и камеральной обработки результатов известна студентам из курса геодезии и здесь не приводится.

6.5. Вертикальная съемка откаточных путей почвы и кровли выработки

Вертикальная съемка производится с целью определения уклонов рельсов, почвы и кровли выработки для составления продольного профиля [4]. Съемка выполняется по пикетам через 10 или 20 м техническим нивелированием по головке рельсов. Одновременно берут отсчеты по почве и кровле выработки на каждом пикете и в характерных местах резкого изменения почвы и кровли выработки.

Конечным результатом нивелирования является профиль откаточного пути, почвы и кровли выработки. Профиль вычерчивается на ватмане или на миллиметровой бумаге. На профиле указывают:

- а) фактические отметки (черным цветом);
- б) проектные отметки (красным цветом).

Уклоны пути между пикетами указывают с точностью до 1 мм/м, а отметки пикетов - до 0,001 м. В нижней части профиля вычерчивается план выработки, составленный по результатам съемки подробностей, выполненной при проложении теодолитного хода. На плане указывают контур выработки, пункты теодолитного хода, положение откаточных путей, пикеты и другие объекты.

Поскольку определение отметок пунктов плановой опорной сети и пикетов обеспечивается техническим нивелированием, то на учебной маркшейдерской практике рекомендуется совмещать работы по проведению геометрического нивелирования подземных горных выработок и вертикальной съемки откаточных путей.

Пример заполнения журнала технического нивелирования приведен в табл. 6.3.

В случае если используется односторонняя рейка, в прямом ходе на каждой стоянке производится смена горизонта нивелира. При каждом горизонте инструмента берут отсчеты по рейке, установленной на пикетах (на головке рельса), маркшейдерских точках, в почве и кровле выработки.

В обратном ходе при двух горизонтах инструмента берут отсчеты по рейке, установленной на маркшейдерских точках и пикетах.

Если используется двухсторонняя рейка, нивелирование выполняют при одном горизонте инструмента.

Формуляр журнала технического нивелирования в шахте

Наблюдатель:

Дата:

Вычислитель:

Дата:

| Номера пикетов,
реперов и
промеж.
точек | Отсчеты по рейке | | | | | Превышения | | Отметки | | Примечания |
|--|------------------|----------|----------|---------|----------|------------|---|----------|-------------------|------------------|
| | задние | читанные | | средние | | + | - | условные | абсолютные | |
| | | промеж. | передние | задние | передние | | | | | |
| МТ3 | -1573 | | | | | | | | 63,830 | МТ 3 (ГК 1 +0,9) |
| 1+20 | | 1310 | | | | 2883 | | 60,947 | | |
| Кровля | | -1310 | | | | 0263 | | 63,567 | МТ 4 (ГК 1 +54,4) | |
| 1+40 | | 1332 | | | | 2905 | | 60,925 | | |
| Кровля | | -1479 | | | | 0094 | | 63,736 | | |
| МТ4 | | -1321 | | | | 0252 | | 63,578 | | |
| 1+60 | | 1440 | | | | 3013 | | 60,817 | МТ 5 (ГК 1 +92,7) | |
| Кровля | | -1038 | | | | 0535 | | 63,295 | | |
| 1+80 | | 1440 | | | | 3013 | | 60,817 | МТ 6 (ГК 1 +33,6) | |
| Кровля | | -1210 | | | | 0363 | | 63,467 | | |
| МТ5 | | -0980 | | | | 0693 | | 63,137 | | |
| 2 | | +1512 | | | | 3085 | | 60,745 | | |
| Кровля | | -1119 | | | | 0454 | | 63,376 | | |
| 2+20 | | 1561 | | | | 3134 | | 60,696 | | |
| Кровля | | -1365 | | | | 0208 | | 63,622 | | |
| МТ6 | | | -0925 | | | 0648 | | 63,182 | | |

7. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ

7.1. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости

Методика подготовки разбивочных данных для задания направления проходки выработки в горизонтальной плоскости аналогична методике подготовки данных для выноса центра ствола в натуру, описанной в главе 4 (раздел 4.7.3).

Различие заключается в том, что в натуру выносятся направление, а не точка.

Выносимое проектное направление выработки следует фиксировать не менее чем тремя точками, закрепляемыми в кровле временными маркшейдерскими знаками на расстоянии 3...5 м друг от друга. Створом шнуровых отвесов, подвешенных к закрепленным точкам, проходчики могут пользоваться до удаления забоя от ближней к забою створной точки не более 50 м.

Если направление выработки задается параллельно ее оси, то необходимо указывать расстояния (скобы) от заданного направления до одной из стенок.

Данная работа выполняется с использованием в качестве исходных данных координат двух смежных точек подземной опорной сети и проектного дирекционного угла оси выработки.

Современными средствами закрепления проектного направления выработки, заменяющими шнуровые отвесы, являются световые и лазерные указатели направления ЛУН-17.

7.2. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости

Для задания направления горной выработке в вертикальной плоскости могут быть использованы отвесы, подвешенные к створным точкам, закрепляющим направление выработки в горизонтальной плоскости. В этом случае проектный угол задается теодолитом (при проектном уклоне более 0,1), установленным в створе отвесов, а отвесы вывешиваются по визирной оси таким образом, что их верхние площадки закрепляют в пространстве линию проектного уклона.

Квершлаг, соединяющий стволы «Вспомогательный» и «Южный», имеет минимальный уклон, необходимый для обеспечения стока шахтной воды в направлении ближайшего ствола. Контроль правильности проведения выработок с проектным уклоном менее $0,1$ (6°) и укладки рельсовых путей по заданному уклону удобнее производить с помощью нивелира способом ственных реперов (рис. 7.1).

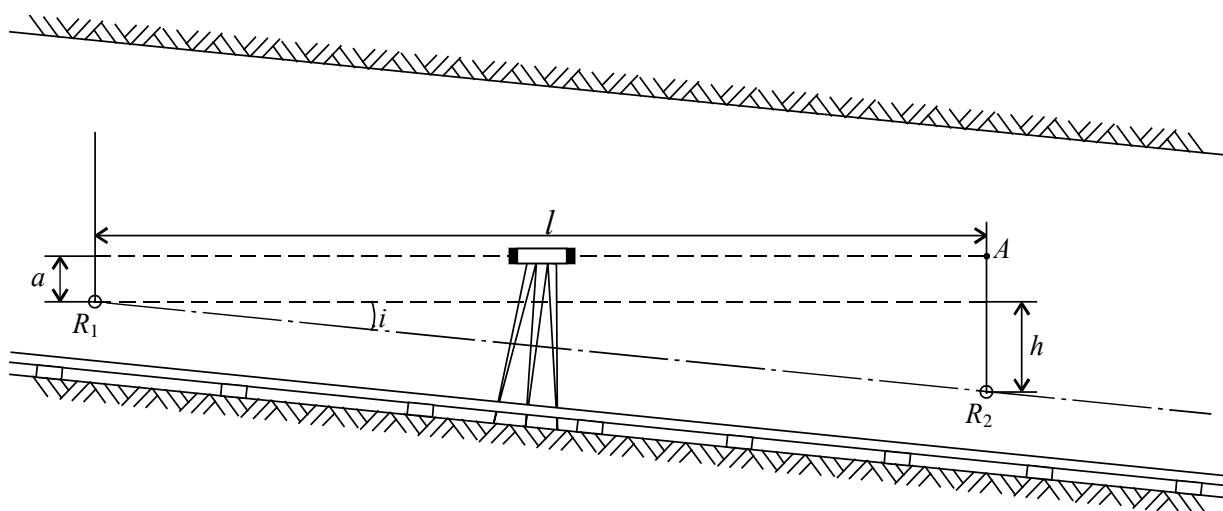


Рис. 7.1. Задание направления выработке в вертикальной плоскости стенными реперами с помощью нивелира

На высоте $0,5...0,7$ м от головки рельсов в стенке выработки закрепляется репер R_1 . На расстоянии $10...12$ м от этого репера отмечают на той же стенке точку A , которая является проекцией визирного луча нивелира, а по рейке, установленной на репере R_1 , берут отсчет a . Измерив расстояние l между нивелирной рейкой и точкой A , по заданному уклону i вычисляют превышение:

$$h = i \cdot l.$$

Отложив от точки A по вертикали размер, равный $a + h$, определяют положение репера R_2 . Створ $R_1 - R_2$ указывает в натуре линию заданного уклона. Аналогично закладываются реперы на противоположной стенке выработки.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА О ПРАКТИКЕ

8.1. Общие положения

По окончании практики студент составляет индивидуальный отчет и представляет его на проверку руководителю практики с последующей защитой.

Все полевые измерения и вычисления оформляются в бригадных полевых журналах. На основании этих журналов, содержащих предварительно обработанные результаты измерений, каждый студент самостоятельно составляет окончательные расчеты по всем видам работ.

Отчеты составляются по окончании каждого вида работ с последующим предъявлением на проверку руководителю практики.

По завершении практики отчет брошюруется и сдается для окончательной оценки. При написании отчета следует пользоваться данным учебным пособием, но категорически запрещается переписывание текста пособия или учебников. Обложка отчета оформляется на листе ватмана. Образец оформления обложки показан на рис. 8.1.

Каждый раздел отчета должен сопровождаться схемами, зарисовками, выписками из полевых журналов с личными измерениями и записями. Схемы и рисунки должны выполняться тушью или черной пастой, отражать действительность, пояснять и дополнять текст отчета.

Нумерация страниц принимается сквозная (начиная с обложки) и включает страницы с рисунками и таблицами. Номера страниц проставляют в правом верхнем углу листа. Титульный лист и оглавление не нумеруют. Текст в рамку не заключается. Весь отчет, включая заголовки, выполняется одноцветной пастой. Разделы отчета нумеруются арабскими цифрами с точкой. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой, например, 1.1; 1.2; и т. д. Подразделы могут состоять из пунктов. Номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой, например, 1.1.1; 1.1.2. Переносы слов в заголовках не допускаются. Каждый раздел отчета начинается с новой страницы.

Уральский государственный горный университет

Кафедра маркшейдерского дела

О Т Ч Е Т

об учебной маркшейдерской практике

Студент

Группа

Бригада

Руководитель практики

Березовский, 20__ г.

Рис. 8.1. Образец оформления обложки отчета о практике

Отчет начинается с оглавления, введения и заканчивается заключением, списком использованной литературы и приложениями. Упомянутые разделы не нумеруются.

Формулы, если их более одной, нумеруют в пределах раздела. Номер формулы указывают справа в скобках. Допускается сквозная нумерация формул в пределах всего отчета.

Рисунки и таблицы следует располагать по тексту отчета (позже и возможно ближе к тексту, где имеется ссылка). Номер иллюстрации и таблицы состоит из номера раздела и номера иллюстрации или таблицы, разделенных точкой, например: Рис. 1.1, Таблица 1.1. Допускается сквозная нумерация таблиц и рисунков в пределах всего отчета.

Название рисунка помещается над рисунком, а номер – под рисунком.

Номер таблицы и ее название помещаются над таблицей.

Профиль откаточного пути и совмещенный план поверхности и подземных горных выработок целесообразно поместить в конце отчета в качестве приложений.

8.2. Содержание отчета

Пояснительная записка отчета должна включать следующие разделы:

оглавление (с названием разделов и подразделов с соответствующими номерами и указанием страницы);

введение (цели и задачи практики, 1-2 стр.).

1. Краткая геологическая и горнотехническая характеристики месторождения (1-2 стр.).

В этом разделе дается краткое описание геологических особенностей месторождения и шахтного поля, общие сведения о районе.

2. Подготовительные работы (1-2 стр.).

К подготовительным относятся все работы, выполняемые студентами для подготовки инструментов и оборудования к работе: определение стрелы провеса рулетки, поверки инструментов (теодолитов и нивелиров) и т. д. При описании поверок инструментов указывается тип инструмента, его номер и порядок проведения поверок. Обязательно следует описать, какие отклонения были получены, какие сделаны исправления и на каких

значениях после исправления остановились, формулируются выводы о готовности инструмента к работе.

3. Маркшейдерские работы на земной поверхности (15-20 стр.): прокладка полигонометрии 1-го разряда; нивелирование IV класса; съемка участка, оконтуренного полигонометрическими ходами, и составление плана снятого участка; тахеометрическая съемка складированной руды, составление плана и разрезов склада, подсчет его объема. В отчете должны быть описаны полевые работы (методика измерения углов и длин полигона с приведением выписок из полевых журналов), при этом следует сопоставлять фактические данные результатов измерений с требованиями инструкции.

Камеральная обработка выполняется каждым студентом самостоятельно. По окончании вычислительных работ должен быть сделан критический анализ работ, включающий сличение полученных результатов с требованиями инструкции, и личный вывод по качеству выполненных работ.

4. Ориентирование и центрирование подземной опорной сети (15-20 стр.).

В вводной части этого раздела следует кратко описать цель и назначение ориентирования и центрирования.

Ориентирование подземной опорной сети через один вертикальный ствол. Сначала приводится схема ориентировки, которая вычерчивается в определенном масштабе с расположением отвесов и подходных пунктов. На схеме показывают отделения ствола шахты и конфигурацию околоствольного двора. Приводится перечень оборудования и инструментов. Особое внимание следует обратить на подготовительные работы и вопросы техники безопасности при выполнении ориентировки. Затем описывается методика измерений с указанием необходимой точности их выполнения. Далее прилагаются результаты вычислений с необходимым контролем и личными выводами о точности произведенных работ.

Ориентирование подземной опорной сети через два вертикальных ствола. Вначале описывается и иллюстрируется схема ориентирования, перечисляются необходимые инструменты и оборудование. Затем следует описание методики измерения с приведением выписок из полевых журналов. После завершения

камеральных работ нужно дать оценку качества ориентировки и критические выводы по методике работ.

Аналогично предыдущим видам описываются методика и приводятся результаты ориентировок, выполненных с применением гирокомпаса. Далее производится сопоставление результатов всех видов ориентирования, выполненных во время практики.

По результатам съемок на поверхности и в шахте по квершлагу (подходной и соединительный полигоны) и съемке подробностей составляется совмещенный план поверхности и подземных горных выработок в масштабе 1:1000. При вычерчивании плана следует руководствоваться ГОСТ 2.850-75-2.857-75. Горная графическая документация [3]. План прилагается к отчету в виде копии с бригадного плана.

5. Передача высотной отметки с земной поверхности в шахту при помощи длиномера ДА-2 и шахтной ленты (5-7 стр.).

В вводной части следует описать цель и назначение передачи высотной отметки, а затем изложить сущность выполнения каждого способа, методику измерения и вычисления с оценкой точности работ.

6. Геометрическое нивелирование в горных выработках (5-7 стр.).

Излагается сущность вертикальной съемки горных выработок и нивелирования транспортных путей, дается описание инструментов и методики выполнения нивелировки обоих видов. При описании камеральной обработки дается оценка точности работ, а также излагается порядок вычерчивания профиля откаточных путей. Профиль прилагается к отчету в виде копии с бригадного чертежа.

7. Краткий отчет об экскурсиях, проведенных во время практики (3-5 стр.).

8. Заключение (1-2 стр.).

9. Список использованной литературы.

10. Приложение.

10.1. Совмещенный план поверхности и подземных горных выработок (формат А1).

10.2. Профиль откаточных путей (формат А1).

10.3. Бригадные материалы (для бригадира).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль*: Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15 / колл. авт. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. 120 с.

2. *Кортев Н. В., Леонтьев А. Т., Самарин А. В.* Маркшейдерская документация: учебное пособие. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 68 с.

3. *Голубко Б. П., Земских Г. В., Шевелев А. А.* Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 64 с.

4. *Маркшейдерское дело* / Д. Н. Оглоблин и др. М.: Недра, 1981. С. 13-234.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б. П., Земских Г. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, Ч.1

*Программа и методические указания по
прохождению практики*

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ..... | 5 |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК | 6 |
| 2.1. Общие сведения о районе и геологическая
характеристика месторождения..... | 6 |
| 2.1.1. Общие сведения о районе нахождения
месторождения (предприятия) | 6 |
| 2.1.2. Геологическая характеристика месторождения | 7 |
| 2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия | 8 |
| 2.2.1. Горные работы при разработке месторождений
полезных ископаемых подземным способом..... | 8 |
| 2.2.2. Горные работы при разработке месторождений
полезных ископаемых открытым способом..... | 9 |
| 2.2.3. Горные работы при разработке россыпных
месторождений полезных ископаемых | 11 |
| 2.2.4. Горные работы при разработке месторождений
углеводородного сырья (нефти и газа) | 12 |
| 2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке
месторождений полезных ископаемых..... | 13 |
| 2.3.1. Общие положения..... | 13 |
| 2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности..... | 13 |
| 2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке
месторождений | 14 |
| 2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке
месторождений полезных ископаемых открытым способом
и россыпных месторождений | 15 |
| 2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений
углеводородного сырья (нефти и газа) | 15 |
| 2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве
горных производств | 17 |
| 2.3.7. Документация, инструменты, оборудование
и штаты маркшейдерских отделов | 17 |
| 2.4. Выводы..... | 18 |
| 2.5. Производственные экскурсии..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 3 УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ
И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ | 18 |
| 3.1. Основные положения..... | 18 |
| 3.2. Требования к оформлению отчета | 20 |
| 3.2.1. Общие требования | 20 |
| 3.2.2. Порядок брошюровки работы | 21 |
| 3.2.3. Требования к оформлению титульного листа..... | 21 |
| 3.2.4. Требования к оформлению реферата..... | 21 |
| 3.2.5. Требования к оформлению содержания | 23 |
| 3.2.6. Требования к оформлению введения..... | 24 |
| 3.2.7. Требования к оформлению основных разделов
пояснительной записки | 24 |
| 3.2.8. Изложение текста..... | 25 |
| 3.2.9. Требования к оформлению формул | 26 |
| 3.2.10. Требования к оформлению примечаний | 29 |
| 3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций | 29 |
| 3.2.12. Требования к оформлению таблиц | 30 |
| 3.2.13. Требования к оформлению списка литературы..... | 31 |
| 3.2.14. Требования к оформлению приложений | 32 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА | 34 |

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является обязательной частью профессионального обучения студентов специальности «Маркшейдерское дело». В учебном плане подготовки маркшейдеров УГГУ предусматривается три производственные практики: производственная маркшейдерская – после четвертого курса обучения, производственная инженерная – после пятого и преддипломная – после шестого. Главная задача производственных практик – закрепить теоретические знания и научить студента применять эти знания при решении практических задач на производстве.

Изученный материал в период практики и выполненные студентом самостоятельно или при его участии работы излагаются в отчете по практике.

Материалы, изученные в период производственных практик, могут быть использованы студентом при выполнении курсового проектирования и подготовки ВКР специалиста.

С учетом специфики специальности студенту-маркшейдеру в течение двух производственных практик необходимо стремиться познакомиться с различными горными предприятиями, ведущими разработку месторождений полезных ископаемых как подземным, так и открытым способами.

За время прохождения практики студент знакомится и изучает: общие сведения о районе, где находится предприятие; геологическую характеристику месторождения; горнотехнические условия разработки; технико-экономические показатели предприятия; безопасность горного производства и его воздействие на окружающую среду; маркшейдерские работы; маркшейдерскую структуру предприятия и производство маркшейдерских работ.

Основные обязанности студента и последовательность решения организационных вопросов в период практики изложены в разделе 2.1 данных методических указаний.

1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Во время прохождения производственной практики студент специальности «Маркшейдерское дело» знакомится с горнотехнологическим процессом предприятия, принимает участие в его производстве и изучает следующие разделы:

1. Общие сведения о районе, где находится месторождение полезного ископаемого и горное предприятие.
2. Геологическая характеристика месторождения.

3. Горнотехнологическая характеристика горного предприятия, технология разработки и добычи полезного ископаемого.

4. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождения полезных ископаемых.

По окончании производственной практики студент пишет отчет. Содержание отчета и порядок изложения материала в отчете по практике должны соответствовать требованиям «Программы и методических указаний по прохождению производственных практик».

Программа производственной практики составлена в соответствии с учебным планом подготовки студентов специальности «Горное дело», специализация «Маркшейдерское дело».

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Перечень вопросов, подлежащих изучению, порядок изложения изученного материала в отчете по практике, указания по организации практики и требования к оформлению отчета по практике.

2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения

2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия)

Географическое положение месторождения (республика, область, административный район), расстояние от железной дороги, водных путей, ближайших населенных пунктов и пути сообщения с ними. Климатические условия района (среднемесячные изменения температуры, осадки, господствующие направления ветров, глубина промерзания грунта).

Экономические сведения, транспортные связи, топливно-энергетическая база, условия водоснабжения, местные строительные материалы.

Объем раздела 2.1.1 – 1-2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.1:

- обзорная карта района в мелком масштабе, формат А4.
- фотографии.

2.1.2. Геологическая характеристика месторождения

Краткие сведения по стратиграфии, литологии и тектонике

Описание горных пород, слагающих месторождение, условия залегания, характеристика основных элементов тектоники, форма и размеры тел полезного ископаемого (мощность, длина по простиранию и падению), разделение рудных тел по петрографическому, минералогическому и химическому составу, структуре и текстуре, первичные и вторичные изменения вмещающих пород, содержание полезных и вредных компонентов, изменчивость содержания по простиранию и падению с глубиной.

Геологические условия образования (генезис) месторождения.

Объем раздела – до 10 стр.

Гидрогеологическая характеристика месторождения

Описание водоносных горизонтов, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь вод различных горизонтов, состав и качество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению, приток воды (данные по водоотливу шахты, карьера). Использование подземных вод.

Объем раздела – до 2 стр.

Геологоразведочные работы и подсчет запасов

Методика и схема разведки месторождения, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, категория разведанности, принятые расстояния между разведочными выработками.

Опробование полезного ископаемого, методика отбора проб в горных выработках и скважинах, размеры проб, расстояния между ними, обработка проб, химический анализ. Кондиции. Коэффициент рудоносности. Эксплуатационная разведка.

Принятая методика подсчета запасов на месторождении. Обеспеченность предприятия запасами по категориям.

Объем раздела – до 8 стр.

Инженерно-геологические условия эксплуатации месторождения

Физико-механические свойства вмещающих пород и тел полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность).

Объем раздела – до 2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.2:

- геологический план в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;
 - продольный и поперечный геологические разрезы месторождения в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;
 - иллюстрации, зарисовки наиболее характерных участков месторождения, схемы, диаграммы, таблицы и структурные колонки – формат А4.
- Объем раздела 2.1.2 – до 25 стр.

2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия

2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом

Основные параметры шахты

Размеры шахтного поля по простиранию и падению, глубина разработки, способ вскрытия, число стволов и места их заложения, годовая производительность. Элементы расчета основных параметров шахты. Техничко-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-2 стр.

Подготовка шахтного поля к эксплуатации

Способ и порядок подготовки шахтного поля. Характеристика существующих горных работ. Система разработки. Сравнительный анализ схемы вскрытия и системы разработки, критерии их выбора. Механизация работ, перечень применяемого оборудования.

Объем раздела – до 10 стр.

Горнокапитальные, горно-подготовительные и очистные работы

Капитальные, подготовительные, нарезные и очистные горные выработки. Механизация работ. Крепление очистного забоя. Управление горным давлением и сдвижением горного массива для условий данной шахты. Паспорта крепления горных выработок.

Вентиляция. Водоотлив. Электроснабжение. Пневмохозяйство. Водоснабжение.

Объем раздела – до 10 стр.

Техника безопасности производства горных работ и мероприятия по охране окружающей среды

Техника безопасности. Мероприятия по производственной санитарии (борьба с пылью и шумом, освещение подземных выработок, питьевое водоснабжение, санитарно-бытовое и медицинское обслуживание). Горно-спасательное дело. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

- расчет параметров горнокапитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных горных работ, системы вскрытия и системы разработки;
- расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого шахты или рудника.

Графический материал к разделу 2.2.1:

- план и схема вскрытия шахтного поля;
- система разработки и технология проходки горных выработок;
- графики и схемы решения горно-эксплуатационных задач;
- фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

Объем раздела 2.2.1 – до 30 стр.

2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

Основные параметры карьера (разреза)

Производительность карьера; распределение объемов добычи горной массы по технологическим направлениям; режим работы карьера и срок его существования. Элементы расчета основных параметров карьера (разреза). Техничко-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Существующая схема вскрытия карьера. Система разработки: элементы системы разработки при горно-подготовительных и очистных работах; высота борта, средний угол откоса; длина блока; параметры рабочей площадки и т. д.

Технология ведения горных работ: буровзрывные работы; экскавация горной массы; транспортировка полезного ископаемого и вмещающих горных пород; отвалообразование; водоотлив; энергоснабжение. Перспективы дальнейшего развития карьера. Сравнительный анализ схемы вскрытия и систем разработки, отвалообразования.

Оползневые явления откосов, уступов и бортов карьера, противодеформационные методы борьбы с ними.

Объем раздела до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Борьба с пылью и вредными газами. Санитарно-бытовое медицинское обеспечение. Водоснабжение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Объем раздела 2.2.2 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров вскрытия въездной и разрезной траншей, буровзрывных работ, системы разработки, отвалообразования;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого карьера (разреза).

Графический материал к разделу 2.2.2:

– план горных работ карьера (разреза) на данный период отработки;

– план поверхности с указанием: фактического и проектного контуров отработки карьера (разреза); положения отвалов; железнодорожных и автомобильных дорог, линий связи и ЛЭП промплощадки и др. объектов;

– технологические схемы системы разработки, вскрытия, отвалообразования;

– графики и схемы решения горнотехнологических задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых

Основные параметры дражного (гидро) полигона

Производительность драги (гидромониторов); схема, режим работы и срок эксплуатации полигона. Элементы расчета основных параметров технологии добычи. Перспективы дальнейшего развития и технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – до 5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Схема подготовки полигона. Технология ведения горных работ. Параметры полигона, транспортировка горной массы, отвалообразование, водооборот, энергоснабжение. Учет добычи полезного ископаемого и горной массы.

Объем раздела – до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.3 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого, драги (гидромонитора).

Графический материал к разделу 2.2.3:

– план земной поверхности с нанесением фактического и проектного контуров горных работ, транспортных путей, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы системы разработки, график работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Основные параметры горных работ

Технология разведки или доразведки месторождения. Основные параметры разведочных площадок, подземных хранилищ, отдельных участков месторождения. Их соответствие техническому проекту и программа работ. Технология разработки нового месторождения. Технология доработки месторождения действующего предприятия. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях приводятся примеры решения:

- подсчета балансовых и промышленных запасов;
- расчета производительности и срока службы месторождения;
- вскрытия и подготовки к добыче месторождения;
- системы разработки и механизации добычи полезного ископаемого;
- организации работ при строительстве буровой вышки и ее ликвидации.

Техника безопасности производства работ и мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Водоснабжение, противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.4 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

- расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;
- расчет себестоимости добычи полезного ископаемого.

Графический материал к разделу 2.2.4:

- проект технологии горных работ;
- план земной поверхности с нанесением объектов горного производства, транспортных путей, линий связи, ЛЭП и других объектов;
- технологические схемы ведения горных работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых

2.3.1. Общие положения

За время прохождения производственной практики студент знакомится с общей организацией и структурой маркшейдерской службы, ее ролью в производственном процессе на горном предприятии. Изучает методику полевых и камеральных маркшейдерских работ, проводимых маркшейдерской службой предприятия, знакомится с инструментарием, оборудованием и маркшейдерской документацией.

Для закрепления знаний, полученных при изучении теоретических курсов маркшейдерии и др. дисциплин, а также для получения практических навыков студенту необходимо принять непосредственное участие во всех видах маркшейдерских работ, выполняемых маркшейдерской службой предприятия. Особое внимание следует уделить производству работ, выполненных лично студентом. В случае невозможности личного участия в том или ином виде маркшейдерских работ студент должен подробно их изучить по материалам предприятия и сделать самостоятельный анализ изученных работ с учетом требований Инструкции [1].

Самостоятельная работа студента включает теоретическое обоснование методики, проводимых на предприятии маркшейдерских съемок, оценку их точности, выводы и предложения по их совершенствованию с учетом современных инструментов, методик и вычислительной техники.

2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности

Маркшейдерские опорные сети на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Исходные данные для построения и реконструкции опорных сетей и сетей сгущения. Методы создания плановых и высотных сетей, плотность, класс точности, схема заложения пунктов, конструкция знаков, реперов (центров).

Выполнение съемок и обновление планов земной поверхности на территории предприятия, масштабы съемки, сечение рельефа. Съемка складов, отвалов хвостохранилищ, методы определения объемов.

Графический материал по разделу 2.3.2:

- ситуационный план земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия, границы земельных и горного отвода;
- план-схема маркшейдерской опорной геодезической сети.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений

Маркшейдерские работы на промплощадке. Ориентирование подземных съемок, передача высотных отметок в подземные выработки. Опорные и съемочные маркшейдерские подземные сети. Подземная съемка горизонтальных и наклонных выработок, подземное нивелирование горизонтальных и наклонных выработок. Оценка точности маркшейдерско-геодезического обоснования и ориентирно-соединительных съемок. Предрасчет точности сбоек горных выработок. Задание направления горным выработкам. Проверка геометрических элементов шахтного подъема. Профилировка шахтных стволов. Съемка нарезных и очистных выработок. Декадные и месячные маркшейдерские замеры горных работ. Определение остатков полезного ископаемого и составление отчетности.

Маркшейдерские работы при проведении буровзрывных работ.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 1.3.2:

- схема маркшейдерско-геодезического обоснования на поверхности и в шахте;
- схема ориентирно-соединительной съемки и передачи высотной отметки;
- схема задания направления горным выработкам;
- результаты маркшейдерской съемки подготовительных, нарезных и очистных горных выработок (выкопировки с планов с указанием пунктов съемочного обоснования).

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений

Съемочные (плановые и высотные) маркшейдерские сети на земной поверхности и в карьере. Виды съемочных сетей и точность их выполнения.

Маркшейдерская съемка, вынос в натуру и контроль технических параметров ведения горных работ. Виды маркшейдерских съемок, оценка точности и периодичность их выполнения, приборы и оборудование.

Маркшейдерские работы при ведении буровзрывных работ, съемка транспортных путей.

Контроль за погрузкой и распределением горной массы, нормирование и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Учет движения вскрытых, подготовленных к выемке запасов.

Маркшейдерские работы при проведении экскавации горной массы, отвалообразования.

Маркшейдерские съемки дражных и гидромониторных полигонов.

Проектирование и съемка внешних и внутренних отвалов вскрыши. Учет объемов складированных руд.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.4:

– схема съемочного обоснования на земной поверхности и в карьере;
– схемы, рисунки (по тексту отчета) создания и развития съемочных сетей, задания направлений горных выработок, выноса в натуру элементов проекта, решения различных маркшейдерских задач.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам необходимо представить:

- маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;
- схему и методику создания опорных и съемочных сетей;
- маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;
- плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;
- анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;
- геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования;
- приборы и оборудование и методику выполнения маркшейдерских работ, выполняемых на предприятии.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.5:

- топографический план месторождения или участка с нанесением гидрографии, населенных пунктов, государственной геодезической и маркшейдерской сети;
- маркшейдерско-геодезическая съемка объектов;
- подготовка исходных данных для выноса элементов проекта в натуру;
- схема и количественная оценка геомеханического мониторинга.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств

При строительстве горных производств маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и включают:

- проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;
- детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;
- работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;
- работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;
- работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

Согласно указанным документам, необходимо изучение всех видов маркшейдерских работ, обеспечивающих производство строительства горного производства в соответствии с проектной документацией.

Необходимо представить приборы, оборудование и методику маркшейдерской съемки. Анализ и оценку точности выполнения маркшейдерских работ в соответствии с требованиями ГОСТов и Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.6:

- схема маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;
- примеры детальных разбивочных работ при строительстве технологических комплексов.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов

Основные требования, предъявляемые к документации. Обязательный комплект документации и ее содержание. Пополнение и размножение документации. Задачи, решаемые по маркшейдерским планам и графикам. Хранение

маркшейдерской документации. Структура маркшейдерской службы. Оборудование, инструменты, вычислительная техника и программное обеспечение.

Объем маркшейдерской части 20 – 25 стр.

2.4. Выводы

В заключение студент делает свои выводы по всем разделам отчета по практике, оценивая изученный и представленный им материал с известными ему лучшими достижениями в данной отрасли горного производства с учетом новых технологий, инструментов, методик.

2.5. Производственные экскурсии

Экскурсии проводятся с целью расширения технических знаний студентов и общего кругозора в области истории развития предприятия и его роли в общей технологии производства. Экскурсии могут быть организованы в отдельные цеха предприятия, а также на соседние родственные предприятия.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. Основные положения

Перед выездом на практику студенты проходят инструктаж, получают направление–путевку с указанием места назначения на практику, сроков практики. Руководитель практики от кафедры выдает каждому студенту индивидуальное задание по вопросам маркшейдерского дела с учетом специфики предприятия, научно-исследовательской работы студента.

По прибытии на место прохождения практики студент обязан решить следующие организационные вопросы:

- а) зарегистрироваться в отделе кадров предприятия, отметить свое прибытие;
- б) представиться главному маркшейдеру предприятия и определиться с руководителем производственной практики от предприятия;
- в) решить бытовые вопросы;
- г) составить план прохождения практики.

С целью лучшего ознакомления с горным предприятием и получения необходимых производственных навыков студент должен стремиться устроиться на должность участкового маркшейдера, горного съемщика или рабочего

маркшейдерского отдела. Это значительно организует практиканта и вносит элемент ответственности. В крайнем случае, если нет возможности получить рабочее место, студент проходит практику в качестве дублера. Это не освобождает его от выполнения производственных обязанностей, которые он должен выполнять под руководством маркшейдера по режиму работы предприятия.

Рабочее время в период практики студент должен планировать по согласованию с руководителем практики от предприятия таким образом, чтобы была возможность практического выполнения основных маркшейдерских работ, проводимых на данном предприятии, знакомства с маркшейдерскими работами, проводившимися ранее, и индивидуальной работы по обработке собранного материала и написания отчета по практике.

При прохождении практики студент обязан вести записи о проделанной работе на предприятии. Записи должны служить основой для составления отчета. Имея в виду, что текстовый материал по геологической части является компилятивным, его следует во время практики систематизировать и изложить уже в таком виде, как это требуется по программе практики. То же самое относится к характеристике современного состояния горных работ и характеристике маркшейдерских работ горного предприятия. При анализе выполняемых работ студент должен пользоваться учебной, нормативной и справочной литературой [1, 2, 3, 4, 5]. Планы и графики, цифровой и справочный материал следует систематизировать и приложить к отчету по практике в виде таблиц, рисунков, приложений.

Для успешного проведения производственной практики большое значение имеет наличие хороших деловых взаимоотношений студента с местными организациями и отдельными работниками предприятия. Студент должен быть исполнительным, вежливым, соблюдать трудовую дисциплину и выполнять требования руководства предприятия.

В случае возникновения вопросов, требующих срочной консультации преподавателей кафедры, студент может ее получить по электронной почте на сайте кафедры.

В конце практики студент представляет отчет руководителю практики от предприятия, получает его отзыв с оценкой. К отчету прилагается заверенное администрацией предприятия направление-путевка студента.

Отчет по практике в готовом виде сдается на кафедру для проверки в течение двух недель после начала занятий.

При выставлении оценки по производственной практике обращается особое внимание на наличие полевых и камеральных работ, выполненных лично студентом.

Отсутствие отчета, несвоевременное его представление на кафедру или неудовлетворительная оценка отчета – все это лишает студента права быть аттестованным и обязывает его пройти производственную практику повторно.

Студентам, сократившим срок пребывания на практике без уважительных причин, практика не засчитывается.

3.2. Требования к оформлению отчета

3.2.1. Общие требования

Отчет оформляется согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851-857)–75 «Горная графическая документация».

Отчет выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода с компьютера.

Текст отчета оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитур шрифтов Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

- все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;
- перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;
- между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 30 °С, 10 % и т. д.). Нельзя отделять размерность от числа, в этом случае ставится непрерывный пробел Ctrl + Shift + пробел;
- при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);
- между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится неразрывный пробел: Ctrl + Shift + пробел (1999 год, т. д., т. е., н. э., А. С. Пушкин и т. д.);
- выделения курсивом, полужирным, прописным обеспечиваются средствами Word.

Подчеркивания в качестве выделений не допускаются.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

3.2.2. Порядок брошюровки работы

Отчет брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- направление–путевка;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

3.2.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется. Пример титульного листа приведен ниже.

3.2.4. Требования к оформлению реферата

Слово «РЕФЕРАТ» записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата приведен ниже.

Пример оформления титульного листа отчета по практике

**Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
"Уральский государственный горный университет"**

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,

профессор, д-р техн. наук

_____ Гордеев В. А.

« __ » _____ 20__ г.

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МАРКШЕЙДЕРСКАЯ
ПРАКТИКА
НА ОАО «УРАЛАСБЕСТ»**

Отчет

**Исполнитель
Петров И. Л.
МД – 14 – 1**

**Руководитель
ФИО преподавателя**

Екатеринбург – 2018

РЕФЕРАТ

Отчет по производственной маркшейдерской практике: 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГЕОЛОГИЯ, КАРЬЕР, ГОРНЫЕ РАБОТЫ, МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по геологии месторождений, технологии горных работ, методике выполнения маркшейдерских работ.

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов, сбор, обработку и анализ материалов горного предприятия.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

3.2.5. Требования к оформлению содержания отчета

Содержание отчета включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ | 6 |
| 1.1. Общие сведения о районе месторождения | 6 |
| 1.2. Геологическая характеристика месторождения..... | 10 |
| 1.3. Гидрогеологические условия | 14 |

| | |
|--|-----|
| 2. ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... | 17 |
| 2.1. Фактическое состояние горных работ | 18 |
| 2.2. Проект доработки горизонта 260 м | 24 |
| 3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ... | 32 |
| 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ..... | 32 |
| 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА..... | 46 |
| 6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ | 69 |
| 7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПОРНЫХ И СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ В ШАХТЕ..... | 75 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 105 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 106 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети | 107 |

3.2.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

3.2.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки подразделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела ставится точка.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы с точкой в конце, не подчеркивать. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

3.2.8. Изложение текста

Текст отчета должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например: «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например, 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не ,).

3.2.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman, Symbol. При наборе формул рекомендуется использовать следующие

щие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых сочетаний типа \max , \min , \cos , \sin , tg , \log , \exp , \det и т. д., набираются курсивом; русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают курсивом, греческие и готические – прямым, химические символы (Cu, Mn и т. д.) – прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (\pm , \leq , \geq , \dots , \approx), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (\times) с дублированием знака на другой строке.

$$\begin{aligned} \text{Например: } f(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \\ &= b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n. \end{aligned}$$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставят порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \quad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример

Плотность каждого образца, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объем образца, м^3 .

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: $()$, $[\]$, $\{ \}$. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии.

Она ставится:

а) между числовыми сомножителями: $20 \cdot 75$;

б) для выделения какого-либо сомножителя: $2 \cdot 2xy \cdot z$;

в) для записи скалярного произведения векторов: $a \cdot b$;

г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: $a \cos x \cdot b \cos y$;

д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Точка как знак умножения не ставится:

а) между числом и буквенным символом: $5ab$;

б) перед скобками и после них: $(b+c)(a-d)$;

в) перед дробными выражениями и после них: $\alpha \frac{\cos \alpha}{b} \frac{2}{\alpha}$;

г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x dx$;

д) перед аргументом тригонометрической функции: $\arccos \omega t$.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

а) при указании размеров: $4,5 \times 3$ м;

б) при записи векторного произведения $a \times b$;

в) при переносе формулы на знаке умножения:

$$y = (x + 2) \times$$

$$\times (x + 4)^2.$$

Расположение формул в тексте

Наиболее важные и все нумерованные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

- а) после обобщающего слова;
- б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П. 1).

3.2.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце текста. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать: «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например, «Рисунок 1 – Схема полигона».

3.2.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один - два интервала.

Например:

«Таблица 1 – Сводные данные».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст. Так, если:

Основной текст – кт 16 (14)

Текст таблицы – кт 14 (12)

Текст головки таблицы – кт 13 (11)

Примечания к таблице – кт 13 (11).

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишутся с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишутся с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Например:

Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав, %

| Углерод | Марганец | Кремний | Ванадий | Медь | Никель | Сера | Фосфор |
|-------------|-----------|-----------|------------|------|--------|------|--------|
| | | | не более | | | | |
| 0,12 – 0,18 | 0,5 – 1,7 | 0,4 – 0,7 | 0,05 – 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,04 | 0,035 |

3.2.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

– заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

– основного заглавия - название издания (книги, статьи и т. п.);

– места издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;

- издательства – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;
- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвигание горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и в необходимых случаях – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

3.2.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст отчета, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы

большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке появления ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. – М.: ГУП «НТЦ БП», 2003. – 117 с.
2. *Оглоблин, Д. Н.* Маркшейдерское дело: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
3. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учеб. пос. / Б. П. Голубко, В. А. Гордеев, В. И. Яковлев; УГГУ. – Екатеринбург, 2010. – 212 с.
4. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко; УГГУ. – Екатеринбург, 2015. – 73 с.
5. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений подземным способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко, Г. В. Земских, О. С. Раева; УГГУ. – Екатеринбург, 2017. – 98 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б. П., Земских Г. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, Ч.2

*Программа и методические указания
по прохождению производственной практики*

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное
дело специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ..... | 5 |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК | 6 |
| 2.1. Общие сведения о районе и геологическая
характеристика месторождения..... | 6 |
| 2.1.1. Общие сведения о районе нахождения
месторождения (предприятия) | 6 |
| 2.1.2. Геологическая характеристика месторождения | 7 |
| 2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия | 8 |
| 2.2.1. Горные работы при разработке месторождений
полезных ископаемых подземным способом..... | 8 |
| 2.2.2. Горные работы при разработке месторождений
полезных ископаемых открытым способом..... | 9 |
| 2.2.3. Горные работы при разработке россыпных
месторождений полезных ископаемых | 11 |
| 2.2.4. Горные работы при разработке месторождений
углеводородного сырья (нефти и газа) | 12 |
| 2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке
месторождений полезных ископаемых..... | 13 |
| 2.3.1. Общие положения..... | 13 |
| 2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности..... | 13 |
| 2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке
месторождений | 14 |
| 2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке
месторождений полезных ископаемых открытым способом
и россыпных месторождений | 15 |
| 2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений
углеводородного сырья (нефти и газа) | 15 |
| 2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве
горных производств | 17 |
| 2.3.7. Документация, инструменты, оборудование
и штаты маркшейдерских отделов | 17 |
| 2.4. Выводы..... | 18 |
| 2.5. Производственные экскурсии..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 3 УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ
И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ | 18 |
| 3.1. Основные положения..... | 18 |
| 3.2. Требования к оформлению отчета | 20 |
| 3.2.1. Общие требования | 20 |
| 3.2.2. Порядок брошюровки работы | 21 |
| 3.2.3. Требования к оформлению титульного листа..... | 21 |
| 3.2.4. Требования к оформлению реферата..... | 21 |
| 3.2.5. Требования к оформлению содержания | 23 |
| 3.2.6. Требования к оформлению введения..... | 24 |
| 3.2.7. Требования к оформлению основных разделов
пояснительной записки | 24 |
| 3.2.8. Изложение текста..... | 25 |
| 3.2.9. Требования к оформлению формул | 26 |
| 3.2.10. Требования к оформлению примечаний | 29 |
| 3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций | 29 |
| 3.2.12. Требования к оформлению таблиц | 30 |
| 3.2.13. Требования к оформлению списка литературы..... | 31 |
| 3.2.14. Требования к оформлению приложений | 32 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА | 34 |

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является обязательной частью профессионального обучения студентов специальности «Маркшейдерское дело». В учебном плане подготовки маркшейдеров УГГУ предусматривается три производственные практики: производственная маркшейдерская – после четвертого курса обучения, производственная инженерная – после пятого и преддипломная – после шестого. Главная задача производственных практик – закрепить теоретические знания и научить студента применять эти знания при решении практических задач на производстве.

Изученный материал в период практики и выполненные студентом самостоятельно или при его участии работы излагаются в отчете по практике.

Материалы, изученные в период производственных практик, могут быть использованы студентом при выполнении курсового проектирования и подготовки ВКР специалиста.

С учетом специфики специальности студенту-маркшейдеру в течение двух производственных практик необходимо стремиться познакомиться с различными горными предприятиями, ведущими разработку месторождений полезных ископаемых как подземным, так и открытым способами.

За время прохождения практики студент знакомится и изучает: общие сведения о районе, где находится предприятие; геологическую характеристику месторождения; горнотехнические условия разработки; технико-экономические показатели предприятия; безопасность горного производства и его воздействие на окружающую среду; маркшейдерские работы; маркшейдерскую структуру предприятия и производство маркшейдерских работ.

Основные обязанности студента и последовательность решения организационных вопросов в период практики изложены в разделе 2.1 данных методических указаний.

1. ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Во время прохождения производственной практики студент специальности «Маркшейдерское дело» знакомится с горнотехнологическим процессом предприятия, принимает участие в его производстве и изучает следующие разделы:

1. Общие сведения о районе, где находится месторождение полезного ископаемого и горное предприятие.
2. Геологическая характеристика месторождения.

3. Горнотехнологическая характеристика горного предприятия, технология разработки и добычи полезного ископаемого.

4. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождения полезных ископаемых.

По окончании производственной практики студент пишет отчет. Содержание отчета и порядок изложения материала в отчете по практике должны соответствовать требованиям «Программы и методических указаний по прохождению производственных практик».

Программа производственной практики составлена в соответствии с учебным планом подготовки студентов специальности «Горное дело», специализация «Маркшейдерское дело».

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Перечень вопросов, подлежащих изучению, порядок изложения изученного материала в отчете по практике, указания по организации практики и требования к оформлению отчета по практике.

2.1. Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения

2.1.1. Общие сведения о районе нахождения месторождения (предприятия)

Географическое положение месторождения (республика, область, административный район), расстояние от железной дороги, водных путей, ближайших населенных пунктов и пути сообщения с ними. Климатические условия района (среднемесячные изменения температуры, осадки, господствующие направления ветров, глубина промерзания грунта).

Экономические сведения, транспортные связи, топливно-энергетическая база, условия водоснабжения, местные строительные материалы.

Объем раздела 2.1.1 – 1-2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.1:

- обзорная карта района в мелком масштабе, формат А4.
- фотографии.

2.1.2. Геологическая характеристика месторождения

Краткие сведения по стратиграфии, литологии и тектонике

Описание горных пород, слагающих месторождение, условия залегания, характеристика основных элементов тектоники, форма и размеры тел полезного ископаемого (мощность, длина по простиранию и падению), разделение рудных тел по петрографическому, минералогическому и химическому составу, структуре и текстуре, первичные и вторичные изменения вмещающих пород, содержание полезных и вредных компонентов, изменчивость содержания по простиранию и падению с глубиной.

Геологические условия образования (генезис) месторождения.

Объем раздела – до 10 стр.

Гидрогеологическая характеристика месторождения

Описание водоносных горизонтов, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь вод различных горизонтов, состав и качество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению, приток воды (данные по водоотливу шахты, карьера). Использование подземных вод.

Объем раздела – до 2 стр.

Геологоразведочные работы и подсчет запасов

Методика и схема разведки месторождения, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, категория разведанности, принятые расстояния между разведочными выработками.

Опробование полезного ископаемого, методика отбора проб в горных выработках и скважинах, размеры проб, расстояния между ними, обработка проб, химический анализ. Кондиции. Коэффициент рудоносности. Эксплуатационная разведка.

Принятая методика подсчета запасов на месторождении. Обеспеченность предприятия запасами по категориям.

Объем раздела – до 8 стр.

Инженерно-геологические условия эксплуатации месторождения

Физико-механические свойства вмещающих пород и тел полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность).

Объем радела – до 2 стр.

Графический материал к разделу 2.1.2:

- геологический план в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;
 - продольный и поперечный геологические разрезы месторождения в М 1:1000 – 1:5000, на формате предприятия;
 - иллюстрации, зарисовки наиболее характерных участков месторождения, схемы, диаграммы, таблицы и структурные колонки – формат А4.
- Объем раздела 2.1.2 – до 25 стр.

2.2. Горнотехнологическая характеристика предприятия

2.2.1. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом

Основные параметры шахты

Размеры шахтного поля по простиранию и падению, глубина разработки, способ вскрытия, число стволов и места их заложения, годовая производительность. Элементы расчета основных параметров шахты. Техничко-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-2 стр.

Подготовка шахтного поля к эксплуатации

Способ и порядок подготовки шахтного поля. Характеристика существующих горных работ. Система разработки. Сравнительный анализ схемы вскрытия и системы разработки, критерии их выбора. Механизация работ, перечень применяемого оборудования.

Объем раздела – до 10 стр.

Горнокапитальные, горно-подготовительные и очистные работы

Капитальные, подготовительные, нарезные и очистные горные выработки. Механизация работ. Крепление очистного забоя. Управление горным давлением и сдвижением горного массива для условий данной шахты. Паспорта крепления горных выработок.

Вентиляция. Водоотлив. Электроснабжение. Пневмохозяйство. Водоснабжение.

Объем раздела – до 10 стр.

Техника безопасности производства горных работ и мероприятия по охране окружающей среды

Техника безопасности. Мероприятия по производственной санитарии (борьба с пылью и шумом, освещение подземных выработок, питьевое водоснабжение, санитарно-бытовое и медицинское обслуживание). Горно-спасательное дело. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

- расчет параметров горнокапитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных горных работ, системы вскрытия и системы разработки;
- расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого шахты или рудника.

Графический материал к разделу 2.2.1:

- план и схема вскрытия шахтного поля;
- система разработки и технология проходки горных выработок;
- графики и схемы решения горно-эксплуатационных задач;
- фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

Объем раздела 2.2.1 – до 30 стр.

2.2.2. Горные работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом

Основные параметры карьера (разреза)

Производительность карьера; распределение объемов добычи горной массы по технологическим направлениям; режим работы карьера и срок его существования. Элементы расчета основных параметров карьера (разреза). Техничко-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – 1-5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Существующая схема вскрытия карьера. Система разработки: элементы системы разработки при горно-подготовительных и очистных работах; высота борта, средний угол откоса; длина блока; параметры рабочей площадки и т. д.

Технология ведения горных работ: буровзрывные работы; экскавация горной массы; транспортировка полезного ископаемого и вмещающих горных пород; отвалообразование; водоотлив; энергоснабжение. Перспективы дальнейшего развития карьера. Сравнительный анализ схемы вскрытия и систем разработки, отвалообразования.

Оползневые явления откосов, уступов и бортов карьера, противодеформационные методы борьбы с ними.

Объем раздела до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Борьба с пылью и вредными газами. Санитарно-бытовое медицинское обеспечение. Водоснабжение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация нарушенных земель.

Объем раздела – до 5 стр.

Объем раздела 2.2.2 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров вскрытия въездной и разрезной траншей, буровзрывных работ, системы разработки, отвалообразования;

– расчет себестоимости добычи 1 т полезного ископаемого карьера (разреза).

Графический материал к разделу 2.2.2:

– план горных работ карьера (разреза) на данный период отработки;

– план поверхности с указанием: фактического и проектного контуров отработки карьера (разреза); положения отвалов; железнодорожных и автомобильных дорог, линий связи и ЛЭП промплощадки и др. объектов;

– технологические схемы системы разработки, вскрытия, отвалообразования;

– графики и схемы решения горнотехнологических задач;

– фотографии.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.3. Горные работы при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых

Основные параметры дражного (гидро) полигона

Производительность драги (гидромониторов); схема, режим работы и срок эксплуатации полигона. Элементы расчета основных параметров технологии добычи. Перспективы дальнейшего развития и технико-экономические показатели предприятия.

Объем раздела – до 5 стр.

Подготовительные и эксплуатационные работы

Схема подготовки полигона. Технология ведения горных работ. Параметры полигона, транспортировка горной массы, отвалообразование, водооборот, энергоснабжение. Учет добычи полезного ископаемого и горной массы.

Объем раздела – до 15 стр.

Техника безопасности производства горных работ. Мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.3 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

– расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;

– расчет себестоимости добычи полезного ископаемого, драги (гидромонитора).

Графический материал к разделу 2.2.3:

– план земной поверхности с нанесением фактического и проектного контуров горных работ, транспортных путей, ЛЭП и других объектов;

– технологические схемы системы разработки, график работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.2.4. Горные работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Основные параметры горных работ

Технология разведки или доразведки месторождения. Основные параметры разведочных площадок, подземных хранилищ, отдельных участков месторождения. Их соответствие техническому проекту и программа работ. Технология разработки нового месторождения. Технология доработки месторождения действующего предприятия. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях приводятся примеры решения:

- подсчета балансовых и промышленных запасов;
- расчета производительности и срока службы месторождения;
- вскрытия и подготовки к добыче месторождения;
- системы разработки и механизации добычи полезного ископаемого;
- организации работ при строительстве буровой вышки и ее ликвидации.

Техника безопасности производства работ и мероприятия по охране окружающей среды

Общие требования к технике безопасности и промышленной санитарии. Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение. Водоснабжение, противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды, рекультивация наружных земель.

Объем раздела 2.2.4 – до 20 стр.

Сбор и подготовка материалов для курсового проектирования по технологии и экономике предприятия:

- расчет параметров технологического процесса горных работ, системы разработки;
- расчет себестоимости добычи полезного ископаемого.

Графический материал к разделу 2.2.4:

- проект технологии горных работ;
- план земной поверхности с нанесением объектов горного производства, транспортных путей, линий связи, ЛЭП и других объектов;
- технологические схемы ведения горных работ.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3. Производство маркшейдерских работ при разработке месторождений полезных ископаемых

2.3.1. Общие положения

За время прохождения производственной практики студент знакомится с общей организацией и структурой маркшейдерской службы, ее ролью в производственном процессе на горном предприятии. Изучает методику полевых и камеральных маркшейдерских работ, проводимых маркшейдерской службой предприятия, знакомится с инструментарием, оборудованием и маркшейдерской документацией.

Для закрепления знаний, полученных при изучении теоретических курсов маркшейдерии и др. дисциплин, а также для получения практических навыков студенту необходимо принять непосредственное участие во всех видах маркшейдерских работ, выполняемых маркшейдерской службой предприятия. Особое внимание следует уделить производству работ, выполненных лично студентом. В случае невозможности личного участия в том или ином виде маркшейдерских работ студент должен подробно их изучить по материалам предприятия и сделать самостоятельный анализ изученных работ с учетом требований Инструкции [1].

Самостоятельная работа студента включает теоретическое обоснование методики, проводимых на предприятии маркшейдерских съемок, оценку их точности, выводы и предложения по их совершенствованию с учетом современных инструментов, методик и вычислительной техники.

2.3.2. Маркшейдерские работы на земной поверхности

Маркшейдерские опорные сети на территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Исходные данные для построения и реконструкции опорных сетей и сетей сгущения. Методы создания плановых и высотных сетей, плотность, класс точности, схема заложения пунктов, конструкция знаков, реперов (центров).

Выполнение съемок и обновление планов земной поверхности на территории предприятия, масштабы съемки, сечение рельефа. Съемка складов, отвалов хвостохранилищ, методы определения объемов.

Графический материал по разделу 2.3.2:

- ситуационный план земной поверхности территории производственно-хозяйственной деятельности предприятия, границы земельных и горного отвода;
- план-схема маркшейдерской опорной геодезической сети.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.3. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений

Маркшейдерские работы на промплощадке. Ориентирование подземных съемок, передача высотных отметок в подземные выработки. Опорные и съемочные маркшейдерские подземные сети. Подземная съемка горизонтальных и наклонных выработок, подземное нивелирование горизонтальных и наклонных выработок. Оценка точности маркшейдерско-геодезического обоснования и ориентирно-соединительных съемок. Предрасчет точности сбоек горных выработок. Задание направления горным выработкам. Проверка геометрических элементов шахтного подъема. Профилировка шахтных стволов. Съемка нарезных и очистных выработок. Декадные и месячные маркшейдерские замеры горных работ. Определение остатков полезного ископаемого и составление отчетности.

Маркшейдерские работы при проведении буровзрывных работ.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 1.3.2:

- схема маркшейдерско-геодезического обоснования на поверхности и в шахте;
- схема ориентирно-соединительной съемки и передачи высотной отметки;
- схема задания направления горным выработкам;
- результаты маркшейдерской съемки подготовительных, нарезных и очистных горных выработок (выкопировки с планов с указанием пунктов съемочного обоснования).

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и россыпных месторождений

Съемочные (плановые и высотные) маркшейдерские сети на земной поверхности и в карьере. Виды съемочных сетей и точность их выполнения.

Маркшейдерская съемка, вынос в натуру и контроль технических параметров ведения горных работ. Виды маркшейдерских съемок, оценка точности и периодичность их выполнения, приборы и оборудование.

Маркшейдерские работы при ведении буровзрывных работ, съемка транспортных путей.

Контроль за погрузкой и распределением горной массы, нормирование и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Учет движения вскрытых, подготовленных к выемке запасов.

Маркшейдерские работы при проведении экскавации горной массы, отвалообразования.

Маркшейдерские съемки дражных и гидромониторных полигонов.

Проектирование и съемка внешних и внутренних отвалов вскрыши. Учет объемов складированных руд.

Маркшейдерское планирование горных работ. Виды и этапы планирования. Исходные данные для составления годового плана развития горных работ. Элементы текущего проектирования горных работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи при выполнении курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.4:

– схема съемочного обоснования на земной поверхности и в карьере;
– схемы, рисунки (по тексту отчета) создания и развития съемочных сетей, задания направлений горных выработок, выноса в натуру элементов проекта, решения различных маркшейдерских задач.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.5. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам необходимо представить:

- маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;
- схему и методику создания опорных и съемочных сетей;
- маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;
- плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;
- анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;
- геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования;
- приборы и оборудование и методику выполнения маркшейдерских работ, выполняемых на предприятии.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.5:

- топографический план месторождения или участка с нанесением гидрографии, населенных пунктов, государственной геодезической и маркшейдерской сети;
- маркшейдерско-геодезическая съемка объектов;
- подготовка исходных данных для выноса элементов проекта в натуру;
- схема и количественная оценка геомеханического мониторинга.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.6. Маркшейдерские работы при строительстве горных производств

При строительстве горных производств маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и включают:

- проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;
- детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;
- работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;
- работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;
- работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

Согласно указанным документам, необходимо изучение всех видов маркшейдерских работ, обеспечивающих производство строительства горного производства в соответствии с проектной документацией.

Необходимо представить приборы, оборудование и методику маркшейдерской съемки. Анализ и оценку точности выполнения маркшейдерских работ в соответствии с требованиями ГОСТов и Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Сбор материалов для решения конкретной маркшейдерской задачи для выполнения курсового проектирования по маркшейдерскому делу или специальной части дипломного проекта.

Графический материал по разделу 2.3.6:

- схема маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;
- примеры детальных разбивочных работ при строительстве технологических комплексов.

Графический материал выполняется на форматах предприятия.

2.3.7. Документация, инструменты, оборудование и штаты маркшейдерских отделов

Основные требования, предъявляемые к документации. Обязательный комплект документации и ее содержание. Пополнение и размножение документации. Задачи, решаемые по маркшейдерским планам и графикам. Хранение

маркшейдерской документации. Структура маркшейдерской службы. Оборудование, инструменты, вычислительная техника и программное обеспечение.

Объем маркшейдерской части 20 – 25 стр.

2.4. Выводы

В заключение студент делает свои выводы по всем разделам отчета по практике, оценивая изученный и представленный им материал с известными ему лучшими достижениями в данной отрасли горного производства с учетом новых технологий, инструментов, методик.

2.5. Производственные экскурсии

Экскурсии проводятся с целью расширения технических знаний студентов и общего кругозора в области истории развития предприятия и его роли в общей технологии производства. Экскурсии могут быть организованы в отдельные цеха предприятия, а также на соседние родственные предприятия.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. Основные положения

Перед выездом на практику студенты проходят инструктаж, получают направление–путевку с указанием места назначения на практику, сроков практики. Руководитель практики от кафедры выдает каждому студенту индивидуальное задание по вопросам маркшейдерского дела с учетом специфики предприятия, научно-исследовательской работы студента.

По прибытии на место прохождения практики студент обязан решить следующие организационные вопросы:

- а) зарегистрироваться в отделе кадров предприятия, отметить свое прибытие;
- б) представиться главному маркшейдеру предприятия и определиться с руководителем производственной практики от предприятия;
- в) решить бытовые вопросы;
- г) составить план прохождения практики.

С целью лучшего ознакомления с горным предприятием и получения необходимых производственных навыков студент должен стремиться устроиться на должность участкового маркшейдера, горного съемщика или рабочего

маркшейдерского отдела. Это значительно организует практиканта и вносит элемент ответственности. В крайнем случае, если нет возможности получить рабочее место, студент проходит практику в качестве дублера. Это не освобождает его от выполнения производственных обязанностей, которые он должен выполнять под руководством маркшейдера по режиму работы предприятия.

Рабочее время в период практики студент должен планировать по согласованию с руководителем практики от предприятия таким образом, чтобы была возможность практического выполнения основных маркшейдерских работ, проводимых на данном предприятии, знакомства с маркшейдерскими работами, проводившимися ранее, и индивидуальной работы по обработке собранного материала и написания отчета по практике.

При прохождении практики студент обязан вести записи о проделанной работе на предприятии. Записи должны служить основой для составления отчета. Имея в виду, что текстовый материал по геологической части является компилятивным, его следует во время практики систематизировать и изложить уже в таком виде, как это требуется по программе практики. То же самое относится к характеристике современного состояния горных работ и характеристике маркшейдерских работ горного предприятия. При анализе выполняемых работ студент должен пользоваться учебной, нормативной и справочной литературой [1, 2, 3, 4, 5]. Планы и графики, цифровой и справочный материал следует систематизировать и приложить к отчету по практике в виде таблиц, рисунков, приложений.

Для успешного проведения производственной практики большое значение имеет наличие хороших деловых взаимоотношений студента с местными организациями и отдельными работниками предприятия. Студент должен быть исполнительным, вежливым, соблюдать трудовую дисциплину и выполнять требования руководства предприятия.

В случае возникновения вопросов, требующих срочной консультации преподавателей кафедры, студент может ее получить по электронной почте на сайте кафедры.

В конце практики студент представляет отчет руководителю практики от предприятия, получает его отзыв с оценкой. К отчету прилагается заверенное администрацией предприятия направление-путевка студента.

Отчет по практике в готовом виде сдается на кафедру для проверки в течение двух недель после начала занятий.

При выставлении оценки по производственной практике обращается особое внимание на наличие полевых и камеральных работ, выполненных лично студентом.

Отсутствие отчета, несвоевременное его представление на кафедру или неудовлетворительная оценка отчета – все это лишает студента права быть аттестованным и обязывает его пройти производственную практику повторно.

Студентам, сократившим срок пребывания на практике без уважительных причин, практика не засчитывается.

3.2. Требования к оформлению отчета

3.2.1. Общие требования

Отчет оформляется согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851-857)–75 «Горная графическая документация».

Отчет выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода с компьютера.

Текст отчета оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитур шрифтов Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

- все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;
- перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;
- между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 30 °С, 10 % и т. д.). Нельзя отделять размерность от числа, в этом случае ставится непрерывный пробел Ctrl + Shift + пробел;
- при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);
- между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится неразрывный пробел: Ctrl + Shift + пробел (1999 год, т. д., т. е., н. э., А. С. Пушкин и т. д.);
- выделения курсивом, полужирным, прописным обеспечиваются средствами Word.

Подчеркивания в качестве выделений не допускаются.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу под линией правого поля с отступом на 15 мм от нижнего края листа.

3.2.2. Порядок брошюровки работы

Отчет брошюруется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- направление–путевка;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основные разделы;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

3.2.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется. Пример титульного листа приведен ниже.

3.2.4. Требования к оформлению реферата

Слово «РЕФЕРАТ» записывают прописными буквами симметрично тексту.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата приведен ниже.

Пример оформления титульного листа отчета по практике

**Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
"Уральский государственный горный университет"**

Кафедра маркшейдерского дела

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,

профессор, д-р техн. наук

_____ Гордеев В. А.

« __ » _____ 20__ г.

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МАРКШЕЙДЕРСКАЯ
ПРАКТИКА
НА ОАО «УРАЛАСБЕСТ»**

Отчет

**Исполнитель
Петров И. Л.
МД – 14 – 1**

**Руководитель
ФИО преподавателя**

Екатеринбург – 2018

РЕФЕРАТ

Отчет по производственной маркшейдерской практике: 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГЕОЛОГИЯ, КАРЬЕР, ГОРНЫЕ РАБОТЫ, МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ.

Целью работы являлось закрепление теоретических знаний по геологии месторождений, технологии горных работ, методике выполнения маркшейдерских работ.

Работы включали полевые маркшейдерско-геодезические измерения и камеральную обработку полученных результатов, сбор, обработку и анализ материалов горного предприятия.

В результате работы приобретены практические навыки выполнения различных видов маркшейдерских работ.

3.2.5. Требования к оформлению содержания отчета

Содержание отчета включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ | 6 |
| 1.1. Общие сведения о районе месторождения | 6 |
| 1.2. Геологическая характеристика месторождения..... | 10 |
| 1.3. Гидрогеологические условия | 14 |

| | |
|--|-----|
| 2. ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... | 17 |
| 2.1. Фактическое состояние горных работ | 18 |
| 2.2. Проект доработки горизонта 260 м | 24 |
| 3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ... | 32 |
| 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ..... | 32 |
| 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА..... | 46 |
| 6. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ | 69 |
| 7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПОРНЫХ И СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ В ШАХТЕ..... | 75 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 105 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 106 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети | 107 |

3.2.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

3.2.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки подразделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. После номера подраздела ставится точка.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3 и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы с точкой в конце, не подчеркивать. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

3.2.8. Изложение текста

Текст отчета должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например: «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например, 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не ,).

3.2.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman, Symbol. При наборе формул рекомендуется использовать следующие

щие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых сочетаний типа \max , \min , \cos , \sin , tg , \log , \exp , \det и т. д., набираются курсивом; русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают курсивом, греческие и готические – прямым, химические символы (Cu, Mn и т. д.) – прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – прямым без точек. Числа и дроби в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (\pm , \leq , \geq , \dots , \approx), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (\times) с дублированием знака на другой строке.

$$\begin{aligned}\text{Например: } f(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \\ &= b_0 + b_1 + \dots + b_n.\end{aligned}$$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставят порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \quad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример

Плотность каждого образца, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объем образца, м^3 .

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: $()$, $[\]$, $\{ \}$. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии.

Она ставится:

а) между числовыми сомножителями: $20 \cdot 75$;

б) для выделения какого-либо сомножителя: $2 \cdot 2xy \cdot z$;

в) для записи скалярного произведения векторов: $a \cdot b$;

г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: $a \cos x \cdot b \cos y$;

д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Точка как знак умножения не ставится:

а) между числом и буквенным символом: $5ab$;

б) перед скобками и после них: $(b+c)(a-d)$;

в) перед дробными выражениями и после них: $\alpha \frac{\cos \alpha}{b} \frac{2}{\alpha}$;

г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x dx$;

д) перед аргументом тригонометрической функции: $\arccos \omega t$.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

а) при указании размеров: $4,5 \times 3$ м;

б) при записи векторного произведения $a \times b$;

в) при переносе формулы на знаке умножения:

$$y = (x + 2) \times$$

$$\times (x + 4)^2.$$

Расположение формул в тексте

Наиболее важные и все нумерованные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

- а) после обобщающего слова;
- б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П. 1).

3.2.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

3.2.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце текста. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать: «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например, «Рисунок 1 – Схема полигона».

3.2.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы, при его наличии, печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один - два интервала.

Например:

«Таблица 1 – Сводные данные».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст. Так, если:

Основной текст – кт 16 (14)

Текст таблицы – кт 14 (12)

Текст головки таблицы – кт 13 (11)

Примечания к таблице – кт 13 (11).

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишутся с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишутся с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Например:

Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав, %

| Углерод | Марганец | Кремний | Ванадий | Медь | Никель | Сера | Фосфор |
|-------------|-----------|-----------|------------|------|--------|------|--------|
| | | | не более | | | | |
| 0,12 – 0,18 | 0,5 – 1,7 | 0,4 – 0,7 | 0,05 – 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,04 | 0,035 |

3.2.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка состоит из следующих элементов:

– заголовка описания - фамилия, инициалы автора (авторов);

– основного заглавия - название издания (книги, статьи и т. п.);

– места издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;

- издательства – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;
- года издания - обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвигание горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него) проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке и в необходимых случаях – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

3.2.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст отчета, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы

большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке появления ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. Серия 07. Нормативные документы по вопросам охраны недр геолого-маркшейдерского контроля. Выпуск 15. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. – М.: ГУП «НТЦ БП», 2003. – 117 с.
2. *Оглоблин, Д. Н.* Маркшейдерское дело: учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
3. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учеб. пос. / Б. П. Голубко, В. А. Гордеев, В. И. Яковлев; УГГУ. – Екатеринбург, 2010. – 212 с.
4. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко; УГГУ. – Екатеринбург, 2015. – 73 с.
5. *Голубко, Б. П.* Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений подземным способом: учеб. пос. / Б. П. Голубко, Г. В. Земских, О. С. Раева; УГГУ. – Екатеринбург, 2017. – 98 с.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Голубко Б.П., Гордеев В.А.

ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ ВКР

Методические указания

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА | 9 |
| 1.1. ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА | 9 |
| 1.2.1. Общие сведения о районе месторождения (предприятия) | 9 |
| 1.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.... | 10 |
| 1.2.2.1. Разведанность месторождения..... | 10 |
| 1.2.2.2. Стратиграфия..... | 10 |
| 1.2.2.3. Генезис месторождения..... | 10 |
| 1.2.2.4. Гидрогеологическая характеристика месторождения..... | 10 |
| 1.2.2.5. Геологоразведка и запасы месторождения..... | 10 |
| 1.2.2.6. Инженерно-геологические условия..... | 11 |
| 1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ | 11 |
| 1.3.1. Фактическое состояние горных работ | 11 |
| 1.3.2. Проектирование горных работ..... | 11 |
| 1.3.2.1. Подземная разработка пластовых месторождений..... | 12 |
| 1.3.2.2. Подземная разработка рудных месторождений..... | 14 |
| 1.3.2.3. Разработка месторождения открытым способом..... | 16 |
| 1.3.2.4. Разработка россыпных месторождений..... | 18 |
| 1.3.2.5. Разработка месторождений углеводородного сырья
(нефти и газа)..... | 19 |
| 1.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА | 19 |
| 1.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ | 20 |
| 1.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... | 22 |
| 1.7. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ..... | 22 |
| 1.7.1. Маркшейдерские работы на земной поверхности..... | 23 |
| 1.7.2. Маркшейдерские работы при подземной разработке
пластовых и рудных месторождений..... | 23 |
| 1.7.3. Маркшейдерские работы при открытой разработке пластовых,
рудных и россыпных месторождений..... | 24 |
| 1.7.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений
углеводородного сырья (нефти и газа) | 24 |
| 1.7.5. Маркшейдерские работы при строительстве горного предприятия | 25 |
| 1.7.6. Маркшейдерские работы при строительстве подземных
сооружений (тоннелей, станций метрополитенов,
камер большого сечения..... | 26 |
| СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ | 27 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 27 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 28 |

| | |
|--|----|
| 2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ | 29 |
| 2.1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ | 29 |
| 2.1.1. Общие требования..... | 29 |
| 2.1.2. Порядок брошюровки работы..... | 30 |
| 2.1.3. Требования к оформлению титульного листа | 30 |
| 2.1.4. Требования к оформлению реферата | 30 |
| 2.1.5. Требования к оформлению содержания | 32 |
| 2.1.6. Требования к оформлению введения | 32 |
| 2.1.7. Требования к оформлению основных разделов
пояснительной записки..... | 33 |
| 2.1.8. Изложение текста | 33 |
| 2.1.9. Требования к оформлению формул..... | 35 |
| 2.1.10. Требования к оформлению примечаний..... | 38 |
| 2.1.11. Требования к оформлению иллюстраций..... | 38 |
| 2.1.12. Требования к оформлению таблиц..... | 39 |
| 2.1.13. Требования к оформлению списка литературы | 41 |
| 2.1.14. Требования к оформлению приложений | 42 |
| 2.2. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 43 |
| 2.2.1. Общие требования..... | 43 |
| 2.2.2. Требования к оформлению демонстрационных материалов
в электронном виде | 43 |
| 2.2.2.1. Требования к файлу презентации | 43 |
| 2.2.2.2. Требования к носителю информации..... | 44 |
| 2.2.3. Требования к оформлению демонстрационных чертежей | 44 |

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломного проектирования является комплексная оценка соответствия уровня подготовки студента требованиям Государственного образовательного стандарта по программам профессионального образования квалификация горный инженер (специалист). Дипломное проектирование является завершающим этапом учебного процесса. Студент должен показать уровень знаний, соответствующий требованиям в области специальных и инженерно-экономических дисциплин, и готовность к самостоятельному решению инженерно-технических задач по разработке месторождений полезных ископаемых и производству маркшейдерских работ.

При дипломном проектировании студент руководствуется законодательством, инструкциями и нормативными документами об охране недр и окружающей природной среды. Дипломный проект должен отвечать современным требованиям и отражать новейшие достижения науки и техники.

Каждому студенту назначается руководитель дипломного проекта из числа преподавателей кафедры маркшейдерского дела. Содержание и объем дипломного проекта устанавливаются руководителем в соответствии с заданием. Задание к выпускной квалификационной работе (ВКР) специалиста оформляется на специальном бланке в течение первой недели 11-го семестра. Пример заполнения задания приведен на с. 6.

По решению кафедры отдельные студенты могут выполнять **дипломную работу**, которая носит исследовательский характер, и результаты ее используются в дальнейшем на предприятии или в научно-исследовательской работе.

Дипломный проект (работа) подготавливается к защите в течение 11-го семестра.

Дипломный проект (работа) состоит из пояснительной записки и демонстрационных материалов, которые могут быть представлены в виде демонстрационных листов или мультимедийной презентации.

Состав и ориентировочный объем разделов дипломного проекта (работы) приведены в табл. 1 и 2.

**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Факультет Горнотехнологический, Заочного обучения
(ненужное зачеркнуть)

Кафедра маркшейдерского дела
Специализация «Маркшейдерское дело»

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
проф., д-р техн. наук
_____ **В. А. Гордеев**
« ____ » _____ **20** __ г.

**ЗАДАНИЕ
ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА**

Студент гр. МД

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема дипломного проекта (работы)

2. Содержание пояснительной записки:

- 2.1. Общие сведения о предприятии и геологическая характеристика месторождения.**
- 2.2. Технология горных работ.**
- 2.3. Мероприятия по обеспечению безопасности производства.**
- 2.4. Техничко-экономические показатели предприятия (участка).**
- 2.5. Мероприятия по сохранности окружающей среды.**
- 2.6. Маркшейдерские работы на предприятии (фактическое состояние и анализ).**
- 2.7. Специальная часть ВКР.**

3. Демонстрационный материал (графическая документация, рисунки, фотографии и др.) – мультимедийная презентация в программном продукте Power Point 2003 (MS Office 2003).

4. Консультанты по разделам (ФИО, кафедра, раздел)

Руководитель ВКР _____
(кафедра, ФИО) _____ (подпись)

Задание по ВКР получил студент _____
(ФИО) _____ (подпись)

Дата выдачи задания « ____ » _____ **20** __ г.

Дата сдачи студентом ВКР « ____ » _____ **20** __ г.

Таблица 1

Состав и ориентировочный объем дипломного проекта

| Номер раздела | Наименование раздела | Кол-во страниц | Демонстрационный материал, кол-во слайдов |
|---------------|--|----------------|---|
| | Введение | 1 – 2 | – |
| 1 | Общие сведения о районе месторождения (предприятия) и его геологическая характеристика | | |
| 1.1 | Общие сведения о районе месторождения | 3 – 4 | 1 – 2 |
| 1.2 | Геологическая характеристика месторождения | 9 – 10 | 1 – 2 |
| 2 | Горнотехнологическая характеристика горного предприятия | | |
| 2.1 | Фактическое состояние горных работ | 10 – 12 | 1 – 2 |
| 2.2 | Проектирование горных работ | 8 – 10 | 1 - 2 |
| 3 | Экономические показатели деятельности предприятия | 2 – 3 | 1 |
| 4 | Безопасность производства | 7 – 10 | – |
| 5 | Воздействие горного производства на окружающую среду | 8 – 10 | 1 |
| 6 | Маркшейдерские работы на предприятии | 10 – 15 | 2 – 5 |
| 7 | Специальная часть дипломного проекта | 25 – 30 | 3 – 4 |
| | Заключение | 1 – 2 | 1 |
| | Список литературы | 1 – 2 | – |
| | Всего | 85 – 100 | 5 – 11 |

Таблица 2

Ориентировочный состав и объем дипломной работы

| Номер раздела | Наименование раздела | Кол-во страниц | Кол-во слайдов |
|---------------|--|----------------|----------------|
| | Введение | 1 – 2 | – |
| 1 | Цель, задачи и актуальность исследований | 2 – 5 | 1 |
| 2 | Анализ методов и способов решения поставленных задач (обзор источников литературы) | 15 – 20 | 3 – 5 |
| 3 | Методика решения поставленных задач и последовательность их выполнения | 20 – 30 | 3 – 5 |
| 4 | Оценка эффективности полученных решений | 3 - 5 | 1 |

| Номер раздела | Наименование раздела | Кол-во страниц | Кол-во слайдов |
|---------------|----------------------|----------------|----------------|
| | Заключение | 3 – 7 | – |
| | Список литературы | 1 | – |
| | Всего | 45 – 70 | 7 – 12 |

Публичная защита дипломного проекта (работы) проводится на заседании Государственной аттестационной комиссии при наличии внутривузовских и внешней рецензий, отзыва руководителя дипломного проекта (работы).

Внутривузовские рецензии студент получает у назначенных консультантов, список которых вывешивается на доске объявлений кафедры.

Внешнюю рецензию на дипломный проект (работу) студент получает по направлению заведующего кафедрой у специалиста, который утверждается рецензентом приказом ректора университета.

Руководитель дипломного проекта (работы) в своем отзыве отмечает:

- соответствие содержания дипломного проекта (работы) дипломному заданию и наличие необходимых разделов;
- правильность принятых инженерных решений и соответствие их современному уровню развития науки и техники;
- выполнение требований, предъявляемых к оформлению пояснительной записки и графического материала дипломного проекта (работы);
- степень самостоятельности студента при решении поставленных задач, творческий характер работы.

В заключении руководитель дает общую оценку дипломного проекта (работы) в баллах.

Темой дипломного проекта (его специальной частью) может быть выбрана инженерно-техническая задача по решению актуальных вопросов маркшейдерских работ при различных стадиях производства: разведке месторождений, строительстве, эксплуатации, консервации, ликвидации горных предприятий и различных способах добычи: подземном, открытом, дражном, гидравлическом, разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа).

Темой дипломной работы может быть та же задача, но имеющая научно-исследовательское направление и в которой студент принимал непосредственное участие.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Во введении излагаются задачи горнодобывающей отрасли или отдельных ее направлений на примере региона, где находится предприятие, рассматриваемое в дипломном проекте. Дается степень освоения и перспективы развития предприятия и региона. Обосновывается актуальность и специфические особенности решения задач, поставленных в специальной части дипломного проекта.

Указывается на основании каких материалов выполняется дипломный проект (по материалам, полученным на предприятии в период производственных практик или по результатам исследовательской работы, включая курсовые работы и проекты, выполненные студентом ранее).

1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.2.1. Общие сведения о районе месторождения (предприятия)

В разделе приводятся: сведения о географическом и административном положении месторождения (предприятия); промышленная освоенность района, пути сообщения, ближайшие железнодорожные станции, пристани, порты и топливно-энергетическая база; наличие местных строительных материалов, бытовое и техническое водоснабжение; климатические условия района (продолжительность зимнего периода, минимальные и максимальные температуры, среднегодовые, сезонные и месячные температуры воздуха, господствующие ветры и их направление, количество осадков по сезонам и месяцам; мощность и температура сезонной мерзлоты, продолжительность стояния снежного покрова и сезонной мерзлоты); характер рельефа и гидрографическая сеть района, влияние природных факторов на условия отработки месторождения, технико-экономические показатели региона.

1.2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.2.2.1. Разведанность месторождения

История открытия и разведки месторождения. Состав, форма и размеры по простиранию и падению, количество залежей, их форма, мощность и углы падения полезного ископаемого.

1.2.2.2. Стратиграфия

Состав и стратиграфия полезного ископаемого и вмещающих пород. Тектоника месторождения, наличие складчатых и разрывных нарушений и их элементы залегания.

1.2.2.3. Генезис месторождения

Гипотеза образования залежи, минералогический состав полезного ископаемого и его качественная характеристика.

1.2.2.4. Гидрогеологическая характеристика месторождения

Общие сведения об открытых водостоках на поверхности. Характеристика водоносных горизонтов, их количество и распределение, коэффициенты фильтрации пород. Возможные притоки подземных вод в горные выработки. Состав и количество подземных вод различных горизонтов и в целом по месторождению.

1.2.2.5. Геологоразведка и запасы месторождения

Методика разведки, объем произведенных работ и степень разведанности месторождения, сетка разведочных скважин. Методика подсчета запасов и их количество по категориям. Методы опробования, кондиции, предъявляемые к качеству полезного ископаемого со стороны потребителей. Эксплуатационная разведка.

1.2.2.6. Инженерно-геологические условия

Физико-механические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород. Устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, кусковатость, влажность, газоносность.

Графика к разделу 1.2

1. Обзорная карта района.
2. Геологический план или план поверхности с выходом пластов под наносы с разведочными линиями и скважинами М 1:10000, 1:5000, 1:2000.
3. Продольные и поперечные геологические разрезы в масштабе плана.
4. Стратиграфическая и структурные колонки в удобном для восприятия масштабе, иллюстрации, зарисовки, схемы, диаграммы, выполненные на листах формата А4 по тексту пояснительной записки.

1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

1.3.1. Фактическое состояние горных работ

В описательной части даются краткие сведения о состоянии горных работ на предприятии: производительность (шахты, рудника, карьера), способ вскрытия месторождения, проходка капитальных подготовительных, нарезных и очистных горных выработок, применяемые системы отработки и их характеристика, транспортировка горной массы, вентиляция и водоотлив, энергоснабжение, фактические и проектные технико-экономические показатели и др.

Графика к разделу 1.3.1

План и разрезы фактического состояния горных работ на 1 января текущего года М 1:5000, 1:2000, 1:1000.

1.3.2. Проектирование горных работ

При подготовке выпускной квалификационной работы (дипломного проекта или дипломной работы) могут быть включены вопросы проектирования горных работ. Данное решение принимается

по согласованию с руководителем ВКР при оформлении задания по ВКР специалиста.

Задание на проектирование горных работ студент получает от руководителя ВКР или преподавателя-консультанта по горной части.

При этом необходимо учесть способ разработки и стадию разработки на предприятии: строительство, эксплуатация, доработка.

Тематика и объем горной части в целом должны обеспечить необходимый и достаточный материал для выполнения разделов по специальной и экономической части проекта.

1.3.2.1. Подземная разработка пластовых месторождений

Проектирование горных работ при подземной разработке пластовых месторождений может вестись в двух вариантах:

1. Разработка нового шахтного поля.
2. Доработка шахтного поля действующей шахты.

В обоих случаях должны быть решены следующие вопросы:

- подсчет балансовых и промышленных запасов (если этот вопрос не рассматривается в других частях проекта);
- производительность (обоснование и расчет) и срок службы шахты;
- вскрытие и подготовка шахтного поля;
- системы разработки, механизация очистных работ;
- технология и механизация проведения подготовительных и нарезных выработок.

Подсчет балансовых запасов должен быть произведен в соответствии с требованиями действующих инструкций. При этом рассматриваются следующие вопросы:

- выбор метода подсчета (обоснование);
- подсчет балансовых запасов в шахтном поле (на нижних горизонтах или на участке);
- построение предохранительных целиков под промплощадку, здания, сооружения, около геологических нарушений и т. д.;
- подсчет промышленных запасов шахтного поля (нижних горизонтов или участка).

При определении производительности шахты рассматривают два вопроса:

1. Обоснование и расчет производительности шахты.

2. Расчет срока службы шахты в целом и (или) отдельных горизонтов.

Вскрытие и подготовка шахтного поля включает:

– выбор способа подготовки шахтного поля (этажный, панельный, погоризонтный, комбинированный) и установление его параметров;

– обоснование способа подготовки пластов (индивидуальный или групповой);

– выбор способа вскрытия шахтного поля.

При определении системы разработки и механизации очистных работ должны быть рассмотрены следующие вопросы:

– выбор и обоснование системы разработки для всех пластов свиты;

– установление параметров системы разработки для пласта, указанного в задании;

– установление поперечного сечения всех подготовительных выработок выемочного поля по условию размещения транспортного оборудования;

– выбор механизации для выемки и транспортировки горной массы и материалов в пределах выемочного поля;

– выбор типа механизированной или индивидуальной призабойной и посадочной крепи и способа управления кровлей;

– расчет суточной добычи, объемов отдельных видов работ, штата рабочих в очистном забое и производительности труда забойного рабочего;

– составление планограммы работ и графика выхода рабочих в очистном забое;

– подсчет плановых потерь по системе разработки;

– расчет себестоимости 1 т угля по очистному забою по элементам затрат: заработная плата, материалы, электроэнергия и амортизация оборудования (это может быть произведено в разделе «Экономические расчеты»).

В конце раздела приводится сводная таблица технико-экономических показателей: мощность и угол падения пласта, подвижение очистного забоя (суточная и годовая), добыча угля (суточная и годовая), потери угля по системе разработки; расход материалов на 1000 т добычи, производительность труда рабочего очистного забоя на выход, себестоимость 1 т угля по очистному забою.

Технология и механизация проведения подготовительных выработок включает:

- определение объема подготовительных выработок в пределах выемочного поля (панели) и их характеристика;
- выбор способа проведения подготовительных выработок, расположенных в пределах выемочного поля (панели);
- выбор механизации проведения подготовительных выработок;
- выбор типа ВВ и СВ для буровзрывных работ;
- проект проведения выработки (по заданию консультанта).

Графика к разделу 1.3.2.1

Проект вскрытия и подготовки шахтного поля. Проект системы разработки и ее основные элементы. Проект проведения выработки. М 1:1000; 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.2. Подземная разработка рудных месторождений

Производительность проектируемого предприятия должна определяться с учетом горно-геологических условий по годовому понижению горных работ или по скорости подвигания очистных забоев (при горизонтальном или пологом залегании рудного тела).

Срок службы рудника устанавливается с учетом развития и затухания горных работ. Полученные значения проверяются по нормативным документам. При обосновании режима работы предприятия устанавливается: количество рабочих дней в году, количество смен в сутки, продолжительность рабочей недели, смены, общая организация подземных работ и работ на поверхности.

Система разработки выбирается путем технико-экономических расчетов с учетом постоянных и переменных факторов, влияющих на способ отработки. При этом определяются основные параметры: высота блока (этажа), его длина и ширина, показатели извлечения и др.

При проектировании вскрытия вновь разрабатываемого месторождения определяется: тип подъемных сосудов и размеры рудо-подъемного ствола; разрабатывается схема размещения оборудования в стволе; определяется количество, параметры и расположение вентиляционно-вспомогательных шахтных стволов; разрабатывается схема околоствольного двора; организация подземного дробильного комплекса; разрабатывается схема подготовки горизонтов; рассчиты-

вается и обосновывается высота этажа; определяется число этажей в шахтном поле; обосновывается целесообразность строительства концентрационных горизонтов и число этажей, объединяемых основным концентрационным горизонтом.

На основе проведенных расчетов конструируется несколько конкурентоспособных вариантов вскрытия, из которых путем технико-экономического сравнения выбирается лучший.

При проектировании вскрытия глубоких горизонтов действующего предприятия учитываются существующие вскрывающие выработки. При этом проводится проверка главных выработок вскрытия при отработке глубоких горизонтов по производительности подъема, вентиляции и рассматривается их сохранность при сдвигении горных пород. Если хотя бы одному из указанных условий вскрывающие выработки не удовлетворяют, то рассматривается вопрос об их реконструкции или строительстве новых.

Схема подготовки одного из горизонтов разрабатывается на основе горно-геологических условий, годовой производительности, принятой системы разработки и вида транспорта. Поперечные размеры горизонтальных подготовительных выработок определяются в зависимости от типа (параметров) транспортных средств и возможного вида крепления, а размеры восстающих выработок – в зависимости от их назначения и способа проходки.

Проект проведения подготовительной выработки включает в себя: определение сечения выработки в проходке, расчет параметров буровзрывных работ, уборку горной массы, крепление и вентиляцию, устройство путей, расход материалов и энергии, продолжительность цикла и скорость продвижения выработки.

Параметры выемочного блока определяются по горно-техническим условиям месторождения и параметрам систем разработки. При этом определяются: параметры и запасы элементов блока (камера, междуканнерный целик, потолочина, днище); схема подготовки и нарезки блока; параметры подготовительных и нарезных выработок; объем подготовительно-нарезных работ по руде и породе; запасы блока (с разбивкой по элементам); основные производственные процессы по каждому элементу блока и схема их механизации; схема вентиляции блока; основные вопросы безопасности труда при отработке блока.

Графика к разделу 1.3.2.2

Схема вскрытия месторождения. План основного откаточного горизонта. Сечения основных вскрывающих выработок. План очистной выемки с разрезами вкрест простирания. План (планы) рабочего горизонта М 1:1000; 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.3. Разработка месторождения открытым способом

Проектирование горных работ может вестись по двум направлениям:

1. Технология и комплексная механизация разработки нового месторождения.
2. Технология и комплексная механизация разработки при доработке месторождения.

При определении границ карьерного поля, запасов полезного ископаемого и объемов вскрыши, производственной мощности карьера должны быть рассчитаны:

- углы погашения бортов карьера;
- глубина и проектный контур карьера;
- запасы полезного ископаемого и объемы вскрыши;
- производственная мощность и срок отработки карьера;
- режим работы карьера и организация работ.

Вскрытие месторождения проектируется на три этапа: год сдачи в эксплуатацию, год наибольшего развития работ (по указанию консультанта) и на конец отработки месторождения (или очереди). Способ вскрытия устанавливается в зависимости от рельефа местности, принятого вида транспорта, производственной мощности и системы разработки.

Выполняются расчеты капитальных и разрезных траншей, устанавливается место размещения капитальных траншей, выбирается способ подготовки новых горизонтов.

Выбор и обоснование системы разработки производится во взаимосвязи с принятым способом вскрытия, выбранной схемой комплексной механизации и принятыми моделями и типоразмерами основного горно-транспортного оборудования. При этом рассчитываются элементы системы разработки: высота породных и добычных уступов, ширина экскаваторной заходки, длина и количество экскаваторных блоков на уступах, параметры рабочей зоны карьера.

Механизация горных работ включает расчеты схем комплексной механизации (классификация В. В. Ржевского) и выбор способа подготовки пород к выемке и выемочно-погрузочного оборудования, обоснование вида карьерного транспорта и способа отвалообразования вскрышных пород. Одновременно выбирают: технологию производства вспомогательных станций, зарядку и забойку скважин, разделку негабарита, перекладку железнодорожных путей в забоях, планировку площадок, устройство временных автодорог, профилактику подвижного состава против примерзания и прилипания транспортируемых грузов. Здесь же рассчитывают производительность и парк оборудования по основным технологическим процессам, определяют техническую и эксплуатационную производительность (сменная и годовая) буровых станков, выемочно-погрузочного оборудования, транспортных и отвальных машин, определяют парк горно-транспортного оборудования (рабочий и списочный), приводятся сведения о схеме управления карьером, охране природы и рекультивации площадей, нарушенных горными работами.

В заключении раздела приводят результаты принятых проектных решений, анализ основных технико-экономических показателей по сравнению с фактическими (достигнутыми на действующем карьере) и лучшими в данной отрасли промышленности. Делают вывод о технической и экономической (с привлечением результатов экономической части) целесообразности разработки (доработки) месторождения открытым способом.

Графика к разделу 1.3.2.3

План карьера на момент сдачи в эксплуатацию (на момент наибольшего развития горных работ или на конец отработки) М 1:5000, 1:2000, 1:1000. Характерный разрез по плану карьера (обычно в масштабе плана), конструкция зарядов скважин М 1:50, 1:25, взрывные блоки на уступах и при проходке траншей со схемой коммутации зарядов М 1:500, 1:1000. План и поперечный разрез капитальной или разрезной траншеи с оборудованием М 1:500, 1:200. План и поперечный разрез отвального забоя с размещением оборудования М 1:500, 1:200.

При выполнении темы по доработке месторождения вместо планов на момент сдачи (наибольшего развития работ) выполняется план фактического состояния горных работ на карьере М 1:5000,

1:2000, 1:1000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.3.2.4. Разработка россыпных месторождений

В проектной части рассматриваются следующие вопросы:

- вскрытие россыпи при дражном способе, основание и размеры котлована;
- вскрытие россыпи при гидравлическом способе разработки, горнокапитальные работы, расположение канав по осушению и обводнению долины россыпи;
- расчет конструкции плотин, способ их сооружения, объем и стоимость земляных плотин;
- способы проходки канав и котлованов при гидравлическом способе разработки, их размеры и стоимость проходок;
- подготовительные работы, методы очистки полигона от леса и вскрыши торфов;
- система дренажных разработок, ширина котлована и угол маневрирования, способ отработки уступа, углы откосов галечных и эфельных отвалов;
- рабочие размеры драги, списочный состав на драге, расход электроэнергии, топлива, материалов и т. д., число рабочих дней в году, начало и конец сезона, ремонтные дни;
- система разработки гидравлическим способом, расположение гидромониторов в забое, ширина забоя, приходящаяся на один гидромонитор, расположение песковых колодцев и почвенных канав, частота передвижки гидромониторов и песковых колодцев, размеры и уклоны почвенных канав, способы их проходки;
- схема обогащения, тип и размеры применяемой обогатительной аппаратуры, обслуживающий штат, организация промывки и сполоска, график сполоска, контроль процесса промывки, коэффициент извлечения, расход рабочей силы и материалов;
- транспортирование песков на гидравлических разработках, расстояние транспортировки песков и высота подъема, тип землесоса, мощность и тип элеватора, способ отвалообразования и его организация;
- охрана речной системы от загрязнения и рекультивация отработанных площадей;
- общая организация работ (штат предприятия, структура себестоимости добычи 1 м³ горной массы и др.).

Графика к разделу 1.3.2.4

План месторождения с нанесением элементов системы разработки и основных гидротехнических сооружений, два-три поперечных разреза (по разведочным линиям). Чертеж по проверке соответствия конструктивных параметров драги размерам россыпи. Иллюстрации, рисунки, схемы, фотографии по тексту пояснительной записки.

1.3.2.5. Разработка месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Задание на проектирование технологии добычи углеводородного сырья студент получает от руководителя дипломного проекта. Исходным материалом для выполнения данного раздела является материал, полученный в период производственной практики студента.

Проектирование технологических работ может вестись в следующих направлениях:

1. Технология разведки или доразведки месторождения.
2. Технология разработки нового месторождения.
3. Технология доработки месторождения действующего предприятия.
4. Технология консервации или ликвидации месторождения.

Во всех случаях должны быть решены следующие вопросы:

- подсчет балансовых и промышленных запасов;
- расчет производительности и срока службы предприятия;
- вскрытие и подготовка к добыче месторождения;
- система разработки и механизация добычи полезного ископаемого;
- организация работ при строительстве буровой вышки.

Графика к разделу 1.3.2.5

Проект разведки (доразведки) месторождения. Проект разработки месторождения. М 1:25000 – 1:2000. Иллюстрации, зарисовки, схемы по тексту пояснительной записки (формат А4).

1.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Задание по данному разделу дипломного проекта выдается руководителем ВКР или консультантом-преподавателем кафедры без-

опасности горного производства. Обязательным условием допуска студента к защите дипломного проекта является детальная проработка вопросов техники безопасности, промсанитарии и противопожарной безопасности на всех этапах проектирования. Все технические и технологические решения, принимаемые в дипломном проекте, должны решаться в строгом соответствии с требованиями ГОСТ, ППБ, ПБ и другой нормативной и директивной документации. Решения по охране труда, принятые применительно к частным техническим и технологическим задачам дипломного проекта, излагаются в соответствующих главах его пояснительной записки: «Вскрытие месторождения», «Система разработки», «Маркшейдерские работы» и т. п. Раздел «Безопасность производства» является синтезирующим, который включает сводку (перечень) конкретных обобщенных материалов по охране труда, принятых в отдельных разделах проекта, а также основные общешахтные или карьерные мероприятия по охране труда, решаемые применительно к условиям проектируемой шахты, карьера, нефтегазодобывающего предприятия.

В целом раздел должен содержать разработанные или принятые дипломантом мероприятия по охране труда в следующей последовательности: общая характеристика условий и охраны труда и общие требования безопасности, мероприятия по технике безопасности, мероприятия по производственной санитарии, мероприятия по противопожарной защите, профилактике и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Руководством для выполнения каждой части данного раздела являются методические разработки кафедры безопасности горного производства.

Демонстрационных чертежей по разделу обычно не выполняется. Необходимые иллюстрации приводятся на чертежах других разделов или в пояснительной записке.

1.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью данного раздела является определение производственной себестоимости и затрат маркшейдерской службы на одну тонну добычи. Основой для составления являются горно-геологические условия шахты, рудника или карьера (годовая производительность предприятия или участка, выбранные в проекте способ вскрытия

и системы разработки, режим работы, структура управления, применяемая техника, приборы и оборудование). Экономические расчеты выполняются после горной части дипломного проекта, так как составляемый при этом техпромфинплан основывается на годовой производительности, определенной в разделе 1.3.

Задание по данному разделу студент получает у преподавателя-консультанта кафедры экономики и менеджмента.

В техпромфинплан входят: сметы на приобретение и монтаж оборудования, таблицы по расчету штата и фонда зарплаты трудящихся, расход материалов, энергии и амортизации оборудования, содержание цехового персонала. По данным таблиц составляется калькуляция себестоимости добычи и определяются основные технико-экономические показатели.

В разделе рассматриваются следующие вопросы:

- смета на приобретение и монтаж оборудования;
- расчет штата и фонда заработной платы рабочих;
- расчет расхода материалов, электроэнергии и сжатого воздуха;
- расчет амортизации оборудования;
- расчет штата и фонда заработной платы участкового персонала;
- основные технико-экономические показатели (годовая производительность, списочный штат рабочих, производительность труда рабочего, годовой и удельный расходы электроэнергии, среднемесячная заработная плата, себестоимость 1 т полезного ископаемого);
- расчет стоимости маркшейдерского обслуживания на 1 т добычи полезного ископаемого.

Затраты на маркшейдерское обслуживание складываются из следующих элементов: основная заработная плата инженерно-технических работников и рабочих маркшейдерского отдела с учетом районного коэффициента; начисления на заработную плату; расход материалов; погашения износа малоценного быстроизнашивающегося инвентаря, приборов и инструментов; амортизация основных средств и прочие расходы. По перечисленным элементам составляется калькуляция себестоимости.

Порядок выполнения указанных расчетов изложен в методической разработке по выполнению экономической части дипломного проекта, составленной кафедрой экономики и организации производства.

1.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Раздел состоит из пояснительной записки с расчетами, рисунков и демонстрационных чертежей. В пояснительной записке приводятся: исходные данные; определение основных направлений воздействия горного предприятия на окружающую природную среду; выбор и обоснование природоохранных мер; расчет технико-экономических показателей природоохранных работ и ущерба от нарушения окружающей природной среды. В разделе рассматриваются законодательные и нормативные требования к состоянию водной и воздушной среды, к рекультивации нарушенных промышленными предприятиями земель применительно к условиям данного предприятия.

Конкретное задание на выполнение раздела дается руководителем дипломного проектирования. Наличие и количество демонстрационных чертежей по разделу определяется в процессе выполнения заданий.

Руководством для выполнения каждой части раздела являются методические разработки кафедры инженерной экологии.

1.7. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В разделе дается описание и анализ фактического состояния маркшейдерско-геодезических работ на предприятии в зависимости от вида добычи (подземной, открытой, нефти и газа) и стадии развития горных работ (разведка, доразведка, строительство, эксплуатация, консервация, ликвидация).

Основным критерием оценки фактического состояния маркшейдерских работ на предприятии является сравнительный анализ их соответствия требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ.

Описание и анализ маркшейдерских работ выполняется в следующей последовательности:

- маркшейдерские работы на земной поверхности;
- маркшейдерские съемочные сети;
- маркшейдерские съемочные работы;

- ведение горно-графической документации;
- организация маркшейдерских работ.

Ниже приводится краткое содержание подразделов при различных видах добычи.

1.7.1. Маркшейдерские работы на земной поверхности

На земной поверхности горного предприятия независимо от вида добычи и стадии его развития выполняется определенный комплекс маркшейдерско-геодезических работ, обеспечивающий эффективную и безопасную работу предприятия. *Перечень основных видов работ:*

- создание и реконструкция маркшейдерских опорных сетей на поверхности (схема сети, кем и когда создана, соответствие современным требованиям по точности и надежности), необходимость дополнительного развития для обеспечения работы шахты (карьера) в настоящее время и в будущем;
- топографическая съемка земной поверхности и предъявляемые к ней требования. Способы съемки, точность и полнота содержания топографических планов земной поверхности;
- съемка складов полезных ископаемых, отвалов пород, хвостов и шламохранилищ. Методы определения объемов складов и отвалов;
- маркшейдерские работы при рекультивации земель, нарушенных горными работами.

1.7.2. Маркшейдерские работы при подземной разработке пластовых и рудных месторождений

Описание и анализ маркшейдерских работ в шахте:

- подземные маркшейдерские опорные сети как главная полигонометрическая основа для выполнения всех видов съемки в шахте. Ориентирование и центрирование опорных сетей, угловые и линейные измерения, обработка подземных опорных сетей. Определение высот пунктов опорной сети;
- подземные маркшейдерские съемочные сети – основа для съемки горных выработок. Теодолитные, угломерные и буссольные ходы. Угловые и линейные измерения. Вычисление координат пунктов съемочных сетей. Определение высот пунктов съемочных сетей;

– маркшейдерские подземные съемочные работы, их основные виды и методика выполнения. Съемка подготовительных, нарезных выработок, взрывных скважин. Вертикальная съемка откаточных (рельсовых) и других транспортных путей. Съемка очистных забоев, камер и пустот;

– задание направления горным выработкам и контроль их проходки.

1.7.3. Маркшейдерские работы при открытой разработке пластовых, рудных и россыпных месторождений

Описание и анализ маркшейдерских работ в карьере (разреze, дражном или гидравлическом полигоне):

– съемочные сети: способы, схемы, методика измерений и вычисление плановых координат пунктов съемочных сетей. Определение высот пунктов съемочных сетей;

– способы маркшейдерской съемки, периодичность ее выполнения, применяемые приборы и оборудование, комплекс полевых и камеральных работ, проводимых для определения положения горных выработок в плане и по высоте;

– маркшейдерские работы при проходке траншей, разбивке и съемке транспортных путей, при проведении буровзрывных работ;

– съемка отвалов вскрышных пород и складов полезного ископаемого.

1.7.4. Маркшейдерские работы при разработке месторождений углеводородного сырья (нефти и газа)

Описание и анализ маркшейдерских работ при разработке нефти и газа включает комплекс маркшейдерских работ на месторождениях, подземных хранилищах сырья, разведочных площадях и отдельных участках.

Критериями оценки фактического производства работ является их сравнение с требованиями технического проекта или программой маркшейдерских работ, утвержденными руководством организации и согласованными в установленном порядке.

Согласно указанным документам, в *дипломном проекте необходимо представить:*

- маркшейдерскую картографическую документацию, отображающую рельеф, гидрографию, населенные пункты, схему государственной геодезической и маркшейдерской сети, инженерные коммуникации, инженерные сооружения объектов по добыче, переработке и транспортированию нефти и газа;
- схему и методику создания опорных и съемочных сетей;
- маркшейдерско-геодезическую съемку с указанием погрешности определения положения на плане контуров снимаемых объектов относительно пунктов съемочного обоснования;
- подготовку геодезических исходных данных для выноса проекта в натуру, решение задач переноса в натуру и закрепление на местности проектных положений устьев скважин и других сооружений;
- плановую и высотную привязку устьев скважин после монтажа буровой установки;
- анализ и оценку точности определения планового и высотного положения устьев скважин относительно пунктов съемочной сети;
- геомеханический мониторинг за осадками и деформациями земной поверхности и построенными на ней объектами. Количественную оценку геодинамических полигонов. Гидрогеологические и геокриологические исследования.

1.7.5. Маркшейдерские работы при строительстве горного предприятия

При строительстве горных предприятий маркшейдерские работы выполняются в строгом соответствии с проектной документацией и *включают:*

- проверку числовых значений и графической части проектных чертежей. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру с пунктов маркшейдерских опорных и разбивочных сетей;
- детальные разбивочные работы при строительстве технологического комплекса на шахтной поверхности;
- работы при возведении зданий, сооружений и копров. Проверка правильности установки подъемных машин;
- работы при проходке вертикальных шахтных стволов, монтаж армировки;
- работы при проходке горизонтальных и наклонных горных выработок, при проходке встречными забоями.

1.7.6. Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений (тоннелей, станций метрополитенов, камер большого сечения)

При строительстве тоннелей, станций метрополитенов и других подземных сооружений маркшейдерско-геодезические работы проводят в соответствии с проектной документацией с соблюдением требований инструктивных документов и *включают*:

- развитие маркшейдерско-геодезического обоснования (триангуляция, трилатерация или заменяющая их полигонометрия) без последующего сгущения ходами основной полигонометрии или при последующем сгущении для тоннелей, сооружаемых через порталы и штольни, а также для тоннелей, сооруженных через шахтные стволы. Оценку точности планового и высотного положения пунктов;

- схемы и методику проложения подходной полигонометрии от пунктов основной полигонометрии или от пунктов сети высшего порядка к шахтным стволам или порталам и штольням для производства ориентировок и различных разбивочных работ на промышленной площадке;

- способы ориентирования подземных маркшейдерских съемок с разработкой специализированных методик;

- схемы и методику создания подземной полигонометрии, состоящей из подходной – от шахтного ствола до основной трассы тоннеля, и рабочей – по перегонному тоннелю для производства разбивочных работ и задания направления проходки тоннеля, основной оси для контроля отклонения проходки тоннеля;

- маркшейдерские работы при сооружении тоннеля горным, щитовым способами или с помощью проходческих комплексов;

- наблюдения за деформациями дневной поверхности и подземных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации;

- производство исполнительной съемки сооружений и составление исполнительной документации.

Графика к разделу 1.7

Демонстрационный материал по данному разделу может быть выполнен отдельно или совмещен с демонстрационным материалом разделов 1.2 и 1.3, т. е. необходимая информация и иллюстрации указываются или на геологическом плане, или на плане фактического со-

стояния горных работ, или на том и другом. Основная часть иллюстраций приводится в пояснительной записке (формат А4).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основным материалом для выбора темы специальной части дипломного проекта являются задачи производства, решением которых дипломник занимался в период производственных и преддипломной практик. Частичное решение этих задач могло быть выполнено студентом в курсовых работах и проектах. Тема специальной части проекта выбирается студентом самостоятельно по согласованию с руководителем и указывается в задании на дипломное проектирование. Объем и порядок ее выполнения определяется руководителем проекта. Специальная часть составляет около 30 % объема пояснительной записки.

В специальной части проекта рассматриваются наиболее актуальные вопросы, требующие подробных проектных разработок.

Основными направлениями дипломных проектов могут быть:

- развитие и совершенствование методики маркшейдерских работ в свете научно-технического прогресса;
- проект маркшейдерского обеспечения сбойки горных выработок;
- геометризация месторождения и горно-геометрический анализ горного производства;
- разработка и исследование новых приборов и инструментов;
- учет движения запасов, добычи, потерь и разубоживания;
- сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием горных разработок;
- устойчивость бортов карьеров и отвалов;
- горное давление, горные удары и меры борьбы с ними;
- планирование развития горных работ;
- мероприятия по охране природы и недр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе «Заключение» дипломного проекта (дипломной работы) приводятся основные результаты принятых проектных решений, технико-экономические показатели и оценка полученных результатов.

Дается оценка уровня полученных в проекте основных результатов по сравнению с фактическими, средним уровнем и лучшими достижениями данной отрасли горной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Приводится полный перечень фактически использованных литературных источников по общепринятой в технической и специальной литературе форме: автор, наименование источника, издательство и год издания.

В тексте пояснительной записки на каждый литературный источник в обязательном порядке делается ссылка.

2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

2.1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

2.1.1. Общие требования

Дипломные проекты (работы) оформляются согласно требованию межгосударственного стандарта ГОСТ 2.105-95 (2001) «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.850 (851 - 857) –75 «Горная графическая документация».

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода компьютера.

Пояснительная записка оформляется на листах белой писчей бумаги формата А4. Для данного формата следует соблюдать поля: левое – 30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

При наборе текста рекомендуется использовать основные системные гарнитуры шрифта Times New Roman Cyr. Размер основного шрифта – кегль 14 (или 16), межстрочный интервал – 1,5 (или 1,0). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15 мм.

Текст набирается с соблюдением следующих правил:

- все слова внутри абзаца разделяются только одним пробелом;
- перед знаками препинания пробелы не ставятся, после знака препинания – один пробел;
- между последней цифрой числа и обозначением единицы измерения следует оставлять один пробел (352 МПа, 40 м, 10 % и т. д.);
- при наборе должны различаться тире (–) и дефисы (-);
- между инициалами, после инициалов (перед фамилией), перед сокращениями и между ними ставится пробел (1999 г., т. д., т. е., Д. Н. Оглоблин и т. д.);
- выделения курсивом, полужирным, прописные, надстрочные и подстрочные буквы и цифры обеспечиваются средствами Word.

Нумерация страниц и приложений должна быть сквозная. Номера страниц проставляются внизу справа.

2.1.2. Порядок брошюровки работы

Пояснительная записка брошюруется в следующей последовательности: титульный лист, задание по дипломному проектированию выпускной квалификационной работы, реферат, содержание, введение, основные разделы, заключение, список литературы, приложения.

2.1.3. Требования к оформлению титульного листа

Титульный лист является первым листом дипломного проекта (работы). Титульный лист выполняют на листах формата А4.

Пример оформления титульного листа приведен ниже (с. 30).

2.1.4. Требования к оформлению реферата

Слово "РЕФЕРАТ" записывают прописными буквами по центру строки.

Реферат начинается с указания вида работы, объема работы, количества иллюстраций, таблиц, приложений.

Приводится перечень ключевых слов, напечатанных в строку, через запятые в именительном падеже, прописными буквами. Перечень включает 5 – 10 слов (словосочетаний), отражающих суть работы.

Текст реферата должен содержать краткие сведения о цели, методах проведения работы и полученных результатах.

Пример оформления реферата.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа специалиста – 85 страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 7 приложений.

ОПОРНОЕ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, КАРЬЕР, ПОЛИГОНОМЕТРИЯ, ТРИАНГУЛЯЦИЯ, ТРИЛАТЕРАЦИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ, ТОЧНОСТЬ.

Целью работы являлось проведение сравнительного анализа методов создания опорного маркшейдерско-геодезического обоснования на карьерах.

Работы включали изучение технической литературы, предрасчет точности создания опорного обоснования различными методами.

В результате работы проанализированы эргономические и точностные характеристики современных методов создания опорного маркшейдерско-геодезического обоснования на карьерах.

Пример оформления титульного листа.

**Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»**

Кафедра маркшейдерского дела

**«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
профессор, д-р техн. наук
_____ Гордеев В. А.
« 14 » мая 2018 г.**

**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РАЗРАБОТКИ БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА**

Выпускная квалификационная работа специалиста

**Руководитель,
ФИО (подпись)**

**Исполнитель, студент,
группы МД-13-1,
ФИО (подпись)**

Екатеринбург – 2018

2.1.5. Требования к оформлению содержания

Содержание включает в себя разделы и подразделы, их обозначения, заголовки и страницы.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записываются строчными буквами.

Пример содержания приведен ниже.

Пример оформления содержания.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1 Общие сведения о районе и геологическая характеристика месторождения..... | 6 |
| 1.1 Общие сведения о районе месторождения..... | 6 |
| 1.2 Геологическая характеристика месторождения..... | 10 |
| 1.3 Гидрогеологические условия | 14 |
| 2 Горнотехническая характеристика разработки месторождения | 17 |
| 2.1 Фактическое состояние горных работ..... | 18 |
| 2.2 Проект доработки горизонта 260 м | 24 |
| 3 Безопасность производства | 32 |
| 4 Экономические расчеты | 32 |
| 5 Оценка воздействия горного производства на окружающую среду..... | 46 |
| 6 Маркшейдерские работы при разработке месторождения | 69 |
| 7 Специальная часть. Реконструкция опорных и съемочных сетей в шахте | 75 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 105 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 106 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема опорной сети | 107 |

2.1.6. Требования к оформлению введения

Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают в виде заголовка прописными буквами симметрично тексту.

Раздел «ВВЕДЕНИЕ» не нумеруется.

2.1.7. Требования к оформлению основных разделов пояснительной записки

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами.

Например: 1. Общие сведения

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Например: 2.1. Фактическое состояние горных работ

Подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 2.2.1.1., 2.2.1.2., 2.2.1.3. и т. д.

Каждый пункт и подпункт записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слова в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки подразделов следует начинать с прописной буквы с абзацного отступа.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервал.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

2.1.8. Изложение текста

Текст пояснительной записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных

требований в тексте должны применяться слова: «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «в случае» и т. п.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например «применяют», «указывают» и т. п.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

Если необходимо применение специфической терминологии, то перед списком литературы должен быть глоссарий – перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Глоссарий включают в содержание документа.

В тексте не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими государственными стандартами;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения. Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению.

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры.

1. Провести измерение пяти линий, каждая длиной около 5 м.
2. Измерить 15 горизонтальных углов полигона.

Недопустимо переносить на разные строки или страницы единицу физической величины от числового значения.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если интервал мерной ленты 100,25 мм, то весь ряд других интервалов ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 10,50; 15,75; 20,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

2.1.9. Требования к оформлению формул

Формулы набираются в редакторе формул, гарнитуры шрифтов: Times New Roman. При наборе формул рекомендуется использовать следующие размеры шрифтов (для формата А4): основной – кегль 16 (или 14), крупный индекс – кегль 12 (или 11); мелкий индекс – кегль 10 (или 8).

Латинские обозначения, кроме устойчивых форм, наименований типа \max , \min , \cos , \sin , \lg , \log , \exp , \det и т. д. набирают курсивом, русские, греческие обозначения и цифры – прямым шрифтом.

Математические символы в формулах набирают светлым курсивом, греческие и готические – светлым прямым. Матрицы и векторы набирают полужирным прямым. Химические символы (Cu, Mn и т. д.) – светлым прямым, сокращенные обозначения физических величин и единиц измерения (м, кВт, МПа и т. д.) – светлым прямым без точек. Числа и дроби в формулах всегда должны быть набраны прямым шрифтом. Перенос в формулах допускается делать на знаках соотношений (\pm , \leq , \geq , ... \approx), на отточии (...), на знаках (+) и (–), (\times) с дублированием знака на другой строке.

$$\begin{aligned} \text{Например: } f(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \\ &= b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n. \end{aligned}$$

Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые приводятся ссылки в тексте. В зависимости от объема используется сквозная и индексационная нумерация формул, таблиц, рисунков. Индексационная нумерация используется, как правило, при делении текста на главы и параграфы.

В индексационном номере сначала арабскими цифрами указывают номер раздела, затем (после точки) ставится порядковый номер формулы в данном разделе. Номер формулы заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю печатного листа.

Например:

$$\lambda \approx \frac{2\pi}{\alpha} \approx \sqrt{\frac{\pi}{f\mu\gamma}}; \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1}{b}. \quad (3.2)$$

Последовательность расшифровки буквенных обозначений (экспликация) должна соответствовать последовательности расположения этих обозначений в формуле. После формулы перед экспликацией ставят запятую, пояснения каждого символа следует давать с новой строки. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример.

Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объём образца, м³.

Расшифровка дроби: сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

В формулах допускается использовать все виды скобок: (), [], {}. Высота скобок должна быть достаточной, чтобы охватывать находящееся в них выражение.

Основным знаком умножения является точка на средней линии. Она ставится:

- а) между числовыми сомножителями: $20 \cdot 75$;
- б) для выделения какого-либо сомножителя: $2 \cdot 2xy \cdot z$;
- в) для записи скалярного произведения векторов: $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$;
- г) между аргументом тригонометрической функции и буквенным обозначением: $a \cos x \cdot b \cos y$;
- д) между знаком радикала и сомножителем: $\sqrt{y \cdot \alpha \sin x}$.

Точка как знак умножения не ставится:

- а) между числом и буквенным символом $5ab$;
- б) перед скобками и после них $(b+c)(a-d)$;
- в) перед дробными выражениями и после них $\alpha \frac{\cos \alpha}{b} \frac{2}{\alpha}$;
- г) перед знаком интеграла, радикала, логарифма: $2a \int \sin x dx$;
- д) перед аргументом тригонометрической функции: $\arccos \omega t$.

Косой крест в качестве знака умножения ставят:

- а) при указании размеров: $4,5 \times 3$ м;
- б) при записи векторного произведения $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$;
- в) при переносе формулы на знаке умножения:

$$y = (x + 2) \times \\ \times (x + 4)^2.$$

Расположение формул в тексте

Наиболее важные, а также длинные и громоздкие формулы, содержащие знаки суммирования, произведения, интегрирования, располагают на отдельных строках, так же и все нумерованные формулы. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, выделенных из текста, можно помещать на одной строке, а не одну под другой. Небольшие и несложные формулы, не имеющие самостоятельного значения, размещают внутри строк текста.

На все нумерованные формулы обязательно должны быть ссылки. Они оформляются в той же графической форме, что и после формулы, т. е. арабскими цифрами в круглых скобках.

Например: в формуле (3.7); из уравнения (5.4) вытекает... и т. д.

Следует знать и правила пунктуации в тексте с формулами. Формулы включаются в предложение как его равноправный элемент, поэтому в конце формулы и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулами ставят:

а) после обобщающего слова;

б) если этого требует построение текста, предшествующего формуле.

Многоточие применяется при пропуске членов в ряду суммирования, вычитания или равенства. При этом знаки операции ставятся и перед многоточием и после него:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 + b_2 + \dots + b_n.$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (П.1).

2.1.10. Требования к оформлению примечаний

Примечания приводят, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового или графического материала или в таблице, к которой относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

2.1.11. Требования к оформлению иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 1 – Схема полигона».

Подписи к иллюстрациям рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основного текста.

Экспликацию и легенду рекомендуется набирать шрифтом меньшего кегля по сравнению со шрифтом основной подписи. Экспликация обычно пишется с новой строки. Перед экспликацией ставится двоеточие, между элементами экспликации – точка с запятой.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например: Рисунок А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например: Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» – при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» с наименованием помещают внизу в левой части поля рисунка (без наименования – в центре), после пояснительных данных. Наименование рисунка печатается через дефис. Например – «Рисунок 1 - Схема полигона».

2.1.12. Требования к оформлению таблиц

Название таблицы печатается через дефис и должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей в левом верхнем углу над рамкой таблицы с отступом на один – два интервала.

Например:

Таблица 1 – Сводные данные.

При переносе части таблицы на другие страницы название не повторяют.

Таблицы, за исключением таблиц приложения, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обо-

значена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Текст таблицы и выводы печатаются более мелким шрифтом, чем основной текст:

| | |
|-----------------------|------------------|
| Основной текст | – кегль 16 (14) |
| Текст таблицы | – кегль 14 (12) |
| Текст головки таблицы | – кегль 13 (11) |
| Примечания к таблице | – кегль 13 (11). |

В одноярусной головке таблицы все заголовки пишут с прописной буквы, в двух- и многоярусной головке заголовки верхнего яруса пишут с прописной буквы, а заголовки последующих ярусов – с прописной, если они грамматически не подчинены стоящему над ними заголовку верхнего яруса, и со строчной, если грамматически подчинены стоящему над ними заголовку.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа (заголовком к краю подшивки).

Например:

Химический состав стали должен соответствовать нормам табл. 1.

Таблица 1 - Химический состав, %

| Углерод | Марганец | Кремний | Ванадий | Медь | Никель | Сера | Фосфор |
|-------------|-----------|-----------|------------|------|--------|------|--------|
| | | | не более | | | | |
| 0,12 – 0,18 | 0,5 – 1,7 | 0,4 – 0,7 | 0,05 – 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,04 | 0,035 |

2.1.13. Требования к оформлению списка литературы

В списке использованной литературы приводятся краткие библиографические сведения о книгах, сборниках, статьях и т. д., материал которых использован при составлении пояснительной записки. Библиографические ссылки должны быть краткими, в них приводят, как правило, только обязательные элементы.

Библиографическая ссылка включает следующие элементы:

- заголовок описания – фамилия, инициалы автора (авторов);
- основное заглавие – название издания (книги, статьи и т. п.);
- место издания – название места издания приводят полностью в именительном падеже, за исключением названий городов: Москва – М., Ленинград – Л., Санкт-Петербург – СПб.;
- издательство – наименование издательства приводят, как правило, в сокращенной форме – Гостехиздат, Воениздат, Политиздат;
- год издания – обозначают арабскими цифрами.

Примеры библиографического описания

Издание одного автора

Булычёв, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Издание с количеством авторов более трех

Сидоров, А. В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / А. В. Сидоров [и др.]. – Уфа: УГАТУ, 2000. – 80 с.

Методические указания

Давление и сдвигание горных пород и охрана сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 «Маркшейдерское дело» / сост. Ю. И. Туринцев, Г. В. Матюгин, В. А. Киселёв; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Издание под заглавием

Глубинное строение и геодинамика литосферы / под ред. А. А. Смыслова. – Л.: Недра, 1983. – 276 с.

Во внутритекстовых ссылках на произведение, включенное в список литературы, после упоминания о нем (после цитаты из него)

проставляют в квадратных скобках номер, под которым оно значится в списке, и, в необходимых случаях, – страницы, например:

[18, т. I, с.75]

Если список не нумерован, то в ссылке проставляют начальные слова библиографического описания (фамилия и инициалы автора или первые слова заглавия) и год издания, например:

[Николаев И. Н., 1965]

2.1.14. Требования к оформлению приложений

Материал, дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах форматов А3, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

2.2. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.2.1. Общие требования

Демонстрационные материалы выпускных квалификационных работ могут выполняться при необходимости в виде демонстрационных чертежей или в электронном виде (мультимедийная презентация) для демонстрации на экран с использованием мультимедийного проектора.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения результатов выполненной работы.

2.2.2. Требования к оформлению демонстрационных материалов в электронном виде

2.2.2.1. Требования к файлу презентации

Файл должен быть создан в формате Microsoft PowerPoint. Допускается внедрение объектов в формате Microsoft Office.

Файл может быть представлен в упакованном виде, позволяющем раскрывать его стандартными приложениями операционной системы Windows.

Видеосюжеты, внедренные в презентацию, должны воспроизводиться стандартным проигрывателем Windows Media, установленным в операционной системе Windows.

При создании файла презентации необходимо использовать стандартные шрифты Windows.

2.2.2.2. Требования к носителю информации

Презентация должна быть представлена на компакт-диске (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW в формате ISO 9660, стандарт ISO CD-ROM) или на Flash Drive (USB), распознаваемом операционной системой Windows, без установки дополнительных драйверов.

Рекомендуется при защите дипломного проекта (работы) иметь резервную копию презентации на альтернативном носителе.

2.2.3. Требования к оформлению демонстрационных чертежей

Демонстрационные чертежи выполняются на листах формата А1 белой плотной бумаги (ватмана). Рамки на листах не проводятся.

Заголовок (название чертежа) располагают в верхней части листа по центру. Размер букв заголовка 30 – 40 мм. Толщина линий при написании букв 3 – 6 мм.

На одном листе при необходимости можно размещать несколько чертежей с отдельными заголовками. При размещении на демонстрационных материалах карт, планов, разрезов и других графических документов их следует выполнять с соблюдением требований стандарта «Горная графическая документация».



Министерство науки и высшего
образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

Н. П. Жданова, Т. С. Озерова

КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

***Методические указания и варианты
контрольных и самостоятельных работ
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех
специальностей очного обучения***

Екатеринбург
2019

Ж 42

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 16.10. 2018 г. (протокол № 134) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Жданова Н. П., Озерова Т. С.

Ж42 КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ:

методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ. Н. П. Жданова, Т. С. Озерова; Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 85 с.

В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ предназначены студентам всех специальностей очного обучения для изучения темы: «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы».

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| I. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ | 5 |
| 1. Понятие интеграла от скалярной функции | 5 |
| 2. Основные свойства интегралов. | 10 |
| 3. Вычисление интегралов. | 10 |
| 3.1 Определенный интеграл. | 10 |
| 3.2 Криволинейный интеграл. | 10 |
| 3.3 Двойной интеграл. | 11 |
| 3.4 Поверхностный интеграл второго рода. | 14 |
| 3.5 Тройной интеграл. | 15 |
| II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ .. | 16 |
| 1. Длина дуги кривой. | 17 |
| 2. Площадь плоской области. | 17 |
| 3. Площадь поверхности | 17 |
| 4. Объем тела | 17 |
| 5. Масса распределенная в заданной области. | 18 |
| III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ | 19 |
| 1. Понятие поля. | 19 |
| 2. Векторные линии. | 20 |
| 3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода. Циркуляция вектора
вдоль замкнутого контура. | 20 |
| 4. Поток вектора через поверхность. | 22 |
| 4.1 Вектор площадки. | 22 |
| 4.2 Понятие потока вектора через поверхность | 24 |
| 4.3 Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность. Поток жидкости через
поверхность. | 24 |
| 4.4 Поток вектора через плоскую кривую L. | 26 |
| 4.5 Свойства и вычисление потока вектора через поверхность. | 26 |
| 5. Оператор Гамильтона «набла». | 29 |
| 6. Дивергенция векторного поля. | 29 |
| 7. Ротор (вихрь) векторного поля. | 31 |
| 8. Потенциальное векторное поле. | 32 |
| 8.1 Плоское потенциальное поле. | 33 |
| IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ | 34 |
| 1. Вычисление и применение двойного интеграла. | 34 |
| 2. Вычисление и применение тройного интеграла. | 45 |
| 3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода. | 48 |
| 4. Вычисление и применение криволинейного интеграла. | 53 |
| V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ | 60 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 90 |

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы» предназначены для самостоятельной работы студентов. Методические указания удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов. В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных и самостоятельных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

І. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

1. Понятие интеграла от скалярной функции

Пусть Q – замкнутая ограниченная часть пространства. Это может быть отрезок $[a, b]$ оси Ox , дуга плоской или пространственной кривой, часть плоскости или кривой поверхности, трехмерная область. Пусть в каждой точке M области Q задана непрерывная функция $u=f(M)$.

1. Мысленно разобьем область Q на n элементарных частей $\Delta Q_i, i = \overline{1, n}$ и найдем геометрическую меру каждой из частей, обозначив ее тоже ΔQ_i (это длина элементарного отрезка Δx_i оси Ox или элементарной части дуги Δl_i кривой, площадь ΔS_i элементарной части плоской области или $\Delta \sigma_i$ – площадь элементарной части поверхности: Δv_i – объем элементарной части трехмерной области).

2. На каждой элементарной части ΔQ_i возьмем произвольную точку M_i и вычислим значения функции в выбранных точках $U_i=f(M_i)$.

3. Составим произведения $(U_i \cdot \Delta Q_i = f(M_i) \cdot \Delta Q_i)$ и найдем сумму всех произведений:

$$f(M_1) \cdot \Delta Q_1 + f(M_2) \cdot \Delta Q_2 + \dots + f(M_i) \cdot \Delta Q_i + \dots + f(M_n) \cdot \Delta Q_n = \sum_{i=1}^n f(M_i) \cdot \Delta Q_i$$

– интегральная сумма функции $f(M)$ в области Q .

4. Назовем диаметром $\text{diam}(\Delta Q_i)$ элементарной области ΔQ_i наибольшее расстояние между точками ее границы. Из всех полученных диаметров $i = \overline{1, n}$ выберем максимальный и назовем его рангом λ данного разбиения:

$$\lambda = \max_i \text{diam}(\Delta Q_i).$$

Уменьшая ранг, составим последовательность интегральных сумм.

Если область Q имеет геометрическую меру (длину, площадь, объем) и функция $U_i=f(M_i)$ непрерывна в области Q , то при $\lambda \rightarrow 0$ существует предел последовательности интегральных сумм $\lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(M_i) \Delta Q_i$, равный числу J , независимо от

способа разбиения области Q на элементарные части и от выбора точек M_i на

каждой из частей. Число J называется интегралом от функции $f(M)$ по области Q и обозначается символом $\int_Q f(M)dQ$, т. е. $\lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(M_i)\Delta Q_i = \int_Q f(M)dQ$, Q называется областью интегрирования; $f(M)$ – подынтегральной функцией, dQ – элементом геометрической меры области Q ; (dx – элемент длины отрезка $[a, b]$ оси Ox ; dl – элемент длины дуги плоской или пространственной кривой; ds – элемент площади плоской области; $d\sigma$ – элемент площади поверхности; dv – элемент объема).

Тип интеграла различают по типу элемента dQ :

1. Если $Q=[a, b]$ – отрезок оси Ox , получим определенный интеграл $\int_a^b f(x)dx$.

2. Если $Q = \check{A}B = L$ – дуга плоской кривой, получим $\int_L f(M)dl = \int_L f(x, y)dl$.

Если $Q = \check{A}B = L$ – дуга пространственной кривой, то $\int_L f(M)dl = \int_L f(x, y, z)dl$.

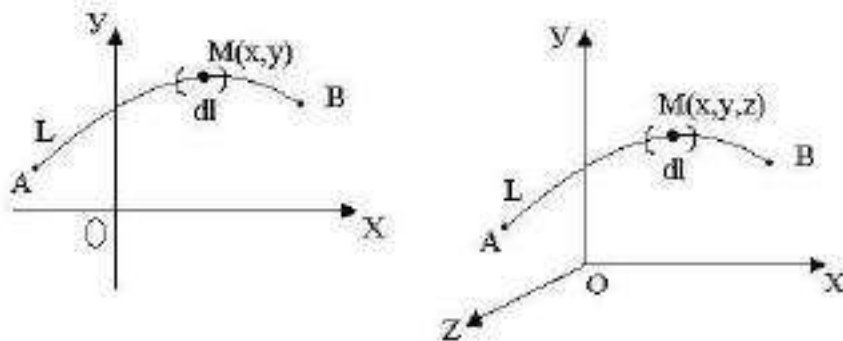


Рис. 1.1

Эти интегралы называются криволинейными интегралами первого рода или криволинейными интегралами по длине дуги кривой.

3. Q – область плоскости xOy .

$$\int_Q f(M)ds = \iint_Q f(x, y)ds = \iint_Q f(x, y)dxdy - \text{двойной интеграл.}$$

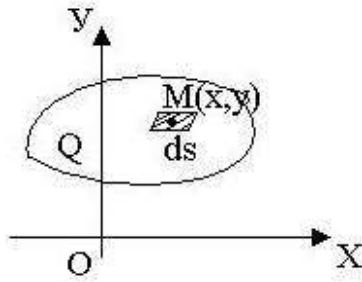


Рис. 1.2

4. Q – часть кривой поверхности

$$\int_Q f(M) d\sigma = \iint_Q f(x, y, z) d\sigma$$

- поверхностный интеграл первого рода (по площади поверхности).

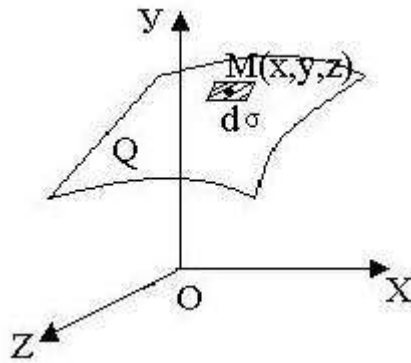


Рис. 1.3

5. Q – область в трехмерном пространстве (называется телом).

$$\int_Q f(M) dv = \iiint_Q f(x, y, z) dv = \iiint_Q f(x, y, z) dx dy dz$$

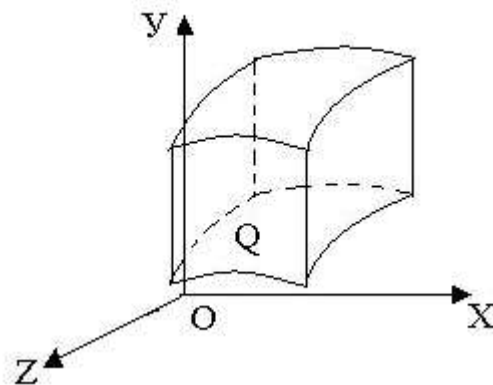


Рис. 1.4

В технических дисциплинах для обозначения интегралов используют все приведенные выше символы. Мы используем символы в правых частях равенств.

2. Основные свойства интегралов

$$1) \int_Q (U_1 \pm U_2) dQ = \int_Q U_1 dQ \pm \int_Q U_2 dQ;$$

$$2) \int_Q A U dQ = A \int_Q U dQ, \text{ если } A = \text{const};$$

$$3) \text{ Если } Q \text{ разбить на части } Q_1 \text{ и } Q_2, \text{ то } \int_Q U dQ = \int_{Q_1} U dQ + \int_{Q_2} U dQ;$$

$$4) \int_Q dQ = Q - \text{ мера области } Q \text{ (длина, площадь, объем).}$$

$$5) \text{ Если } U_1 \leq U_2, \text{ то } \int_Q U_1 dQ \leq \int_Q U_2 dQ.$$

$$6) \text{ Оценка интеграла: } Q \cdot U_{\min} \leq \int_Q U dQ \leq Q \cdot U_{\max}, \text{ где } Q - \text{ мера области } Q; U_{\min} \text{ и}$$

U_{\max} – наименьшее и наибольшее значения функции $U=f(M)$ в области Q .

7) Средним значением функции $U=f(M)$ называют число $\bar{U} = \frac{1}{Q} \int_Q U dQ$. Непрерывная функция $U=f(M)$ принимает значение \bar{U} хотя бы в одной точке M_0 области Q . $U_{\min} \leq \bar{U} \leq U_{\max}$.

3. Вычисление интегралов

3.1. Определенный интеграл

$$\int_a^b f(x) dx = F(x) \Big|_a^b = F(b) - F(a), \quad (1)$$

где $F(x)$ – первообразная от функции $f(x)$, т. е. $F'(x) = f(x)$.

3.2. Криволинейный интеграл

Криволинейный интеграл $\int_L f(x, y) dl$ или $\int_L f(x, y, z) dl$ преобразуют в определенный интеграл. Для этого все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнений кривой через одну переменную и ее

дифференциал и вычисляют получившийся интеграл по интервалу изменения выбранной переменной на дуге L .

а) Если кривая задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t), \alpha \leq t \leq \beta \end{cases}$

то

$$\int_L f(x, y) dl = \int_a^b f(\varphi(t), \psi(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2} dt \quad (2)$$

б) Если L – график функции $y=g(x)$ и $a \leq x \leq b$, то

$$\int_L f(x, y) dl = \int_a^b f(x, g(x)) \cdot \sqrt{1 + (g'(x))^2} dx \quad (3)$$

в) Если L : $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t) \\ z = \theta(t), \alpha \leq t \leq \beta \end{cases}$, то

$$\int_L f(x, y, z) dl = \int_a^b f(\varphi(t), \psi(t), \theta(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2 + (\theta'(t))^2} dt. \quad (4)$$

Замечание

В определенных интегралах нижний предел нужно брать меньше верхнего.

3.3. Двойной интеграл

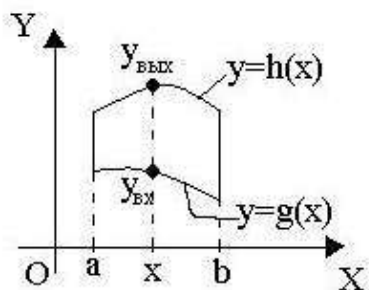
$\iint_D f(x, y) ds$ приводим к двукратному интегралу.

1. Двойной интеграл в прямоугольных координатах.

Пусть область D ограничена прямыми $x=a$; $x=b$; ($a < b$) и графиками функций $y=g(x)$; $y=h(x)$, причем обе функции непрерывны на отрезке $[a; b]$ и, $g(x) \leq h(x)$

тогда

$$\iint_D f(x, y) ds = \int_a^b \left(\int_{g(x)}^{h(x)} f(x, y) dy \right) dx. \quad (5)$$



В правой части равенства двукратный интеграл. Очевидно, что сначала нужно вычислить «внутренний интеграл» $\int_{g(x)}^{h(x)} f(x, y) dy$. Рассматривая x как постоянную величину, получим функцию от x , затем эту функцию проинтегрируем по x в пределах от a до b . Если область D ограничена прямыми $y=a$; $y=b$ и графиками функций $x=g(y)$, $x=h(y)$, $g(y) \leq h(y)$, то

$$\iint_D f(x, y) ds = \int_a^b \left(\int_{g(y)}^{h(y)} f(x, y) dx \right) dy. \quad (6)$$

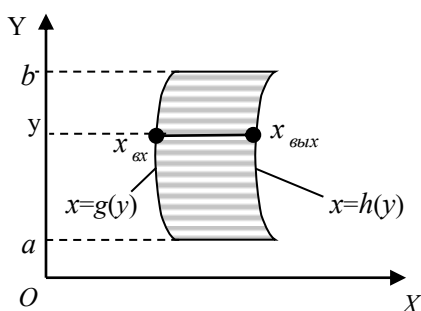


Рис. 3.2

При вычислении внутреннего интеграла в этом случае нужно считать y – постоянной величиной. Заметим, что границы «внешнего интеграла» всегда постоянны. Переход от формулы (5) к формуле (6) или от формулы (6) к формуле (5) называют изменением порядка интегрирования.

Если область D не удовлетворяет условиям формул (5) или (6), то ее разбивают на части.

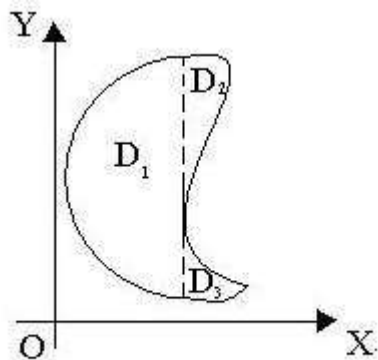


Рис. 3.3

2. Двойной интеграл в полярных координатах.

Чтобы в двойном интеграле перейти к полярным координатам нужно:

1) Совместить прямоугольную и полярную системы координат так, чтобы начало прямоугольных координат совпадало с полюсом θ , а ось Ox с полярной осью ρ .

2) Заменить в подынтегральном выражении x , y и ds по формулам: $x = \rho \cos \varphi$, $y = \rho \sin \varphi$, $ds = \rho d\varphi d\rho$ и получить:

$$\iint_D f(x, y) ds = \iint_D f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\varphi d\rho. \quad (7)$$

3) По этим же формулам заменить x и y на ρ и φ в уравнении каждой границы области D , потом уравнения решить относительно ρ , получив уравнение вида $\rho = g(\varphi)$. Если в уравнении границы нет ρ , решить уравнение относительно φ , получить $\varphi = \alpha$, $\varphi = \beta$.

4) Пусть область интегрирования D ограничена лучами $\varphi = \alpha$, $\varphi = \beta$, ($\alpha < \beta$) и графиками функций $\rho = g(\varphi)$, $\rho = h(\varphi)$, $g(\varphi) \leq h(\varphi)$.

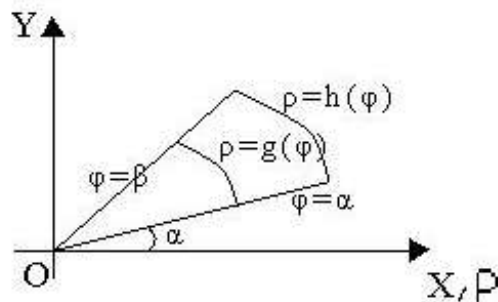


Рис. 3.4

Тогда

$$\iint_D f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\varphi d\rho = \int_{\alpha}^{\beta} \left(\int_{g(\varphi)}^{h(\varphi)} f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\rho \right) d\varphi. \quad (8)$$

При вычислении «внутреннего» интеграла переменная φ временно считается постоянной. В частности, если полюс принадлежит границе области, получим

$$\iint_D f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\varphi d\rho = \int_{\alpha}^{\beta} \left(\int_0^{h(\varphi)} f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\rho \right) d\varphi. \quad (8a)$$

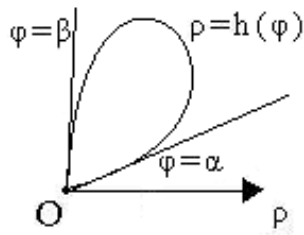


Рис. 3.5

Если полюс находится внутри области, получим:

$$\iint_D f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\varphi d\rho = \int_0^{2\pi} \left(\int_0^{h(\varphi)} f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\rho \right) d\varphi \quad (8 \text{ б})$$

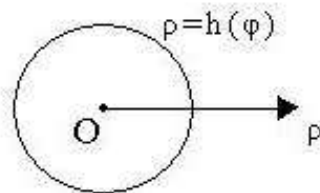


Рис. 3.6

3.4. Поверхностный интеграл первого рода

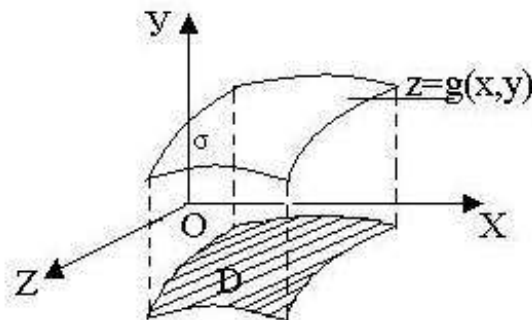


Рис. 3.7

Пусть поверхность σ задана уравнением $z=g(x,y)$. Чтобы вычислить поверхност-

ный интеграл $\iint_{\sigma} f(x,y,z)d\sigma$, нужно:

- 1) Найти проекцию поверхности σ на координатную плоскость xOy , получить область D .

2) Заменить в подынтегральном выражении z и $d\sigma$ по формулам:

$$z = g(x, y), d\sigma = \sqrt{1 + (g'_x(x, y))^2 + (g'_y(x, y))^2} ds, \text{ получить и вычислить двойной}$$

интеграл по области D (в плоскости xOy):

$$\iint_{\sigma} f(x, y, z) d\sigma = \iint_D f(x, y, g(x, y)) \cdot \sqrt{1 + (g'_x(x, y))^2 + (g'_y(x, y))^2} ds. \quad (9)$$

Если уравнение поверхности $x=g(y, z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость yOz . Если уравнение поверхности $y=g(x, z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость xOz .

3.5. Тройной интеграл

Вычисление тройного интеграла $\iiint_G f(x, y, z) dv$ сводится к последовательному вычислению «внутреннего» определенного интеграла и «внешнего» двойного интеграла по области D – проекции области G на координатную плоскость.

Пусть в трехмерном пространстве $Oxyz$ область G ограничена сверху поверхностью $z=q(x, y)$, снизу – поверхностью $z=p(x, y)$, а с боков – цилиндрической поверхностью, образующие которой параллельны оси oz (эта граница может отсутствовать). Найдем D – проекцию области G на плоскость Oxy .

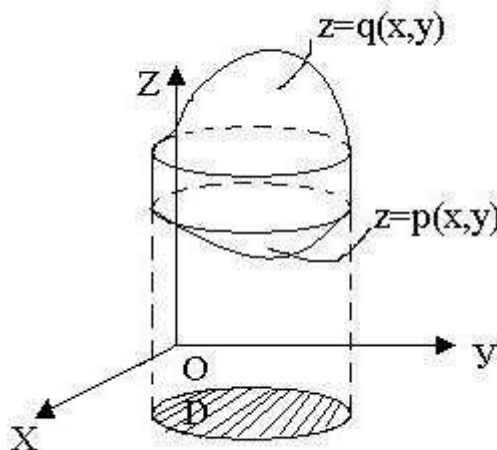


Рис. 3.8

$$\iiint_G f(x, y, z) dv = \iint_D \left(\int_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x, y, z) dz \right) ds. \quad (10)$$

Сначала вычисляют внутренний интеграл $\int_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x, y, z) dz$, считая временно x и y

постоянными величинами и получают функцию двух переменных x и y , потом от этой функции вычисляют «внешний» двойной интеграл, подобрав удобную для вычисления этого интеграла формулу. Иногда удобнее проецировать тело на плоскость Oxz или Oyz .

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью интегралов можно найти величину T , связанную с некоторой областью Q и обладающую двумя свойствами:

1) При разбиении области Q на элементарные части ΔQ_i величина T тоже разбивается на элементарные части ΔT_i , причем $T = \sum_{i=1}^n \Delta T_i$. Такие величины называются аддитивными.

2) ΔT_i приблизительно пропорциональна мере ΔQ_i , т. е. $\Delta T_i \approx k \cdot \Delta Q_i$. Для каждого i коэффициент k постоянен и связан с ΔQ_i , т. е. $k = f(M_i)$, где $M_i \in \Delta Q_i$.

Тогда приближенные значения $T \approx \sum_{i=1}^n f(M_i) \Delta Q_i$ и точное значение

$$T = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(M_i) \Delta Q_i = \int_Q f(M) dQ, \quad \lambda = \max_i (\text{diam } \Delta Q_i).$$

Величину T , обладающую этими свойствами, можно найти проще, если взять элемент dQ области Q и найти формулу элемента dT величины T , т. е. получить $dT = f(M) dQ$, где $M \in dQ$. Тогда $T = \int_Q f(M) dQ$.

1. Длина дуги кривой

1) Если плоская кривая задана параметрически

$L: \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}, \alpha \leq t \leq \beta$, то длина дуги

$$l = \int_L dl = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2} dt. \quad (11)$$

Для пространственной кривой $L: \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t), \alpha \leq t \leq \beta, \\ z = z(t) \end{cases}$

$$l = \int_L dl = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2 + (z'(t))^2} dt. \quad (11a)$$

2) Если плоская кривая – график функции $y=g(x)$, $a \leq x \leq b$, то

$$l = \int_L dl = \int_a^b \sqrt{1 + (g'(x))^2} dx. \quad (11б)$$

2. Площадь плоской области

$$S = \iint_D dS. \quad (12)$$

В прямоугольных координатах

$$S = \iint_D dx dy. \quad (12a)$$

В полярных координатах

$$S = \iint_D \rho d\varphi d\rho. \quad (12б)$$

3. Площадь поверхности

$$S = \iint_{\sigma} d\sigma = \iint_D \sqrt{1 + (g'_x(x, y))^2 + (g'_y(x, y))^2} ds, \text{ где } D = \underset{oxy}{\overset{up}{\sigma}}. \quad (13)$$

4. Объем тела

1. $V = \iiint_G dV. \quad (14)$

2. Объем цилиндрического тела с основанием на координатной плоскости xOy , ограниченного сверху поверхностью $z=f(x,y)$, можно вычислить с помощью двойного интеграла.

$$V = \iint_D g(x,y) ds. \quad (14a)$$

5. Масса, распределенная в заданной области

Говорят, что масса непрерывно распределена в области Q , если каждой мысленно выделенной части ΔQ этой области соответствует значение массы Δm . При этом масса отдельно взятой точки равна нулю.

Пусть точка $M \in \Delta Q \subset Q$. Плотностью распределения массы в точке M области Q называют величину δ :

$$\delta = \lim_{\text{diam}(\Delta Q) \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta Q}, \quad (15)$$

причем ΔQ все время содержит точку M .

Если масса распределена на дуге кривой, получаем линейную плотность, на поверхности – поверхностную плотность, в трехмерной области – плотность. Так как масса распределена неравномерно, то плотность в точке является функцией точки $\delta = \delta(M)$.

Из определения плотности массы (15) следует, что элемент массы равен $\Delta m \approx \delta \cdot \Delta Q$ или $dm = \delta dQ$, тогда масса, распределенная в области Q с плотностью $\delta = \delta(M)$:

$$m = \int_Q \delta dQ = \int_Q \delta(M) dQ. \quad (16)$$

Аналогично вводят понятие плотности заряда в диэлектрике, плотности энергии электромагнитного поля и др. Все эти величины находят по формуле (16). Так, если электрический заряд q распределен в области Q с плотностью заряда $\lambda = \lambda(M)$, то

$$q = \int_Q \lambda(M) dQ. \quad (17)$$

Частные случаи распределения массы:

а) масса, распределенная с плотностью δ на дуге L кривой.

$$m = \int_L \delta(x, y) dl \text{ - для плоской кривой;}$$

$$m = \int_L \delta(x, y, z) dl \text{ - для пространственной кривой;} \quad (16a)$$

б) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по области D :

$$m = \iint_D \delta(x, y) ds; \quad (16б)$$

в) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по части σ кривой поверхности:

$$m = \iint_{\sigma} \delta(x, y, z) d\sigma; \quad (16в)$$

г) масса, распределенная с плотностью δ в трехмерной области G :

$$m = \iiint_G \delta(x, y, z) dv. \quad (16г)$$

III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ

1. Понятие поля

Если с каждой точкой $M \in G$ связано определенное значение величины U , то говорят, что в области G задано поле величины U .

Поле называется скалярным, если U – скаляр (температура, плотность, электрический потенциал и др.) и векторным, если U – вектор (сила, скорость, напряженность и др.).

Поле называется стационарным (установившимся), если оно не меняется с течением времени.

Поле не зависит от системы координат, введенной в области G . Рассмотрим прямоугольную систему координат, тогда задание скалярного поля равносильно заданию в области G скалярной функции $U=f(x, y, z)$ или $U=f(x, y)$, если G – область в плоскости xOy . Задание векторного поля равносильно заданию в каждой точке $M(x, y, z) \in G$ векторной функции

$$\vec{U}(M) = P(x, y, z) \vec{i} + Q(x, y, z) \vec{j} + R(x, y, z) \vec{k}.$$

Свойства скалярного поля, его линий уровня, производной по направлению и градиента рассматривались в разделе «Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных».

В этом разделе рассмотрим свойства стационарного векторного поля. В дальнейшем функции $P(x, y, z)$, $Q(x, y, z)$, $R(x, y, z)$ и их производные считаем непрерывными в области G .

2. Векторные линии

Векторной линией векторного поля называют линию, в каждой точке M которой вектор $\vec{U}(M)$ направлен по касательной к линии.

Мы не рассматриваем, как найти векторные линии.

Если $\vec{U}(M) = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$ и в каждой точке поля функции P , Q , R одновременно не обращаются в нуль и непрерывны вместе со всеми своими частными производными первого порядка, то через каждую точку поля проходит единственная векторная линия, т. е. вся область G заполнена векторными линиями. По виду векторных линий получают информацию о структуре поля. Если $\vec{U}(M)$ - стационарное поле текущей жидкости, то векторные линии являются траекториями частиц жидкости и называются линиями тока. Если $\vec{U}(M)$ - вектор силы, то векторные линии называются силовыми линиями и т. д. Множество всех векторных линий, проходящих через точки поверхности σ , образует векторную трубку.

3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода

Циркуляция вектора вдоль замкнутого контура

Пусть в каждой точке плоскости xOy (или области D) определен вектор силы $\vec{F}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j}$, образующий векторное поле. И пусть материальная точка ($m=1$) перемещается в этом поле по гладкой кривой L из начала в конец дуги L . При перемещении материальной точки сила \vec{F} производит работу A .

Возьмем на дуге L произвольную точку M . При бесконечно малом перемещении x из точки M по дуге кривой силу можно считать постоянной и равной $\vec{F}(M)$, поэтому соответствующая элементарная работа равна скалярному произведению $dA = \vec{F}(M) \cdot d\vec{r} = P(x, y)dx + Q(x, y)dy$. Суммируя элементарные работы, получаем общую работу, производимую силой \vec{F} , когда материальная точка проходит путь L :

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x, y)dx + Q(x, y)dy. \quad (18)$$

Полученный интеграл от векторной функции $\vec{F}(M)$ по кривой L называется криволинейным интегралом второго рода или криволинейным интегралом по координатам. Чтобы вычислить интеграл, нужно задать поле $\vec{F}(M)$, уравнение дуги кривой L и указать направление движения по кривой L (начало и конец пути).

Для вычисления интеграла $\int_L P(x, y)dx + Q(x, y)dy$ все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнения кривой через одну переменную и ее дифференциал. Находят интервал изменения выбранной переменной на дуге L и вычисляют полученный определенный интеграл.

Если L задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t) \end{cases}$ и t изменяется от α до β

(α соответствует началу пути интегрирования, β – концу), то

$$\int_L P(x, y)dx + Q(x, y)dy = \int_{\alpha}^{\beta} (P(\varphi(t), \psi(t))\varphi'(t) + Q(\varphi(t), \psi(t))\psi'(t))dt. \quad (18a)$$

Если L – график функции $y=f(x)$ и x изменяется от a до b , то

$$\int_L P(x, y)dx + Q(x, y)dy = \int_a^b (P(x, f(x)) + Q(x, f(x))f'(x))dx. \quad (18b)$$

При изменении направления движения по L интеграл изменяет только знак (другие свойства интеграла в разделе I). Если поле $\vec{F}(M)$ и L заданы в трехмерном пространстве, получим:

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x, y, z)dx + Q(x, y, z)dy + R(x, y, z)dz, \quad (19)$$

который вычисляется по тому же правилу.

Если $\vec{U}(M) = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$ - произвольное векторное поле, а L – замкнутый контур, то интеграл

$$\oint_L \vec{U}(M) \cdot d\vec{r} = \oint_L P(x, y, z)dx + Q(x, y, z)dy + R(x, y, z)dz \quad (20)$$

называется циркуляцией векторного поля $\vec{U}(M)$ или циркуляцией вектора $\vec{U}(M)$ вдоль замкнутого контура L .

Циркуляция вектора – величина скалярная, положительная, отрицательная или равная нулю.

4. Поток вектора через поверхность

4.1. Вектор площадки

Двусторонняя поверхность в пространстве называется ориентированной, если указано, какая ее сторона считается наружной, а какая внутренней. Можно рассматривать разные способы ориентации, например:

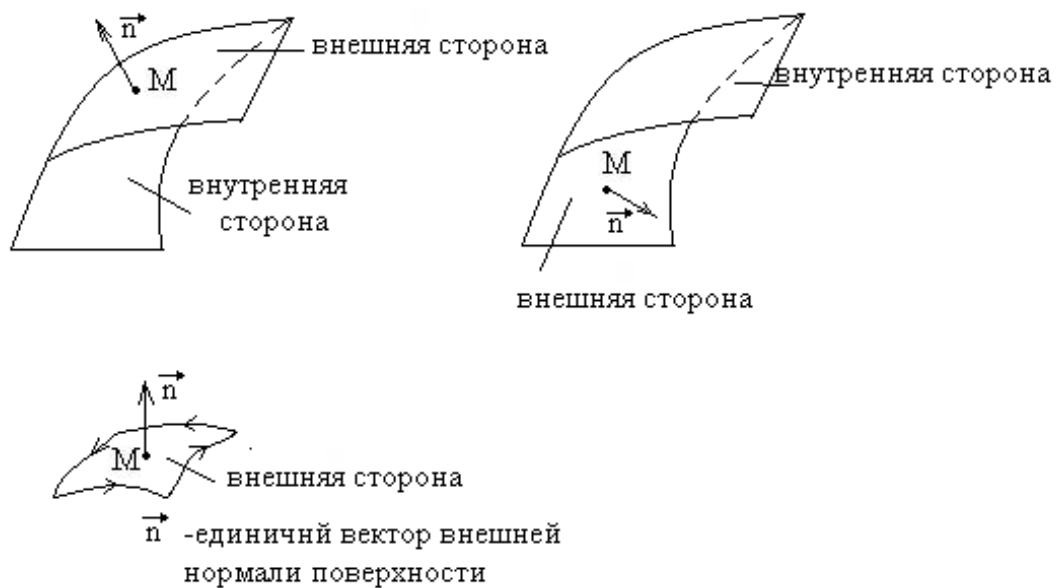


Рис. 4.1

Часто при рассмотрении элементарной части, содержащей точку M ориентированной поверхности, важна только площадь этой части, а ее форма (круг, прямоугольник и т. д.) не играет никакой роли. Тогда эту часть поверхности изображают нормальным вектором поверхности, направленным от внутренней стороны поверхности к внешней, модуль, которого равен площади этой элементарной части поверхности.

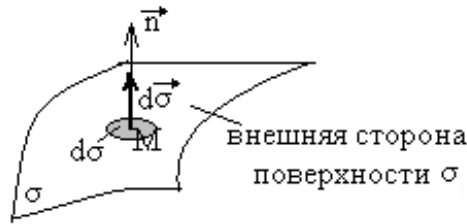


Рис. 4.2

Такой вектор называют вектором площадки (или векторной площадью площадки) в точке M . Если площадь выбранной площадки равна $d\sigma$, то вектор обозначают $\vec{d\sigma}$. Если найден единичный вектор внешней нормали поверхности $\vec{n} = (\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma)$, то вектор площадки

$$\vec{d\sigma} = \vec{n} \cdot d\sigma = (\vec{i} \cos\alpha + \vec{j} \cos\beta + \vec{k} \cos\gamma) d\sigma. \quad (21)$$

В частности, dl - вектор кривой в точке M направлен по нормали к кривой в выбранную сторону, причем модуль вектора равен дифференциалу длины дуги

кривой $dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$. Так как вектор $\vec{dr} = (dx, dy)$ направлен по касательной

к кривой и в точке $M(x, y)$ и модуль $|\vec{dr}| = dl$, то вектор кривой \vec{dl} можно

взять равным $\vec{dl} = (dy, -dx)$ или $\vec{dl} = (-dy, dx)$, потому что в этом случае скалярное

произведение $\left(\vec{dr}, \vec{dl} \right) = 0$, значит $\vec{dl} \perp \vec{dr}$, т. е. \vec{dl} направлен по нормали к кривой L и

$$|\vec{dl}| = \sqrt{(\pm dy)^2 + (\mp dx)^2} = \sqrt{(dy)^2 + (dx)^2} = dl.$$

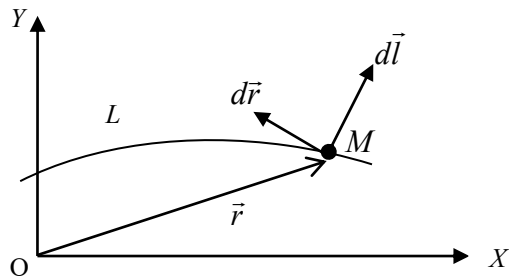


Рис. 4.3

4.2. Понятие потока вектора через поверхность

Пусть в области G задано векторное поле $\vec{U}(M)$ и ориентированная гладкая поверхность σ . Поток векторного поля $\vec{U}(M)$ через поверхность σ называют скалярную величину, равную поверхностному интегралу

$$\Pi_{\sigma}(U) = \iint_{\sigma} (\vec{u} \cdot \vec{n}) d\sigma = \iint_{\sigma} \vec{u} \cdot d\vec{\sigma}. \quad (22)$$

где \vec{n} - единичный вектор внешней нормали; $d\vec{\sigma}$ - вектор элементарной площадки поверхности σ .

Если ориентацию поверхности изменить на противоположную, то поток изменит только знак.

Часто поток рассматривают как «количество векторных линий», пересекающих поверхность изнутри наружу. «Количество» (в кавычках, так как число не целое) понимают в алгебраическом смысле, т. е., если одна часть σ пересекается векторными линиями изнутри наружу, а другая часть – снаружи внутрь, то «количество» может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

4.3. Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность

Поток жидкости через поверхность

Рассмотрим стационарное течение несжимаемой жидкости (или газа) в области G . В любой точке $M \in G$ скорость частицы жидкости имеет определённое значение $\vec{V} = \vec{V}(M)$, т. е. в области G задано векторное поле скоростей. Поме-

стим в область G гладкую ориентированную поверхность σ и найдем объем жидкости, протекающей через поверхность σ за единицу времени изнутри наружу. Возьмем на поверхности σ элемент $d\sigma$, содержащий точку M и найдем элемент объема жидкости, протекающей через $d\sigma$ изнутри наружу за единицу времени. Он равен объему косоугольного цилиндра с основанием $d\sigma$ и образующей $|\vec{V}(M)|$.

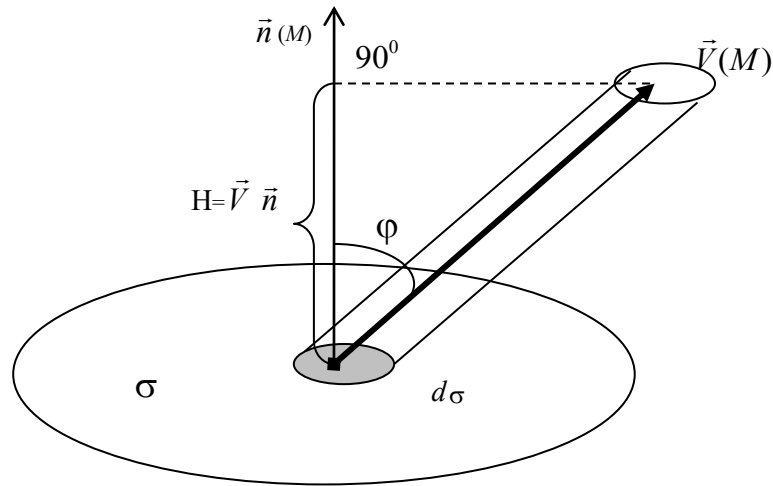


Рис. 4.4

Высота цилиндра равна проекции вектора скорости $\vec{V}(M)$ на единичный вектор внешней нормали $\vec{n}(M)$, т. е. $H = |\vec{V}| \cos \varphi = |\vec{V}| \cdot |\vec{n}| \cos \varphi = \vec{V} \cdot \vec{n}$ – скалярному произведению векторов.

Тогда объем цилиндра равен $dV = H d\sigma = (\vec{V} \cdot \vec{n}) \cdot d\sigma = \vec{V} \cdot (\vec{n} \cdot d\sigma) = \vec{V} \cdot d\vec{\sigma}$, т. е. элементарный объем жидкости равен скалярному произведению вектора скорости $\vec{V}(M)$ на вектор площадки $d\vec{\sigma}$. Суммируя элементарные объемы жидкости для всех элементов поверхности σ , получим, что за единицу времени через всю поверхность σ изнутри наружу проходит объем жидкости, равный поверхностному интегралу

$$\iint_{\sigma} (\vec{v} \cdot \vec{n}) d\sigma = \iint_{\sigma} \vec{v} \cdot d\vec{s} = \Pi_{\sigma}(\vec{V}),$$

т. е. равный потоку вектора \vec{V} через поверхность σ .

4.4. Поток вектора через плоскую кривую L

Пусть на плоскости xOy задано векторное поле $\vec{U}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j}$ и ориентированная дуга L гладкой кривой. Возьмем нормальный вектор кривой $\vec{dl} = (-dy, dx)$, составляющий острый угол с Oy при возрастании x вдоль кривой и будем считать это направление внешней нормалью. Скалярное произведение

$$\vec{U} \cdot \vec{dl} = P(x, y)(-dy) + Q(x, y)(dx) = Q(x, y)dx - P(x, y)dy, \text{ тогда}$$

$$\Pi_L(\vec{U}) = \int_L \vec{U} \cdot \vec{dl} = \int_L Q(x, y)dx - P(x, y)dy - \text{поток вектора } \vec{U} \text{ через плоскую кривую } L.$$

4.5. Свойства и вычисление потока вектора через поверхность

Свойства

1) Если изменить ориентацию поверхности, то поток изменит только знак

$$\Pi_{\sigma_+}(u) = -\Pi_{\sigma_-}(u),$$

где σ_+ и σ_- - разные стороны поверхности σ .

2) Если поверхность σ состоит из частей σ_1 и σ_2 , то

$$\Pi_{\sigma}(u) = \Pi_{\sigma_1}(u) + \Pi_{\sigma_2}(u).$$

3) Если $\vec{u} = c_1\vec{u}_1 + c_2\vec{u}_2$,

то

$$\Pi_{\sigma}(u) = C_1\Pi_{\sigma}(\vec{u}_1) + C_2\Pi_{\sigma}(\vec{u}_2) - \text{свойство линейности потока.}$$

Вычисление потока

Первый способ:

1. Найти проекцию поверхности σ на плоскость xOy – получить область D .

2. Найти единичный нормальный вектор поверхности σ . Для этого записать уравнение поверхности в виде $F(x, y, z) = 0$. Найти $\text{grad}F = F'_x\vec{i} + F'_y\vec{j} + F'_z\vec{k}$. Найти

$|\text{grad}F| = \sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}$. Так как $\text{grad}F$ направлен по нормали к поверхности

σ , то единичный вектор нормали

$$\vec{n} = \pm \frac{\text{grad}F}{|\text{grad}F|} = \pm \frac{F'_x i + F'_y j + F'_z k}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Знак + или – выбираем в зависимости от заданной стороны поверхности.

3. Найти $d\sigma$.

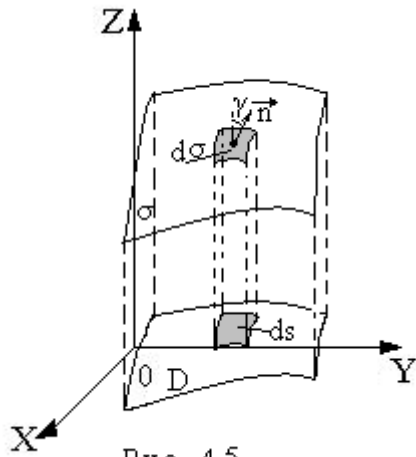


Рис. 4.5

Угол между \vec{n} и осью Oz равен γ . Если считать, что в пределах площадки $d\sigma$ направление \vec{n} не меняется, то угол наклона площадки $d\sigma$ к плоскости xOy (площадке ds) тоже равен γ , тогда площади этих площадок связаны соотношением

$$ds = \cos \gamma \cdot d\sigma \text{ и } d\sigma = \frac{ds}{\cos \gamma}.$$

Вектор $\vec{n} = \cos \alpha i + \cos \beta j + \cos \gamma k$,

поэтому
$$\cos \gamma = \pm \frac{F'_z}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Тогда
$$d\sigma = \frac{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}{|F'_z|} ds.$$

4. Уравнение поверхности σ записать в виде $z=z(x,y)$.

5. Вычислить $\Pi_\sigma(\vec{u}) = \iint_\sigma (\vec{u} \cdot \vec{n}) d\sigma = \iint_D \left(\frac{\vec{u} \cdot \vec{n}}{|\cos \gamma|} \Big|_{z=z(x,y)} \right) \cdot ds$, подставив все найденные

величины в двойной интеграл по области D и вычислив полученный интеграл.

Замечание

В случае замкнутой поверхности σ , \vec{n} - вектор внешней нормали.

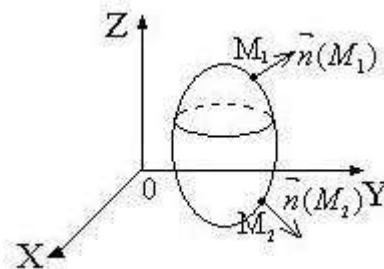


Рис. 4.6

Второй способ:

Пусть
$$\vec{u} = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$$

$$\vec{n} = \vec{i} \cos \alpha + \vec{j} \cos \beta + \vec{k} \cos \gamma$$

$$\vec{u} \cdot \vec{n} = P(x, y, z) \cos \alpha + Q(x, y, z) \cos \beta + R(x, y, z) \cos \gamma$$

Элемент площади ds в плоскости xOy равен $dxdy$, в плоскости xOz - $dxdz$ и в плоскости yOz - $dydz$.

Мы показали, что при проецировании поверхности σ на плоскость xOy $ds = \cos \gamma \cdot d\sigma$, т. е. $\cos \gamma d\sigma = dxdy$. (Смотри пункт 3 первого способа вычисления потока).

Тогда при проецировании поверхности σ на плоскость xOz $\cos \beta d\sigma = dxdz$, а на плоскость yOz $\cos \alpha d\sigma = dydz$.

Поток вектора \vec{u} через поверхность σ равен

$$\begin{aligned} \Pi_{\sigma}(\vec{u}) &= \iint_{\sigma} \vec{u} \cdot \vec{n} d\sigma = \iint_{\sigma} (P(x, y, z) \cos \alpha + Q(x, y, z) \cos \beta + R(x, y, z) \cos \gamma) d\sigma = \\ &= \iint_{\sigma} (P(x, y, z) dydz + Q(x, y, z) dxdz + R(x, y, z) dxdy). \end{aligned} \quad (23)$$

Полученный интеграл

$$\iint_{\sigma} P(x, y, z) dydz + Q(x, y, z) dxdz + R(x, y, z) dxdy.$$

называется поверхностным интегралом второго типа (по координатам).

Предположим, что уравнение поверхности σ можно решить относительно всех переменных

$$\sigma : \Phi(x, y, z) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x = \varphi(y, z) \\ y = \psi(x, z) \\ z = \eta(x, y) \end{cases}$$

Обозначим проекцию поверхности σ на плоскость xOy через σ_{xy} , на плоскость xOz через σ_{xz} и на плоскость yOz через σ_{yz} . Тогда поверхностный интеграл второго типа приводится к сумме двойных интегралов:

$$\begin{aligned} \iint_{\sigma} P(x, y, z) dydz + Q(x, y, z) dx dz + R(x, y, z) dx dy = & \iint_{\sigma_{yz}} P(\varphi(y, z), y, z) dydz + \\ & + \iint_{\sigma_{xz}} Q(x, \psi(x, z), z) dx dz + \iint_{\sigma_{xy}} R(x, y, \eta(x, y)) dx dy. \end{aligned} \quad (24)$$

Замечание

Поток вектора $\vec{u}(M)$ через кривую L равен криволинейному интегралу по координатам

$$\Pi_L(\vec{u}) = \int_L Q(x, y) dx - P(x, y) dy. \quad (25)$$

5. Оператор Гамильтона «набла»

Английский математик Гамильтон (1805-1865) ввел векторно-дифференциальный оператор $\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$, называемый «набла» (по-гречески – арфа, форму которой напоминает значок ∇). Набла действует только на множитель, который стоит непосредственно за ним. Если $u = f(x, y, z)$ скалярная функция (скалярное поле), то произведение вектора ∇ на скаляр u :

$$\nabla u = \vec{i} \frac{\partial u}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial u}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial u}{\partial z} = \text{gradu} - \text{вектор.}$$

Если $\vec{u} = P\vec{i} + Q\vec{j} + R\vec{k}$ - векторная функция (векторное поле), то скалярное произведение вектора ∇ на вектор \vec{u} равно сумме произведений одноименных координат векторов $\nabla \vec{u} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}$ - скаляр, а векторное произведение ∇ на \vec{u} :

$$\nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i} \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) - \vec{j} \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) + \vec{k} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) - \text{вектор.}$$

С помощью ∇ проще записать некоторые понятия, связанные с полями, и операции над ними.

6. Дивергенция векторного поля

Пусть в трехмерном пространстве (или в области G) определено векторное поле $\vec{U}(M)$. Возьмем произвольную точку M и окружим замкнутой поверхно-

стью σ . Вычислим поток $\Pi_{\sigma}(\vec{U})$ векторного поля через поверхность σ . Найдем объем V области, ограниченной σ . Дивергенцией (расходимостью) $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M называется предел отношения потока $\Pi_{\sigma}(\vec{U})$ векторного поля через замкнутую поверхность σ к объему области, ограниченной σ , вычисленный при условии, что поверхность σ стягивается в точку M :

$$divU(M) = \lim_{\substack{V \rightarrow 0 \\ (\sigma \rightarrow M)}} \frac{\Pi_{\sigma}(\vec{U})}{V} = \lim_{\substack{V \rightarrow 0 \\ (\sigma \rightarrow M)}} \frac{1}{V} \iint_{\sigma} \vec{u} \cdot d\vec{\sigma}. \quad (26)$$

Если в пространстве введена прямоугольная система координат $Oxyz$ и

$$\vec{U}(M) = P(x, y, z) \vec{i} + Q(x, y, z) \vec{j} + R(x, y, z) \vec{k},$$

то

$$divU(M) = \nabla U = \frac{\partial P(x, y, z)}{\partial x} + \frac{\partial Q(x, y, z)}{\partial y} + \frac{\partial R(x, y, z)}{\partial z}$$

пишут

$$divU(M) = \nabla U = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}. \quad (27)$$

Ранее мы говорили, что все эти частные производные существуют. Используя гидродинамическую интерпретацию, считаем поле $\vec{U}(M)$ стационарным полем скоростей несжимаемой текущей жидкости. Это течение может быть обусловлено наличием источников – точек, производящих жидкость, и стоков – точек, поглощающих жидкость. Величина $\Pi_{\sigma}(\vec{U})$ дает объем жидкости, протекающей в единицу времени с внутренней стороны σ на внешнюю. Но эта величина равна количеству жидкости, вырабатываемой всеми источниками, находящимися в области, ограниченной σ , т. е. равна суммарной мощности всех источников внутри σ . Тогда предел отношения мощности источников в области к объему области, найденный при условии, что область стягивается (сжимается) в точку M , равен плотности мощности источников жидкости в этой точке.

Итак, в гидродинамической интерпретации дивергенция $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M – это плотность мощности источников жидкости в этой точке.

Есть и другие интерпретации. Так, в электрическом векторном поле напряженности, созданном электрическими зарядами, распределенными в пространстве, дивергенция вектора напряженности является плотностью распределения электрических зарядов в данной точке поля.

7. Ротор (вихрь) векторного поля

Пусть в пространстве (или в области G) определена прямоугольная система координат и задано векторное поле:

$$\vec{u}(M) = P(x, y, z) \vec{i} + Q(x, y, z) \vec{j} + R(x, y, z) \vec{k}.$$

Ротором $\text{rot} \vec{u}(M)$ поля \vec{u} в точке M называют вектор

$$\text{rot} \vec{u}(M) = \nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i} \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) - \vec{j} \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) + \vec{k} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \quad (28)$$

Этот вектор характеризует завихренность поля в точке M (тенденцию к вращению). Проведем через точку M плоскость Γ , ее ориентацию в пространстве зададим единичным нормальным вектором \vec{n} в точке M .

В плоскости Γ возьмем замкнутую кривую L , обходящую точку M , и выберем направление обхода L таким, чтобы с конца \vec{n} обход казался происходящим против движения часовой стрелки.

Обозначим площадь, ограниченную контуром L , через ΔS . Найдем циркуляцию векторного поля $\vec{u}(M)$ вдоль контура L : $\Pi_L(\vec{u}) = \oint_L \vec{u} \cdot \vec{dr}$.

Доказывается, что проекция ротора поля $\vec{u}(M)$ в точке M на вектор \vec{n} равна пределу отношения циркуляции поля по контуру L к площади ΔS , ограниченной контуром, при условии, что контур L стягивается в точку M , а $\Delta S \rightarrow 0$.

$$\text{пр}_{\vec{n}}(\text{rot} \vec{u}(M)) = \lim_{\substack{\Delta S \rightarrow 0 \\ (L \rightarrow M)}} \frac{1}{\Delta S} \oint_L \vec{u} \cdot \vec{dr} \quad (29)$$

8. Потенциальное векторное поле

Векторное поле $\vec{U}(M)$, заданное в односвязной области G , называется потенциальным, если существует такая скалярная функция $f(M)$, что во всех точках $M \in G$ вектор

$$\vec{U}(M) = \text{grad}f(M) \quad (30)$$

В этом случае функция $f(M) = f(x, y, z)$ называется потенциалом векторного поля $\vec{U}(M)$. (Для силовых полей $f(M)$ называется силовой функцией, потенциалом называется $(-1)f(M) = -f(M)$).

Теорема (признак потенциального поля)

Для того чтобы векторное поле $\vec{U}(M)$ было потенциальным в односвязной области G , необходимо и достаточно, чтобы в каждой точке M этой области $\text{rot}\vec{U}(M) = 0$.

Необходимость можно формально рассмотреть: $\text{rot}\vec{U}(M) = \text{rot}(\text{grad}f) = \nabla \times (\nabla f)$. «Векторы» ∇ и ∇f коллинеарны, следовательно, их векторное произведение равно нулю:

$$\text{rot}\vec{U} = 0 \quad (31)$$

Пусть $\vec{U}(M) = P(M)\vec{i} + Q(M)\vec{j} + R(M)\vec{k}$,

$$\text{rot}\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) \vec{i} - \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \vec{k}.$$

Получим, что поле $\vec{U}(M)$ является потенциальным в том и только в том случае, когда

$$\frac{\partial R}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad \frac{\partial R}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial z}, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}. \quad (32)$$

8.1. Плоское потенциальное поле

Если поле плоское, т. е. $\vec{U}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j}$

$$\text{rot}\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ P & Q & 0 \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \vec{k} \quad (33)$$

- поле называется потенциальным при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$.

В этом случае $\vec{U} = \text{grad}f(x, y) = f'_x(x, y)\vec{i} + f'_y(x, y)\vec{j}$, т.е.

$P(x, y) = f'_x(x, y)$, $Q(x, y) = f'_y(x, y)$ и

$$\int_{AB} P(x, y)dx + Q(x, y)dy = \int_{AB} f'_x(x, y)dx + f'_y(x, y)dy = \int_{AB} df(x, y) = f(x, y)|_A^B = f(B) - f(A)$$

для всех дуг, натянутых между точками A и B .

Получили, что при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$ криволинейный интеграл не зависит от пути инте-

грирования. Работа силы $\vec{U} = \vec{F}$ не зависит от пути, по которому движется точка.

Тогда криволинейный интеграл по любому замкнутому контуру в заданной области равен нулю:

$$\int_L P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j} = 0, \quad (34)$$

т. е. циркуляция поля вдоль любого замкнутого контура равна нулю $C_L(\vec{U}) = 0$.

Потенциал плоского поля $\vec{U}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j}$ находят по формуле

$$f(x, y) + c = \int_{M_0M} P(x, y)dx + Q(x, y)dy, \quad (35)$$

где $M(x, y)$, $M_0(x_0, y_0)$ взяты произвольно. Удобнее всего за дугу M_0M брать двузвенную ломаную линию, звенья которой параллельны осям координат, так как на вертикальном звене $dx = 0$, а на горизонтальном $dy = 0$.

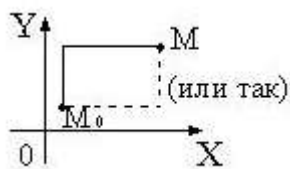


Рис. 8.1

$$f(x, y) + c = \int_{y_0}^y Q(x_0, y) dy + \int_{x_0}^x P(x, y_0) dx \quad (36)$$

$$f(x, y) + c = \int_{x_0}^x P(x, y_0) dx + \int_{y_0}^y Q(x, y_0) dy$$

IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

1. Вычисление и применение двойного интеграла

При решении этих задач используйте следующую схему:

- 1) сделать чертеж;
- 2) выбрать подходящие формулы (по условию задачи и по чертежу);
- 3) найти все элементы выбранных формул;
- 4) вычислить получившийся повторный интеграл.

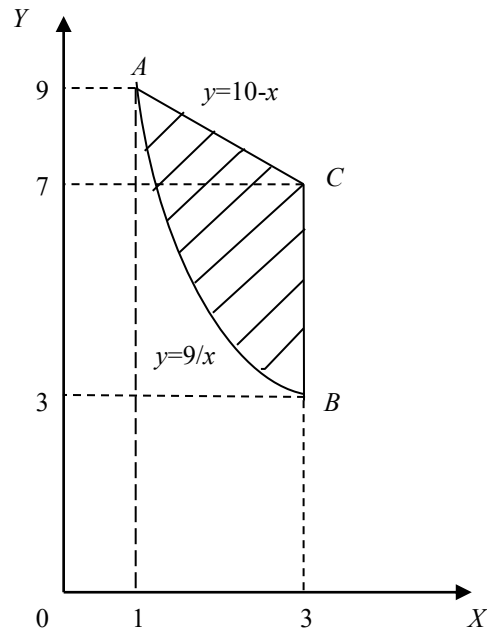
Пример 1

Вычислить $\iint_D (2x + y) dS$, если $D: \begin{cases} 1 \leq x \leq 3 \\ \frac{9}{x} \leq y \leq 10 - x \end{cases}$

Изменить порядок интегрирования в полученном повторном интеграле и еще раз вычислить интеграл

Решение

Построим чертеж:



Уравнения границ области $D: x=1, x=3, y=\frac{9}{x}, y=10-x$ (каждое неравенство, задающее D , превращаем в уравнение).

Для вычисления выберем формулу

$$\iint_D f(x, y) dS = \int_a^b \left(\int_{g(x)}^{h(x)} f(x, y) dy \right) dx.$$

Найдем элементы формулы.

Так как область расположена между прямыми $x=1$ и $x=3$, то $a=1, b=3$.

Нижняя граница области – дуга $\overset{\smile}{AB}$ задана уравнением $y=\frac{9}{x}$, следовательно,

$g(x)=\frac{9}{x}$. Верхняя граница – прямая AC задана уравнением $y=10-x$, следова-

тельно, $h(x)=10-x$. Получим повторный интеграл.

$$\iint_D (2x+y) dS = \int_1^3 \left(\int_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x+y) dy \right) dx.$$

Вычислим внутренний интеграл, считая x – постоянной.

$$\int_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x + y) dy = \int_{\frac{9}{x}}^{10-x} 2x dy + \int_{\frac{9}{x}}^{10-x} y dy = 2x \int_{\frac{9}{x}}^{10-x} dy + \frac{y^2}{2} \Big|_{\frac{9}{x}}^{10-x} = 2xy \Big|_{\frac{9}{x}}^{10-x} + \frac{1}{2} (10-x)^2 - \frac{81}{2x^2} =$$

$$2x(10-x) - 2x \cdot \frac{9}{x} + \frac{1}{2} (10-x)^2 - \frac{81}{2x^2} = 20x - 2x^2 - 18 + 50 - 10x + \frac{1}{2} x^2 - \frac{81}{2x^2} =$$

$$= 10x - \frac{3}{2} x^2 + 32 - \frac{81}{2x^2}$$

От полученной функции вычислим внешний интеграл

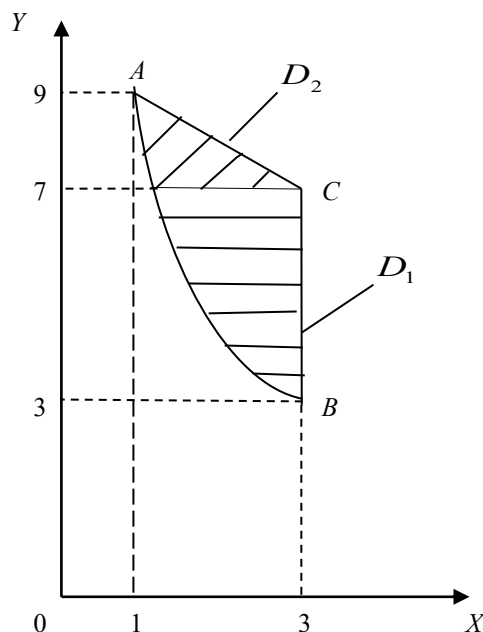
$$\iint_D (2x + y) dS = \int_1^3 \left(10x - \frac{3}{2} x^2 + 32 - \frac{81}{2x^2} \right) dx = \left(5x^2 - \frac{x^3}{2} + 32x + \frac{81}{2x} \right) \Big|_1^3 = \left(45 - \frac{27}{2} + 96 + \frac{27}{2} \right) -$$

$$- \left(5 - \frac{1}{2} + 32 + \frac{81}{2} \right) = 64.$$

Изменить порядок интегрирования в данном случае означает, что внутренний интеграл нужно взять по x , а внешний по y и для вычисления интеграла выбрать формулу:

$$\iint_D f(x, y) dS = \int_a^b \left(\int_{g(y)}^{h(y)} f(x, y) dx \right) dy.$$

Выполним чертеж еще раз:



Найдем координаты точек A , B и C :

$$A: \begin{cases} y = \frac{9}{x} \\ y = 10 - x \end{cases}, A(1;9), \quad B: \begin{cases} x = 3 \\ y = \frac{9}{x} \end{cases}, B(3;3), \quad C: \begin{cases} x = 3 \\ y = 10 - x \end{cases}, C(3;7).$$

Правая граница области D состоит из отрезков BC и AC различных прямых, следовательно, область D нужно разбить на две части - D_1 и D_2 , тогда

$$\iint_D (2x + y) dS = \int_{D_1} (2x + y) dS + \iint_{D_2} (2x + y) dS. \text{ Уравнения границ нужно решить от-}$$

носительно x . Левая граница обеих частей – дуга $AB: y = \frac{9}{x} \Rightarrow x = \frac{9}{y}$. Правая гра-

ница области D_1 - отрезок $BC: x = 3$. Правая граница области D_2 - отрезок $AC: y = 10 - x \Rightarrow x = 10 - y$. Область D_1 расположена между прямыми $y = 3$ и $y = 7$.

Внутри области D_1 x изменяется от границы $x = \frac{9}{y}$ до границы $x = 3$. Получим

$$\iint_{D_1} (2x + y) dS = \int_3^7 \left(\int_{\frac{9}{y}}^3 (2x + y) dx \right) dy. \text{ Область } D_2 \text{ расположена между прямыми } y=7 \text{ и}$$

$y=9$. Внутри области D_2 x изменяется от границы $x = \frac{9}{y}$ до границы $x = 10 - y$.

Получим:

$$\iint_{D_2} (2x + y) dS = \int_7^9 \left(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x + y) dx \right) dy.$$

Следовательно:

$$\iint_D (2x + y) dS = \int_3^7 \left(\int_{\frac{9}{y}}^3 (2x + y) dx \right) dy + \int_7^9 \left(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x + y) dx \right) dy -$$

порядок интегрирования изменен.

Вычислим:

$$\iint_{D_1} (2x + y) dS = \int_3^7 \left(\int_{\frac{9}{y}}^3 (2x + y) dx \right) dy.$$

Внутренний интеграл вычисляем, считая y постоянной.

$$\int_{\frac{9}{y}}^3 (2x + y) dx = \int_{\frac{9}{y}}^3 2x dx + \int_{\frac{9}{y}}^3 y dx = 2 \int_{\frac{9}{y}}^3 x dx + y \int_{\frac{9}{y}}^3 dx = x^2 \Big|_{\frac{9}{y}}^3 + yx \Big|_{\frac{9}{y}}^3 = 3y - \frac{81}{y^2},$$

Тогда
$$\iint_{D_1} (2x + y) ds = \int_3^7 \left(3y - \frac{81}{y^2}\right) dy = \left(\frac{3y^2}{2} + \frac{81}{y}\right) \Big|_3^7 = \frac{312}{7}.$$

Вычислим:

$$\begin{aligned} \iint_{D_2} (2x + y) dS &= \int_7^9 \left(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x + y) dx \right) dy = \int_7^9 (x^2 + xy) \Big|_{\frac{9}{y}}^{10-y} dy = \int_7^9 \left((10-y)^2 + (10-y)y - \frac{81}{y^2} - 9 \right) dy = \\ &= \int_7^9 \left(91 - 10y - \frac{81}{y^2} \right) dy = \left(91y - 5y^2 + \frac{81}{y} \right) \Big|_7^9 = \frac{136}{7}. \end{aligned}$$

Следовательно:

$$\iint_D (2x + y) dS = \frac{312}{7} + \frac{136}{7} = \frac{448}{7} = 64.$$

Мы убедились, что в данном случае проще вычислить внутренний интеграл по y , а внешний по x .

Ответ:

$$\iint_D (2x + y) dS = \int_1^3 \left(\int_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x + y) dy \right) dx = \int_1^3 \left(\int_{\frac{9}{x}}^3 (2x + y) dx \right) dy + \int_1^3 \left(\int_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x + y) dx \right) dy = 64.$$

Пример 2

Найти статические моменты относительно осей координат однородной фигуры: ограниченной линиями $4x^2 + y^2 = 4$, $2x + y = 2$ и расположенной в первой четверти, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

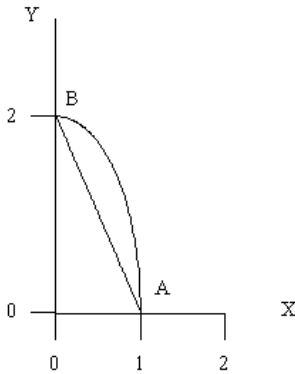
Решение

Выполним чертеж.

Линия $4x^2 + y^2 = 4$ - эллипс

$$\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1.$$

$2x + y = 2$ - прямая.



При построении получили точки пересечения линий $A(1;0)$, $B(0;2)$. По условию задачи выберем формулы вычисления статических моментов плоской области:

$$M_x = \iint_D y ds, \quad M_y = \iint_D x ds.$$

При вычислении M_x внутренний интеграл удобнее

брать по y , а при вычислении M_y по x , так как в этом

случае внешние интегралы получаются более простыми (проверьте это). Используем обе формулы вычисления двойного интеграла, а значит, уравнения границ области нужно решить и относительно y и относительно x .

Отрезок прямой $2x + y = 2 \Rightarrow y = 2(1 - x)$ или $x = \frac{1}{2}(2 - y)$.

Дуга эллипса $4x^2 + y^2 = 4 \Rightarrow y = 2\sqrt{1 - x^2}$ или $x = \frac{1}{2}\sqrt{4 - y^2}$.

$$\begin{aligned} M_x &= \iint_D y ds = \int_0^1 \left(\int_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} y dy \right) dx = \int_0^1 \left(\frac{1}{2} y^2 \Big|_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} \right) dx = 2 \int_0^1 (1 - x^2 - (1 - x)^2) dx = \\ &= 2 \int_0^1 (2x - 2x^2) dx = 2 \left(x^2 - \frac{2x^3}{3} \right) \Big|_0^1 = 2 \left(1 - \frac{2}{3} \right) = \frac{2}{3}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \iint_D x dz = \int_0^2 \left(\int_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} x dx \right) dy = \int_0^2 \left(\frac{1}{2} x^2 \Big|_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} \right) dy = \\ &= \frac{1}{8} \int_0^2 (4 - y^2 - (2 - y)^2) dy = \frac{1}{8} \int_0^2 (4y - 2y^2) dy = \frac{1}{8} \left(2y^2 - \frac{2y^3}{3} \right) \Big|_0^2 = \frac{1}{4} \left(4 - \frac{8}{3} \right) = \frac{1}{3}. \end{aligned}$$

Ответ: $M_x = \frac{2}{3}; M_y = \frac{1}{3}$.

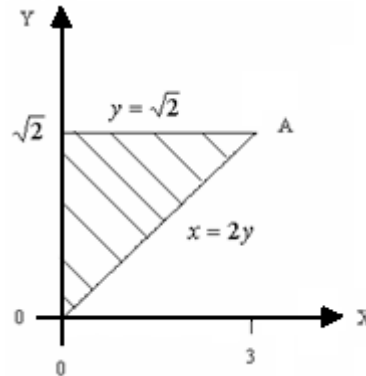
Пример 3

Найти момент инерции относительно оси Ox фигуры, ограниченной линиями

$$x = 0, y = \sqrt{2}, y = \frac{x}{2}, \text{ если поверхностная плотность массы } \delta = \exp\left(-\frac{xy}{2}\right) = e^{-\frac{xy}{2}}.$$

Решение

Выполним чертеж:



По условию задачи выберем формулу момента инерции:

$$J_x = \iint_D y^2 \delta(x, y) ds = \iint_D y^2 e^{-\frac{xy}{2}} ds.$$

Область D удобна для вычисления повторного интеграла при любом порядке интегрирования. Подынтегральная функция по x интегрируется значительно легче, чем по y , поэтому возьмем внутренний интеграл по x , а внешний по y .

Решим уравнения границ относительно x . Левая граница: $x = 0$ (задана). Правая граница: $y = \frac{x}{2} \Rightarrow x = 2y$.

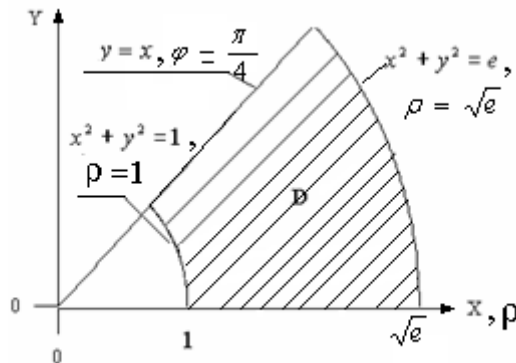
Область D расположена между прямыми $y = 0$ и $y = \sqrt{2}$. Внутри области x изменяется от границы $x = 0$ до границы $x = 2y$, значит:

$$\begin{aligned} J_x &= \int_0^{\sqrt{2}} \left(\int_0^{2y} y^2 e^{-\frac{xy}{2}} dx \right) dy = \int_0^{\sqrt{2}} \left(y^2 \int_0^{2y} e^{-\frac{xy}{2}} dx \right) dy = \int_0^{\sqrt{2}} \left(-y^2 \cdot \frac{2}{y} e^{-\frac{xy}{2}} \Big|_0^{2y} \right) dy = \int_0^{\sqrt{2}} (-2ye^{-y^2} + 2y) dy = \\ &= \int_0^{\sqrt{2}} e^{-y^2} d(-y^2) + y^2 \Big|_0^{\sqrt{2}} = e^{-y^2} \Big|_0^{\sqrt{2}} + 2 = e^{-2} - 1 + 2 = e^{-2} + 1. \end{aligned}$$

Ответ: $I_x = 1 + e^{-2}$.

Пример 4

Вычислить $I = \iint_D \ln(x^2 + y^2) ds$, если $D: \begin{cases} 1 \leq x^2 + y^2 \leq e \\ 0 \leq y \leq x \end{cases}$.



Решение

Построим область D . Границы области: $x^2 + y^2 = 1$, $x^2 + y^2 = e$ - окружности радиусов 1 и \sqrt{e} с центром в начале координат $y = 0$, $y = x$ - прямые.

Так как область интегрирования - часть кольца, перейдем к полярным координатам. В подынтегральном выражении заменим x , y и ds по формулам:

$$x = \rho \cos \varphi, \quad y = \rho \sin \varphi, \quad ds = \rho d\varphi d\rho.$$

Предварительно заменим

$$x^2 + y^2 = (\rho \cos \varphi)^2 + (\rho \sin \varphi)^2 = \rho^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = \rho^2.$$

$$\text{Тогда } I = \iint_D \ln(x^2 + y^2) ds = \iint_D \ln \rho^2 \cdot \rho d\varphi d\rho = 2 \iint_D \rho \ln \rho d\varphi d\rho$$

запишем в полярных координатах уравнения границ области

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 = 1 &\Rightarrow \rho^2 = 1, \quad \rho = 1 \\ x^2 + y^2 = e &\Rightarrow \rho^2 = e, \quad \rho = \sqrt{e} \\ y = 0 &\Rightarrow \rho \sin \varphi = 0, \quad \rho \neq 0, \quad \sin \varphi = 0, \quad \varphi = 0 \\ y = x &\Rightarrow \rho \sin \varphi = \rho \cos \varphi, \quad \operatorname{tg} \varphi = 1, \quad \varphi = \frac{\pi}{4} \end{aligned}$$

В полярных координатах внешний интеграл всегда берем по φ , а внутренний - по ρ . Область расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Внутри

области р изменяется от границы $\rho = 1$ до границы $\rho = \sqrt{e}$. Следовательно, по формуле

$$\iint_D f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\varphi d\rho = \int_{\alpha(g(\varphi))}^{\beta(h(\varphi))} \left(\int f(\rho \cos \varphi, \rho \sin \varphi) \rho d\rho \right) d\varphi$$

$$I = 2 \int_0^{\frac{\pi}{4}} \left(\int_1^{\sqrt{e}} \rho \ln \rho d\rho \right) d\varphi.$$

Внутренний интеграл вычислим, используя формулу интегрирования по частям:

$$\int_a^b u dv = uv \Big|_a^b - \int_a^b v du$$

$$\int_1^{\sqrt{e}} \rho \ln \rho d\rho = \left. \begin{array}{l} u = \ln \rho, dv = \rho d\rho \\ v = \int \rho d\rho = \frac{\rho^2}{2} \\ du = (\ln \rho)' d\rho = \frac{d\rho}{\rho} \end{array} \right| = \frac{\rho^2}{2} \ln \rho \Big|_1^{\sqrt{e}} - \int_1^{\sqrt{e}} \frac{\rho^2}{2} \cdot \frac{d\rho}{\rho} = \frac{e}{2} \ln \sqrt{e} - \frac{1}{2} \int_1^{\sqrt{e}} \rho d\rho = \frac{e}{2} \cdot \frac{1}{2} \ln e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho^2}{2} \Big|_1^{\sqrt{e}} =$$

$$= \frac{e}{4} - \frac{e}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

$$\text{Тогда } J = 2 \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{1}{4} d\varphi = \frac{1}{2} \varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{8}$$

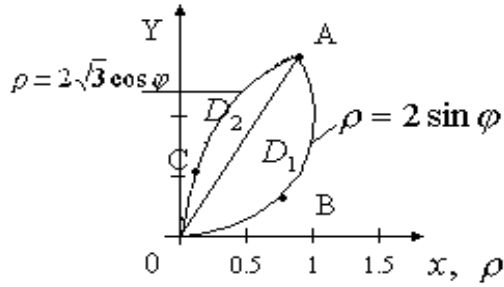
$$\text{Ответ: } I = \frac{\pi}{8}.$$

Пример 5

Вычислить площадь общей части двух кругов: $x^2 + y^2 \leq 2y, x^2 + y^2 \leq 2x\sqrt{3}$

Решение

Сделаем чертеж



$x^2 + y^2 = 2y$ - окружность $x^2 + (y-1)^2 = 1$ с центром в точке $(0;1)$ радиуса $r=1$.
 $x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3}$ - окружность $(x-\sqrt{3})^2 + y^2 = 3$ с центром в точке $(\sqrt{3};0)$ радиуса $R = \sqrt{3}$.

Выберем формулу площади фигуры в полярных координатах, так как область ограничена окружностями

$$S = \iint_D \rho d\varphi d\rho$$

Граница области состоит из дуг $\overset{\cup}{OBA}$ и $\overset{\cup}{OCA}$ разных окружностей, разобьем область D лучом OA на две части - $OBAO = D_1$ и $OACO = D_2$.

Площадь $OBAO$ обозначим S_1 , площадь $OACO$ - S_2 .

Уравнения окружностей запишем в полярных координатах

$$\overset{\cup}{OBA} : x^2 + y^2 = 2y \Rightarrow \rho^2 = 2\rho \sin \varphi, \rho = 2 \sin \varphi,$$

$$\overset{\cup}{OCA} : x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3} \Rightarrow \rho = 2\sqrt{3} \cos \varphi.$$

Найдем уравнение луча OA , для чего найдем полярный угол точки A пересечения окружностей.

$$A : \begin{cases} \rho = 2 \sin \varphi \\ \rho = 2\sqrt{3} \cos \varphi. \end{cases}$$

$$2 \sin \varphi = 2\sqrt{3} \cos \varphi, \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3}, \varphi = \frac{\pi}{3}$$

$$\text{Уравнение луча } OA: \varphi = \frac{\pi}{3}$$

Так как окружность $\overset{\cup}{OBA}$ касается оси ox , то область D_1 ограничена лучом $\varphi = 0$.

Так как окружность $\overset{\cup}{OCA}$ касается оси Oy , то область D_2 ограничена лучом

$$\varphi = \frac{\pi}{2}.$$

Область D_1 расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{3}$, внутри области

D_1 ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2 \sin \varphi$. Запишем S_1 и вычислим интеграл по формуле

$$\begin{aligned} S_1 &= \iint_{D_1} \rho d\varphi d\rho = \int_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\int_0^{2 \sin \varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\frac{\rho^2}{2} \Big|_0^{2 \sin \varphi} \right) d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} 2 \sin^2 \varphi d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} (1 - \cos 2\varphi) d\varphi = \\ &= \left(\varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) \Big|_0^{\frac{\pi}{3}} = \frac{\pi}{3} - \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{3} = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}. \end{aligned}$$

Область D_2 расположена в секторе между лучами $\varphi = \frac{\pi}{3}$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$, внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2\sqrt{3} \cos \varphi$.

$$\begin{aligned} S_2 &= \iint_{D_2} \rho d\varphi d\rho = \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\int_0^{2\sqrt{3} \cos \varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\rho^2}{2} \Big|_0^{2\sqrt{3} \cos \varphi} \right) d\varphi = \\ &= \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} 6 \cos^2 \varphi d\varphi = 3 \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} (1 + \cos 2\varphi) d\varphi = 3 \left(\varphi + \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) \Big|_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} = \\ &= 3 \left(\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} \sin \pi \right) - 3 \left(\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{3} \right) = \frac{3\pi}{2} - \pi - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4}. \end{aligned}$$

Следовательно

$$S = S_1 + S_2 = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}.$$

Ответ: $S = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}.$

2. Вычисление и применение тройного интеграла

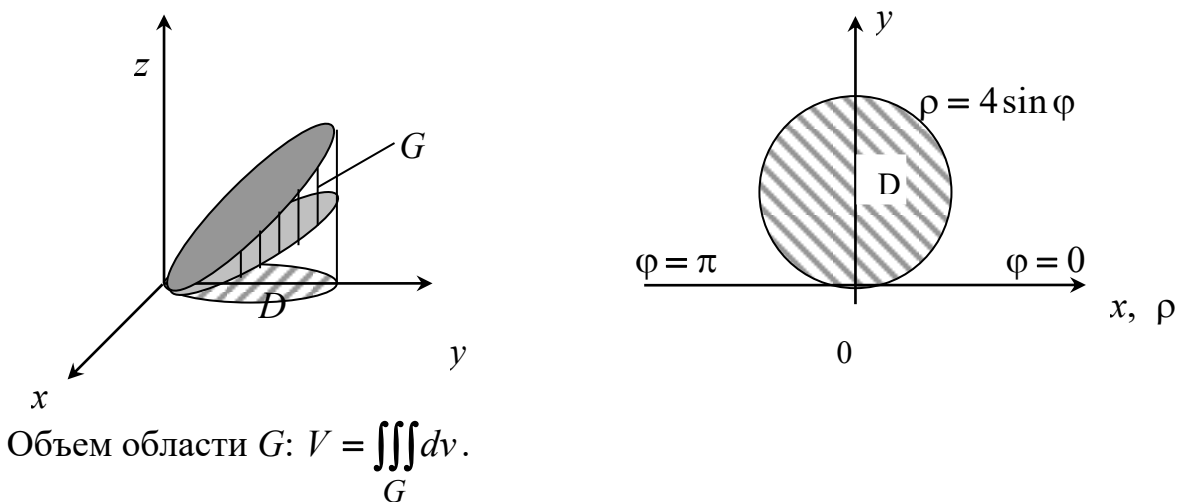
Схема применения тройного интеграла такая же, как двойного: чертеж, выбор формул, поиск всех элементов формул, вычисление полученных интегралов.

Пример 6

Вычислить объем тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 4y, z = y, z = 2y$.

Решение

Выполним чертеж. Поверхность $x^2 + y^2 = 4y$ - круговой цилиндр, его образующие параллельны оси oz , направляющей служит окружность в плоскости oxy . Плоскости $z = y, z = 2y$ проходят через ось ox , но имеют разный наклон к плоскости $хоу$. Они вырезают из цилиндра слой (область G , тело), объем которого нам нужно вычислить.



Вычислим интеграл по формуле

$$V = \iiint_G dv = \iint_D \left(\int_{g(x,y)}^{h(x,y)} dz \right) ds.$$

Проекцией области G на плоскость $хоу$ является область D , ограниченная окружностью $x^2 + y^2 = 4y$. Снизу область G ограничена плоскостью $z = y$, следовательно, $g(x, y) = y$. Сверху ограничена плоскостью $z = 2y$, следовательно, $h(x, y) = 2y$.

$$\text{Тогда } V = \iint_D \left(\int_y^{2y} dz \right) ds = \iint_D \left(z \Big|_y^{2y} \right) ds = \iint_D (2y - y) ds = \iint_D y ds.$$

Полученный двойной интеграл вычислим в полярных координатах:

$$x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi, ds = \rho d\varphi d\rho,$$

$$x^2 + y^2 = 4y \Rightarrow \rho^2 = 4\rho \sin \varphi \Rightarrow \rho = 0(\text{полюс}), \rho = 4 \sin \varphi.$$

Область D расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi$, внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 4 \sin \varphi$.

$$\begin{aligned} V &= \iint_D \rho \sin \varphi \cdot \rho d\varphi d\rho = \iint_D \rho^2 \sin \varphi d\varphi d\rho = \int_0^\pi \left(\int_0^{4 \sin \varphi} \rho^2 \sin \varphi d\rho \right) d\varphi = \int_0^\pi \left(\sin \varphi \int_0^{4 \sin \varphi} \rho^2 d\rho \right) d\varphi = \\ &= \int_0^\pi \left(\sin \varphi \cdot \frac{\rho^3}{3} \Big|_0^{4 \sin \varphi} \right) d\varphi = \int_0^\pi \frac{64}{3} \sin^4 \varphi d\varphi = \frac{16}{3} \int_0^\pi \left(2 \sin^2 \varphi \right)^2 d\varphi = \frac{16}{3} \int_0^\pi (1 - \cos 2\varphi)^2 d\varphi = \\ &= \frac{16}{3} \int_0^\pi (1 - 2 \cos 2\varphi + \cos^2 2\varphi) d\varphi = \frac{16}{3} \varphi \Big|_0^\pi - \frac{16}{3} \sin 2\varphi \Big|_0^\pi + \frac{8}{3} \int_0^\pi (1 + \cos 4\varphi) d\varphi = \frac{16\pi}{3} + \frac{8}{3} \varphi \Big|_0^\pi + \\ &+ \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{4} \sin 4\varphi \Big|_0^\pi = \frac{16}{3} \pi + \frac{8}{3} \pi = 8\pi. \end{aligned}$$

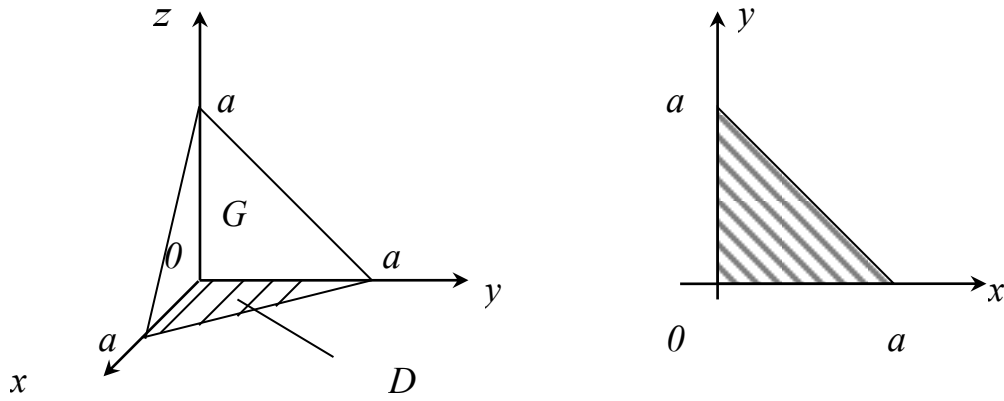
Ответ: $V = 8\pi$.

Пример 7

Найти центр массы однородной пирамиды, ограниченной плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, x + y + z = a$.

Решение

$x = 0, y = 0, z = 0$ - координатные плоскости. Найдем точки пересечения плоскости $x + y + z = a$ с осями координат. Например с Ox : $y = 0, z = 0$ подставим в уравнение плоскости $x + 0 + 0 = a$, получим точку $(a, 0, 0)$.



Проекция пирамиды на плоскость xoy – равнобедренный прямоугольный треугольник, ограниченный осями координат и линией пересечения плоскости $x + y + z = a$ с плоскостью $z = 0$. Уравнение этой линии в плоскости xoy $x + y + 0 = a$ или $y = a - x$. Из соображений симметрии ясно, что все три координаты центра массы одинаковы. Найдем x_c по формуле

$$x_c = \frac{1}{V} \iiint_G x \, dv.$$

G – область, занятая пирамидой. Объем пирамиды

$$V = \frac{1}{3} S_{\text{осн.}} \cdot H, \quad S_{\text{осн.}} = \frac{1}{2} a \cdot a = \frac{a^2}{2}, \quad H = a, \quad V = \frac{1}{3} \cdot \frac{a^2}{2} \cdot a = \frac{a^3}{6}.$$

Внутри пирамиды G переменная z изменяется от $z = 0$ (нижняя грань) до $z = a - x - y$ (верхняя грань).

Тогда

$$\begin{aligned} \iiint_G x \, dv &= \iint_D \left(\int_0^{a-x-y} x \, dz \right) ds = \iint_D (xz|_0^{a-x-y}) ds = \iint_D x(a-x-y) ds = \int_0^a \left(\int_0^{a-x} (x(a-x) - xy) dy \right) dx = \\ &= \int_0^a \left(x(a-x)y - x \frac{y^2}{2} \right) \Big|_0^{a-x} dx = \int_0^a \left(x(a-x)(a-x) - \frac{x(a-x)^2}{2} \right) dx = \int_0^a \frac{x(a-x)^2}{2} dx = \\ &= \frac{1}{2} \int_0^a (a^2x - 2ax^2 + x^3) dx = \frac{1}{2} \left(a^2 \frac{x^2}{2} - 2a \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{4} \right) \Big|_0^a = \frac{1}{2} \left(\frac{a^4}{2} - \frac{2a^4}{3} + \frac{a^4}{4} \right) = \frac{a^4}{24} \\ x_c &= \frac{a^4}{24} : \frac{a^3}{6} = \frac{6a^4}{24a^3} = \frac{a}{4}, \quad \text{тогда} \quad y_c = z_c = \frac{a}{4}, \quad C\left(\frac{a}{4}; \frac{a}{4}; \frac{a}{4}\right). \end{aligned}$$

Ответ: $(\frac{a}{4}; \frac{a}{4}; \frac{a}{4})$.

3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода

Схема применения:

1. Выбрать формулу по условию задачи и получить поверхностный интеграл.
2. Найти проекцию поверхности на координатную плоскость. Сделать чертеж получившейся плоской области D .
3. Найти формулу элемента $d\sigma$ поверхности.
4. Поверхностный интеграл привести к двойному интегралу и вычислить двойной интеграл.

Пример 8

Найти массу, распределенную по части эллипсоида $z = 2\sqrt{1-x^2-y^2}$, находящейся внутри цилиндра $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$, если поверхностная плотность массы

$$\delta = \frac{1}{2}z.$$

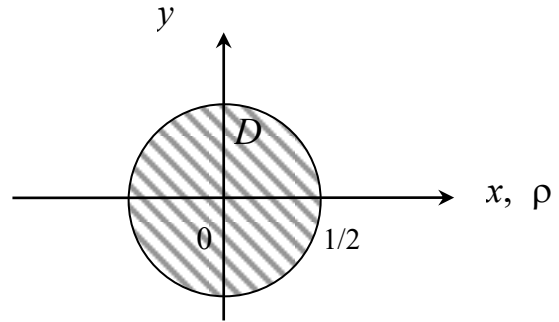
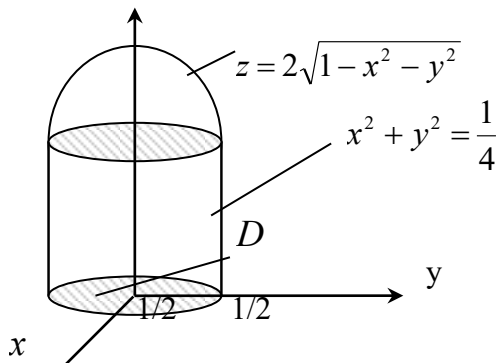
Решение

Масса, распределенная по поверхности σ с плотностью, $\delta = \delta(x, y, z)$ равна поверхностному интегралу:

$$m = \iint_{\sigma} \delta(x, y, z) d\sigma = \iint_{\sigma} \frac{1}{2} z d\sigma.$$

Образующие цилиндрической поверхности $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$ параллельны оси oz , направляющей является окружность в плоскости xoy с уравнением $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$.

Центр окружности $O(0;0)$, радиус $R = \frac{1}{2}$. Следовательно, проекция заданной части эллипсоида на плоскость xoy – круг D , ограниченный этой окружностью.



Составим формулу элемента $d\sigma = \sqrt{1+(z'_x)^2+(z'_y)^2} ds$;

$$z = 2\sqrt{1-x^2-y^2}, \quad z'_x = \frac{-2x}{\sqrt{1-x^2-y^2}}, \quad z'_y = \frac{-2y}{\sqrt{1-x^2-y^2}},$$

$$d\sigma = \sqrt{1 + \frac{4x^2}{1-x^2-y^2} + \frac{4y^2}{1-x^2-y^2}} ds = \sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}} ds.$$

Подставим z и $d\sigma$ в поверхностный интеграл и приведем его к двойному интегралу

$$m = \iint_{\sigma} \frac{1}{2} z d\sigma = \iint_D \frac{1}{2} \cdot 2\sqrt{1-x^2-y^2} \cdot \sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}} ds = \iint_D \sqrt{1+3x^2+3y^2} ds.$$

Двойной интеграл вычислим в полярных координатах. Возьмем $x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi, ds = \rho d\varphi d\rho$, уравнение окружности

$x^2 + y^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \rho^2 = \frac{1}{4}, \rho = \frac{1}{2}$. Полюс 0 находится внутри области D , поэтому область D занимает сектор от $\varphi = 0$ до $\varphi = 2\pi$. Внутри области D ρ изменяется от

$\rho = 0$ до $\rho = \frac{1}{2}$.

$$m = \iint_D \sqrt{1+3\rho^2 \cos^2 \varphi + 3\rho^2 \sin^2 \varphi} \rho d\varphi d\rho = \iint_D \sqrt{1+3\rho^2} \rho d\varphi d\rho = \int_0^{2\pi} \left(\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2} \rho d\rho \right) d\varphi.$$

Так как внутренний интеграл не зависит от φ , вынесем его за знак внешнего интеграла:

$$m = \left(\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2} \rho d\rho \right) \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi;$$

$$\int_0^{2\pi} d\varphi = \varphi|_0^{2\pi} = 2\pi;$$

$$\frac{1}{2} \int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2} \rho d\rho = \left. \begin{array}{l} \text{Сделаем подстановку} \\ \sqrt{1+3\rho^2} = t, 1+3\rho^2 = t^2, 6\rho d\rho = 2tdt, \rho d\rho = \frac{1}{3}tdt, \\ \text{при } \rho=0, t=1, \rho=\frac{1}{2}, t=\sqrt{1+\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{7}}{2} \end{array} \right| \frac{\sqrt{7}}{2} \int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t \cdot \frac{1}{3}tdt = \frac{1}{3} \int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t^2 dt = \frac{1}{3} \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} =$$

$$= \frac{1}{9} \left(\frac{7\sqrt{7}}{8} - 1 \right) = \frac{7\sqrt{7}-8}{72}, \quad m = 2\pi \cdot \frac{7\sqrt{7}-8}{72} = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}.$$

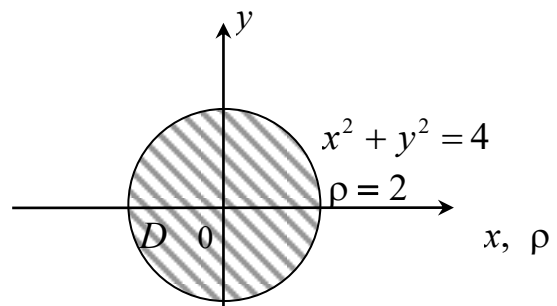
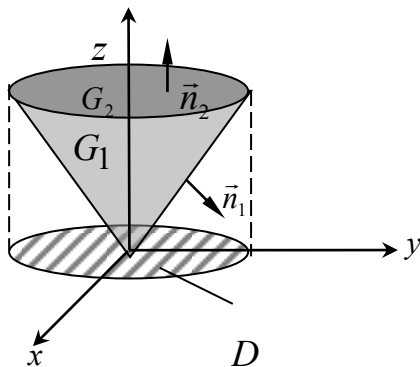
Ответ: $m = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}$.

Пример 9

Найти поток векторного поля $\vec{u} = (1-2x)\vec{i} + 2y\vec{j} + 2z\vec{k}$ через замкнутую поверхность σ , состоящую из части поверхности конуса $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ и плоскости $z = 2$.

Решение

Выполним чертеж.



Найдем линию пересечения поверхностей:

$$\begin{cases} z = 2 \\ z = \sqrt{x^2 + y^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ \sqrt{x^2 + y^2} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ x^2 + y^2 = 4. \end{cases}$$

В плоскости $z = 2$ получили окружность $x^2 + y^2 = 4$ с центром $C(0,0,2)$ радиуса 2.

Вершина конуса $O(0,0,0)$.

Проекцией обеих поверхностей на плоскость $хоу$ является круг D , ограниченный окружностью $x^2 + y^2 = 4$ с центром $O(0,0,0)$ радиуса $R=2$. Поверхность σ состоит из конической поверхности σ_1 и части плоскости σ_2 , поэтому $\Pi_{\sigma}(\vec{u}) = \Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) + \Pi_{\sigma_2}(\vec{u})$.

Формула вычисления потока

$$\Pi_{\sigma}(\vec{u}) = \iint_{\sigma} (\vec{u} \cdot \vec{n}) d\sigma = \iint_D \left(\frac{\vec{u} \cdot \vec{n}}{|\cos \gamma|} \right)_{z = z(x, y)} ds.$$

Для вычисления $\Pi_{\sigma_1}(\vec{u})$ потока вектора \vec{u} через коническую поверхность запишем уравнение конуса $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ в виде $F(x, y, z) = \sqrt{x^2 + y^2} - z = 0$.

Найдем:

$$F'_x = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}; F'_y = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}; F'_z = -1,$$

$$\text{grad}F = F'_x \vec{i} + F'_y \vec{j} + F'_z \vec{k} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \vec{i} + \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \vec{j} - \vec{k},$$

$$|\text{grad}F| = \sqrt{\frac{x^2}{x^2 + y^2} + \frac{y^2}{x^2 + y^2} + 1} = \sqrt{2}.$$

Вектор \vec{n}_1 составляет с oz тупой угол, т. е. $\cos \gamma < 0$, коэффициент перед \vec{k} должен быть отрицательным.

Возьмем

$$\vec{n}_1 = + \frac{\text{grad}F}{|\text{grad}F|} = \frac{x}{\sqrt{2(x^2 + y^2)}} \vec{i} + \frac{y}{\sqrt{2(x^2 + y^2)}} \vec{j} - \frac{1}{\sqrt{2}} \vec{k},$$

Так как $\vec{n} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} + \cos \gamma \cdot \vec{k}$

Получим: $\cos \gamma = -\frac{1}{\sqrt{2}}, |\cos \gamma| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Вычислим:

$$\vec{u} \cdot \vec{n} = (1-2x) \frac{x}{\sqrt{2(x^2+y^2)}} + 2y \frac{y}{\sqrt{2(x^2+y^2)}} + 2z \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{x-2x^2+2y^2-2z\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}$$

Учитывая, что на поверхности $z = \sqrt{x^2+y^2}$,

$$\vec{u} \cdot \vec{n}|_{z=\sqrt{x^2+y^2}} = \frac{x-2x^2+2y^2-2\sqrt{x^2+y^2} \cdot \sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}} = \frac{x-4x^2}{\sqrt{2(x^2+y^2)}},$$

$$\Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) = \iint_D \left(\frac{\vec{u} \cdot \vec{n}}{|\cos \gamma|} \right)_{z=\sqrt{x^2+y^2}} ds = \iint_D \frac{x-4x^2}{\sqrt{x^2+y^2}} ds.$$

Полученный интеграл вычислим в полярных координатах. Заменяем $x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi, ds = \rho d\varphi d\rho$

$$x^2 + y^2 = 4 \Rightarrow \rho^2 = 4, \rho = 2$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) &= \iint_D \frac{\rho \cos \varphi - 4\rho^2 \cos^2 \varphi}{\sqrt{\rho^2}} \rho d\varphi d\rho = \iint_D (\rho \cos \varphi - 4\rho^2 \cos^2 \varphi) d\varphi d\rho = \\ &= \int_0^{2\pi} \left(\int_0^2 (\rho \cos \varphi - 4\rho^2 \cos^2 \varphi) d\rho \right) d\varphi = \int_0^{2\pi} \left(\cos \varphi \frac{\rho^2}{2} \Big|_0^2 - 4 \cos^2 \varphi \frac{\rho^3}{3} \Big|_0^2 \right) d\varphi = \int_0^{2\pi} \left(2 \cos \varphi - \frac{32}{3} \cos^2 \varphi \right) d\varphi = \\ &= 2 \sin \varphi \Big|_0^{2\pi} - \frac{16}{3} \int_0^{2\pi} (1 + \cos 2\varphi) d\varphi = -\frac{16}{3} \left(\varphi + \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) \Big|_0^{2\pi} = -\frac{32\pi}{3}. \end{aligned}$$

Вычислим $\Pi_{\sigma_2}(\vec{u})$ поток вектора \vec{u} через круг σ_2 в плоскости $z = 2$. Единичный вектор внешней нормали этой плоскости равен $\vec{k} = (0,0,1)$; $\vec{n} = \vec{k}$; поэтому

$$\vec{u} \cdot \vec{n} = (1-2x) \cdot 0 + 2y \cdot 0 + 2z \cdot 1 = 2z, \cos \gamma = \cos 0 = 1, \left. \frac{\vec{u} \cdot \vec{n}}{|\cos \gamma|} \right|_{z=2} = 2 \cdot 2 = 4.$$

$$\Pi_{\sigma_2}(\vec{u}) = \iint_D 4 ds = 4 \iint_D ds = 4 \cdot S = 4(\pi R^2) = 4\pi \cdot 2^2 = 16\pi,$$

(D – круг радиуса 2).

$$\text{Следовательно, } \Pi_{\sigma}(\bar{u}) = \Pi_{\sigma_1}(\bar{u}) + \Pi_{\sigma_2}(\bar{u}) = -\frac{32\pi}{3} + 16\pi = \frac{16\pi}{3}.$$

$$\text{Ответ: } \Pi_{\sigma} = \frac{16\pi}{3}.$$

4. Вычисление и применение криволинейного интеграла

Схема решения задач

1. По условию задачи выбрать формулу и записать искомую величину в виде криволинейного интеграла первого или второго рода.
2. Выразить из уравнения кривой все переменные и их дифференциалы через одну переменную и ее дифференциал. Всё подставить в подынтегральное выражение.
3. Найти интервал изменения этой переменной на заданной дуге кривой и вычислить полученный определенный интеграл.

Пример 10

$$\text{Вычислить } \int_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}}, \text{ если } L \text{ – дуга } \overset{\cup}{OA} \text{ синусоиды } y = \sin x, O(0, 0), A\left(\frac{\pi}{2}; 1\right).$$

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла первого рода найдем dl . Из уравнения кривой $y = \sin x$ $y' = (\sin x)' = \cos x$, $dl = \sqrt{1 + (y')^2} dx = \sqrt{1 + \cos^2 x} dx$. Так как кривая L не ориентирована, возьмем: $0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}$, y и dl подставим в подынтегральное выражение. Получим и вычислим определенный интеграл.

$$\begin{aligned} \int_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}} &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \cdot \sqrt{1 + \cos^2 x}}{\sqrt{2 - \sin^2 x}} dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \sqrt{1 + \cos^2 x}}{\sqrt{1 + \cos^2 x}} dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 x dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 x \cdot \sin x dx = \\ &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1 - \cos^2 x) \sin x dx = \left. \begin{array}{l} \cos x = t, -\sin x dx = dt, \sin x dx = -dt \\ x = 0, t = \cos 0 = 1, x = \frac{\pi}{2}, t = \cos \frac{\pi}{2} = 0 \end{array} \right| = \int_1^0 (1 - t^2)(-dt) = \int_0^1 (1 - t^2) dt = \end{aligned}$$

$$= \left(t - \frac{t^3}{3}\right)\Big|_0^1 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}.$$

Пример 11

Вычислить $\int_L x \sqrt[3]{y} dx - 6x^3 dy$ по дуге кривой $y = x^3$ от $A(1,1)$ до $B(-1,-1)$.

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла второго рода выразим y и dy через x и dx из уравнения кривой $y = x^3, dy = 3x^2 dx$. В интегралах второго рода кривая ориентирована. При движении по кривой от A до B переменная x изменяется от 1 до -1 . Всё подставим в подынтегральное выражение.

$$\int_L x \sqrt[3]{y} dy - 6x^2 dy = \int_1^{-1} (x \sqrt[3]{x^3} dx - 6x^3 \cdot 3x^2 dx) = \int_1^{-1} (x^2 - 18x^5) dx = \left(\frac{x^3}{3} - 3x^6\right)\Big|_1^{-1} = \left(-\frac{1}{3} - 3\right) - \left(\frac{1}{3} - 3\right) = -\frac{2}{3}.$$

Пример 12

Найти массу дуги $\overset{\cup}{OA}$ кривой $y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}$, если линейная плотность массы в точ-

ке $M(x,y)$ пропорциональна длине дуги $\left|\overset{\cup}{OM}\right|$, $O(0,0)$, $A(4, \frac{16}{3})$.

Решение

Выберем формулу $m = \int_L \delta(x,y) dl$, где $\delta = \delta(x,y)$ - линейная плотность массы.

По условию задачи $\delta = k \left|\overset{\cup}{OM}\right| = kl$. Найдем длину дуги $\overset{\cup}{OM} : l = \int_{\overset{\cup}{OM}} dl$. Уравнение

$$\overset{\cup}{OM} : y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}, \text{ тогда } y' = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2} x^{\frac{1}{2}} = \sqrt{x}, dl = \sqrt{1 + (y')^2} dx = \sqrt{1 + x} dx.$$

$$l = \int_{\overset{\cup}{OM}} \sqrt{1+x} dx = \int_0^x \sqrt{1+x} dx = \int_0^x (1+x)^{\frac{1}{2}} d(1+x) = \frac{(1+x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \Big|_0^x = \frac{2}{3} \left((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1 \right).$$

$$\text{Получим } \delta = \frac{2k}{3} \left((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1 \right),$$

$$m = \int_{\overset{\circ}{OA}} \frac{2k}{3} ((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1) dl, \quad dl = \sqrt{1+x} dx = (1+x)^{\frac{1}{2}} dx, \quad 0 \leq x \leq 4, \quad \text{так как } \overset{\circ}{OM} \text{ и } \overset{\circ}{OA} -$$

дуги одной кривой.

$$\begin{aligned} m &= \int_0^4 \frac{2k}{3} ((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)(1+x)^{\frac{1}{2}} dx = \frac{2k}{3} \int_0^4 ((1+x)^2 - (1+x)^{\frac{1}{2}}) dx = \frac{2k}{3} \left(\frac{(1+x)^3}{3} - \frac{2}{3} (1+x)^{\frac{3}{2}} \right) \Big|_0^4 = \\ &= \frac{2k}{3} \left(\frac{5^3}{3} - \frac{2}{3} 5^{\frac{3}{2}} \right) - \frac{2k}{3} \left(\frac{1}{3} - \frac{2}{3} \right) = \frac{2k}{9} (125 - 10\sqrt{5} + 1) = \frac{2k}{9} (126 - 10\sqrt{5}). \end{aligned}$$

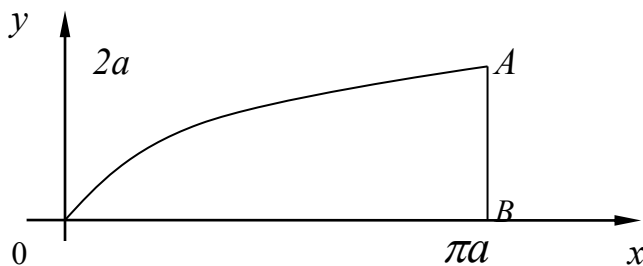
Ответ: $m = \frac{2k}{9} (126 - 10\sqrt{5})$.

Пример 13

Вычислить работу силового поля $\vec{F} = (2a - y)\vec{i} + (y - a)\vec{j}$ при движении точки вдоль первой арки циклоиды $x = a(t - \sin t), y = a(1 - \cos t)$ от $O(0,0)$ до $A(\pi a; 2a)$. Найти циркуляцию векторного поля \vec{F} вдоль замкнутого контура $OBAO$, составленного из дуги $\overset{\circ}{AO}$ циклоиды и двух прямых OB и BA , если $B(\pi a; 0)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\circ}{OA}$ циклоиды.

Решение

Сделаем чертеж



- 1) Обозначим работу поля $\vec{F} = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j}$ через W и найдем её по формуле

$$\begin{aligned} W &= \int_L \vec{F} \cdot \vec{dr} = \int_L P(x, y) dx + Q(x, y) dy; \\ W &= \int_{\overset{\circ}{OA}} (2a - y) dx + (y - a) dy. \end{aligned}$$

Из уравнения OA :

$$x = a(t - \sin t), \quad dx = a(1 - \cos t) dt$$

$$y = a(1 - \cos t), \quad dy = a \sin t \, dt.$$

В точке $O(0, 0)$ $y = 0, 0 = a(1 - \cos t), \cos t = 1, t = 0$, в точке $A(\pi a; 2a)$, $y = 2a, 2a = a(1 - \cos t), 2 = 1 - \cos t, \cos t = -1, t = \pi$ (обязательно проверяем, получаются ли значения x в этих точках при найденных значениях t).

$$\begin{aligned} W &= \int_0^\pi ((2a - a + a \cos t)a(1 - \cos t)dt + (a - a \cos t - a)a \sin t dt) = \\ &= \int_0^\pi (a^2(1 + \cos t)(1 - \cos t) - a^2 \cos t \sin t)dt = a^2 \int_0^\pi (1 - \cos^2 t - \cos t \sin t)dt = a^2 \int_0^\pi (\sin^2 t - \frac{1}{2} \sin 2t)dt = \\ &= \frac{a^2}{2} \int_0^\pi (1 - \cos 2t)dt - \frac{a^2}{2} \int_0^\pi \sin 2t dt = \frac{a^2}{2} (t - \frac{1}{2} \sin 2t)|_0^\pi + \frac{a^2}{2} \cdot \frac{1}{2} \cos 2t|_0^\pi = \frac{a^2 \pi}{2}. \end{aligned}$$

Найдем циркуляцию поля \vec{F} вдоль замкнутого контура $OBAO$ по формуле

$$\mathcal{C}_L = \oint_L \vec{F} \cdot \vec{dr} = \oint_L P(x, y)dx + Q(x, y)dy = \oint_L (2a - y)dx + (y - a)dy.$$

Контур $L = OBAO = OB + BA + AO$

$$\oint_L = \int_{OB} + \int_{BA} + \int_{AO}$$

$$\int_{OB} = \int_{OB} (2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения OB : $y = 0$ получим $dy = 0$, x изменяется от 0 до πa .

$$\int_{OB} = \int_0^{\pi a} (2a - 0)dx = 2ax|_0^{\pi a} = 2\pi a^2$$

$$\int_{BA} = \int_{BA} (2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения BA : $x = \pi a, dx = 0, y$ изменяется от 0 до $2a$.

$$\int_{BA} = \int_0^{2a} (y - a)dy = \left(\frac{y^2}{2} - ay \right) \Big|_0^{2a} = 2a^2 - 2a^2 = 0.$$

$$\int_{AO} = - \int_{OA} = - \int_{OA} (2a - y)dx + (y - a)dy = -W = -\frac{\pi a^2}{2}$$

$$\mathcal{C}_L(\vec{F}) = 2\pi a^2 + 0 - \frac{\pi a^2}{2} = \frac{3\pi a^2}{2}$$

2) Найдем поток поля \vec{F} через кривую $\overset{\cup}{OA}$ по формуле

$$\begin{aligned} \Pi_L(\vec{F}) &= \int_L Q(x, y)dx - P(x, y)dy = \int_{\overset{\cup}{OA}} (y - a)dx - (2a - y)dy = \\ &= \int_0^{\pi} ((a - a \cdot \cos t - a) \cdot a \cdot (1 - \cos t)dt - (2a - a + a \cos t) a \cdot \sin t dt) = \\ &= \int_0^{\pi} (-a^2 \cos t \cdot (1 - \cos t) - a^2 \cdot (1 + \cos t) \cdot \sin t)dt = \\ &= a^2 \int_0^{\pi} (-\cos t + \cos^2 t - \sin t - \cos t \cdot \sin t) dt = \\ &= a^2 (-\sin t \Big|_0^{\pi} + \frac{1}{2} \int_0^{\pi} (1 + \cos 2t)dt + \cos t \Big|_0^{\pi} - \frac{1}{2} \int_0^{\pi} \sin 2t dt) = \\ &= a^2 (0 + \frac{1}{2} (t + \frac{1}{2} \sin 2t) \Big|_0^{\pi} + (-1 - 1) + \frac{1}{4} \cos 2t \Big|_0^{\pi}) = a^2 \left(\frac{\pi}{2} - 2 \right). \end{aligned}$$

Ответ: $W = \frac{\pi a^2}{2}$; $\Pi_L(\vec{F}) = \frac{3\pi a^2}{2}$; $\Pi_{\overset{\cup}{OA}}(\vec{F}) = a^2 \left(\frac{\pi}{2} - 2 \right)$.

Пример 14

Найти ротор и дивергенцию векторного поля $\vec{u} = \frac{2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$ в произвольной

точке М (х, у, z) и в точке $M_0(2; -2; 1)$.

Решение

По формуле

$$\begin{aligned} \text{rot } \vec{u} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) \vec{i} - \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \vec{k}; \\ P &= \frac{2}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}; Q = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}; R = \frac{-1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}. \end{aligned}$$

Найдем частные производные

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \left(\frac{2}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right)'_x = (2(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}})'_x = 2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot 2x = -\frac{2x}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}}.$$

Обозначив $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ запишем

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -\frac{2x}{r^3}, \quad \frac{\partial P}{\partial y} = -\frac{2y}{r^3}, \quad \frac{\partial P}{\partial z} = -\frac{2z}{r^3};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{x}{r^3}, \quad \frac{\partial Q}{\partial y} = -\frac{y}{r^3}, \quad \frac{\partial Q}{\partial z} = -\frac{z}{r^3};$$

$$\frac{\partial R}{\partial x} = \frac{x}{r^3}, \quad \frac{\partial R}{\partial y} = \frac{y}{r^3}, \quad \frac{\partial R}{\partial z} = \frac{z}{r^3}.$$

Подставим найденные производные в формулу ротора

$$\begin{aligned} \text{rot} \vec{u}(M) &= \left(\frac{y}{r^3} + \frac{z}{r^3} \right) \vec{i} - \left(\frac{x}{r^3} + \frac{2z}{r^3} \right) \vec{j} + \left(-\frac{x}{r^3} + \frac{2y}{r^3} \right) \vec{k} = \frac{(z+y)\vec{i} - (x+2z)\vec{j} + (2y-x)\vec{k}}{r^3} = \\ &= \frac{(z+y)\vec{i} - (x+2z)\vec{j} + (2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}}. \end{aligned}$$

В точке $M_0(2; -2; 1)$

$$\text{rot} \vec{u}(M_0) = \frac{(1-2)\vec{i} - (2+2)\vec{j} + (-4-2)\vec{k}}{\sqrt{(4+4+1)^3}} = \frac{-1\vec{i} - 4\vec{j} - 6\vec{k}}{27}.$$

По формуле

$$\text{div} \vec{u}(M) = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}$$

$$\text{div} \vec{u}(M) = -\frac{2x}{r^3} - \frac{y}{r^3} + \frac{z}{r^3} = -\frac{2x + y - z}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}}$$

$$\text{div} \vec{u}(M_0) = -\frac{4 - 2 - 1}{27} = -\frac{1}{27}.$$

Omæem:

$$\operatorname{rot} \vec{u}(M) = \frac{(z+y)\vec{i} - (x+2z)\vec{j} + (2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$\operatorname{rot} \vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}(\vec{i} + 4\vec{j} + 6\vec{k}),$$

$$\operatorname{div} \vec{u}(M) = -\frac{2x+y-z}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$\operatorname{div} \vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}.$$

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной линиями $x = 2$, $y = 2x$, $2y = x$ и расположенной в первой четверти ($x \geq 0, y \geq 0$), если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 3$.

2. Найти площадь фигуры $2x \leq x^2 + y^2 \leq 4x, 0 \leq y \leq x\sqrt{3}$.

Ответ: $S = \pi + \frac{3\sqrt{3}}{4}$.

3. Найти электрический заряд кривой $y = \frac{x^2}{2}$, $1 \leq x \leq 2$, если плотность заряда $\lambda = \frac{y}{x}$.

Ответ: $q = \frac{1}{6}(5\sqrt{5} - 2\sqrt{2})$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x - y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по эллипсу $x = 2\cos t$, $y = \sin t$ из $A(2, 0)$ в $B(0, 1)$. Найти циркуляцию \vec{F} по замкнутому контуру $ABDA$, где $D(-1, 1)$, BD и DA - прямые. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ эллипса.

Ответ: $W = \frac{\pi}{2}$; $\Gamma = \frac{\pi}{2}$; $\Pi = \frac{7}{3}$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x = 0$, $y = 0$, $z = 1$, $z = 3$, $2x + y = 3$.

Ответ: $C(\frac{1}{2}; 1, 2)$.

6. Найти массу части сферы $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$, расположенной в первом октанте ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$), если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = \frac{1}{8}\pi^2 a^3$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = -(3y^2 + 2x^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = -4, \text{rot}\vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} + 10\vec{k}$.

Вариант 2

1. Найти ординату центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = e^x, y = e^{-x}, x = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = e^x$.

$$\text{Ответ: } y = \frac{e^3 - 3e^{-1} - 4}{3e^2 - 9}.$$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = a(1 - \sin \varphi)$ и окружностью $\rho = a$ и расположенной вне кардиоиды.

$$\text{Ответ: } s = \frac{a^2(8 - \pi)}{4}.$$

3. Найти массу дуги параболы $y^2 = 2px, 0 \leq x \leq \frac{p}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = |y|$.

$$\text{Ответ: } m = \frac{2p^2}{3}(2\sqrt{2} - 1).$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = -y\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по окружности $x = 2 \cos t, y = 2 \sin t$ из $A(2,0)$ в $B(-2,0)$. Найти циркуляцию \vec{F} по замкнутому контуру $ABDA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BD и DA , где $D(-2;-2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

$$\text{Ответ: } W = 4\pi, \quad \Pi = 0, \quad \text{Ц} = 4\pi + 8.$$

5. Найти момент инерции относительно оси Oz однородного тела, ограниченного поверхностями $x + y + z = a\sqrt{2}, x^2 + y^2 = a^2, z = 0$, если плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } J_z = \frac{\pi a^5}{\sqrt{2}}.$$

6. Найти электрический заряд части поверхности $z = \frac{1}{2}(x^2 + y^2)$, отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = z$.

$$\text{Ответ: } q = \frac{2\pi(1 + 6\sqrt{3})}{15}.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,2,3)$.

$$\text{Ответ: } \operatorname{div} \vec{a}(M_0) = 0, \operatorname{rot} \vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} - 2\vec{k}.$$

Вариант 3

1. Найти момент инерции относительно оси ox однородной фигуры, ограниченной линиями $\frac{y}{h} - \frac{3x}{a} = 1$, $\frac{y}{h} + \frac{3x}{2a} = 1$, $y = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = \frac{ah^3}{12}$.

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = 4(1 + \sin\varphi)$ и прямой $\rho \sin\varphi = 3$ и расположенной выше прямой.

Ответ: $S = 8\pi + 9\sqrt{3}$.

3. Найти электрический заряд кривой $y = \ln \cos x, 0 \leq x \leq \frac{\pi}{6}$, если линейная плотность заряда равна $\lambda = \sin x \cdot \cos^2 x$.

Ответ: $q = \frac{1}{8}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - y^2)\vec{i} + (x^2 + y^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 2 \cos t, y = \sin t$ от $A(2;0)$ до $B(0;1)$. Найти циркуляцию \vec{F} по замкнутому контуру $ABDA$, составленному из дуги $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BD и DA , если $D(0;-1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = \frac{5}{3}$; $\Pi = \frac{19}{3}$; $\text{Ц} = \frac{14}{3}$.

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, x + y = 6, y = 0$, если плотность массы $\delta = 2z$.

Ответ: $m = 108$.

6. Найти координаты центра массы части однородной поверхности $z = \sqrt{x^2 + y^2}$, вырезанной поверхностью $x^2 + y^2 = ax$.

Ответ: $C\left(\frac{a}{2}; 0; \frac{16a}{9\pi}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(3\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, -2, -2)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = \frac{7}{3}$; $\text{rot}\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(12\vec{i} - 2\vec{j} + 8\vec{k})$.

Вариант 4

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривыми $y = x^2, y = 2x^2, x = 1, x = 2$.

Ответ: $c\left(\frac{45}{28}; \frac{279}{70}\right)$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат фигуры $x^2 + y^2 \leq 2Rx$, если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $J_0 = \frac{512R^5}{75}$.

3. Найти массу участка кривой $\begin{cases} x = \cos t \\ y = \sin t, 0 \leq t \leq \pi \end{cases}$, если линейная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = 2$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x-y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x^2$ от $O(0,0)$ до $B(1,2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BD и DO , если $D(-1,2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{31}{30}; \quad \text{Ц} = \frac{241}{30}; \quad \text{П} = \frac{47}{30}$.

5. Найти объем тела, ограниченного поверхностями: $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, x + y = 6, y = 0$.

Ответ: $V = \frac{48\sqrt{6}}{5}$.

6. Найти электрический заряд части конической поверхности $z = \sqrt{y^2 + x^2}$, отсеченной цилиндром $x^2 + y^2 = 2ax$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(x^2 + y^2 + z)$.

Ответ: $q = -3\sqrt{2}\pi a^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = x^2yz\vec{i} + xy^2z\vec{j} + xyz^2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,2,3)$.

Ответ: $\text{div} \vec{a}(M_0) = 36, \text{rot} \vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}$.

Вариант 5

1. Найти абсциссу центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = \ln x, y = 0, y = 1, x = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = e^y$.

Ответ: $\bar{x} = \frac{e}{3} + \frac{1}{3(e+1)}$.

2. Найти электрический заряд фигуры $x^2 + y^2 \leq 2Rx, y \geq 0$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = \frac{16}{9}R^3$.

3. Найти момент инерции первого витка однородной винтовой линии $x = a \cos t, y = a \sin t, z = \frac{h}{2\pi}t$ относительно оси oz . Линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = a^2 \cdot \sqrt{4\pi^2 a^2 + h^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x(y-1)\vec{i} + x^2\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = x^2$ от $B(-2;4)$ до $C(2,4)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{BC}$ параболы и прямой CB . Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{BC}$ параболы.

Ответ: $W = 0, \text{Ц} = 0, \text{П} = -9,6$.

5. Найти момент инерции относительно оси Oy однородного тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = R^2, z = 0, z = H$, если масса тела равна m .

Ответ: $J_y = \frac{m}{12}(3R^2 + 4H^2)$.

6. Найти массу части поверхности $z = \sqrt{4-x^2}$, отсеченной плоскостями $y = 0, y = 5, x=0, z=0$ и расположенной в первой октанте, если поверхностная плотность массы $\delta = z(x+y)$.

Ответ: $m = 70$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля \vec{a} , если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{a} = -(2x^2 + 3y^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k}, \vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k}, \vec{c} = \vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, -1, 1)$.

Ответ: $\text{div} \vec{a} = -4x, \text{rot} \vec{a} = -2y\vec{i} + 4x\vec{j} + (4x + 6y)\vec{k}$.

Вариант 6

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{x}{2}, y = \sqrt{\frac{x}{2}}$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(xy^2 + 1)$.

Ответ: $q = -\frac{47}{105}$.

2. Найти массу фигуры $1 \leq x^2 + y^2 \leq 9, 0 \leq x \leq y$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{x}{y}$.

Ответ: $m = 2\ln 2$.

3. Найти момент инерции линии $y = e^x, 0 \leq x \leq \frac{1}{2}$ относительно оси ox , если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = \frac{1}{3} \left((1+e)^{\frac{3}{2}} - 2\sqrt{2} \right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x+2y)\vec{i} + (x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 4\cos t, y = 3\sin t$ от $B(0,3)$ до $C(-4,0)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, составленному из дуги эллипса $\overset{\cup}{BC}$ и прямых CD и DB , если $D(0;-2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{BC}$ эллипса.

Ответ: $W = \frac{25-6\pi}{2}, \quad \text{Ц} = -4-3\pi, \quad \text{П} = -17$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x = 3 - y^2 - z^2, x = 0$.

Ответ: $C(1,0,0)$.

6. Найти площадь части плоскости $z = 4 - x$, вырезанной поверхностями $z = 0, x = y^2$.

Ответ: $S = \frac{32\sqrt{2}}{3}$.

6. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \left(3\frac{y}{x} + 2\frac{x}{y} \right)\vec{i} + 2\frac{x}{y}\vec{j} - \left(2\frac{x}{y} + \frac{y}{x} \right)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div}(\vec{a})(M_0) = -1, \text{rot}(\vec{a})(M_0) = \vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}$.

Вариант 7

1. Найти абсциссу центра массы однородной фигуры

$$\text{Ответ: } \bar{x} = \frac{(4 - \pi)(\sqrt{2} + 1)}{4}.$$

2. Вычислить площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = 4(1 + \cos \varphi)$ и прямой $\rho \cos \varphi = 3$ и расположенной справа от прямой.

$$\text{Ответ: } S = 8\pi + 9\sqrt{3}.$$

3. Найти координаты центра массы однородной кривой $\begin{cases} x = a \cos^3 t \\ y = a \sin^3 t \end{cases}, 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}.$

$$\text{Ответ: } C\left(\frac{2a}{5}; \frac{2a}{5}\right).$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy - y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2\sqrt{x}$ от $O(0,0)$ до $B(1,2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $OCBO$, состоящему из дуги BO параболы и прямых OC и CB , если $C(1; -1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OB}$ параболы.

$$\text{Ответ: } W = -\frac{8}{15}, \text{Ц} = \frac{71}{30}, \text{П} = \frac{13}{6}.$$

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 1, x^2 + y^2 = 3z, x = 0, y = 0, z = 0$ и расположенного в первом октанте ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$), если плотность заряда $\lambda = -x$.

$$\text{Ответ: } q = -\frac{1}{15}.$$

6. Найти массу части плоскости $x + y + z = 4$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = 4$, если поверхностная плотность массы $\delta = (x^2 + y^2)^2 + z^2$.

$$\text{Ответ: } m = \frac{280}{3}\pi\sqrt{3}.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(2\vec{i} - 4\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и $M_0(-2, 2, 1)$.

$$\text{Ответ: } \text{div}\vec{a}(M_0) = -\frac{11}{3}; \text{rot}\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(6\vec{i} + 4\vec{j} + 4\vec{k}).$$

Вариант 8

1. Найти ординату центра массы однородной фигуры $0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}, 0 \leq y \leq \sin x$.

$$\text{Ответ: } \bar{y} = \frac{(\pi - 2)(2 + \sqrt{2})}{16}.$$

2. Найти момент инерции однородной фигуры $x^2 + y^2 \leq 2y, y \geq 1$ относительно оси Ox , если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } J_x = \frac{15\pi + 20}{24}.$$

3. Найти длину дуги астроиды $\begin{cases} x = a \cos^3 t \\ y = a \sin^3 t \end{cases}$.

$$\text{Ответ: } l = 6a.$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x + 3y)\vec{i} + (y + 2x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = \frac{x + x^2}{2}$ от $B(-1, 0)$ до $O(0, 0)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $OCBO$, состоящему из дуги BO параболы и прямых OC и CB , где $C(-1, 2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{BO}$.

$$\text{Ответ: } W = -\frac{7}{12}; \quad \text{Ц} = -\frac{13}{12}; \quad \text{П} = -\frac{7}{6}.$$

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного плоскостями $x + y + z = 2$, $x = 0$, $z = 0$, $x - y = 0$, если плотность заряда $\lambda = -x$.

$$\text{Ответ: } q = \frac{1}{6}.$$

6. Найти массу полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = z \cdot \sqrt{x^2 + y^2}$.

$$\text{Ответ: } m = \frac{2}{3} \pi R^4.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \arctg \frac{z}{x+y} (2\vec{i} + \vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

$$\text{Ответ: } \text{div} \vec{a}(M_0) = -\frac{1}{5}; \quad \text{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{5}(-3\vec{i} + 5\vec{j} + \vec{k}).$$

Вариант 9

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{2}y = x, y = 2, x = 0$.

Ответ: $C\left(\frac{3}{4}, \frac{6}{5}\right)$.

2. Найти электрический заряд кольца $\frac{\pi^2}{4} \leq x^2 + y^2 \leq 4\pi^2$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = \cos\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = 2\pi - \pi^2$.

3. Найти электрический заряд участка кривой $\begin{cases} x = t^3 \\ y = t \\ z = t^2, \end{cases} 0 \leq t \leq 1$, если линейная плотность заряда $\lambda = \sqrt{1 + 4z + 9xy}$.

Ответ: $q = -\frac{62}{15}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x + y)\vec{i} + (2x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x - x^2$ от $O(0,0)$ до $B(2,0)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\circ}{BO}$ и прямых OC и CB , если $C(2;-1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\circ}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{8}{3}; \Pi = \frac{7}{3}; \Pi = \frac{16}{3}$.

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x^2 + z^2}, y = b$, если плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = \frac{\pi b^4}{4}$.

6. Найти момент инерции относительно оси Oz части однородной поверхности сферы $x^2 + y^2 + z^2 = R^2, z \geq h$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{2\pi R}{3}(R-h)(2R^2 - Rh - h^2)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2y^2 - 3x^2)\vec{i} - x^2\vec{j} + (y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_o(1,3,-2)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_o) = -6, \text{rot}\vec{a}(M_o) = +6\vec{i} + 6\vec{j} - 14\vec{k}$.

Вариант 10

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y = \sqrt{2x}$, $x = 2$, $y = 0$.

Ответ: $C\left(\frac{6}{5}, \frac{3}{4}\right)$.

2. Найти момент инерции однородного круга $x^2 + y^2 \leq 2Ry$ относительно оси Ox , если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J = \frac{5}{4}\pi R^4$.

3. Найти массу кривой $\sqrt{x} + \sqrt{y} = a, 0 \leq x \leq a$, если линейная плотность массы $\lambda = \sqrt{\frac{x^3}{x+y}}$.

Ответ: $m = \frac{a^2}{2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x+2y)\vec{i} + (x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = \cos t, y = 2\sin t$ от $B(0; -2)$ до $A(1; 0)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $BACB$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ и прямых AC и CB , если $C(0; 1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{BA}$.

Ответ: $W = \frac{5-\pi}{2}$; $\Pi = -\frac{1+\pi}{2}$; $\Pi = \frac{9}{2}$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного плоскостями $z = 0, z = ky$ и цилиндрической поверхностью $y = \sqrt{a^2 - x^2}$.

Ответ: $C\left(0; \frac{3}{16}\pi a; \frac{3}{32}\pi a k\right)$.

6. Найти электрический заряд части поверхности $2z = 9 - x^2 - y^2$, отсекаемой плоскостью $z = 0$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = x^2 + y^2 + z - 2$.

Ответ: $q = \frac{\pi}{15}(500\sqrt{10} - 23)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \frac{2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}}{x^2 + y^2 + z^2}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = -\frac{4}{9}$; $\text{rot}\vec{a}(M_0) = \frac{1}{9}(4\vec{i} - 6\vec{j} + 2\vec{k})$;

Вариант 11

1. Вычислить массу плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9-x^2}$, $y = 2x$, $x=0$, если поверхностная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = \frac{4}{\sqrt{10}}$.

2. Найти момент инерции относительно оси Oy однородной фигуры $x^2 + y^2 \leq 2x, x \geq 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{15\pi + 32}{24}$.

3. Найти массу кривой $y = \sqrt{x-x^2}$, если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 1$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 + y^2)\vec{i} + (y^2 - x^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 2\cos t$, $y = \sin t$ из $A(0; -1)$ в $B(2, 0)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги AB эллипса и прямых BC и CA , если $C(-2, 0)$.
Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\curvearrowright}{AB}$.

Ответ: $W = \frac{5}{3}$; $\Pi = -\frac{10}{3}$; $\Pi = -\frac{13}{3}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = x^2 + y^2, y = x^2, z = 0, y = 1$, если плотность заряда $\lambda = 3x + 4y$.

Ответ: $q = \frac{160}{63}$.

6. Найти координаты центра массы части однородной конической поверхности $x^2 + y^2 - z^2 = 0$, находящейся между плоскостями $z = 0, z = h$.

Ответ: $C\left(0, 0, \frac{2h}{3}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(3\vec{i} - 3\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(2; -2, 1)$.

Ответ: $\text{div} \vec{a}(M_0) = \frac{13}{3}$; $\text{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(\vec{i} + \vec{j})$.

Вариант 12

1. Вычислить координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной эллипсом $y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$ и осью абсцисс.

Ответ: $C\left(0; \frac{4b}{3\pi}\right)$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородного круга $x^2 + y^2 \leq 4y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 24\pi$.

3. Найти электрический заряд линии $\begin{cases} x = t \cos t \\ y = t \sin t, 0 \leq t \leq 2\pi, \text{ если плотность заряда} \\ z = t \end{cases}$

$\lambda = -z$.

Ответ: $q = \frac{\sqrt{8}}{3} - \frac{1}{3}\sqrt{(2+4\pi^2)^3}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x+y)\vec{i} + (2x-3y)\vec{j}$ при перемещении точки от $A(1,0)$ до $B(-1,0)$ по параболе $y = 1-x^2$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA , если $C(-1;-1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{BA}$.

Ответ: $W = \frac{4}{3}; \quad \text{Ц} = \frac{7}{3}; \quad \text{П} = -\frac{4}{3}$.

5. Найти статический момент относительно плоскости xOz однородного тела, ограниченного поверхностями $x = \sqrt{y}$, $x = 2\sqrt{y}$, $z = 0$, $y + z = 6$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{xz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$, отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m = \frac{4\pi(6\sqrt{3}+1)}{15}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (x^2 + 2y^2)\vec{i} - 2y^2\vec{j} + \frac{2y^2 - x^2}{z}\vec{k}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = -3, \text{rot}\vec{a}(M_0) = 4\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{k}$.

Вариант 13

1. Найти электрический заряд треугольной пластины с вершинами $A(-2;-2)$, $B(-1;2)$, $C(-1;-\frac{3}{2})$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = 2x + y$.

Ответ: $q = -\frac{133}{24}$.

2. Найти момент инерции однородной фигуры, ограниченной кардиоидой относительно оси ox , если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = \frac{21\pi a^4}{32}$.

3. Найти координаты центра массы кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \end{cases}, 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}$.

Ответ: $C\left(\frac{e^{\frac{\pi}{2}} - 1}{\pi}; \frac{e^{\frac{\pi}{2}} + 1}{\pi}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по гиперболе $y = \frac{2}{x}$ от $A(1,2)$ до $B(2,1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BC и CA , если $C(2,3)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0$; $\Pi = -\frac{2}{3}$; $\Pi = -4$.

5. Найти статический момент относительно плоскости yoz однородного тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{yz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части конической поверхности $z = \sqrt{2xy}$, отсекаемой плоскостью $x + y = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{2xy}$.

Ответ: $m = \frac{1}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 - 3x^2)\vec{i} + x^2\vec{j} + (2y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, -1, 1)$.

Ответ: $diva(M_0) = -6, rot\vec{a} = -4\vec{i} + 6\vec{j} + 4\vec{k}$.

Вариант 14

1. Найти момент инерции относительно оси ou однородного треугольника с вершинами $A(1,1)$; $B(1,2)$; $C(3,3)$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = 3$.

2. Найти статический момент относительно оси Ox однородной фигуры $1 \leq x^2 + y^2 \leq 2y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \frac{8\pi + 3\sqrt{3}}{12}$.

3. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \\ z = e^t \end{cases}$ при $-\infty < t \leq 0$.

Ответ: $l = \sqrt{3}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \frac{2}{x}$ от $A(-2,-1)$ до $B(-1,-2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому

контур $ABCA$, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BC и CA , если $C(1;-1)$.

Найти поток вектора через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0$; $\Pi = 2$; $\Pi = -4$.

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2z$, $z = 2$, если плотность массы $\delta = x^2 + y^2$.

Ответ: $m = \frac{16\pi}{3}$.

6. Найти электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2}$, вырезанной цилиндром $y^2 + z^2 = 2ay$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = x^2 + y^2 + z^2$.

Ответ: $q = \frac{3\pi a^4}{\sqrt{2}}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \arctg \frac{z}{x+y}(\vec{i} - \vec{j} + \vec{k})$ в точках

$M(x, y, z)$ и $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $\operatorname{div} \vec{a}(M_0) = \frac{2}{5}$, $\operatorname{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{5}(\vec{i} + 3\vec{j} + 2\vec{k})$.

Вариант 15

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y^2 = 3x, y = x$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\frac{6}{5}, \frac{3}{2}\right)$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = 2a \cos \varphi$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = \frac{3}{2}\pi a^4$.

3. Найти массу участка кривой $y = -\ln \cos x, 0 \leq x \leq \frac{\pi}{4}$, если линейная плотность массы $\delta = \sin^2 x \cdot \cos^2 x$.

Ответ: $m = \frac{\sqrt{2}}{12}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{1}{x}\vec{i} + \frac{1}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2 \cos t, y = 2 \sin t$ от $A(\sqrt{3}, 1)$ до $B(1, \sqrt{3})$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ACBA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых AC и CB , где $C(\sqrt{3}; \sqrt{3})$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = 0, \quad \text{Ц} = 0, \quad \text{П} = \frac{\pi}{3}$.

5. Найти заряд тела, ограниченного плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, y = h, x + z = a$, если плотность заряда $\lambda = -x$.

Ответ: $q = -\frac{a^3 h}{6}$.

6. Вычислить массу участка поверхности $z = \sqrt{x^2 + y^2}$, отсеченного плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = x^2 + y^2 + 3z^2$.

Ответ: $m = 2\pi\sqrt{2}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (\vec{i} + 2\vec{j} + k) \ln(x + 2y + 3z)$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_1(1, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = \frac{4}{3}; \text{rot}\vec{a}(M_0) = \frac{-2\vec{i} + \vec{j}}{3}$;

Вариант 16

1. Найти координаты центра массы фигуры, ограниченной линиями $x^2 = 3y$, $x = y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\frac{3}{2}; \frac{6}{5}\right)$.

2. Найти массу круга радиуса R , плотность массы которого в каждой точке равна расстоянию от этой точки до окружности.

Ответ: $m = \frac{\pi R^3}{3}$.

3. Найти статический момент кривой $\begin{cases} x = 4 \cos t \\ y = \sin t \end{cases}, 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$ относительно оси ox , если

линейная плотность массы $\delta = x$.

Ответ: $M_x = 5,6$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{x}{y}\vec{i} - \frac{y}{x}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = -\frac{2}{x}$ от $A(1; -2)$ до $B(2; -1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ACBA$, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{BA}$ и прямых AC и CB , где $C(-2; -2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ гиперболы.

Ответ: $W = 0, \quad \text{Ц} = 0, \quad \text{П} = 2$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2x$, $z = 0$, $z = 3$, если плотность заряда $\lambda = -z\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = -8$.

6. Найти момент инерции относительно оси oz однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4}{3}\pi R^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 + 3x^2)\vec{i} - 3x^2\vec{j} + (3x^2 - 2y^2)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(2, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = 12, \text{rot}\vec{a}(M_0) = -4\vec{i} - 12\vec{j} - 14\vec{k}$.

Вариант 17

1. Найти момент инерции относительно оси Ox плоской однородной фигуры, ограниченной кривыми $y = \sqrt{2x}$, $x + y = 3$, $y = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = 1,4$.

2. Найти массу фигуры $x^2 + y^2 \leq 4x$, если поверхностная плотность массы $\delta = x^2$.

Ответ: $m = 20\pi$.

3. Найти координаты центра массы однородной полуокружности $y = \sqrt{a^2 - x^2}$.

Ответ: $C\left(0; \frac{2a}{\pi}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{x\vec{i} - y\vec{j}}{x^2 + y^2}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 3\cos t$, $y = 3\sin t$ от $A(3, 0)$ до $B(0, 3)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ACBA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых AC и CB , если $C(3, 3)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = -1$, $\text{Ц} = 1 - \ln 2$, $\text{П} = 0$.

5. Найти статический момент относительно плоскости yoz тела, ограниченного поверхностями $z = \frac{1}{2}x^2$, $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$, $3x + 2y = 12$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{yz} = \frac{192}{5}$.

6. Найти электрический заряд части поверхности $z = 1 - (x^2 + y^2)$, отсеченной плоскостью $z = 0$, если плотность заряда $\lambda = \sqrt{1 + 4x^2 + 4y^2}$.

Ответ: $q = 3\pi$.

7. Найти дивергенцию и ротор поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} (2\vec{i} + y\vec{j} + 3\vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(-1; 2; 2)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = 2$; $\text{rot}\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(4\vec{i} + 7\vec{j} - 5\vec{k})$.

Вариант 18

1. Вычислить массу четверти кольца $4 \leq x^2 + y^2 \leq 9$, $x \leq 0$, $y \geq 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{y - 2x}{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 3$.

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры, $1 \leq x^2 + y^2 \leq 2y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(0; \frac{8\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi + 6\sqrt{3}}\right)$.

3. Найти статический момент относительно оси Oy дуги кривой $\begin{cases} x = 4 \cos t \\ y = \sin t, \end{cases}$ $0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $M_y = 5,6$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \cos\sqrt{y}\vec{i} + (x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге $\overset{\cup}{BO}$ параболы $y = x^2$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BOC}$ параболы $y = x^2$ и прямой CB , $B(-1, 1)$, $O(0, 0)$, $C(1, 1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OC}$ параболы.

Ответ: $W = \frac{7}{6} + \sin 1$, $\Pi = \frac{4}{3} + 2\sin 1 - 2\cos 1$, $\Pi = -2(\sin 1 + \cos 1) + \frac{1}{6}$,

5. Найти момент инерции линии $y = \ln x$, $1 \leq x \leq \sqrt{e}$, относительно оси oy , если линейная плотность $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{1}{3}\left((1+e)^{3/2} - 2\sqrt{2}\right)$

6. Вычислить электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2}$, отсеченной плоскостью $x = 2$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(5x^2 + 3y^2 + 3z^2 + 4)$.

Ответ: $q = -80\pi\sqrt{2}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k})\cos(2x + y - z)$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0\left(\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}\right)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = -3; \text{rot}\vec{a}(M_0) = -7\vec{i} + 10\vec{j} - 4\vec{k}$.

Вариант 19

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{16} = 1$ и осями координат, если поверхностная плотность заряда $\lambda = x$ и фигура расположена при $x \geq 0, y \geq 0$.

Ответ: $q = \frac{100}{3}$.

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры $1 \leq x^2 + y^2 \leq 2x$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\frac{8\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi + 6\sqrt{3}}; 0\right)$.

3. Найти статический момент относительно оси ox однородной циклоиды $\begin{cases} x = t - \sin t \\ y = 1 - \cos t \end{cases}, 0 \leq t \leq 2\pi$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \frac{32}{3}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{y^2 \vec{i} + x^2 \vec{j}}{xy}$ при перемещении точки по дуге кривой $y = \frac{4}{x^2}$ от $A(1, 4)$ до $B(2, 1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ кривой $y = \frac{4}{x^2}$ и прямых BC и CA , если $C(8, 4)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ этой кривой.

Ответ: $W = -0,5; \text{Ц} = 8,5 - \ln 8; \text{П} = 7,1375$.

5. Вычислить момент инерции относительно оси oz однородного цилиндра $x^2 + y^2 \leq 2Ry, 0 \leq z \leq H$, если масса цилиндра равна m .

Ответ: $J_z = \frac{3}{2} mR^2$.

6. Найти массу части поверхности, $z = \sqrt{9 - x^2}$ отсеченной плоскостями $y = 0$ и $y = 3$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{1}{x^2 + y^2 + z^2}$.

Ответ: $m = \frac{\pi^2}{4}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \left(\frac{y}{x} + \frac{3x}{y}\right)\vec{i} - \frac{3x}{y}\vec{j} + \left(\frac{3x}{y} - \frac{2y}{x}\right)\vec{k}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

Ответ: $\text{div} \vec{a}(M_0) = 5; \text{rot} \vec{a}(M_0) = -5\vec{i} - 5\vec{j} - \vec{k}$.

Вариант 20

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривой $\sqrt{x} + \sqrt{y} = \sqrt{a}$ и осями координат.

$$\text{Ответ: } C\left(\frac{a}{5}; \frac{a}{5}\right).$$

2. Найти статический момент относительно оси Ox однородной фигуры $x^2 + y^2 \leq 2y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } M_x = \pi.$$

3. Найти момент инерции относительно оси Ox одной арки однородной циклоиды $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases}$. Линейная плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } J_x = \frac{256}{15} a^3.$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x - y^2)\vec{i} + 2xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2 - x^2$ от $A(-1, 1)$ до $B(1, 1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ACBA$, составленному из дуги $\overset{\cup}{BA}$ параболы и прямых AC и CB , где $C(-1; 0)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

$$\text{Ответ: } W = -\frac{142}{15}; \text{Ц} = \frac{152}{15}; \text{П} = \frac{4}{3}.$$

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + z^2 = 1, y = 0, y = 1$, если плотность заряда $\lambda = -(x^2 + y^2 + z^2)$.

$$\text{Ответ: } q = -\frac{3}{2}\pi.$$

6. Найти массу полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{z}{R}$.

$$\text{Ответ: } m = \pi R^2.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \arctg \frac{x+y}{z} (\vec{i} + 2\vec{j} + \vec{k})$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1, 1, 1)$.

$$\text{Ответ: } \text{div} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{5}; \text{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{5} (5\vec{i} - 3\vec{j} + \vec{k}).$$

Вариант 21

1. Найти массу фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, если плотность массы $\delta = |y|$.

$$\text{Ответ: } m = \frac{4}{3}ab^2.$$

2. Найти электрический заряд, распределенный с поверхностной плотностью $\lambda = \sqrt{1-x^2-y^2}$ в области $x^2 + y^2 \leq 1$.

$$\text{Ответ: } q = \frac{3\pi - 4}{9}.$$

3. Найти статический момент относительно оси Ox циклоиды $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases}, 0 \leq t \leq 2\pi$, если линейная плотность массы $\delta = y$.

$$\text{Ответ: } M_x = \frac{512}{15}a^3.$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{y^2}{x}\vec{i} + \frac{x^2}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = \sqrt{x}$ от $A(1;1)$ до $B(4;2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA , где $C(1;2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

$$\text{Ответ: } W = 6,75, \text{ Ц} = 6,75 - \ln 2 - 4 \ln 4, \text{ П} = \frac{57}{5}.$$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z = 1 - \sqrt{x^2 + y^2}, z = 0$.

$$\text{Ответ: } C\left(0; 0; \frac{1}{4}\right).$$

6. Найти момент инерции относительно оси Oz , часть однородной поверхности $z = \frac{h}{a}\sqrt{x^2 + y^2}$, отсеченной плоскостью $z = h$.

$$\text{Ответ: } J_z = \frac{1}{2}\pi a^3 \sqrt{a^2 + h^2}.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля вектора \vec{a} в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$, если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k}, \vec{c} = 2\vec{i} + 3\vec{j} + \vec{k}$.

$$\text{Ответ: } \text{div} \vec{a}(M_0) = 6, \text{ rot} \vec{a}(M_0) = -4\vec{i} - 6\vec{j} - 8\vec{k}.$$

Вариант 22

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{x} + \sqrt{y} = \sqrt{a}$, $x = 0$, $y = 0$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \frac{a^3}{30}$.

2. Найти площадь фигуры $1 \leq x^2 + y^2 \leq 2x$.

Ответ: $S = \frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6}$.

3. Найти моменты инерции однородной окружности $x^2 + y^2 = r^2$ относительно осей координат. Масса окружности равна m .

Ответ: $J_x = J_y = \frac{1}{2}mr^2$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = xy\vec{i} + (y-x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $\begin{cases} x = t \\ y = (t+1)^2 \end{cases}$ от $A(-1;0)$ до $B(0,1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA , если $C(-1;2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = \frac{3}{4}$; $\mathcal{C} = -\frac{5}{12}$; $\Pi = \frac{14}{15}$.

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $2x + z = 4$, $x + z = 2$, $y = \sqrt{2x}$, если плотность $\delta = y$.

Ответ: $m = \frac{4}{3}$.

6. Найти координаты центра массы полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = x^2 + y^2$.

Ответ: $C\left(0, 0, \frac{3}{8}R\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \text{grad}\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ в произвольной точке и в точке $M_0(2,2,1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = \frac{2}{3}$; $\text{rot}\vec{a}(M_0) = 0$.

Вариант 23

1. Найти электрический заряд, распределенный в области, ограниченной кривыми $x=0, y=\pi, y=x$ с поверхностной плотностью $\lambda = \cos(x+y)$.

Ответ: $q = -2$.

2. Найти статический момент однородного круга $x^2 + y^2 \leq 2x$ относительно оси oy .

Ответ: $M_y = \pi$.

3. Вычислить массу участка винтовой линии $\begin{cases} x = a \cos t \\ y = a \sin t, 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2} \\ z = bt \end{cases}$, если линейная

плотность массы $\delta = xy$.

Ответ: $m = \frac{a^2}{2} \sqrt{a^2 + b^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (y-x)\vec{i} + xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = (x+1)^2$ от $A(-2;1)$ до $B(0;1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA , если $C(0;3)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

Ответ: $W = \frac{52}{15}; \text{Ц} = -\frac{8}{5}; \text{П} = \frac{22}{3}$.

5. Найти центр массы однородного конуса, ограниченного поверхностями $z = \frac{h}{R} \sqrt{x^2 + y^2}, z = h$.

Ответ: $C = \left(0, 0, \frac{3}{4}h\right)$.

6. Вычислить момент инерции относительно оси Oz части однородной поверхности сферы $x^2 + y^2 + z^2 = R^2, x \geq 0, z \geq 0, y \geq 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{\pi R^4}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \vec{i} \sin(y^2 + 3x^2) - \vec{j} \sin(y^2 + 3x^2) + \vec{k} \sin(3x^2 - 2y^2)$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0\left(\sqrt{\frac{\pi}{3}}; -\sqrt{\frac{\pi}{3}}; 0\right)$.

Ответ: $\text{div} \vec{a}(M_0) = -4\sqrt{\frac{\pi}{3}}; \text{rot} \vec{a}(M_0) = \sqrt{\frac{\pi}{3}}(2\vec{i} - 3\vec{j} + 2\vec{k})$.

Вариант 24

1. Найти массу, распределенную в области, ограниченной линиями $y=1, y=2, x=0, y=e^x$ с поверхностной плотностью $\delta = e^x$.

Ответ: $m = \frac{1}{2}$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной одним лепестком лемнискаты $\rho = a\sqrt{\cos 2\varphi}, -\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$.

Ответ: $J_0 = \frac{\pi a^4}{4}$.

3. Найти координаты центра массы однородной циклоиды $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases}, 0 \leq t \leq 2\pi$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\pi a, \frac{4}{3}a\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + x + y)\vec{i} + (xy + x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $x = \sqrt{y}$ от $O(0,0)$ до $A(2,4)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги OA параболы и прямых AC и CO , если $C(0,2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OA}$ в сторону выпуклости дуги.

Ответ: $W = 18,8; \Pi = 22,8; \Omega = \frac{52}{15}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6$, если плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти координаты центра массы части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$ при $z \leq 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(0, 0, \frac{6\sqrt{3}+1}{5(3\sqrt{3}-1)}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля \vec{a} , если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k}, \vec{c} = \vec{i} - \vec{j} + 2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, -1, 1)$.

Ответ: $\operatorname{div}\vec{a}(M_0) = -2, \operatorname{rot}\vec{a}(M_0) = 2\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k}$.

Вариант 25

1. Найти статический момент относительно оси Ox массы, распределенной с плотностью $\delta = \frac{1}{x}$ в области, ограниченной линиями $y = x, y = 2x, x = 1, x = 2$.

Ответ: $M_x = 2,25$.

2. Вычислить момент инерции однородного круга радиуса R массы m относительно начала координат.

Ответ: $J_0 = \frac{1}{2}mR^2$.

3. Вычислить массу участка кривой $y = 0,5x^2, 0 \leq x \leq 1$, если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{2y}$.

Ответ: $m = \frac{1}{3}(2\sqrt{2} - 1)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^3 - y)\vec{i} + (y^3 + x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = R \cos t, y = R \sin t$ от $A(R, 0)$ до $B(0, R)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых AC и CB , где $C(2R, R)$. Найти поток вектора R через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = \frac{\pi R^2}{2}$; $\Pi = R^2(3 - \frac{\pi}{2})$; $\Pi = \frac{3\pi R^4}{8}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, y + x = 6, y = 0$, если плотность заряда $\lambda = z$.

Ответ: $q = 54$.

6. Найти координаты центра массы части однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, вырезанной плоскостями $x = 0, y = 0, x + y = R, (x \geq 0, y \geq 0, x + y \leq R)$.

Ответ: $C\left(\frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R}{\pi(\sqrt{2}-1)}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(\vec{i} - 2\vec{j} + 2\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, 1, 1)$.

Ответ: $\operatorname{div} \vec{a}(M_0) = \frac{\sqrt{3}}{3}$, $\operatorname{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{\sqrt{3}}(4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k})$.

Вариант 26

1. Найти момент инерции относительно оси Ox однородной полукруглой пластинки $0 \leq y \leq \sqrt{R^2 - x^2}$. Поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } J_{Ox} = \frac{\pi R^4}{8}.$$

2. Найти координаты центра массы плоской однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = a(1 + \cos \varphi)$.

$$\text{Ответ: } C\left(\frac{5a}{6}; 0\right).$$

3. Найти статический момент относительно оси Ox однородной дуги астроида $\begin{cases} x = a \cos^3 t \\ y = a \sin^3 t \end{cases}, 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

$$\text{Ответ: } M_x = \frac{3a^2}{5}.$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = y^2 \ln x \vec{i} + xy \vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \frac{1}{x}$ от $A(1; 1)$ до $B\left(2; \frac{1}{2}\right)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ гиперболы и прямых AC и CB , если $C\left(1; -\frac{1}{2}\right)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

$$\text{Ответ: } W = -\frac{\ln 2}{2}; \text{Ц} = \frac{2}{3} \ln 2 - \frac{170}{72}; \text{П} = \frac{-3 \ln 2 + 79}{72}.$$

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \frac{1}{2}x^2$, $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$, $3x + 2y = 12$, если плотность заряда $\lambda = x$.

$$\text{Ответ: } q = \frac{192}{5}.$$

6. Найти площадь части цилиндрической поверхности $z = \sqrt{a^2 - x^2}$, заключенной между плоскостями $y = x$ и $y = 0$.

$$\text{Ответ: } S = 2a^2.$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля:

$$\vec{a} = y^2 \vec{i} - x^2 \vec{j} + z^2 \vec{k} \text{ в точках } M(x, y, z) \text{ и } M_0(2, 3, 1).$$

$$\text{Ответ: } \operatorname{div} \vec{a}(M_0) = 0; \operatorname{rot} \vec{a}(M_0) = -10 \vec{k}.$$

Вариант 27

1. Найти координаты центра масс однородной плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9-x^2}$, $y = 0$.

Ответ: $C\left(0; \frac{8}{3\pi}\right)$.

2. Найти массу, распределенную в области $2x \leq x^2 + y^2 \leq 4x$, $\frac{x}{\sqrt{3}} \leq y \leq x\sqrt{3}$, с поверхностной плотностью $\delta = \arctg \frac{y}{x}$.

Ответ: $m = \frac{\pi^2 + \pi\sqrt{3} - 6}{8}$.

3. Найти статический момент относительно оси Oy однородной дуги астроида $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1, 0 \leq x \leq 1$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_y = \frac{3}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x^2 y \vec{i} - xy^2 \vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2\cos t$, $y = 2\sin t$ от $A(-2,0)$ до $B(0,-2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA , где $C(-2,2)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = -2\pi$; $\Gamma = -\frac{6\pi + 8}{3}$; $\Pi = -2$.

5. Найти электрический заряд части шара $x^2 + y^2 + z^2 \leq R^2$, расположенной в первом октанте ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$), если плотность заряда $\lambda = -z$.

Ответ: $q = -\frac{\pi R^4}{16}$.

6. Найти момент инерции относительно оси Oz части однородной поверхности $x^2 + y^2 = 2az$, $0 \leq z \leq a$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4\pi(6\sqrt{3} + 1)}{15} a^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \arctg(x - y + z)(\vec{i} - 3\vec{j} - 2\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $\operatorname{div} \vec{a}(M_0) = \frac{1}{2}$, $\operatorname{rot} \vec{a}(M_0) = \frac{5}{2} \vec{i} - \frac{3}{2} \vec{j} - \vec{k}$.

Вариант 28

1. Найти массу, распределенную с поверхностной плотностью $\delta = x^2 + y$ в области, ограниченной кривыми $y = x^2, y^2 = x$.

Ответ: $m = \frac{33}{140}$.

2. Найти момент инерции относительно оси Oy однородного круга $x^2 + y^2 \leq 2x$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{5}{4}\pi$.

3. Найти статический момент относительно оси ox однородной дуги астроида $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1$, расположенной в первой четверти ($0 \leq x \leq 1, y \geq 0$), если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \frac{3}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (y^2 - x)\vec{i} + (x^2 - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = \cos t, y = \sin t$ от $A(1,0)$ до $B(0,1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA , если $C(0;-1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0; \Omega = \frac{2}{3}; \Pi = \frac{4 - 3\pi}{6}$.

5. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной поверхностями $x + y + z = 1, x = 0, y = 0, z = 0$.

Ответ: $C\left(\frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4}\right)$.

6. Найти электрический заряд части плоскости $x + y + z = a$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = a^2$, если плотность заряда $\lambda = z^2$.

Ответ: $q = \frac{3\sqrt{3}}{2}\pi a^4$.

8. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = xyz(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, 2, 3)$.

Ответ: $\operatorname{div}\vec{a}(M_0) = 36, \operatorname{rot}\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}$.

Вариант 29

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $x = 1, \sqrt{y} = x, y = -\sqrt[3]{x}$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = xy - (xy)^3$.

Ответ: $q = -\frac{5}{64}$.

2. Найти электрический заряд, распределенный в области $x^2 + y^2 \leq 2x$ с поверхностной плотностью $\lambda = \sqrt{4 - x^2 - y^2}$.

Ответ: $q = \frac{8}{9}(3\pi - 4)$.

3. Найти координаты центра масс дуги окружности $\begin{cases} x = a \cos t \\ y = a \sin t \end{cases}, 0 \leq t \leq \frac{\pi}$, если линейная плотность массы $\delta = xy$.

Ответ: $C\left(\frac{2a}{3}; \frac{2a}{3}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = xy^2\vec{i} + 2x^2y\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = -\sqrt{x}$ от $O(0;0)$ до $B(1;-1)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BC и CO , если $C(1;1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{2}{3}; \text{Ц} = -\frac{1}{12}; \text{П} = -\frac{13}{35}$.

5. Найти ординату центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z = \frac{1}{2}y^2, x = 0, y = 0, z = 0, 2x + 3y = 12$.

Ответ: $y_0 = \frac{12}{5}$.

6. Найти массу части плоскости $2x + 2y + z - 4 = 0$, расположенной в первом октанте ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$), если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m = \frac{8}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = xy\vec{i} - yz\vec{j} + yz\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(2,1,1)$.

Ответ: $\text{div}\vec{a}(M_0) = 1, \text{rot}\vec{a}(M_0) = 2\vec{i} - 2\vec{k}$.

Вариант 30

1. Найти моменты инерции относительно осей координат фигуры, ограниченной линиями $y = 2x - x^2, y = x^2$, если поверхностная плотность массы в каждой точке фигуры равна ординате точки.

$$\text{Ответ: } J_x = \frac{31}{420}, J_y = \frac{1}{15}.$$

2. Найти объем цилиндрического тела, ограниченного плоскостями $z = 0, z = 3, x + y = 0$ и цилиндрической поверхностью $x = \sqrt{-4y - y^2}$.

$$\text{Ответ: } V = 3\pi - 6.$$

3. Найти электрический заряд, распределенный по кривой $\begin{cases} x = a(\cos t + t \sin t) \\ y = a(\sin t + t \cos t) \end{cases}, 0 \leq t \leq 2\pi$ с линейной плотностью $\lambda = -(x^2 + y^2)$.

$$\text{Ответ: } q = -2\pi^2 a^3 (1 + 2\pi^2).$$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при движении точки ($m = 1$) по параболе $y = 2\sqrt{x}$ от $O(0,0)$ до $A(1,2)$. Найти циркуляцию вектора \vec{F} по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OA}$ параболы и прямых AC и CO , где $C(1, -1)$. Найти поток вектора \vec{F} через дугу $\overset{\cup}{OA}$.

$$\text{Ответ: } W = \frac{52}{15}; \text{Ц} = \frac{29}{30}; \text{П} = -\frac{19}{6}.$$

5. Найти центр массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}, z = 0$.

$$\text{Ответ: } C\left(0, 0, \frac{3}{8}\right).$$

6. Найти площадь части гиперболического параболоида $az = xy$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = R^2$.

$$\text{Ответ: } S = \frac{2\pi}{3a} (\sqrt{(a^2 + R^2)^3} - a^3).$$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = 2x^2 y \vec{i} - yz^2 \vec{j} + \frac{x}{y} \vec{k}$ в произвольной точке и в точке $M_0(-1, 1, 2)$.

$$\text{Ответ: } \text{div} \vec{a}(M_0) = -8, \text{rot} \vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2-х ч. Ч. 2: учебное пособие для вузов. – 6-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2003. – 416 с.:ил.

Исрапилов Р. Б., Баутин С. П. Курс математики. Часть 3. Математический анализ функций нескольких переменных. – Екатеринбург: УГГГА, 1996.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. -13-е изд.- М.: Айрис-пресс, 2015.- 608 с.: ил.- (Высшее образование).



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

**Д. В. Исламгалиев
Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова**

**МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ.
СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ
АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ**

*Методические указания
и варианты контрольных и
самостоятельных работ*
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург

2019

П

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 28.05.2019 г. (протокол № 141) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Исламгалиев Д. В., Петровских Г. В., Пяткова В. Б.,

П МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ: методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ по разделу дисциплины «Математика» для студентов всех специальностей очного обучения»

– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – с.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам всех специальностей для изучения темы: «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений».

© Исламгалиев Д. А., Петровских Г.В., Пяткова В.Б., 2019

© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. МАТРИЦЫ | 5 |
| 1.1. Действия над матрицами | 6 |
| 1.2. Определители | 8 |
| 1.3. Обратная матрица | 11 |
| 2.4. Ранг матрицы | 12 |
| 2. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ) | 13 |
| 2.1. Методы решений определенной неоднородной СЛАУ | 16 |
| 2.2. Метод решения неопределенных неоднородных СЛАУ | 23 |
| 2.3. Методы решений определенной однородной СЛАУ | 25 |
| 2.4. Методы решений неопределенной однородной СЛАУ | 27 |
| 3. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ | 29 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 59 |

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» могут быть использованы как для проведения контрольных работ, так и для самостоятельной работы студентов. Они удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов всех специальностей.

В методических указаниях представлены основные теоретические сведения и разобраны примеры решения задач по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» для студентов всех специальностей. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ.

После изучения теории и решений типовых задач студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ.

МАТРИЦЫ

Матрица – это прямоугольная таблица чисел, расположенных в m строках и n столбцах. Матрицы обозначаются большими латинскими буквами: A , B , C и т.д.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (1.1)$$

Числа ,входящие в таблицу называются ее элементами и обозначаются символом a_{ij} , где первый индекс i определяет номер строки, второй индекс j – номер столбца. Выражение $m \times n$ и называют размерностью матриц.

Например, матрица A имеет размерность 2×3 :

$$A = \begin{pmatrix} -4 & 8 \\ 5 & 9 \\ -1 & 3 \end{pmatrix},$$

а матрица B имеет размерность 3×2 :

$$B = \begin{pmatrix} 4 & 5 & -3 \\ 7 & 5 & -1 \end{pmatrix}.$$

Если в матрице число строк совпадает с числом столбцов, то матрица называется квадратной. Понятие размерности матрицы для квадратной матрицы заменяют понятием порядок матрицы. Порядок квадратной матрицы равен числу строк или столбцов этой матрицы.

Для квадратной матрицы вводятся понятия главной и побочной диагоналей. Главная диагональ состоит из элементов a_{ij} с одинаковыми индексами, побочная диагональ состоит из элементов a_{ij} сумма индексов которых равна $n+1$. Если элементы квадратной матрицы, стоящей на главной диагонали, равны единице, а все остальные равны нулю, то матрица называется единичной и обозначается

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

1.1. ДЕЙСТВИЯ НАД МАТРИЦАМИ

Сложение матриц

Операция сложения вводится только для матриц, имеющих одинаковые размерности. Суммой двух матриц называют такую матрицу, у которой каждый элемент равен сумме соответствующих элементов исходных матриц.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \pm b_{11} & a_{12} \pm b_{12} & a_{13} \pm b_{13} \\ a_{21} \pm b_{21} & a_{22} \pm b_{22} & a_{23} \pm b_{23} \end{pmatrix} \quad (1.2)$$

Пример 1.1. Даны матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 2 & 1 \\ 6 & -2 \end{pmatrix} \text{ и } B = \begin{pmatrix} 7 & 3 \\ 4 & -5 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Найти $A + B$; $B - A$.

$$\text{Решение: } A + B = \begin{pmatrix} 10 & 7 \\ 6 & -4 \\ 6 & -3 \end{pmatrix}; \quad B - A = \begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 2 & -6 \\ -6 & 1 \end{pmatrix}.$$

Умножение матрицы на число

Для того чтобы умножить матрицу на число следует каждый элемент матрицы умножить на это число.

$$\lambda \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda a_{11} & \lambda a_{12} \\ \lambda a_{21} & \lambda a_{22} \end{pmatrix} \quad (1.3)$$

Пример 1.2. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 4 & 5 & -3 \\ 7 & 5 & -1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $-3A \cdot A \cdot B$

Решение:

$$-3 \cdot A = -3 \cdot \begin{pmatrix} 4 & 5 & -3 \\ 7 & 5 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -12 & -15 & 9 \\ -21 & -15 & 3 \end{pmatrix}.$$

Умножение матриц

Произведение двух матриц определяется тогда, когда количество столбцов первой матрицы совпадает с количеством строк второй матрицы. Элемент c_{ij} матрицы произведения, стоящий на пересечении i -той строки и j -того столбца равен сумме произведений элементов i -той строки первой матрицы на элементы j -того столбца второй матрицы, т.е. по формуле $c_{ij} = \sum_k a_{ik} \cdot b_{kj}$.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \cdot b_{11} + a_{12} \cdot b_{21} & a_{11} \cdot b_{12} + a_{12} \cdot b_{22} \\ a_{21} \cdot b_{11} + a_{22} \cdot b_{21} & a_{21} \cdot b_{12} + a_{22} \cdot b_{22} \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

Пример 1.3. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}$. Найти произведение матриц: $A \cdot B$ и $B \cdot A$.

Решение:

$$A \cdot B = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \cdot 3 + 5 \cdot (-1) + 1 \cdot 7 & 4 \cdot 0 + 5 \cdot 2 + 1 \cdot 1 \\ 3 \cdot 3 + 2 \cdot (-1) + (-1) \cdot 7 & 3 \cdot 0 + 2 \cdot 2 + (-1) \cdot 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & 11 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

$$B \cdot A = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 4 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 4 + 0 \cdot 3 & 3 \cdot 5 + 0 \cdot 2 & 3 \cdot 1 + 0 \cdot (-1) \\ -1 \cdot 4 + 2 \cdot 3 & -1 \cdot 5 + 2 \cdot 2 & -1 \cdot 1 + 2 \cdot (-1) \\ 7 \cdot 4 + 1 \cdot 3 & 7 \cdot 5 + 1 \cdot 2 & 7 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & 15 & 3 \\ 2 & -1 & -3 \\ 31 & 37 & 6 \end{pmatrix}$$

Отметим, что произведение матриц некоммутативное, т.е. $A \cdot B \neq B \cdot A$.

Транспонирование матрицы

Транспонированной к матрице A называется матрица, полученная из матрицы A путем замены строки на столбец с такими же индексами. Транспонированная матрица обозначается A^T .

Если
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}, \text{ то } A^T = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \\ a_{13} & a_{23} \end{pmatrix} \quad (1.5)$$

Пример 1.4. Найти транспонированную матрицу, к матрице $A = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}$.

Решение:

$$A^T = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 7 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.2. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ

Определитель – это числовая характеристика квадратной матрицы. Определители в литературе обозначаются $\det A$, ΔA , $|A|$.

Определитель первого порядка

Определителем матрицы первого порядка, составленной из числа a_{11} , называется само число a_{11}

$$\det A = a_{11} \quad (1.6)$$

Определитель второго порядка

Определителем матрицы второго порядка, составленной из чисел $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$, называется число, определяемое равенством

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \quad (1.7)$$

Числа $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ называются элементами определителя, причем элементы a_{11}, a_{22} образуют главную диагональ, а элементы a_{12}, a_{21} – побочную диагональ. Таким образом, определитель второго порядка равен произведению элементов главной диагонали минус произведение элементов побочной диагонали.

Пример 1.5. Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-2) - 3 \cdot 4 = -14$$

Пример 1.6. Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = -5 \cdot 1 - (-3) \cdot 4 = 7.$$

Определитель третьего порядка

Рассмотрим определитель третьего порядка:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Минором M_{ij} элемента a_{ij} называется определитель, который получается вычеркиванием из данного определителя i -той строки и j -того столбца.

Алгебраическое дополнение A_{ij} элемента a_{ij} определяется по формуле

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ij},$$

где M_{ij} – минор для элемента со строкой i и столбцом j .

Определителем третьего порядка, составленным из чисел $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$, называется число:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \sum_{k=1}^3 a_{ik} \cdot A_{ik}; \det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \sum_{k=1}^3 a_{kj} \cdot A_{kj} \quad (1.8)$$

для фиксированного значения i -той строки или j -того столбца.

Такие равенства называют разложением определителя по элементам строки или столбца.

Тогда разложение определителя третьего порядка по первой строке примет вид:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} \cdot a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} \cdot a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + \\ + (-1)^{1+3} \cdot a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}, \quad (1.9)$$

а разложение по второму столбцу принимает вид:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (-1)^{1+2} \cdot a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{2+2} \cdot a_{22} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + \\ + (-1)^{3+2} \cdot a_{32} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}. \quad (1.10)$$

Пример 1.7. Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$.

а) разложением по элементам первой строки;

б) разложением по элементам третьего столбца

Решение:

$$a) \det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} \cdot 1 \begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} \cdot 2 \begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+3} \cdot 3 \begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix} = \\ = 1(5 \cdot 9 - 6 \cdot 8) - 2(4 \cdot 9 - 6 \cdot 7) + 3(4 \cdot 8 - 5 \cdot 7) = 0$$

$$\begin{aligned}
 б) \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} &= (-1)^{1+3} \cdot 3 \begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix} + (-1)^{2+3} \cdot 6 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 7 & 8 \end{vmatrix} + (-1)^{3+3} \cdot 9 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} = \\
 &= 3 \cdot (4 \cdot 8 - 5 \cdot 7) - 6 \cdot (1 \cdot 8 - 2 \cdot 7) + 9(1 \cdot 5 - 2 \cdot 4) = \\
 &= 3 \cdot (-3) - 6(-6) + 9 \cdot (-3) = 0
 \end{aligned}$$

Пример 1.8. Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 2 & 1 & 5 \\ 2 & 7 & 0 \\ 3 & -1 & 0 \end{vmatrix}$.

Решение: Так как наибольшее количество нулей в третьем столбце, то воспользуемся разложением по третьему столбцу (при этом второе и третье слагаемые будут равны нулю):

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & 1 & 5 \\ 2 & 7 & 0 \\ 3 & -1 & 0 \end{vmatrix} = (-1)^{1+3} \cdot 5 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 7 \\ 3 & -1 \end{vmatrix} + 0 + 0 = 5(-2 - 21) = -115.$$

1.3. ОБРАТНАЯ МАТРИЦА

Рассмотрим квадратную матрицу A порядка n . Если существует квадратная матрица B такая, что $AB = BA = E$, то матрица B называется обратной к матрице A и обозначается A^{-1} . Обратную матрицу A^{-1} можно найти по формуле:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \left(A^* \right)^T \quad (\det A \neq 0), \quad (1.11)$$

где A^* – матрица алгебраических дополнений A_{ij} :

$$A^* = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{pmatrix}, \quad A_{ij} = (-1)^{i+j} \cdot M_{ij}$$

M_{ij} – миноры для элементов a_{ij} со строкой i и столбцом j .

После нахождения обратной матрицы можно воспользоваться проверкой,

$$A \cdot A^{-1} = E, \quad \text{т.е.} \quad (1.12)$$

должна получиться единичная матрица E.

Пример 1.9. Найти обратную матрицу для матрицы $A = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix}$.

Решение:

1) Найдем определитель матрицы

$$\det A = \begin{vmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{vmatrix} = 4$$

2) Найдем алгебраические дополнения:

$$\begin{aligned} A_{11} &= (-1)^{1+1} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 0 \end{vmatrix} = -6 & A_{21} &= (-1)^{2+1} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 2 & 0 \end{vmatrix} = 8 & A_{31} &= (-1)^{3+1} \cdot \begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 3 \end{vmatrix} = -4 \\ A_{12} &= (-1)^{1+2} \cdot \begin{vmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 0 \end{vmatrix} = -9 & A_{22} &= (-1)^{2+2} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 0 \end{vmatrix} = 12 & A_{32} &= (-1)^{3+2} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 3 \end{vmatrix} = -4 \\ A_{13} &= (-1)^{1+3} \cdot \begin{vmatrix} -1 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix} = 10 & A_{23} &= (-1)^{2+3} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix} = -12 & A_{33} &= (-1)^{3+3} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 4 \end{vmatrix} = 4 \end{aligned}$$

$$A^* = \begin{pmatrix} -6 & -9 & 10 \\ 8 & 12 & -12 \\ -4 & -4 & 4 \end{pmatrix}, \quad (A^*)^T = \begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix},$$

$$A^{-1} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix}$$

Проверка:

$$A \cdot A^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.4. РАНГ МАТРИЦЫ

Рассмотрим матрицу размерности $m \times n$:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Рангом матрицы $\text{rang}(A)$ называют наибольший из порядков миноров данной матрицы, отличных от нуля.

Пример 1.10. Найти ранг матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$.

Решение:

Для большего понимания миноры будем обозначать M_k , где k – количество строк и столбцов для выбранного минора.

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} = 1 \cdot 5 - 2 \cdot 4 = -3, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 2$$

$$\begin{aligned} M_3 &= \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} 1 \begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} 2 \begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix} + (-1)^{1+3} 3 \begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix} = \\ &= 1(5 \cdot 9 - 6 \cdot 8) - 2(4 \cdot 9 - 6 \cdot 7) + 3(4 \cdot 8 - 5 \cdot 7) = 0 \end{aligned}$$

Так как больше нет M_3 , то $\text{rang}(A) = 2$.

1. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ)

Системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащей m уравнений и n неизвестных, называется система вида

Теорема 2.1: СЛАУ совместна тогда и только тогда, когда ранг расширенной матрицы равен рангу основной матрицы.

Пример 2.1. Дана расширенная матрица СЛАУ: $\bar{A} = \left(\begin{array}{cc|c} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 5 \end{array} \right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли соответствующая СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1.$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(A) = 1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} = -1, \text{ то } \text{rang}(\bar{A}) = 2.$$

Так как $\text{rang}(\bar{A}) = 2$ и $\text{rang}(A) = 1$, то СЛАУ несовместна и не имеет решения.

Пример 2.2. Дана расширенная матрица СЛАУ: $\bar{A} = \left(\begin{array}{cc|c} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 6 \end{array} \right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1.$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(A) = 1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 6 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(\bar{A}) = 1.$$

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \det A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & \dots & a_{1n} \\ a_{12} & b_2 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \det A_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & b_n \end{vmatrix}$$

3) Найти решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A}, x_2 = \frac{\det A_2}{\det A}, \dots, x_n = \frac{\det A_n}{\det A}.$$

Пример 2.3. Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0.$$

Система имеет единственное решение.

2) Найдем определители $\det A_1$, $\det A_2$:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} -4 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -1, \det A_2 = \begin{vmatrix} 2 & -4 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -2.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{-1}{-1} = 1; x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-2}{-1} = 2.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}.$

Пример 2.4. Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений совместна и определённа.

2) Для нахождения её решения используем формулы Крамера:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 11 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 24, \det A_2 = \begin{vmatrix} 3 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 11 & 3 \end{vmatrix} = -24, \det A_3 = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 11 \end{vmatrix} = 36.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{24}{12} = 2, \quad x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-24}{12} = -2, \quad x_3 = \frac{\det A_3}{\det A} = \frac{36}{12} = 3.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$

Матричный метод (метод обратной матрицы)

1) Найти определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Найдем обратную матрицу A^{-1} .

3) Решение находится в виде

$$X = A^{-1}B.$$

Пример 2.5. Решить СЛАУ, используя матричный метод :

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{-1} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

Пример 2.6. Решить СЛАУ, используя матричный метод:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений является совместной и определенной.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} 8 & -4 & -4 \\ -5 & 7 & 1 \\ -1 & -1 & 5 \end{pmatrix}^T = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \frac{1}{12} \begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$

Метод Гаусса

1) Найти определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Запишем СЛАУ в расширенном матричном виде:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & b_n \end{array} \right) \sim .$$

3) Преобразуем вторую, третью и т.д. строки, чтобы получить нули вместо

a_{21}, a_{31}, a_{n1} , то есть по формуле $\bar{a}_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{ij}}{a_{1j}} a_{1j}$ и $\bar{b}_j = b_j - \frac{b_j}{a_{1j}} a_{1j}$:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \bar{a}_{n2} & \dots & \bar{a}_{nn} & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim.$$

4) Продолжая данные преобразования, получим со второй, третьей и т.д. строками, получим

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \bar{a}_{nn} & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim.$$

5) После чего можно найти x_n , т.е. требуется разделить последнюю строку на \bar{a}_{nn} , тогда

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim.$$

6) Тогда преобразуя элементы a_{ij} , если $i \neq j$, и преобразуя a_{ii} в единицы, получим решение СЛАУ:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & \dots & 0 & \bar{b}_1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & \bar{b}_n \end{array} \right).$$

Пример 2.7. Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & | & -4 \\ -1 & 1 & | & 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} -1 & 1 & | & 1 \\ 2 & -3 & | & -4 \end{pmatrix} \stackrel{1c \cdot (-1)}{\sim} \begin{pmatrix} 1 & -1 & | & -1 \\ 2 & -3 & | & -4 \end{pmatrix} \stackrel{2c - 2 \cdot 1c}{\sim} \begin{pmatrix} 1 & -1 & | & -1 \\ 0 & -1 & | & -2 \end{pmatrix} \stackrel{2c \cdot (-1)}{\sim} \\ \sim \begin{pmatrix} 1 & -1 & | & -1 \\ 0 & 1 & | & 2 \end{pmatrix} \stackrel{1c + 2c}{\sim} \begin{pmatrix} 1 & 0 & | & 1 \\ 0 & 1 & | & 2 \end{pmatrix}$$

или

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & | & -4 \\ -1 & 1 & | & 1 \end{pmatrix} \stackrel{1c + 3 \cdot 2c}{\sim} \begin{pmatrix} -1 & 0 & | & -1 \\ -1 & 1 & | & 1 \end{pmatrix} \stackrel{1c \cdot (-1)}{\sim} \begin{pmatrix} 1 & 0 & | & 1 \\ -1 & 1 & | & 1 \end{pmatrix} \stackrel{2c + 1c}{\sim} \begin{pmatrix} 1 & 0 & | & 1 \\ 0 & 1 & | & 2 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}.$

Пример 2.8. Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

1) Найдем ранг основной матрицы для неоднородной СЛАУ.

2) Найдем ранг расширенной матрицы для неоднородной СЛАУ. Проверим СЛАУ на совместность и на неопределенность. Будем обозначать найденные миноры n -ого порядка расширенной матрицы \tilde{M}_n .

3) Если СЛАУ совместно и неопределенно решим СЛАУ, например, методом Гаусса.

Решение неопределенных неоднородных СЛАУ называют общим решением.

Пример 2.9. Дано СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 4 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -3 \\ 1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array} \right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 1, \text{ то } \text{rang}(A) = 2.$$

2) Так как строк в основной и расширенной матриц две, то и ранг расширенной матрицы $\text{rang}(\bar{A}) = 2$. СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\text{rang}(\bar{A}) = 2$, требуется две строки (два уравнения):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array} \right) \sim_{x_3 = a} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a & 1+3a \\ 1 & 2 & 4+a & 4+a \end{array} \right) \sim \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a & 1+3a \\ 0 & 1 & 3-2a & 3-2a \end{array} \right) \sim \left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & -2+5a \\ 0 & 1 & 3-2a \end{array} \right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2+5a \\ 3-2a \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix} a, \quad a \in R.$$

Пример 2.10. Дано СЛАУ
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 2 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 4 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$$
. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 4 \\ 3 & 3 & 3 & 6 \end{array} \right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(A) = 1.$$

2) Найдем ранг расширенной матрицы:

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(\bar{A}) = 1.$$

СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\text{rang}(\bar{A}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 2 \end{array} \right) \sim \begin{cases} x_1 = a \\ x_2 = b \end{cases} \sim \left(\begin{array}{c|c} 1 & 2 - a - b \end{array} \right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ 2 - a - b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b; \quad a, b \in R.$$

2.3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая m уравнений и n неизвестных:

Пример 2.12. Дана СЛАУ
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 0 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 0 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 0 \end{cases}$$
. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 0 \\ 3 & 3 & 3 & 0 \end{array} \right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \text{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \text{rang}(A) = 1 \text{ и } \text{rang}(\bar{A}) = 1.$$

СЛАУ неопределенна.

2) Найдем фундаментальную систему для однородной СЛАУ. Так как $\text{rang}(\bar{A}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$(1 \ 1 \ 1|0) \sim \begin{cases} x_1 = a \\ x_2 = b \end{cases} \sim (1|-a-b).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ -a-b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b; a, b \in R.$$

Классификация систем линейных алгебраических уравнений.

| СЛАУ | | | | |
|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| ОДНОРОДНАЯ СЛАУ | | НЕОДНОДНАЯ СЛАУ | | |
| СОВМЕШТАЯ СЛАУ | | СОВМЕШТАЯ СЛАУ | | НЕСОВМЕШТАЯ СЛАУ |
| ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ | НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ | ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ | НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ | _____ |
| ТРИВИАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ | ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА | ЕДИНСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ | ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ | НЕТ РЕШЕНИЯ |

2. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 3 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = (A + 3A^T) \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & 4 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 3 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ -3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 - 4x_2 - 3x_3 = -1 \\ x_1 + 5x_2 + x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 2x_3 + 2x_5 = 6 \\ x_2 + x_3 - 2x_4 + x_5 = 3 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 - x_5 = 5 \\ 4x_1 + x_2 + 4x_3 - 2x_4 - 10x_5 = 14 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 2

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 - 3A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 6 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & -6 \\ 3 & 16 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 5 & 2 \\ 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 4 & 1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 - x_2 - 2x_3 = 9 \\ 5x_1 + 8x_2 - x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 3x_4 - x_5 = -1 \\ x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 6x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 3

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 2 & 2 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A \cdot A^T - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -1 & 3 & 4 \\ 2 & 0 & 4 & 0 \\ 5 & 3 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + x_3 = 21 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = -16 \\ 3x_1 - 5x_2 - 6x_3 = -41 \end{cases}$

- а) матричным методом;
- б) методом Крамера;
- в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 4 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 6 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 6 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 14 \end{cases}$

- а) проверить, является ли система уравнений совместной;
- б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;
- в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 4

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 0 \\ 3 & 1 & 1 & 1 \\ -4 & 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 2x_2 + 13x_3 = 2 \\ 3x_1 - x_2 + 5x_3 = 0 \end{cases}$

- а) матричным методом;
- б) методом Крамера;
- в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = 1 \\ 4x_1 - 10x_2 + 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 1 \\ 2x_1 - 14x_2 + 7x_3 - 7x_4 + 11x_5 = -1 \end{cases}$

- а) проверить, является ли система уравнений совместной;
- б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;
- в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 5

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $X = A^T \cdot A - 4B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 4 & -6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 8 & 4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -3 & 2 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & 3 \\ -1 & -1 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = -2 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 = 1 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 - 2x_4 + 4x_5 = 1 \\ 13x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 9 \\ 5x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 - x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 6

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A^T \cdot A + 5E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -6 & 4 \\ -10 & 8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 5 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 4 \\ 3x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 + 7x_2 - x_3 = 8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 6x_4 + 9x_5 = 2 \\ x_2 - 2x_3 + 2x_4 + 3x_5 = -7 \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 6x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 7

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 4 \\ -1 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & -5 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 4 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$

Найти матрицу $C = (2A^T - B) \cdot A$

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 2 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 5 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 8x_1 + 3x_2 - 6x_3 = 2 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 - x_5 = -1 \\ 5x_1 - 5x_2 + 12x_3 + 11x_4 - 4x_5 = -4 \\ x_1 - 3x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 3x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 8

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & -2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = B - 3A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 5 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & -2 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 5 & 6 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 = 20 \\ 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 5x_5 = -7 \\ 6x_1 + 2x_2 + 2x_3 - x_4 = -2 \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 - 3x_5 = -5 \\ 11x_1 + 3x_2 + 3x_3 + x_4 - x_5 = -5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 9

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 0 \\ 1 & -2 & 5 \\ 6 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & 2 & 1 \\ -3 & -4 & 0 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = B \cdot (A^T + 2A)$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 5 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 14 \\ 5 & 2 & 22 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -4 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & -4 & 0 \\ 3 & 5 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 8 \\ 2x_1 + 5x_2 - 3x_3 = 11 \\ 5x_1 + 6x_2 - 2x_3 = 13 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 - x_5 = -2 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 = 1 \\ 4x_1 - 2x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 4x_5 = 7 \\ 2x_1 - 4x_2 - 2x_3 + 4x_4 - 7x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 10

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 \\ 5 & 0 & 7 \\ -1 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 + 2A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & 11 & 2 \\ 7 & -6 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 5 \\ 5 & 4 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 1 \\ 5x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 2 \\ 3x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 5x_4 - 7x_5 = 2 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 - x_5 = 4 \\ 2x_1 - x_2 + 7x_3 - 3x_4 + 5x_5 = 6 \\ 3x_1 - 2x_2 + 7x_3 - 5x_4 + 8x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 11

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -5 & 4 & 1 \\ 0 & 7 & 2 \\ -2 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 3E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 2 \\ -5 & -4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -7 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \\ 5 & 0 & 2 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + 3x_3 = 2 \\ 5x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 + 6x_2 + 5x_3 - 4x_4 + 3x_5 = 5 \\ x_1 + 2x_2 + 7x_3 - 4x_4 + x_5 = 11 \\ 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 3x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 12

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -3 \\ 0 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = A^T \cdot A - 2B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 & 2 \\ 8 & -7 \\ -8 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 1 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & -2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 + 5x_3 = 4 \\ 3x_1 + 5x_2 - 3x_3 = -1 \\ 2x_1 + 4x_2 - 3x_3 = -1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 2x_5 = 2 \\ x_1 - x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 3x_5 = -4 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 - 5x_4 + 2x_5 = 1 \\ x_1 - 2x_2 - 2x_3 - 3x_4 - 5x_5 = -7 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 13

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & -2 \\ 0 & 6 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = B^T \cdot A + 4E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ -3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & -4 & 3 \\ 9 & 16 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -1 & 1 & 2 & -4 \\ 2 & 0 & -2 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 7x_1 + 6x_2 + 3x_3 = 10 \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 = 1 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 = -4 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \\ 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 14

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & -6 & 0 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 7E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 6 & 4 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 7 \\ 9 & 4 \\ 24 & 18 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 4 & 3 \\ 5 & 3 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 10 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 15 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \\ 3x_1 + 7x_2 + 8x_3 - 11x_4 - 3x_5 = -2 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 15

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -5 & 1 & 3 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & 0 & -3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T - 3A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 9 \\ 4 & 7 \\ 36 & -7 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -7 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 7 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 6 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 9 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 4x_2 - 4x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ x_1 + 7x_2 + 6x_3 - 2x_4 + 6x_5 = 2 \\ 9x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 9x_5 = -7 \\ 7x_1 + 5x_2 + 2x_3 - 2x_4 + 6x_5 = -6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 16

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -3 \\ 1 & 4 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 3 & 1 \\ -2 & 4 & -3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3B - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 7 \\ -3 & 6 & 12 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 3 & 5 \\ 4 & 0 & 1 & -1 \\ 5 & 2 & 0 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 7 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 11 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 11 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 7x_4 + 11x_5 = 8 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 = 1 \\ 8x_1 - 4x_2 + 3x_3 + 6x_4 + 8x_5 = 5 \\ 10x_1 - 5x_2 + 5x_3 + 9x_4 + 15x_5 = 10 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 17

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 1 \\ 0 & 2 & 4 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3E - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -23 & -3 \\ 12 & 0 \\ -7 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & 4 & 6 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 5 \\ 1 & -3 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 1 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 + 2x_3 = 6 \\ 5x_1 + 4x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 6x_2 + 4x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 - x_5 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 - 3x_4 = 3 \\ 4x_1 - 7x_2 + 5x_3 - x_4 - 2x_5 = -1 \\ x_1 - 4x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 18

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = A \cdot B + 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & -9 & 11 \\ -2 & -6 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 7 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 1 & -2 \\ 3 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 4x_1 + 6x_2 - x_3 = 1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 = 10 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 - 3x_4 + 2x_5 = 3 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = 2 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 - 2x_5 = 4 \\ 2x_1 + 3x_2 - 5x_3 - 17x_4 + 10x_5 = -7 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 19

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = (3B - A^T) \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & 9 \\ 1 & -6 \\ 10 & 21 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 4 & 0 & -1 \\ -3 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & -1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 4x_2 - x_3 = -17 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 0 \\ 2x_1 - 3x_2 - 5x_3 = -8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 6x_5 = 5 \\ 3x_1 - x_2 - x_3 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 3 \\ 4x_1 - 4x_2 - 2x_4 - 3x_5 = -1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 20

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 4 & -2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3E - A \cdot A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 1 & 10 & -13 \\ 3 & -22 & 27 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 5 \\ -1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = -3 \\ 2x_1 - 6x_2 - 9x_3 = 11 \\ 4x_1 + 3x_2 - 8x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 - 2x_4 + x_5 = 5 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 - x_5 = -2 \\ x_1 - 4x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = -2 \\ 3x_1 - 3x_2 + 4x_3 - 2x_4 - x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 21

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 1 \\ -1 & 2 & -3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $X = A^T \cdot A - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & -1 & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & 7 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 9 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 14 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 16 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 - 3x_2 + 2x_3 - x_4 = 7 \\ 5x_2 - x_3 + 5x_4 + 3x_5 = -4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 22

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 \\ 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 5 & -2 \\ 1 & -3 & 2 & 1 \\ 0 & -3 & 1 & -2 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -9 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 = 2 \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 = 25 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 2 \\ 6x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 4x_4 + 5x_5 = 3 \\ 6x_1 - 3x_2 + 4x_3 + 8x_4 + 13x_5 = 9 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 23

1. Дана матрица $B = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $A = 3E - B^T \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 8 & 3 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & 5 \\ 24 & 11 \\ -28 & -8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \\ -1 & 0 & 4 & 0 \\ 3 & 3 & -3 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + x_3 = 2 \\ x_1 + 5x_2 - 4x_3 = -5 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = -4 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 + x_4 + 2x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 + x_4 = -7 \\ 9x_1 + 6x_2 + x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 24

1. Даны матрицы $X = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $Y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $A = Y - 2X^T \cdot X$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & -4 \\ 3 & -2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 14 & 13 & 38 \\ 8 & 9 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & -3 & 1 \\ 0 & -1 & 2 & -2 \\ -3 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 = 1 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 = -3 \\ 3x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 2 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 25

1. Дана матрица $X = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $Y = X - 3X \cdot X^T$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 15 & 7 \\ 14 & 10 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 4 & 1 \\ -1 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 9 \\ -2 & 1 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 2 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -3 \\ 3x_1 + 10x_2 + 8x_3 = -8 \end{cases}$

- а) матричным методом;
- б) методом Крамера;
- в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \end{cases}$

- а) проверить, является ли система уравнений совместной;
- б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;
- в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 26

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ -1 & 1 & -2 \\ 3 & 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3A^T - A^2$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 8 & 9 & 8 \\ 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & -2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 = 5 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 + 2x_4 - 3x_5 = 1 \\ 3x_1 - 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 27

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 4 & -3 & 2 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $X = 3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 0 & 5 \\ -4 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -1 & 2 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + x_3 = 7 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -5 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 0 \\ 2x_1 + 3x_2 + 7x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 4 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 6x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 28

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 6 & -4 \\ 3 & -1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 18 & -2 \\ -2 & 12 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 4x_1 + 5x_2 + 6x_3 = 9 \\ 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 + x_4 - 2x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 3x_2 - 3x_3 - 3x_4 + 4x_5 = 2 \\ 4x_1 + 5x_2 - 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 29

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -4 & 3 \\ 3 & -4 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & -9 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = 5B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & -6 \\ 10 & 33 \\ 1 & -17 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & -2 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 = -11 \\ 2x_1 + x_2 - 2x_3 = -2 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 3 \end{cases}$

- а) матричным методом;
- б) методом Крамера;
- в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 + 2x_5 = 0 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 - x_5 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - 3x_4 = -1 \\ x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \end{cases}$

- а) проверить, является ли система уравнений совместной;
- б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;
- в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 30

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -3 & 5 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ -2 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ 4 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 \\ -1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 2x_3 = 5 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 = 19 \\ 4x_1 - x_2 + x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 + 4x_4 - 4x_5 = -5 \\ 2x_1 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 6x_2 - 4x_3 - x_4 - 2x_5 = -9 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 - x_4 - 3x_5 = 4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. / Д. Т. Письменный // – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2015. – 281 с.

Дополнительная литература

2. Красс М. С. Математика для экономистов. / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов // –СПб.; Питер. 2005. – 464 с.: ил. – (Серия «Учебное пособие»).
3. Сурнев В.Б. Алгебра и аналитическая геометрия :учеб. пособие /В.Б. Сурнев// Екатеринбург, УГГГА. 2003 – 656 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный
университет»

**Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова**

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ | 5 |
| 1. 1. Первообразная для функции | 5 |
| 1. 2. Неопределенный интеграл и его свойства | 5 |
| 1. 3. Таблица основных интегралов | 6 |
| 2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ | 7 |
| 2. 1. Непосредственное интегрирование | 7 |
| 2. 2. Подведение под знак дифференциала | 10 |
| 2. 3. Замена переменной | 12 |
| 2. 4. Интегрирование по частям | 14 |
| 2. 5. Интегрирование рациональных дробей | 19 |
| 2. 6. Интегрирование тригонометрических функций | 28 |
| 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ | 34 |
| 3.1. Непосредственное интегрирование | 34 |
| 3. 2. Подведение под знак дифференциала | 37 |
| 3. 3. Замена переменной | 41 |
| 3. 4. Интегрирование по частям | 44 |
| 3. 5. Интегрирование рациональных дробей | 46 |
| 3. 6. Интегрирование тригонометрических функций | 51 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 53 |

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Неопределенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Первообразная для функции

Функция $F(x)$ называется первообразной для функции $f(x)$ на интервале (a, b) , если $F(x)$ дифференцируема на (a, b) и $F'(x) = f(x)$.

Примеры

1. Функции $F(x) = -\cos x$, $F_1(x) = -\cos x + 1$, $F_2(x) = -\cos x - 3$ являются первообразными для функции $f(x) = \sin x$

2. Функции $F(x) = \frac{1}{2}x^2$ являются первообразными для функции $f(x) = x$, $x > 0$

3. Функции $F(x) = \arcsin x$, $F_1(x) = \arcsin x - 0,5$ являются первообразными для функции $f(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$.

Теорема

Если $F(x)$ и $F_1(x)$ - первообразные для функции $f(x)$ на интервале (a, b) , то $F_1(x) = F(x) + C$ где $C = \text{const}$.

Таким образом, множество всех первообразных для функции $f(x)$ имеет вид $\{F(x) + C\}$.

1.2. Неопределенный интеграл и его свойства

Неопределенным интегралом функции $f(x)$ на (a, b) называется множество всех её первообразных и обозначается

$$\int f(x) dx = F(x) + C,$$

где $F(x)$ - одна из первообразных для функции $f(x)$.

Примеры

1. $\int \sin x dx = -\cos x + C.$
2. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$
3. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x + C, \quad |x| < 1.$

Свойства неопределённого интеграла

1. $\left(\int f(x) dx \right)' = f(x).$
2. $d\left(\int f(x) dx \right) = f(x) dx.$
3. $\int df(x) = f(x) + C.$
4. $\int kf(x) dx = k \int f(x) dx,$ где $k = \text{const}.$
5. $\int (f(x) \pm g(x)) dx = \int f(x) dx \pm \int g(x) dx.$
6. Если $\int f(x) dx = F(x) + C$ и $u = u(x)$ - дифференцируемая на (a, b) функция, то $\int f(u) du = F(u) + C.$

1.3. Таблица основных интегралов

1. $\int 0 dx = C \quad (C = \text{const}).$
2. $\int x^\alpha dx = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C, \quad x > 0, \alpha \neq -1.$
3. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$

$$4. \int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C, \quad a > 0, \quad a \neq 1.$$

$$5. \int e^x dx = e^x + C.$$

$$6. \int \sin x dx = -\cos x + C.$$

$$7. \int \cos x dx = \sin x + C.$$

$$8. \int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + C, \quad \cos x \neq 0.$$

$$9. \int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + C, \quad \sin x \neq 0.$$

$$10. \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$$

$$11. \int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$$

$$12. \int \frac{dx}{x^2 - a^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{x - a}{x + a} \right| + C, \quad a \neq 0.$$

$$13. \int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + k}} = \ln \left| x + \sqrt{x^2 + k} \right| + C, \quad k \neq 0.$$

2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

2.1. Непосредственное интегрирование

Выполняется с использованием тождественных преобразований подынтегральных функций, свойств и таблицы неопределённых интегралов.

Примеры

$$1. \int 2\sqrt{x^3} dx = 2 \int x^{\frac{3}{2}} dx = 2 \frac{x^{\frac{3}{2}+1}}{\frac{3}{2}+1} + C = 2 \frac{x^{\frac{5}{2}}}{\frac{5}{2}} + C = \frac{4}{5} x^{\frac{5}{2}} + C = \frac{4}{5} \sqrt{x^5} + C.$$

$$2. \int \frac{\sqrt{x}+2}{\sqrt{x}} dx = \int \left(\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}} + \frac{2}{\sqrt{x}} \right) dx = \int \left(1 + 2x^{-\frac{1}{2}} \right) dx = \int dx + 2 \int x^{-\frac{1}{2}} dx =$$

$$= x + 2 \frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} + C = x + 4\sqrt{x} + C.$$

$$3. \int (7x-1) \left(x^3 + \frac{1}{x} \right) dx = \int \left(7x \cdot x^3 - x^3 + 7x \cdot \frac{1}{x} - \frac{1}{x} \right) dx = \int \left(7x^4 - x^3 - \frac{1}{x} + 7 \right) dx =$$

$$= 7 \int x^4 dx - \int x^3 dx - \int \frac{1}{x} dx + 7 \int dx = \frac{7x^5}{5} - \frac{x^4}{4} - \ln|x| + 7x + C.$$

$$4. \int \frac{x^2-5}{x^4-25} dx = \int \frac{x^2-5}{(x^2)^2-5^2} dx = \int \frac{x^2-5}{(x^2-5)(x^2+5)} dx = \int \frac{dx}{x^2+5} = \int \frac{dx}{x^2+(\sqrt{5})^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{5}} \operatorname{arctg} \frac{x}{\sqrt{5}} + C.$$

$$5. \int \frac{x^2-2x-3}{x+1} dx = \left[\begin{array}{l} x^2-2x-3=0 \\ x_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{4+12}}{2} \\ x_1=3, \quad x_2=-1 \end{array} \right] = \int \frac{(x-3)(x+1)}{x+1} dx = \int (x-3) dx = \frac{x^2}{2} - 3x + C.$$

$$6. \int \frac{(3x-1)^2}{x} dx = \int \frac{9x^2-6x+1}{x} dx = \int \left(9x - 6 + \frac{1}{x} \right) dx = 9 \cdot \int x dx - 6 \cdot \int dx + \int \frac{dx}{x} =$$

$$= \frac{9x^2}{2} - 6x + \ln|x| + C.$$

$$7. \int e^x \cdot \left(\frac{3e^{-x}}{2} + \frac{4}{5} \right) dx = \int \left(\frac{3e^x \cdot e^{-x}}{2} + \frac{4}{5} e^x \right) dx = \int \left(\frac{3}{2} + \frac{4}{5} e^x \right) dx = \frac{3}{2} \cdot \int dx - \frac{4}{5} \cdot \int e^x dx =$$

$$= \frac{3}{2} x + \frac{4}{5} e^x + C.$$

$$8. \int x^2 \cdot \left(\frac{3 \sin x}{x^2} + \frac{5}{x^3} \right) dx = \int \left(3 \sin x + \frac{5}{x} \right) dx = 3 \cdot \int \sin x dx + 5 \cdot \int \frac{1}{x} dx = -3 \cos x + 5 \ln|x| + C.$$

$$9. \int 4 \sin \frac{x}{2} \cdot \cos \frac{x}{2} dx = \int 2 \cdot 2 \sin \frac{x}{2} \cdot \cos \frac{x}{2} dx = 2 \cdot \int \sin x dx = -2 \cos x + C.$$

$$10. \int \frac{\sin^2 x}{\cos^2 x} dx = \int \frac{1 - \cos^2 x}{\cos^2 x} dx = \int \left(\frac{1}{\cos^2 x} - \frac{\cos^2 x}{\cos^2 x} \right) dx = \int \frac{dx}{\cos^2 x} - \int dx = \operatorname{tg} x - x + C.$$

$$11. \int \frac{(x - \sqrt{x})(1 + \sqrt{x})}{\sqrt[3]{x}} dx = \int \frac{x + x\sqrt{x} - \sqrt{x} - x}{\sqrt[3]{x}} dx = \int \frac{x\sqrt{x} - \sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}} dx = \int \left(\frac{x\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}} \right) dx =$$

$$= \int \left(x \cdot x^{\frac{1}{2}} \cdot x^{-\frac{1}{3}} - x^{\frac{1}{2}} \cdot x^{-\frac{1}{3}} \right) dx = \int x^{\frac{7}{6}} dx - \int x^{\frac{1}{6}} dx = \frac{6x^{\frac{13}{6}}}{13} - \frac{6x^{\frac{7}{6}}}{7} + C = \frac{6\sqrt[6]{x^{13}}}{13} - \frac{6\sqrt[6]{x^7}}{7} + C.$$

$$12. \int \frac{2e^{5x} - e^{4x}}{e^{4x}} dx = \int (2e^x - 1) dx = 2 \cdot \int e^x dx - \int dx = 2e^x - x + C.$$

2.2. Подведение под знак дифференциала

В этом методе используют таблицу интегралов и свойство неопределённого интеграл: если $\int f(x) dx = F(x) + C$ и $u = u(x)$ - дифференцируемая на (a, b)

функция, то $\int f(u)du = F(u) + C$, а также определение дифференциала функции $f(x)$: $df(x) = f'(x)dx$.

Например:

$$1. \quad dx = \frac{1}{a} d(ax) \text{ так как } \frac{1}{a} d(ax) = \frac{1}{a} (ax)' dx = \frac{1}{a} \cdot a dx = dx.$$

$$2. \quad dx = d(x+b).$$

$$3. \quad dx = \frac{1}{a} d(ax+b)$$

$$4. \quad \sin x dx = d(-\cos x)$$

$$5. \quad \cos x dx = d(\sin x).$$

$$6. \quad e^x dx = d(e^x).$$

$$7. \quad \frac{dx}{x} = d(\ln x).$$

$$8. \quad x dx = \frac{1}{2} d(x^2) = \frac{1}{2} d(x^2 + b).$$

$$9. \quad x^2 dx = \frac{1}{3} d(x^3) = \frac{1}{3} d(x^3 + b).$$

$$10. \quad \frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x)$$

$$11. \quad \frac{dx}{\sin^2 x} = d(\operatorname{ctg} x)$$

$$12. \quad \frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x)$$

$$13. \quad \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = d(\operatorname{arcsin} x)$$

$$14. \quad dx = \frac{1}{a} d(ax+b)$$

Примеры

$$1. \int \sin 3x dx = \left[dx = \frac{1}{3} d(3x) \right] = \frac{1}{3} \int \sin 3x d(3x) = -\frac{1}{3} \cos 3x + C.$$

$$2. \int \cos \frac{x}{5} dx = \left[dx = 5 d\left(\frac{x}{5}\right) \right] = 5 \int \cos \frac{x}{5} d\left(\frac{x}{5}\right) = 5 \sin \frac{x}{5} + C.$$

$$3. \int \frac{dx}{7x-2} = \left[dx = \frac{1}{7} d(7x-2) \right] = \frac{1}{7} \int \frac{d(7x-2)}{7x-2} = \frac{1}{7} \ln |7x-2| + C.$$

$$4. \int \operatorname{tg} x dx = \int \frac{\sin x dx}{\cos x} = [\sin x dx = -d(\cos x)] = -\int \frac{d(\cos x)}{\cos x} = -\ln |\cos x| + C.$$

$$5. \int \frac{\ln^2 x}{x} dx = \left[\frac{dx}{x} = d(\ln x) \right] = \int \ln^2 x d(\ln x) = \frac{\ln^3 x}{3} + C.$$

$$6. \int \frac{xdx}{x^2+9} = \left[xdx = \frac{1}{2} d(x^2+9) \right] = \frac{1}{2} \int \frac{d(x^2+9)}{x^2+9} = \frac{1}{2} \ln |x^2+9| + C.$$

$$7. \int \frac{e^x dx}{e^{2x}+4} = \left[e^x dx = d(e^x) \right] = \int \frac{d(e^x)}{(e^x)^2+2^2} = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{e^x}{2} + C.$$

$$8. \int \frac{e^{\operatorname{tg} x} dx}{\cos^2 x} = \left[\frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x) \right] = \int e^{\operatorname{tg} x} d(\operatorname{tg} x) = e^{\operatorname{tg} x} + C.$$

$$9. \int \frac{dx}{(1+x^2)\operatorname{arctg} x} = \left[\frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x) \right] = \int \frac{d(\operatorname{arctg} x)}{\operatorname{arctg} x} = \ln |\operatorname{arctg} x| + C.$$

$$\begin{aligned}
10. \int \sqrt{4x^3 - 8} \cdot x^2 dx &= \left[x^2 dx = \frac{1}{3} d(x^3) = \frac{1}{12} d(4x^3 - 8) \right] = \frac{1}{12} \int (4x^3 - 8)^{\frac{1}{2}} d(4x^3 - 8) = \\
&= \frac{1}{12} \frac{(4x^3 - 8)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} + C = \frac{1}{12} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{(4x^3 - 8)^3} + C = \frac{1}{18} \sqrt{(4x^3 - 8)^3} + C.
\end{aligned}$$

2.3. Замена переменной

Этот метод является продолжением метода подведения под знак дифференциала в более сложных случаях.

Пусть $x = x(t)$ – монотонная непрерывно дифференцируемая функция на некотором интервале изменения t , а $f(x)$ – непрерывная функция на соответствующем интервале изменения x .

Тогда

$$\int f(x) dx = \int f(x(t)) x'(t) dt.$$

Примеры

1.

$$\begin{aligned}
\int \frac{dx}{\sqrt{x} + 2} &= \left[\begin{array}{l} \text{Замена:} \\ x = t^2 \\ dx = (t^2)' dt = 2t dt \end{array} \right] = \int \frac{2t dt}{t + 2} = 2 \int \frac{(t + 2) - 2}{t + 2} dt = \\
&= 2 \int \left(1 - \frac{2}{t + 2} \right) dt = 2 \int dt - 4 \int \frac{dt}{t + 2} = \\
&= 2t - 4 \int \frac{d(t + 2)}{t + 2} = 2t - 4 \ln |t + 2| = \left[\begin{array}{l} \text{обратная} \\ \text{замена: } t = \sqrt{x} \end{array} \right] = 2\sqrt{x} - 4 \ln |\sqrt{x} + 2| + C.
\end{aligned}$$

2.

$$\int \frac{(x+1)dx}{x^2+4x+20} = \left[\begin{array}{l} \text{Выделим в знаменателе полный квадрат.} \\ x^2+4x+20 = (x^2+4x+4)+16 = (x+2)^2+16. \\ \text{Замена: } x+2=t; x=t-2; dx=dt; \\ x+1=t-2+1=t-1 \end{array} \right] =$$

$$= \int \frac{(t-1)dt}{t^2+16} = \int \frac{tdt}{t^2+16} - \int \frac{dt}{t^2+16} = \frac{1}{2} \int \frac{d(t^2+16)}{t^2+16} - \frac{1}{4} \operatorname{arctg} \frac{t}{4}$$

$$= \frac{1}{2} \ln |t^2+16| - \frac{1}{4} \operatorname{arctg} \frac{t}{4} + C =$$

$$= \left[\begin{array}{l} \text{обратная замена: } t=x+2; \\ t^2+16=x^2+4x+20 \end{array} \right] = \frac{1}{2} \ln |x^2+4x+20| - \frac{1}{4} \operatorname{arctg} \frac{x+2}{4} + C.$$

3.

$$\int \sqrt{9-x^2} dx = \left[\begin{array}{l} \text{Замена: } x=3\sin t, \sqrt{9-x^2} = \sqrt{9-9\sin^2 t} = \\ = \sqrt{9(1-\sin^2 t)} = 3\sqrt{\cos^2 t} = 3\cos t; \quad dx=3\cos t dt \end{array} \right] =$$

$$= \int 3\cos t \cdot 3\cos t dt = 9 \int \cos^2 t dt = 9 \int \frac{1+\cos 2t}{2} dt = \frac{9}{2} \int dt + \frac{9}{2} \int \cos 2t dt =$$

$$= \frac{9}{2}t + \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{2} \int \cos 2t d(2t) = \frac{9}{2}t + \frac{9}{4} \sin 2t + C = \left[\text{Обратная замена: } t = \arcsin \frac{x}{3} \right] =$$

$$= \frac{9}{2} \arcsin \frac{x}{3} + \frac{9}{4} \sin \left(2 \arcsin \frac{x}{3} \right) + C.$$

4.

$$\int \frac{e^{2x} dx}{e^x + 1} = \left[\begin{array}{l} \text{Замена:} \\ e^x = t \quad \left| \quad e^{2x} = t^2 \\ x = \ln t \quad \left| \quad dx = \frac{1}{t} dt \end{array} \right. \right] = \int \frac{t^2 \frac{1}{t} dt}{t+1} = \int \frac{t dt}{t+1} = \int \frac{(t+1) - 1}{t+1} dt =$$

$$= \int dt - \int \frac{dt}{t+1} = t - \int \frac{d(t+1)}{t+1} = t - \ln|t+1| + C = e^x - \ln|e^x + 1| + C.$$

2.4. Интегрирование по частям

Пусть функции ~~$u(x)$ и $v(x)$~~ непрерывно дифференцируемы. Тогда

$$\int u(x) \cdot v'(x) dx = u(x) \cdot v(x) - \int v(x) \cdot u'(x) dx$$

или в укороченном виде

$$\int u dv = uv - \int v du.$$

Формула применяется для нахождения, например, интегралов вида

а) $\int x^n \cos x dx$, $\int x^n \sin x dx$, $\int x^n e^x dx$ с выбором функции $u = x^n$;

б) $\int x^n \ln x dx$ с выбором функции $u = \ln x$;

в) $\int x^n \arcsin x dx$, $\int x^n \arccos x dx$, $\int x^n \operatorname{arctg} x dx$, с выбором функции

~~$u = \arcsin$~~ т.п.

После выбора функции $u = u(x)$ и дифференциала ~~$dv = v'(x) dx$~~ находим дифференциал ~~$du = u'(x) dx$~~ и функцию $v = \int v'(x) dx = \int dv$ ($C = 0$). Подставив $u(x)$, $v(x)$ и $du(x)$ в правую часть формулы, находим $\int v(x) du$.

Применение формулы интегрирования по частям не ограничивается интегралами приведённых типов.

Примеры

$$1. \int x \cos \frac{x}{3} dx = \left[\begin{array}{l} \text{Выбираем } u = x, \quad dv = \cos \frac{x}{3} dx \\ \text{и находим } du = x' dx = dx, \\ v = \int \cos \frac{x}{3} dx = 3 \int \cos \frac{x}{3} d \frac{x}{3} = 3 \sin \frac{x}{3} \end{array} \right] =$$

$$= x \cdot 3 \sin \frac{x}{3} - \int 3 \sin \frac{x}{3} dx = 3x \sin \frac{x}{3} - 3 \cdot 3 \int \sin \frac{x}{3} d \frac{x}{3} = 3x \cdot \sin \frac{x}{3} + 9 \cos \frac{x}{3} + C.$$

$$2. \int (2x - 5) \cdot e^{-7x} dx = \left[\begin{array}{l} \text{Выбираем } u = 2x - 5, \quad dv = e^{-7x} dx \\ \text{и находим } du = (2x - 5)' dx = 2 dx, \\ v = \int e^{-7x} dx = -\frac{1}{7} \int e^{-7x} d(-7x) = -\frac{1}{7} e^{-7x} \end{array} \right] =$$

$$= -\frac{2x-5}{7} \cdot e^{-7x} + \int \frac{1}{7} e^{-7x} \cdot 2 dx = -\frac{2x-5}{7} e^{-7x} + \frac{2}{7} \int e^{-7x} dx =$$

$$= -\frac{2x-5}{7} \cdot e^{-7x} + \frac{2}{7} \cdot \left(-\frac{1}{7}\right) e^{-7x} + C = -\frac{2x-5}{7} \cdot e^{-7x} - \frac{2}{49} e^{-7x} + C.$$

$$3. \int \frac{\ln 9x}{x^3} dx = \int \frac{1}{x^3} \cdot \ln 9x dx = \int x^{-3} \cdot \ln 9x dx =$$

$$= \left[\begin{array}{l} u = \ln 9x, \quad dv = x^{-3} dx, \quad \text{тогда} \\ du = (\ln 9x)' dx = \frac{9}{9x} dx = \frac{dx}{x}, \quad v = \int x^{-3} dx = -\frac{1}{2x^2} \end{array} \right] = -\frac{\ln 9x}{2x^2} + \frac{1}{2} \int \frac{1}{x^2} \cdot \frac{dx}{x} =$$

$$= -\frac{\ln 9x}{2x^2} + \frac{1}{2} \int x^{-3} dx = -\frac{\ln 9x}{2x^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2x^2} + C = -\frac{2 \ln 9x + 1}{4x^2} + C.$$

$$4. \int x \operatorname{arctg} x dx = \int \operatorname{arctg} x \cdot x dx = \left[\begin{array}{l} u = \operatorname{arctg} x, \quad dv = x dx, \quad \text{тогда} \\ du = (\operatorname{arctg} x)' dx = \frac{dx}{1+x^2}, \\ v = \int x dx = \frac{x^2}{2} \end{array} \right] =$$

$$= \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \int \frac{x^2}{2} \cdot \frac{dx}{1+x^2} = \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2} \int \frac{x^2 dx}{1+x^2} = \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2} \int \frac{x^2 + 1 - 1}{1+x^2} dx =$$

$$= \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2} \int \left(\frac{x^2 + 1}{1+x^2} - \frac{1}{1+x^2} \right) dx = \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2} \int \left(1 - \frac{1}{1+x^2} \right) dx =$$

$$= \frac{x^2 \operatorname{arctg} x}{2} - \frac{1}{2} x + \frac{1}{2} \operatorname{arctg} x + C = \frac{1}{2} (x^2 \operatorname{arctg} x + \operatorname{arctg} x - x) + C.$$

$$5. \int x^2 \cdot 3^x dx = \left[\begin{array}{l} u = x^2, \quad dv = 3^x dx, \quad \text{тогда} \\ du = 2x dx, \quad v = \frac{3^x}{\ln 3} \end{array} \right] = \frac{x^2 \cdot 3^x}{\ln 3} - \int \frac{3^x}{\ln 3} \cdot 2x dx =$$

$$= \frac{x^2 \cdot 3^x}{\ln 3} - \frac{2}{\ln 3} \int x \cdot 3^x dx = \left[\begin{array}{l} u = x, \quad dv = 3^x dx, \quad \text{и} \\ du = dx, \quad v = \frac{3^x}{\ln 3} \end{array} \right] =$$

$$= \frac{x^2 \cdot 3^x}{\ln 3} - \frac{2}{\ln 3} \cdot \left(\frac{x \cdot 3^x}{\ln 3} - \int \frac{3^x}{\ln 3} dx \right) = \frac{x^2 \cdot 3^x}{\ln 3} - \frac{2}{\ln 3} \cdot \left(\frac{x \cdot 3^x}{\ln 3} - \frac{1}{\ln 3} \cdot \frac{3^x}{\ln 3} + C \right) =$$

$$= \frac{x^2 \cdot 3^x}{\ln 3} - \frac{2x \cdot 3^x}{\ln^2 3} + \frac{2 \cdot 3^x}{\ln^3 3} + C.$$

Рассмотрим два нетиповых примера.

$$6. \int \sqrt{1+x^2} dx = \left[\begin{array}{l} u = \sqrt{1+x^2}; dv = dx, \text{ тогда} \\ du = \frac{2x}{2\sqrt{1+x^2}} dx = \frac{xdx}{\sqrt{1+x^2}}; v = \int dx = x \end{array} \right] =$$

$$= x \cdot \sqrt{1+x^2} - \int x \cdot \frac{xdx}{\sqrt{1+x^2}} = x \cdot \sqrt{1+x^2} - \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{1+x^2}} dx =$$

~~$$= x \sqrt{1+x^2} - \int \frac{x^2+1-1}{\sqrt{1+x^2}} dx = x \sqrt{1+x^2} - \int \frac{x^2+1}{\sqrt{1+x^2}} dx + \int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx$$

$$= x \sqrt{1+x^2} - \int \sqrt{1+x^2} dx - \int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx + \int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx$$~~

тогда из равенства

$$\int \sqrt{1+x^2} dx = x \cdot \sqrt{1+x^2} - \int \sqrt{1+x^2} dx + \ln|x + \sqrt{1+x^2}|$$

находится

$$\int \sqrt{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \left(x \cdot \sqrt{1+x^2} + \ln|x + \sqrt{1+x^2}| \right) + C.$$

$$7) \int e^x \cdot \sin 2x dx = \left[\begin{array}{l} u = e^x, dv = \sin 2x dx, \text{ тогда} \\ du = e^x dx, v = -\frac{1}{2} \cos 2x \end{array} \right] = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx =$$

~~$$\left[\frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx - \frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx \right] = \frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx - \frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx$$~~

~~$$= \frac{1}{2} \int e^x \cdot \cos 2x dx - \frac{1}{4} \int e^x \cdot \cos 2x dx$$~~

Из равенства

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4} - \frac{1}{4} \int e^x \cdot \sin 2x dx$$

находится

$$\frac{5}{4} \int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4}$$

или

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = \frac{1}{5} e^x \cdot \sin 2x - \frac{2}{5} e^x \cdot \cos 2x + C.$$

2.5. Интегрирование рациональных дробей

Функция $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ называется рациональной дробью, где

$$P_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

$$Q_m(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_mx^m -$$

многочлены степени n и m соответственно.

Дробь $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ будет правильной, если $n < m$; в противном случае ($n \geq m$)

дробь будет неправильной.

Дроби: $\frac{x^2+1}{x^3+2x}$; $\frac{3x+1}{x^2+5x}$ являются правильными, а дроби

$\frac{x^3+2x+1}{x^3+5x}$; $\frac{4x^3+5}{x^2+5x}$ - неправильными.

Если дробь неправильная, то путём деления числителя на знаменатель её можно представить в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Пример

Представить дробь $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2}$ в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Решение

Дробь является неправильной, так как степень многочлена в числителе больше степени многочлена в знаменателе.

Произведём деление двух многочленов:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{l}
 x^4+8x^3+5 \\
 \underline{x^4+5x^3+2x^2} \\
 3x^3-2x^2+5
 \end{array}
 \quad \Bigg| \quad
 \begin{array}{l}
 x^2+5x+2 \\
 \underline{x^2+3x-17} \\
 7x+39
 \end{array} \\
 \begin{array}{l}
 3x^3-2x^2+5 \\
 \underline{3x^3+15x^2+6x} \\
 -17x^2-6x+5 \\
 \underline{-17x^2-85x-34} \\
 79x+39
 \end{array}
 \end{array}$$

Деление производится до тех пор, пока степень многочлена в остатке не будет меньше степени делителя.

Таким образом, $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2} = x^2+3x-17 + \frac{79x+39}{x^2+5x+2}$ Очевидно, что ин-

тегрирование целой части (т. е. многочлена) не представляет никаких трудностей, поэтому интегрирование любой рациональной дроби сводится к интегрированию правильной рациональной дроби.

Интегрирование правильной рациональной дроби можно разделить на несколько этапов:

1. Разложить знаменатель правильной рациональной дроби на множители вида $(x-a)^k$ и $(x^2+px+q)^l$, где a, p, q — действительные числа, k и l — натуральные числа, корни квадратного трёхчлена x^2+px+q — комплексные числа.

2. По виду множителей в знаменателе разложить правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей по правилу:

всякому множителю вида $(x-a)^k$ в разложении соответствует сумма k – дробей вида

$$\frac{A_1}{x-a} + \frac{A_2}{(x-a)^2} + \dots + \frac{A_k}{(x-a)^k}$$

всякому множителю вида $(x^2+px+q)^l$ в разложении соответствует сумма l – дробей вида

$$\frac{A_1x+B_1}{x^2+px+q} + \frac{A_2x+B_2}{(x^2+px+q)^2} + \dots + \frac{A_lx+B_l}{(x^2+px+q)^l}$$

где $A_1, A_2, \dots, A_k, A_1, B_1, \dots, A_l, B_l$ – неопределённые коэффициенты.

3. Найти неопределённые коэффициенты

$$\frac{A_1x+B_1}{x^2+px+q} + \frac{A_2x+B_2}{(x^2+px+q)^2} + \dots + \frac{A_lx+B_l}{(x^2+px+q)^l}$$

для этого полученную сумму простейших дробей привести к общему знаменателю и сравнить числители заданной и полученной дробей. Найти неопределённые коэффициенты можно двумя способами:

а) приравнять коэффициенты двух многочленов (числителей) при одинаковых степенях x и решить полученную систему уравнений;

б) сравнить многочлены (числители) при конкретных значениях x ; удобнее выбрать такие значения x , при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен нулю или любые другие значения (метод частных значений).

4. Проинтегрировать полученные простейшие дроби. При интегрировании получаются интегралы следующего вида:

$$\int \frac{A}{x-a} dx = A \ln|x-a| + C.$$

$$\int \frac{A_k}{(x-a)^k} dx = A_k \cdot \frac{(x-a)^{-k+1}}{-k+1} + C.$$

$$\int \frac{Bx + C}{x^2 + px + q} dx \quad (\text{см. интегрирование выражений, содержащих квадратный}$$

трёхчлен).

$$\int \frac{B_l x + C_l}{(x^2 + px + q)^l} dx \quad (\text{интегрирование таких дробей в данном методическом}$$

пособии не рассматривается).

Примеры

$$1. \int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} dx.$$

Рассмотрим подынтегральную функцию

$$f(x) = \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} -$$

неправильная рациональная дробь, преобразуем её

$$\begin{array}{r}
 \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^5 - 4x^3} \quad \Bigg| \quad \frac{x^3 - 4x}{x^2 + x + 4} \\
 \underline{- x^4 + 4x^3 - 8} \\
 \frac{x^4 - 4x^2 - 8}{x^4 - 4x^2} \\
 \underline{- 4x^3 + 4x^2 - 8} \\
 \frac{4x^3 - 16x - 8}{4x^3 - 16x} \\
 \underline{- 4x^2 + 16x - 8}
 \end{array}$$

Таким образом, имеем

$$\frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} = \frac{x^2 + x + 4}{x} + \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}.$$

Следовательно

$$\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} dx = \int \left(x^2 + x + 4 + \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} \right) dx =$$

$$= \int x^2 dx + \int x dx + \int 4 dx + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} dx =$$

$$= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} dx.$$

Последний интеграл рассмотрим отдельно. Подынтегральная функция

$\frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}$ является правильной рациональной дробью.

Разложим знаменатель этой дроби на множители

$$\frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}$$

Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей

$$\frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} = \frac{A}{x} + \frac{B}{x-2} + \frac{C}{x+2}$$

Определим коэффициенты A , B и C . Для этого приведём полученную сумму дробей к общему знаменателю

$$\frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} = \frac{A(x-2)(x+2) + Bx(x+2) + Cx(x-2)}{x(x-2)(x+2)}$$

и приравняем числители

$$4x^2 + 16x - 8 = A(x^2 - 4) + Bx(x+2) + Cx(x-2)$$

Определим коэффициенты A , B и C методом частных значений, для этого подставим конкретные значения x в обе части вышестоящего выражения; в качестве конкретных значений x рассмотрим те значения, при которых знаменатель рассматриваемой дроби обращается в нуль.

$$\begin{aligned} x=0 & \quad -8=4A-4B \\ x=2 & \quad 4=0B-8B \\ x=-2 & \quad -2=4A-6B \end{aligned}$$

Итак, имеем

$$\frac{4x^2 + 16x - 8}{x(x-2)(x+2)} = \frac{2}{x} + \frac{5}{x-2} - \frac{3}{x+2}$$

Интегрируем данную функцию

$$\begin{aligned} \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x \cdot (x-2)(x+2)} dx &= \int \left(\frac{2}{x} + \frac{5}{x-2} - \frac{3}{x+2} \right) dx = \\ &= 2 \int \frac{dx}{x} + 5 \int \frac{dx}{x-2} - 3 \int \frac{dx}{x+2} = 2 \ln|x| + 5 \ln|x-2| - 3 \ln|x+2| + C. \end{aligned}$$

Возвращаемся к исходному интегралу

$$\begin{aligned} \int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x} dx &= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} dx = \\ &= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + 2 \ln|x| + 5 \ln|x-2| - 3 \ln|x+2| + C. \end{aligned}$$

$$2. \int \frac{2x^3 - 2x^2 + 5x + 1}{(x^2 - 2x + 1)(x^2 - 1)} dx.$$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x) = \frac{x^3 - x^2 + 5x + 1}{(x^2 - x + 1)(x - 1)}$ — правильную рациональную дробь.

Разложим знаменатель на множители

~~$$(x^2 - x + 1)(x - 1) = x^3 - x^2 + x - x^2 + x - 1 = x^3 - 2x^2 + 2x - 1$$~~

Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей

~~$$\frac{x^3 - x^2 + 5x + 1}{(x - 1)^3(x + 1)} = \frac{A}{x - 1} + \frac{B}{(x - 1)^2} + \frac{C}{(x - 1)^3} + \frac{D}{x + 1}$$~~

Определим коэффициенты A, B, C и D , для этого приведем сумму простейших дробей к общему знаменателю

~~$$\frac{x^3 - x^2 + 5x + 1}{(x - 1)^3(x + 1)} = \frac{A}{x - 1} + \frac{B}{(x - 1)^2} + \frac{C}{(x - 1)^3} + \frac{D}{x + 1} =$$~~
~~$$\frac{A(x - 1)^2(x + 1) + B(x - 1)(x + 1) + C(x + 1) + D(x - 1)^3}{(x - 1)^3(x + 1)}$$~~

и приравняем числители

~~$$x^3 - x^2 + 5x + 1 = A(x - 1)^2(x + 1) + B(x - 1)(x + 1) + C(x + 1) + D(x - 1)^3$$~~

Определим коэффициенты A, B, C и D методом частных значений, подставив эти значения в обе части, в качестве конкретных значений x выбираем $x = 1$; $x = -1$ (это те значения x при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен 0) и два значения $x = 0$ и $x = 2$ выбираем произвольно.

~~$$\begin{aligned} x=1: & \quad 6 = 6A \\ x=-1: & \quad -8 = 8D \\ x=0: & \quad 1 = A + B + C \\ x=2: & \quad 19 = 3A + 3B + C + D \end{aligned}$$~~

подставив значения $C = 3$ и $D = 1$ в последние два уравнения получаем

$$\begin{cases} A+B=1 & A=1 \\ 3A+3B=9 & B=2 \end{cases} \Rightarrow$$

Итак, имеем

~~$$\frac{2x^3 - 2x^2 - 5x + 1}{(x-1)^3(x+1)} = \frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{3}{(x-1)^3} + \frac{1}{x+1}$$~~

Интегрируем данную функцию

$$\int \frac{2x^3 - 2x^2 - 5x + 1}{(x-1)^3(x+1)} dx = \int \left(\frac{1}{x-1} + \frac{2}{(x-1)^2} + \frac{3}{(x-1)^3} + \frac{1}{x+1} \right) dx =$$

$$= \int \frac{dx}{x-1} + 2 \int \frac{dx}{(x-1)^2} + 3 \int \frac{dx}{(x-1)^3} + \int \frac{dx}{x+1} = \ln|x-1| - \frac{2}{x-1} - \frac{3}{2(x-1)^2} + \ln|x+1| + C.$$

3. $\int \frac{x^2 - 7x + 15}{x^3 - 2x^2 + 5x} dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x) = \frac{x^2 - 7x + 15}{x^3 - 2x^2 + 5x}$ Это правильная рациональная дробь.

Разложим знаменатель дроби на множители

~~$$\frac{x^2 - 7x + 15}{x^3 - 2x^2 + 5x} = \frac{5}{x(x-2)}$$~~

Разложим подынтегральную функцию на простейшие дроби

~~$$\frac{x^2 - 7x + 15}{x^3 - 2x^2 + 5x} = \frac{A}{x} + \frac{B}{x-2}$$~~

Определим коэффициенты A , B и C

$$\frac{x^2 - 7x + 15}{x(x^2 - 2x + 5)} = \frac{A}{x} + \frac{Bx + C}{x^2 - 2x + 5}$$

$$\Rightarrow x^2 - 7x + 15 = A(x^2 - 2x + 5) + (Bx + C)x$$

$$x^2 - 7x + 15 = Ax^2 - 2Ax + 5A + Bx^2 + Cx$$

$$x^2 - 7x + 15 = (A+B)x^2 + (C-2A)x + 5A$$

Сравним коэффициенты при одинаковых степенях x

$$x^2: \quad 1 = A + B;$$

$$x: \quad -7 = C - 2A;$$

$$x^0: \quad 15 = 5A \Rightarrow A = 3$$

$$B = -2$$

$$C = -1.$$

Итак, имеем

$$\frac{x^2 - 7x + 15}{x(x^2 - 2x + 5)} = \frac{3}{x} - \frac{2x + 1}{x^2 - 2x + 5}$$

Проинтегрируем данную функцию

$$\begin{aligned} \int \frac{x^2 - 7x + 15}{x(x^2 - 2x + 5)} dx &= \int \left(\frac{3}{x} - \frac{2x + 1}{x^2 - 2x + 5} \right) dx = \\ &= 3 \int \frac{dx}{x} - \int \frac{2x + 1}{x^2 - 2x + 5} dx = 3 \ln|x| - \int \frac{2x + 1}{x^2 - 2x + 5} dx. \end{aligned}$$

Рассмотрим второй интеграл отдельно.

$$\begin{aligned} \int \frac{2x+1}{x^2-2x+5} dx &= \int \frac{2x+1}{(x-1)^2+4} dx = \left. \begin{array}{l} x-1=t \\ x=t+1 \\ dx=dt \end{array} \right| = \int \frac{2(t+1)+1}{t^2+4} dt = \int \frac{2t+3}{t^2+4} dt = \\ &= \int \frac{2t dt}{t^2+4} + 3 \int \frac{dt}{t^2+4} = \int \frac{d(t^2+4)}{t^2+4} + \frac{3}{2} \operatorname{arctg} \frac{t}{2} + C = \ln |t^2+4| + \frac{3}{2} \operatorname{arctg} \frac{t}{2} + C = \\ &= \ln |(x-1)^2+4| + \frac{3}{2} \operatorname{arctg} \frac{x-1}{2} + C. \end{aligned}$$

Тогда окончательно имеем

$$\int \frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)} dx = 3 \ln|x| - \ln|x^2-2x+5| - \frac{3}{2} \operatorname{arctg} \frac{x-1}{2} + C.$$

2.6. Интегрирование тригонометрических функций

а) $\int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$

Пусть хотя бы одно из чисел m или n является нечетным положительным числом. Интеграл находится методом замены переменной; при этом

если m – нечетное число, то нужно сделать замену $\cos ax = t$,

если n – нечетное число, то нужно сделать замену $\sin ax = t$.

При таких подстановках нужно предварительно представить функцию, имеющую нечетную положительную степень в виде произведения первой и четной степени и преобразовать четную степень тригонометрической функции с помощью основного тригонометрического тождества: $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$.

Если оба числа m и n являются нечетными положительными числами, то за новую переменную обозначить ту из функций $\cos ax$ и $\sin ax$, степень которой больше, а оставшийся множитель преобразовать так же, как указано выше.

Примеры

$$\begin{aligned}
 1. \int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt{\cos^5 x}} &= \int \frac{\sin^2 x \cdot \sin x dx}{\sqrt{\cos^5 x}} = \int \frac{(1 - \cos^2 x) \cdot \sin x dx}{(\cos x)^{5/2}} = \left. \begin{array}{l} \cos x = t \\ -\sin x dx = dt \\ \sin x dx = -dt \end{array} \right| = \\
 &= \int \frac{(1 - t^2) \cdot (-dt)}{t^{5/2}} = -\int \frac{dt}{t^{5/2}} + \int \frac{t^2 dt}{t^{5/2}} = -\int t^{-5/2} dt + \int t^{-1/2} dt = -\frac{t^{-3/2}}{-3/2} + \frac{t^{1/2}}{1/2} + C = \\
 &= \frac{2}{3\sqrt{t^3}} + 2\sqrt{t} + C = \frac{2}{3\sqrt{\cos^3 x}} + 2\sqrt{\cos x} + C.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \int \cos^5 3x dx &= \int \cos^4 3x \cdot \cos 3x dx = \int (\cos^2 3x)^2 \cdot \cos 3x dx = \\
 &= \int (1 - \sin^2 3x)^2 \cdot \cos 3x dx = \left. \begin{array}{l} \sin 3x = t \\ 3 \cos 3x dx = dt \\ \cos 3x dx = \frac{1}{3} dt \end{array} \right| = \\
 &= \int (1 - t^2)^2 \cdot \frac{1}{3} dt = \frac{1}{3} \int (1 - 2t^2 + t^4) dt = \frac{1}{3} \left(t - \frac{2t^3}{3} + \frac{t^5}{5} \right) + C = \\
 &= \frac{1}{3} \sin 3x - \frac{2}{9} \sin^3 3x + \frac{1}{15} \sin^5 3x + C.
 \end{aligned}$$

$$3. \int \cos^9 2x \cdot \sin^3 2x dx = \int \cos^9 2x \cdot \sin^2 2x \cdot \sin 2x dx =$$

$$= \int \cos^9 2x \cdot (1 - \cos^2 2x) \cdot \sin 2x dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \cos 2x = t \\ -2 \sin 2x dx = dt \\ \sin 2x dx = -\frac{1}{2} dt \end{array} \right| = \int t^9 \cdot (1 - t^2) \cdot \left(-\frac{1}{2} dt\right) =$$

$$= -\frac{1}{2} \int (t^9 - t^{11}) dt = -\frac{1}{2} \left(\frac{t^{10}}{10} - \frac{t^{12}}{12} \right) + C =$$

$$= -\frac{1}{20} \cos^{10} 2x + \frac{1}{24} \cos^{12} 2x + C.$$

$$б) \int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$$

Если оба числа m и n являются четными положительными числами, то воспользуемся формулами понижения степени:

$$\frac{\sin^2 ax}{2} = \frac{1 - \cos 2ax}{2},$$

$$\frac{\cos^2 ax}{2} = \frac{1 + \cos 2ax}{2}$$

Примеры

$$\begin{aligned} 1. \int \sin^2 \frac{x}{3} dx &= \int \frac{1 - \cos \frac{2x}{3}}{2} dx = \frac{1}{2} \int dx - \frac{1}{2} \int \cos \frac{2x}{3} dx = \\ &= \frac{x}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \sin \frac{2x}{3} + C = \frac{x}{2} - \frac{3}{4} \sin \frac{2x}{3} + C. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \int \cos^4 3x dx &= \int (\cos^2 3x)^2 dx = \int \left(\frac{1 + \cos 6x}{2} \right)^2 dx = \int \frac{1 + 2 \cos 6x + \cos^2 6x}{4} dx = \\ &= \frac{1}{4} \int dx + \frac{1}{2} \int \cos 6x dx + \frac{1}{4} \int \cos^2 6x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \sin 6x + \frac{1}{4} \int \frac{1 + \cos 12x}{2} dx = \\ &= \frac{x}{4} + \frac{1}{12} \sin 6x + \frac{1}{8} x + \frac{1}{8} \int \cos 12x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{12} \sin 6x + \frac{x}{8} + \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{12} \sin 12x + C = \\ &= \frac{3x}{8} + \frac{1}{12} \sin 6x + \frac{1}{96} \sin 12x + C. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \int \sin^4 \frac{x}{2} \cos^4 \frac{x}{2} dx &= \int \left(\sin \frac{x}{2} \cdot \cos \frac{x}{2} \right)^4 dx = \int \left(\frac{1}{2} \sin x \right)^4 dx = \frac{1}{16} \int \sin^4 x dx = \\ &= \frac{1}{16} \int (\sin^2 x)^2 dx = \frac{1}{16} \int \left(\frac{1 - \cos 2x}{2} \right)^2 dx = \frac{1}{16} \int \frac{1 - 2 \cos 2x + \cos^2 2x}{4} dx = \\ &= \frac{1}{64} \int dx - \frac{2}{64} \int \cos 2x dx + \frac{1}{64} \int \cos^2 2x dx = \frac{x}{64} - \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{2} \sin 2x + \frac{1}{64} \int \frac{1 + \cos 4x}{2} dx = \\ &= \frac{x}{64} - \frac{1}{64} \sin 2x + \frac{1}{128} \int dx + \frac{1}{128} \int \cos 4x dx = \end{aligned}$$



$$в) \int \sin ax \cdot \cos bxdx; \quad \int \cos ax \cdot \cos bxdx; \quad \int \sin ax \cdot \sin bxdx,$$

где $a \neq b$.

При интегрировании указанных выше произведений синусов и косинусов нужно предварительно преобразовать подынтегральную функцию с помощью формул:

$$\sin ax \cos bx = \frac{1}{2}(\sin(a+b)x + \sin(a-b)x)$$

$$\cos ax \cos bx = \frac{1}{2}(\cos(a+b)x + \cos(a-b)x)$$

$$\sin ax \sin bx = \frac{1}{2}(\cos(a-b)x - \cos(a+b)x).$$

Примеры

$$1. \int \sin 5x \cdot \cos 2xdx = \frac{1}{2} \int (\sin 7x + \sin 3x)dx = \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{1}{7} \cos 7x\right) + \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{1}{3} \cos 3x\right) + C$$

$$= -\frac{1}{14} \cos 7x - \frac{1}{6} \cos 3x + C.$$

$$2. \int \cos 3x \cdot \cos 7xdx = \frac{1}{2} \int (\cos 10x + \cos 4x)dx = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} \sin 10x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \sin 4x + C =$$

$$= \frac{1}{20} \sin 10x + \frac{1}{8} \sin 4x + C.$$

$$\text{г) } \int R(\sin x, \cos x) dx$$

Здесь $R(\sin x, \cos x)$ - рациональная функция от $\sin x$ и $\cos x$. В этом случае нужно использовать универсальную тригонометрическую подстановку

$$\sin x = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}, \quad \cos x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}$$

а затем ввести новую переменную

$$t = \operatorname{tg} \frac{x}{2}$$

Пример

$$\int \frac{dx}{5 - 4 \sin x + 3 \cos x}$$

Преобразуем знаменатель подынтегральной функции

$$\begin{aligned} 5 - 4 \sin x + 3 \cos x &= 5 - 4 \frac{2 \operatorname{tg} \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}} + 3 \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}} \\ &= \frac{5(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}) - 8 \operatorname{tg} \frac{x}{2} + 3(1 - \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2})}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}} \\ &= \frac{5 + 5 \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2} - 8 \operatorname{tg} \frac{x}{2} + 3 - 3 \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}} \\ &= \frac{8 - 8 \operatorname{tg} \frac{x}{2} + 2 \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}} \end{aligned}$$

Возвращаемся к вычислению интеграла

$$\int \frac{dx}{5 - 4\sin x + 3\cos x} = \int \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}{2 \left(\operatorname{tg}^2 \frac{x}{2} - 4\operatorname{tg} \frac{x}{2} + 4 \right)} dx =$$

$$= \left. \begin{array}{l} \operatorname{tg} \frac{x}{2} = t \\ \frac{x}{2} = \operatorname{arctg} t \\ x = 2\operatorname{arctg} t \\ dx = \frac{2dt}{1+t^2} \end{array} \right| = \int \frac{(1+t^2)}{2(t^2 - 4t + 4)} \cdot \frac{2dt}{1+t^2} =$$

$$= \int \frac{dt}{t^2 - 4t + 4} = \int \frac{dt}{(t-2)^2} = \int (t-2)^{-2} dt = \frac{(t-2)^{-1}}{-1} + C = -\frac{1}{t-2} + C = -\frac{1}{\operatorname{tg} \frac{x}{2} - 2} + C.$$

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Непосредственное интегрирование

$$1. \quad a) \int \sqrt{x} \cdot (x+1)(2x+3) dx; \quad б) \int \frac{5e^{2x} + \sqrt{x^3} \cdot e^x}{e^x} dx.$$

$$2. \quad a) \int \frac{(x+3)(\sqrt{x}-1)}{\sqrt{x}} dx; \quad б) \int \frac{4 - \sin^2 x}{2 - \sin x} dx.$$

$$3. \quad a) \int \frac{1}{x^3} \left(3x^2 - \frac{1}{x^6} \right) dx; \quad б) \int \frac{x^2 - 6}{x^4 - 36} dx.$$

$$4. \quad a) \int \frac{5x^2 - 4x + 12}{x^2} dx;$$

$$б) \int \frac{1 - 4\sin^2 x}{\sin^2 x} dx.$$

$$5. \quad a) \int \frac{(\sqrt{x} + 2)x}{\sqrt[3]{x}} dx;$$

$$б) \int \frac{x^2 - 4x + 3}{x - 3} dx.$$

$$6. \quad a) \int x(\sqrt{x} - 9)(\sqrt{x} + 9) dx;$$

$$б) \int \frac{5x \sin x + 2}{x} dx.$$

$$7. \quad a) \int \frac{5}{x^2} \left(\frac{x}{25} - x^2 \right) dx;$$

$$б) \int \frac{(81 - x^2) dx}{x - 9}.$$

$$8. \quad a) \int \left(\frac{3}{x} + 4 \right) \cdot (\sqrt{x} + 1) dx;$$

$$б) \int \frac{6 + x^2}{36 - x^4} dx.$$

$$9. \quad a) \int \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{\sqrt{x}} \right) \cdot x dx;$$

$$б) \int \frac{\sqrt{x^2 + 3} dx}{x^2 + 3}.$$

$$10. \quad a) \int \frac{7x^2 + 6x - 5}{x^2} dx;$$

$$б) \int \frac{x^2 - 6x + 5}{x - 5} dx.$$

$$11. \quad a) \int \frac{7\sqrt{x} + x \cdot \sqrt[3]{x}}{x^2} dx;$$

$$б) \int \frac{(1 - \cos^2 x) dx}{x^2 \cdot \sin^2 x}.$$

$$12. \quad a) \int (x + 2)(1 - x)\sqrt{x} dx;$$

$$б) \int \frac{4e^{5x} - x^4 \cdot e^{4x}}{e^{4x}} dx.$$

$$13. \quad a) \int x^2 \cdot \sqrt{x} \cdot \sqrt[3]{x^4} dx;$$

$$б) \int \frac{\sin^2 5x + \cos^2 5x}{\sqrt{16 - x^2}} dx.$$

$$14. \quad a) \int (x^2 \cdot \sqrt{x} - 4x^3 + 3) dx;$$

$$б) \int (1 + x + tg^2 x) dx.$$

$$15. a) \int x \cdot \left(\frac{7}{x^3} + \frac{2}{x^2} + 3 \right) dx;$$

$$б) \int (4 + ctg^2 x) dx .$$

$$16. a) \int \frac{(x^3 \sqrt{x} - 2x) dx}{x^3};$$

$$б) \int \frac{\sqrt{64 - x^2}}{64 - x^2} dx .$$

$$17. a) \int \frac{\sqrt[5]{x} \cdot \sqrt[5]{x^4} - \sqrt[4]{x^5}}{x} dx;$$

$$б) \int 4 \sin \frac{x}{4} \cdot \cos \frac{x}{4} \cdot \cos \frac{x}{2} dx .$$

$$18. a) \int \frac{16x^4 - 1(x^3 \sqrt{x} - 2x)}{(2x - 1)(2x + 1)} dx;$$

$$б) \int \frac{20 dx}{\cos(1 + tg^2 x)} dx .$$

$$19. a) \int \frac{x^3 - 2x^2 + x}{x - 1} dx;$$

$$б) \int e^x (12e^{-x} + 3) dx .$$

$$20. a) \int x(\sqrt{x} - 1) \cdot \frac{9}{x} dx;$$

$$б) \int \frac{(x - 3)(x + 3)}{x^4 - 81} dx .$$

$$21. a) \int (7x + 2) \left(\frac{7}{x} - 1 \right) dx;$$

$$б) \int \frac{x^2 \cdot \cos x dx}{2 \cdot \left(\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2} \right)} .$$

$$22. a) \int x^3 \left(x^{\frac{4}{3}} + \sqrt[3]{x^2} \right) dx;$$

$$б) \int \frac{x^2 - 6x - 8}{x - 2} dx .$$

$$23. a) \int \frac{x^3 - 16x}{x + 4} dx;$$

$$б) \int \frac{x^3 e^x + 3e^{2x}}{e^x} dx .$$

$$24. a) \int \frac{x^3 - 2\sqrt[3]{x} + 3}{x} dx;$$

$$б) \int \frac{1 + x\sqrt{9 - x^2}}{\sqrt{9 - x^2}} dx .$$

$$25. \quad a) \int \frac{(2\sqrt{x} + 1)^2}{\sqrt{x}} dx;$$

$$б) \int \frac{x \cdot (x^2 + 1)}{\sin^2 x + \cos^2 x} dx.$$

$$26. \quad a) \int \frac{3}{x^3} \left(\frac{x^2}{3} + x^3 + 1 \right) dx;$$

$$б) \int (e^x + 4e^{2x}) e^{-x} dx.$$

$$27. \quad a) \int \frac{3x^2 + 1}{x\sqrt{x}} dx;$$

$$б) \int 3x^2 \cdot \left(\frac{1}{x^3 \sin x} + \frac{1}{3x^2} \right) dx.$$

$$28. \quad a) \int (3x^2 - 1) \cdot x\sqrt{x} dx;$$

$$б) \int \frac{x^2 + 3}{x^4 - 9} dx.$$

$$29. \quad a) \int \frac{2x\sqrt{x} + 3x + 12}{x} dx;$$

$$б) \int \frac{3x^2}{\cos x} \left(\frac{2 \cos x}{x^3} - \frac{\cos^2 x}{x^2} \right) dx.$$

$$30. \quad a) \int \frac{(3x + 4)(x - 1)}{\sqrt{x}} dx;$$

$$б) \int \frac{2dx}{1 + \cos 2x}.$$

3.2. Подведение под знак дифференциала

$$1. \quad a) \int 3 \cos 7x dx; \quad б) \int \frac{dx}{\cos^2 \left(\frac{x}{3} + 1 \right)}; \quad в) \int e^{\sin x - 2} \cos x dx.$$

$$2. \quad a) \int 4e^{-5x} dx; \quad б) \int \frac{dx}{\sin^2 \left(\frac{x}{2} + 7 \right)}; \quad в) \int \frac{\sin x dx}{\cos x + 1}.$$

$$3. \quad a) \int 2 \sin \frac{x}{10} dx; \quad б) \int \frac{dx}{(5x + 8)^2}; \quad в) \int \frac{e^x dx}{\sqrt{1 - e^{2x}}}.$$

$$4. \quad a) \int \frac{7dx}{\cos^2 3x}; \quad b) \int e^{\frac{x}{2}+3} dx; \quad e) \int \frac{\sqrt{\ln x + 2}}{x} dx.$$

$$5. \quad a) \int \frac{3dx}{\sin^2 \frac{x}{4}}; \quad b) \int \cos(2 - 5x) dx; \quad e) \int \frac{xdx}{x^2 + 3}.$$

$$6. \quad a) \int \frac{5dx}{9 + 4x^2}; \quad b) \int \sin\left(\frac{1}{3}x + 4\right) dx; \quad e) \int \cos(x^3 + 3)x^2 dx.$$

$$7. \quad a) \int \frac{6dx}{\sqrt{4 - 9x^2}}; \quad b) \int (5x + 1)^8 dx; \quad e) \int \frac{\sqrt{\operatorname{tg} x} dx}{\cos^2 x}.$$

$$8. \quad a) \int 2 \cos \frac{x}{4} dx; \quad b) \int \frac{dx}{\sqrt{4x - 3}}; \quad e) \int \frac{dx}{\operatorname{ctg}^3 x \cdot \sin^2 x}.$$

$$9. \quad a) \int 3e^{\frac{x}{7}} dx; \quad b) \int \frac{dx}{(5x + 2)^3}; \quad e) \int \frac{\operatorname{arctg}^4 x dx}{1 + x^2}.$$

$$10. \quad a) \int 5 \sin 8x dx; \quad b) \int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{4} + 1\right)}; \quad e) \int \frac{\operatorname{arsin}^3 x dx}{\sqrt{1 - x^2}}.$$

$$11. \quad a) \int \frac{3dx}{\cos^2 \frac{x}{10}}; \quad b) \int (7x - 2)^5 dx; \quad e) \int \operatorname{ctg} x dx.$$

$$12. \quad a) \int \frac{4dx}{\sin^2 10x}; \quad b) \int e^{\frac{x}{5}+2} dx; \quad e) \int \cos^2 x \sin x dx.$$

13. a) $\int \frac{7dx}{25+9x^2}$; б) $\int \cos\left(\frac{x}{4}-7\right)dx$; в) $\int \frac{e^x dx}{e^x+5}$.
14. a) $\int \frac{3dx}{\sqrt{36-25x^2}}$; б) $\int \sin\left(\frac{x}{7}+4\right)dx$; в) $\int \frac{\sqrt[3]{\ln x}}{x} dx$.
15. a) $\int 2\cos 8x dx$; б) $\int \frac{dx}{\sqrt{\frac{x}{3}+1}}$; в) $\int \frac{x^2 dx}{x^3+4}$.
16. a) $\int 3e^{-\frac{x}{7}} dx$; б) $\int e^{-3x^2} x dx$; в) $\int \frac{dx}{\sin^2(4x-5)}$.
17. a) $\int 25\sin\frac{x}{9} dx$; б) $\int \frac{dx}{\sqrt{\operatorname{tg} x} \cdot \cos^2 x}$; в) $\int \frac{dx}{\cos^2(4x+7)}$.
18. a) $\int \frac{6dx}{\cos^2 5x}$; б) $\int \frac{e^{-2\operatorname{ctg} x} dx}{\sin^2 x}$; в) $\int e^{-\frac{x}{7}+2} dx$.
19. a) $\int \frac{4dx}{\sin^2 \frac{x}{6}}$; б) $\int \frac{dx}{(1+x^2)\operatorname{arctg}^2 x}$; в) $\int \frac{dx}{5x-3}$.
20. a) $\int \frac{3dx}{16+25x^2}$; б) $\int \frac{e^{\operatorname{arcsin} x} dx}{\sqrt{1-x^2}}$; в) $\int \left(3x+\frac{1}{7}\right)^4 dx$.
21. a) $\int \frac{5dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; б) $\int \sqrt{\cos x} \sin x dx$; в) $\int \cos\left(\frac{x}{2}+1\right) dx$.

22. a) $\int 5 \cos 9x dx$; б) $\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{5} + 3\right)}$; в) $\int \frac{\cos x dx}{1 + \sin^2 x}$.
23. a) $\int 5e^{5x} dx$; б) $\int \frac{e^x dx}{e^x - 4}$; в) $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{8} - 3\right)}$.
24. a) $\int 3 \sin \frac{2}{5} x dx$; б) $\int \frac{dx}{\sqrt{x+7}}$; в) $\int \frac{\cos(\ln x)}{x} dx$.
25. a) $\int \frac{4 dx}{\cos^2 \frac{x}{12}}$; б) $\int e^{-3x^2} x dx$; в) $\int e^{-4x+5} dx$.
26. a) $\int \frac{dx}{\sin^2 \frac{4x}{5}}$; б) $\int e^{2x^3} x^2 dx$; в) $\int \cos(3x + 8) dx$.
27. a) $\int \frac{6 dx}{9 + 16x^2}$; б) $\int \frac{\cos(\operatorname{tg} x) dx}{\cos^2 x}$; в) $\int \sin\left(\frac{x}{10} + 10\right) dx$.
28. a) $\int \frac{7 dx}{\sqrt{64 - 25x^2}}$; б) $\int \frac{dx}{7x - 5}$; в) $\int \frac{e^{\operatorname{ctg} x} dx}{\sin^2 x}$.
29. a) $\int \sin \frac{3x}{7} dx$; б) $\int \frac{dx}{\sqrt[3]{x-7}}$; в) $\int \frac{\sqrt[3]{\operatorname{arctg} x}}{1+x^2} dx$.
30. a) $\int e^{-\frac{2x}{5}} dx$; б) $\int \sqrt{4x-5} dx$; в) $\int \frac{dx}{\arcsin^3 x \cdot \sqrt{1-x^2}}$.

3.3. Замена переменной

$$1. \quad a) \int \frac{dx}{e+2\sqrt{x}}; \quad \bar{b}) \int \frac{e^{3x} dx}{e^x+3} \quad [e^x=t].$$

$$2. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{2x-1}}; \quad \bar{b}) \int x(5x-1)^{19} dx \quad [5x-1=t].$$

$$3. \quad a) \int \frac{dx}{x\sqrt{2x-9}}; \quad \bar{b}) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+4}} \quad \left[x = \frac{2}{t} \right].$$

$$4. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x}}; \quad \bar{b}) \int \frac{x dx}{(3-x)^7} \quad [3-x=t].$$

$$5. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+\sqrt{x}}; \quad \bar{b}) \int \frac{dx}{x\sqrt{4-x^2}} \quad \left[x = \frac{2}{t} \right].$$

$$6. \quad a) \int \frac{dx}{x-3\sqrt{x}}; \quad \bar{b}) \int \frac{dx}{e^x-2} \quad [e^x=t].$$

$$7. \quad a) \int \frac{x dx}{\sqrt{x+2}}; \quad \bar{b}) \int x(1-3x)^8 dx \quad [1-3x=t].$$

$$8. \quad a) \int \frac{dx}{x\sqrt{2x+1}}; \quad \bar{b}) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+9}} \quad \left[x = \frac{3}{t} \right].$$

$$9. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x}+2\sqrt[3]{x}}; \quad \bar{b}) \int \frac{x dx}{(4x+5)^{10}} \quad [4x+5=t].$$

10. a) $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3 + 4\sqrt{x}}}$; б) $\int \frac{dx}{x\sqrt{9-x^2}} \quad \left[x = \frac{3}{t} \right]$.
11. a) $\int \frac{dx}{x+3\sqrt{x}}$; б) $\int \frac{dx}{e^x + 5} \quad [x = \ln t]$.
12. a) $\int \frac{(x+1)dx}{\sqrt{3x+2}}$; б) $\int x(3-2x)^{11} dx \quad [3-2x=t]$.
13. a) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+36}}$; б) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+25}} \quad \left[x = \frac{5}{t} \right]$.
14. a) $\int \frac{dx}{\sqrt{x} - 2\sqrt[3]{x}}$; б) $\int \frac{x dx}{(3x+4)^6} \quad [3x+4=t]$.
15. a) $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3 - 4\sqrt{x}}}$; б) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2 - 25}} \quad \left[x = \frac{5}{t} \right]$.
16. a) $\int \frac{dx}{x+2\sqrt{x}}$; б) $\int \frac{e^{3x} dx}{e^x - 4} \quad [x = \ln t]$.
17. a) $\int \frac{(1-x)dx}{\sqrt{x-5}}$; б) $\int x(3x+1)^8 dx \quad [3x+1=t]$.
18. a) $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+16}}$; б) $\int \frac{dx}{x\sqrt{16-x^2}} \quad \left[x = \frac{4}{t} \right]$.
19. a) $\int \frac{dx}{\sqrt{x} - 5\sqrt[3]{x}}$; б) $\int \frac{x dx}{(5-x)^8} \quad [5-x=t]$.
20. a) $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3 + 9\sqrt{x}}}$; б) $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2 - 9}} \quad \left[x = \frac{3}{t} \right]$.

$$21. \quad a) \int \frac{dx}{x - 7\sqrt{x}};$$

$$b) \int \frac{dx}{e^x - 4} \quad [x = \ln t].$$

$$22. \quad a) \int \frac{(x-3)dx}{\sqrt{5x-1}};$$

$$b) \int x(5x+3)^9 dx \quad [5x+3=t].$$

$$23. \quad a) \int \frac{dx}{x\sqrt{2x-25}};$$

$$b) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-16}} \quad \left[x = \frac{4}{t} \right].$$

$$24. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x} + 4\sqrt[3]{x}};$$

$$b) \int \frac{x dx}{(3-x)^9} \quad [3-x=t].$$

$$25. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x^3-9\sqrt{x}}};$$

$$b) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-49}} \quad \left[x = \frac{7}{t} \right].$$

$$26. \quad a) \int \frac{dx}{x-7\sqrt{x}};$$

$$b) \int \frac{e^{3x} dx}{e^x - 3} \quad [e^x = t].$$

$$27. \quad a) \int \frac{x dx}{\sqrt{7x+5}};$$

$$b) \int x(2x-5)^5 dx \quad [2x-5=t].$$

$$28. \quad a) \int \frac{dx}{x\sqrt{2x+25}};$$

$$b) \int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+64}} \quad \left[x = \frac{8}{t} \right].$$

$$29. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x} + 6\sqrt[3]{x}};$$

$$b) \int \frac{x dx}{(3x+1)^7} \quad [3x+1=t].$$

$$30. \quad a) \int \frac{dx}{\sqrt{x^3+49\sqrt{x}}};$$

$$b) \int \frac{dx}{x\sqrt{81-x^2}} \quad \left[x = \frac{9}{t} \right].$$

3.4. Интегрирование по частям

1. a) $\int x \cos \frac{x}{3} dx$; б) $\int \ln(x+4) dx$; в) $\int \sqrt{x^2+9} dx$.
2. a) $\int (2x+1)e^{-3x} dx$; б) $\int \arcsin 5x dx$; в) $\int \cos \ln 2x dx$.
3. a) $\int \left(\frac{x}{2}-1\right) \sin 2x dx$; б) $\int (x+4) \ln x dx$; в) $\int e^{3x} \cos x dx$.
4. a) $\int (8x+3) \cos 8x dx$; б) $\int \ln 8x dx$; в) $\int \sin(15 \ln x) dx$.
5. a) $\int (x+4) \ln 5x dx$; б) $\int (x^2-1)5^{-x} dx$; в) $\int \sqrt{x^2-1} dx$.
6. a) $\int \left(1-\frac{5}{2}x\right) \sin 5x dx$; б) $\int (2x-5) \ln x dx$; в) $\int e^x \sin \frac{x}{4} dx$.
7. a) $\int x \cos \left(\frac{x}{5}-1\right) dx$; б) $\int \operatorname{arctg} 2x dx$; в) $\int e^{4x} \sin x dx$.
8. a) $\int \left(\frac{x}{5}+7\right) e^{0,1x} dx$; б) $\int x \operatorname{arctg} x dx$; в) $\int \sin \ln x dx$.
9. a) $\int (7x+1) \sin \frac{x}{7} dx$; б) $\int x^{-5} \ln x dx$; в) $\int \operatorname{arctg}^2 x dx$.
10. a) $\int x \cos \left(5-\frac{x}{10}\right) dx$; б) $\int \arccos 3x dx$; в) $\int e^x \sin 2x dx$.
11. a) $\int (x^2-2x) \ln x dx$; б) $\int x \cdot 10^{5x} dx$; в) $\int e^{3x} \cdot \cos x dx$.
12. a) $\int \ln 12x dx$; б) $\int x(\cos^2 x - \sin^2 x) dx$; в) $\int \sqrt{x^2+7} dx$.
13. a) $\int x^2 \sin x dx$; б) $\int \ln(7x+9) dx$; в) $\int \arcsin^2 x dx$.
14. a) $\int (2x+7) \cos \frac{1}{7} x dx$; б) $\int \operatorname{arctg} \frac{1}{x} dx$; в) $\int e^{5x} \cdot \sin x dx$.

15. a) $\int x \cdot e^{x+100} dx$; б) $\int \ln 12x dx$; в) $\int \cos \ln 5x dx$.
16. a) $\int (12x+1) \cdot e^{\frac{x}{2}} dx$; б) $\int (x^2 - 4x + 4) \ln x dx$; в) $\int \sin(5 \ln x) dx$.
17. a) $\int (x+7) \cdot \sin 7x dx$; б) $\int x^{100} \cdot \ln x dx$; в) $\int e^{20x} \cdot \cos x dx$.
18. a) $\int x \cdot \cos(7x+9) dx$; б) $\int \ln(10-x) dx$; в) $\int \sqrt{x^2 - 10} dx$.
19. a) $\int 2x \sin 4x \cdot \cos 4x dx$; б) $\int x^2 \cdot \ln x dx$; в) $\int e^x \cdot \cos 12x dx$.
20. a) $\int x^{\frac{3}{2}} \cdot \ln x dx$; б) $\int x^2 \cdot e^{3x} dx$; в) $\int \sqrt{x^2 + 12} dx$.
21. a) $\int x \cdot \sin \pi x dx$; б) $\int x^5 \cdot \ln 5x dx$; в) $\int \arccos^2 x dx$.
22. a) $\int x \cdot \left(\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2} \right) dx$; б) $\int x^{-\frac{1}{2}} \arctg \sqrt{x} dx$; в) $\int \sin 3x dx$.
23. a) $\int (7x-4) \cdot e^{4-x} dx$; б) $\int \frac{\ln x}{(1+x)^2} dx$; в) $\int \cos(3 \ln x) dx$.
24. a) $\int (x+10) \ln 10x dx$; б) $\int (1+x)^2 \cdot e^x dx$; в) $\int \sin \ln 7x dx$.
25. a) $\int \lg(10x+0,5) dx$; б) $\int x \cdot \cos \frac{2x}{\pi} dx$; в) $\int 2 \sin \ln x \cdot \cos \ln x dx$.
26. a) $\int (x+9) \cdot \sin \frac{x}{9} dx$; б) $\int (1+x^2)^2 \cdot \ln x dx$; в) $\int 2e^x \cdot \sin x \cos x dx$.
27. a) $\int \left(9 - \frac{7}{2}x \right) \cdot \sin 2x dx$; б) $\int \arccos 2x dx$; в) $\int \frac{e^x \cdot \sin x}{\operatorname{tg} x} dx$.
28. a) $\int x \cdot \sin \left(9 - \frac{7x}{2} \right) dx$; б) $\int \frac{\ln(x+1)}{(x+1)^2} dx$; в) $\int \cos \ln x dx$.

$$29. \quad a) \int (x+7) \cdot \cos(x+7) dx; \quad б) \int x \cdot \ln x^7 dx; \quad в) \int e^x \cdot (1 + \cos 3x) dx.$$

$$30. \quad a) \int (x^2 - 2x - 3) \cdot \ln x dx; \quad б) \int \frac{x \cdot \sin^3 x}{1 - \cos^2 x} dx; \quad в) \int \frac{\sin 2x}{e^{2x}} dx.$$

3.5. Интегрирование рациональных дробей

$$1. \quad a) \int \frac{2x+3}{x^2-2x+5} dx; \quad б) \int \frac{8x-2}{x^3+x^2-2x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2-2x+1}{x^3-2x^2+x} dx; \quad г) \int \frac{x^5+7x^3+x^2+12x+1}{x^4+5x^2+4} dx.$$

$$2. \quad a) \int \frac{3x+2}{x^2+2x+5} dx; \quad б) \int \frac{4x^2-11x+3}{x^3-4x^2+3x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2+4x+1}{x^3+2x^2+x} dx; \quad г) \int \frac{x^5+6x^3+x^2+5x+3}{x^4+4x^2+3} dx.$$

$$3. \quad a) \int \frac{1-2x}{x^2-2x+2} dx; \quad б) \int \frac{5x-3}{x^3-2x^2-3x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2-5x+4}{x^3-4x^2+4x} dx; \quad г) \int \frac{x^5+5x^3+x^2+4x+2}{x^4+3x^2+2} dx.$$

$$4. \quad a) \int \frac{2-3x}{x^2+2x+2} dx; \quad б) \int \frac{2x^2+3x+3}{x^3+2x^2-3x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2+7x+4}{x^3+4x^2+4x} dx; \quad г) \int \frac{x^5+7x^3+x^2+10x+3}{x^4+5x^2+6} dx.$$

$$5. \quad a) \int \frac{3-2x}{x^2+4x+5} dx; \quad б) \int \frac{4x^2-7x+2}{x^3-3x^2+2x} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2 - 8x + 9}{x^3 - 6x^2 + 9x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 8x^3 + x^2 + 16x + 2}{x^4 + 6x^2 + 8} dx.$$

$$6. a) \int \frac{3x - 4}{x^2 + 4x + 5} dx;$$

$$b) \int \frac{8x - 6}{x^3 + x^2 - 6x} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2 + 10x + 9}{x^3 + 6x^2 + 9x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 9x^3 + x^2 + 20x + 3}{x^4 + 7x^2 + 12} dx.$$

$$7. a) \int \frac{5 + 2x}{x^2 - 6x + 10} dx;$$

$$b) \int \frac{4x^2 - 6}{x^3 - x^2 - 6x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2 - 2x + 1}{x^3 - 2x^2 + x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 6x^3 + x^2 + 8x + 1}{x^4 + 5x^2 + 4} dx.$$

$$8. a) \int \frac{2 - 5x}{x^2 + 6x + 10} dx;$$

$$b) \int \frac{4x^2 - 7x - 3}{x^3 - 2x^2 - 3x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2 + 5x + 1}{x^3 + 2x^2 + x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 6x^3 - x^2 + 5x - 3}{x^4 + 4x^2 + 3} dx.$$

$$9. a) \int \frac{1 - 4x}{x^2 - 2x + 10} dx;$$

$$b) \int \frac{4x^2 - 4x - 2}{x^3 - x^2 - 2x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2 - 7x + 4}{x^3 - 4x^2 + 4x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 5x^3 - x^2 + 4x - 2}{x^4 + 3x^2 + 2} dx.$$

$$10. a) \int \frac{5x + 3}{x^2 + 2x + 10} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2 - 6x - 2}{x^3 + x^2 - 2x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2 + 9x + 4}{x^3 + 4x^2 + 4x} dx;$$

$$e) \int \frac{x^5 + 7x^3 - x^2 + 10x - 3}{x^4 + 5x^2 + 6} dx.$$

$$11. a) \int \frac{5x+2}{x^2-6x+13} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-3x-3}{x^3-4x^2+3x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+8x^3-x^2+16x-2}{x^4+6x^2+8} dx.$$

$$12. a) \int \frac{4-2x}{x^2+6x+13} dx;$$

$$b) \int \frac{2-3x}{x^3-3x^2+2x} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2+8x+9}{x^3+6x^2+9x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+9x^3+x^2+18x+4}{x^4+7x^2+12} dx.$$

$$13. a) \int \frac{3x-1}{x^2-4x+8} dx;$$

$$b) \int \frac{-8x-6}{x^3-x^2-6x} dx;$$

$$e) \int \frac{3x^2-3x+2}{x^3-2x^2+x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+6x^3-x^2+8x-1}{x^4+5x^2+4} dx.$$

$$14. a) \int \frac{3x-5}{x^2+4x+8} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-6x-6}{x^3+x^2-6x} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2+5x+1}{x^3+2x^2+x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+5x^3+2x^2+4x+6}{x^4+4x^2+3} dx.$$

$$15. a) \int \frac{2x+3}{x^2-4x+13} dx;$$

$$b) \int \frac{-5x-3}{x^3+2x^2-3x} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2-4x+4}{x^3-4x^2+4x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+4x^3+2x^2+3x+4}{x^4+3x^2+2} dx.$$

$$16. a) \int \frac{3x-7}{x^2+4x+13} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-3x+2}{x^3-3x^2+2x} dx;$$



$$17. a) \int \frac{2x+1}{x^2-6x+18} dx;$$

$$б) \int \frac{2x^2+6x-6}{x^3-x^2-6x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2-7x+9}{x^3-6x^2+9x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+4x^3+x^2+2}{x^4+6x^2+8} dx.$$

$$18. a) \int \frac{2x-1}{x^2+6x+18} dx;$$

$$б) \int \frac{2x^2-3x+3}{x^3-2x^2-3x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2+7x+9}{x^3+6x^2+9x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+9x^3-x^2+20x-3}{x^4+7x^2+12} dx.$$

$$19. a) \int \frac{3x-4}{x^2-2x+17} dx;$$

$$б) \int \frac{4x^2+2}{x^3+x^2-2x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2-x+1}{x^3-2x^2+x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+6x^3+x^2+5x+4}{x^4+5x^2+4} dx.$$

$$20. a) \int \frac{4x+3}{x^2+2x+17} dx;$$

$$б) \int \frac{2x^2-9x+3}{x^3-4x^2+3x} dx;$$

$$в) \int \frac{3x^2+6x+1}{x^3+2x^2+x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+5x^3-2x^2+4x-6}{x^4+4x^2+3} dx.$$

$$21. a) \int \frac{3x-4}{x^2-4x+20} dx;$$

$$б) \int \frac{2x-2}{x^3-2x^2-3x} dx;$$

$$в) \int \frac{3x^2-9x+8}{x^3-4x^2+4x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+4x^3-2x^2+3x-4}{x^4+3x^2+2} dx.$$

$$22. a) \int \frac{3x+2}{x^2+4x+20} dx;$$

$$б) \int \frac{4x^2+7x-3}{x^3+2x^2-3x} dx;$$

$$в) \int \frac{2x^2+3x+4}{x^3+4x^2+4x} dx;$$

$$г) \int \frac{x^5+7x^3-x^2+12x-2}{x^4+5x^2+6} dx.$$

$$23. a) \int \frac{2x+3}{x^2-4x+29} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-2x+6}{x^3+x^2-6x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+8x^3+x^2+12x+4}{x^4+6x^2+8} dx.$$

$$24. a) \int \frac{2x-3}{x^2+4x+29} dx;$$

$$e) \int \frac{5x+9}{x^3+6x^2+9x} dx;$$

$$b) \int \frac{3x^2+2x+6}{x^3-x^2-6x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+5x^3+x^2+4x+3}{x^4+7x^2+12} dx.$$

$$25. a) \int \frac{4x-7}{x^2-2x+26} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2-5x+1}{x^3-2x^2+x} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2+9x-3}{x^3+2x^2-3x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-4}{x^4+5x^2+4} dx.$$

$$26. a) \int \frac{4x+5}{x^2+2x+26} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2+2x+1}{x^3+2x^2+x} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-x-2}{x^3-3x^2+2x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+6x^3+7x}{x^4+4x^2+3} dx.$$

$$27. a) \int \frac{5x-1}{x^2-6x+25} dx;$$

$$e) \int \frac{2x^2-9x+4}{x^3-4x^2+4x} dx;$$

$$b) \int \frac{2x^2-9x-3}{x^3-2x^2-3x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+2x^3+2x^2+x+4}{x^4+3x^2+2} dx.$$

$$28. a) \int \frac{5x-3}{x^2+6x+25} dx;$$

$$e) \int \frac{x^2+3x+8}{x^3+4x^2+4x} dx;$$

$$b) \int \frac{6x^2+2x-2}{x^3+x^2-2x} dx;$$

$$z) \int \frac{x^5+3x^3+x^2+2}{x^4+5x^2+6} dx.$$

$$29. a) \int \frac{4x-3}{x^2-8x+17} dx;$$

$$b) \int \frac{4x^2-6}{x^3+x^2-6x} dx;$$

$$\begin{array}{ll}
\text{е)} \int \frac{x^2 - 11x + 18}{x^3 - 6x^2 + 9x} dx; & \text{з)} \int \frac{x^5 + 8x^3 - x^2 + 12x - 4}{x^4 + 6x^2 + 8} dx. \\
30. \text{ а)} \int \frac{2x + 7}{x^2 + 8x + 17} dx; & \text{б)} \int \frac{x + 3}{x^3 - 4x^2 + 3x} dx; \\
\text{е)} \int \frac{x^2 + 7x + 18}{x^3 + 6x^2 + 9x} dx; & \text{з)} \int \frac{x^5 + 9x^3 - x^2 + 18x - 4}{x^4 + 7x^2 + 12} dx.
\end{array}$$

3.6. Интегрирование тригонометрических функций

$$\begin{array}{lll}
1. \text{ а)} \int \cos^2 \frac{x}{3} dx; & \text{б)} \int \cos^3 x \cdot \sin^2 x dx; & \text{в)} \int \sin 4x \cdot \cos 5x dx. \\
2. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{3} dx; & \text{б)} \int \sin^3 x \cdot \cos^2 x dx; & \text{в)} \int \sin 3x \cdot \sin 7x dx. \\
3. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{2} \cdot \cos^2 \frac{x}{2} dx; & \text{б)} \int \cos^3 x \sqrt{\sin x} dx; & \text{в)} \int \cos 3x \cdot \cos 8x dx. \\
4. \text{ а)} \int \cos^2 \frac{x}{5} dx; & \text{б)} \int \sin^3 x \cdot \sqrt{\cos x} dx; & \text{в)} \int \sin 7x \cdot \cos 5x dx. \\
5. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{5} dx; & \text{б)} \int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[3]{\sin^2 x}}; & \text{в)} \int \sin 6x \cdot \sin 2x dx. \\
6. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{4} \cdot \cos^2 \frac{x}{4} dx; & \text{б)} \int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt{\cos x}}; & \text{в)} \int \cos 5x \cdot \cos 7x dx \\
7. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{6} dx; & \text{б)} \int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[3]{\cos^2 x}}; & \text{в)} \int \cos 4x \cdot \cos 7x dx. \\
9. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{x}{6} \cdot \cos^2 \frac{x}{6} dx; & \text{б)} \int \cos^3 x \cdot \sin^4 x dx; & \text{в)} \int \cos 7x \cdot \sin 4x dx. \\
10. \text{ а)} \int \cos^2 \frac{2x}{5} dx; & \text{б)} \int \sin^3 x \cdot \cos^4 x dx; & \text{в)} \int \sin 11x \cdot \sin 5x dx. \\
11. \text{ а)} \int \sin^2 \frac{2x}{5} dx; & \text{б)} \int \cos^3 x \cdot x \sqrt[4]{\sin^3 x} dx; & \text{в)} \int \cos 9x \cdot \cos 6x dx.
\end{array}$$

12. a) $\int \sin^2 \frac{x}{5} \cdot \cos^2 \frac{x}{5} dx$; б) $\int \sin^3 x \sqrt[3]{\cos^2 x} dx$; в) $\int \cos 6x \cdot \sin 4x dx$.
13. a) $\int \cos^2 \frac{x}{7} dx$; б) $\int \cos^3 x \cdot \sqrt[3]{\sin x} dx$; в) $\int \sin 12x \cdot \cos 8x dx$.
14. a) $\int \sin^2 \frac{x}{7}$; б) $\int \sin^3 x \cdot \sqrt[4]{\cos x} dx$; в) $\int \cos 8x \cdot \cos 5x dx$.
15. a) $\int \sin^2 \frac{x}{7} \cdot \cos^2 \frac{x}{7} dx$; б) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x \sqrt{\sin x}}$; в) $\int \sin 7x \cdot \cos 3x dx$.
16. a) $\int \cos^2 \frac{x}{8} dx$; б) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\cos x \sqrt{\cos x}}$; в) $\int \sin 5x \cdot \sin 8x dx$.
17. a) $\int \sin^2 \frac{x}{8} dx$; б) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[5]{\sin^4 x}}$; в) $\int \cos 7x \cdot \cos 10x dx$.
18. a) $\int \sin^2 \frac{x}{8} \cdot \cos^2 \frac{x}{8} dx$; б) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}$; в) $\int \cos 5x \cdot \sin 6x dx$.
19. a) $\int \cos^2 \frac{x}{9} dx$; б) $\int \cos^3 x \cdot \sqrt[7]{\sin^4 x} dx$; в) $\int \sin 7x \cdot \sin 11x dx$.
20. a) $\int \sin^2 \frac{x}{9} dx$; б) $\int \sin^3 x \cdot \sqrt[7]{\cos^4 x} dx$; в) $\int \cos 9x \cdot \cos 11x dx$.
21. a) $\int \sin^2 \frac{x}{9} \cdot \cos^2 \frac{x}{9} dx$; б) $\int \cos^3 x \cdot \sqrt[5]{\sin^4 x} dx$; в) $\int \cos 11x \cdot \sin 5x dx$.
22. a) $\int \cos^2 \frac{2x}{3} dx$; б) $\int \sin^3 x \cdot \sqrt[5]{\cos^4 x} dx$; в) $\int \sin 12x \cdot \sin 7x dx$.
23. a) $\int \sin^2 \frac{2x}{3} dx$; б) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x \sqrt{\sin x}}$; в) $\int \cos 13x \cdot \cos 5x dx$.
24. a) $\int \sin^2 \frac{2x}{3} \cdot \cos^2 \frac{2x}{3} dx$; б) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\cos x \cdot \sqrt[3]{\cos x}}$; в) $\int \cos 9x \cdot \sin 4x dx$.
25. a) $\int \cos^2 \frac{3x}{4} dx$; б) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[4]{\sin^3 x}}$; в) $\int \sin 13x \cdot \sin 8x dx$.
26. a) $\int \sin^2 \frac{3x}{4} dx$; б) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[4]{\cos^3 x}}$; в) $\int \sin 12x \cdot \sin 8x dx$.

$$27. \quad a) \int \sin^2 \frac{3x}{4} \cdot \cos^2 \frac{3x}{4} dx; \quad \bar{b}) \int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}; \quad \bar{e}) \int \sin 5x \cdot \cos 8x dx.$$

$$28. \quad a) \int \cos^2 \frac{3x}{5} dx; \quad \bar{b}) \int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}; \quad \bar{e}) \int \sin 14x \cdot \sin 9x dx.$$

$$29. \quad a) \int \sin^2 \frac{3x}{5} dx; \quad \bar{b}) \int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[6]{\sin^5 x}}; \quad \bar{e}) \int \cos 15x \cdot \cos 11x dx.$$

$$30. \quad a) \int \sin^2 \frac{3x}{5} \cdot \cos^2 \frac{3x}{5} dx; \quad \bar{b}) \int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[6]{\cos^5 x}}; \quad \bar{e}) \int \sin 9x \cdot \cos 3x dx.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный
университет»

**Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова**

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ | 5 |
| 1. 1. Понятия определенного интеграла..... | 5 |
| 1. 2. Свойства определенного интеграла | 5 |
| 1. 3. Вычисление определенного интеграла | 6 |
| 2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ..... | 8 |
| 2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку | 8 |
| 2. 2. Интеграл от разрывной функции..... | 10 |
| 3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ
ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА | 12 |
| 3. 1. Площадь плоской фигуры | 12 |
| 3.2. Объем тела вращения | 23 |
| 3.3. Длина дуги плоской кривой..... | 27 |
| 4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ | 30 |
| 4. 1. Вычисление определенных интегралов..... | 30 |
| 4. 2. Несобственные интегралы | 36 |
| 4. 3. Площадь | 40 |
| 4. 4. Объем тела вращения | 46 |
| 4. 5. Длина дуги плоской кривой | 47 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 53 |

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Определенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, некоторые приложения к геометрическим задачам, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. ОПРЕДЕЛЁННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Понятие определённого интеграла

Определённым интегралом функции $f(x)$ по отрезку $[a; b]$ является

число, обозначаемое символом $\int_a^b f(x)dx$ и определяемое как предел инте-

гральной суммы функции на заданном отрезке, а именно

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{\max \Delta x_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(\bar{x}_i) \Delta x_i,$$

где $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$; $\bar{x}_i \in (x_{i-1}, x_i)$, $i = 1, \dots, n$; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$.

1.2. Свойства определённого интеграла

$$1. \int_a^b A \cdot f(x)dx = A \cdot \int_a^b f(x)dx, \quad A = \text{const};$$

$$2. \int_a^b [f(x) \pm g(x)]dx = \int_a^b f(x)dx \pm \int_a^b g(x)dx;$$

$$3. \int_a^b f(x)dx = \int_a^c f(x)dx + \int_c^b f(x)dx, \quad c \in (a; b).$$

1. 3. Вычисление определённого интеграла

1. Для вычисления определённого интеграла используется формула Ньютона-Лейбница:

$$\int_a^b f(x)dx = F(x) \Big|_a^b = F(b) - F(a),$$

где $F(x)$ – первообразная функции $f(x)$.

2. Если для нахождения первообразной используется введение новой переменной $x = \varphi(t)$ (замена переменной), то

$$\int_a^b f(x)dx = \int_{t(a)}^{t(b)} f[\varphi(t)] \cdot \varphi'(t)dt,$$

где $t(a)$ и $t(b)$ новые пределы интегрирования, соответствующие переменной t .

При подстановке $u = u(x)$ формула замены переменной имеет вид

$$\int_a^b f[u(x)]u'(x)dx = \int_{u(a)}^{u(b)} f(u)du.$$

3. Формула интегрирования по частям для определённого интеграла принимает вид

$$\int_a^b u dv = uv \Big|_a^b - \int_a^b v du.$$

Примеры

$$1. \int_0^4 \sqrt{x} dx = \int_0^4 x^{\frac{1}{2}} dx = \frac{x^{\frac{1}{2}+1}}{\frac{1}{2}+1} \Big|_0^4 = \frac{2x^{\frac{3}{2}}}{3} \Big|_0^4 = \frac{2 \cdot 4^{\frac{3}{2}}}{3} - \frac{2 \cdot 0^{\frac{3}{2}}}{3} = \frac{2 \cdot 8}{3} = \frac{16}{3}.$$

$$2. \int_0^{\frac{\pi}{2}} 7 \cos 3x dx = 7 \cdot \frac{1}{3} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos 3x d3x = \frac{7 \cdot \sin 3x}{3} \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{7}{3} \left(\sin \frac{3\pi}{2} - \sin 0 \right) = -\frac{7}{3}.$$

$$3. \int_1^e \frac{\ln x}{x} dx = \int_1^e \ln x \frac{dx}{x} = \int_1^e \ln x d \ln x = \frac{\ln^2 dx}{2} \Big|_1^e = \frac{\ln^2 e}{2} - \frac{\ln^2 1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{0}{2} = \frac{1}{2}.$$

$$4. \int_1^4 \frac{\sqrt{x} dx}{1 + \sqrt{x^3}} = \left[\begin{array}{l} \sqrt{x} = t, \\ x = t^2, \\ dx = (t^2)' dt = 2t dt, \\ t(1) = \sqrt{1} = 1; t(4) = \sqrt{4} = 2 \end{array} \right] = \int_1^2 \frac{t \cdot 2t dt}{1 + t^3} = 2 \int_1^2 \frac{t^2 dt}{1 + t^3} =$$

$$= \frac{2}{3} \int_1^2 \frac{3t^2 dt}{1 + t^3} = \frac{2}{3} \int_1^2 \frac{d(1 + t^3)}{1 + t^3} = \frac{2}{3} \ln |1 + t^3| \Big|_1^2 = \frac{2}{3} (\ln |1 + 8| - \ln |1 + 1|) = \frac{2}{3} \ln \frac{9}{2}.$$

2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку

Пусть функция $y = f(x)$ определена и непрерывна на промежутке

$[a; +\infty)$. Предел $\lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx$ называют несобственным интегралом первого

рода и обозначают $\int_a^{+\infty} f(x) dx$, т. е.

$$\int_a^{+\infty} f(x) dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx.$$

Если существует конечный предел $\lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx$, то говорят, что инте-

грал $\int_a^{+\infty} f(x) dx$ сходится; если указанный предел не существует или равен

бесконечности, интеграл $\int_a^{+\infty} f(x) dx$ является расходящимся.

Аналогично определяют и другие интегралы по бесконечному промежутку

$$\int_{-\infty}^b f(x) dx = \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_a^b f(x) dx$$

и

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \int_{-\infty}^c f(x) dx + \int_c^{+\infty} f(x) dx.$$

В последнем случае интеграл является сходящимся, если сходятся оба интеграла, его составляющие.

Примеры

Найти несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$\begin{aligned}
 1. \int_2^{\infty} \frac{dx}{x^2 - 4x + 13} &= \lim_{b \rightarrow \infty} \int_2^b \frac{dx}{x^2 - 4x + 13} = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_2^b \frac{dx}{(x-2)^2 + 9} = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_2^b \frac{d(x-2)}{(x-2)^2 + 9} = \\
 &= \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{1}{3} \operatorname{arctg} \frac{x-2}{3} \Big|_2^b = \frac{1}{3} \lim_{b \rightarrow \infty} \left(\operatorname{arctg} \frac{b-2}{3} - \operatorname{arctg} 0 \right) = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6},
 \end{aligned}$$

интеграл сходится.

$$\begin{aligned}
 2. \int_e^{\infty} \frac{\sqrt{\ln x}}{x} &= \lim_{b \rightarrow \infty} \int_e^b \frac{\sqrt{\ln x}}{x} dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_e^b (\ln x)^{\frac{1}{2}} d(\ln x) = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{(\ln x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \Big|_e^b = \\
 &= \frac{2}{3} \lim_{b \rightarrow \infty} \sqrt{(\ln x)^3} \Big|_e^b = \frac{2}{3} \lim_{b \rightarrow \infty} \left(\sqrt{(\ln b)^3} - \sqrt{(\ln e)^3} \right) = \infty,
 \end{aligned}$$

интеграл расходится.

$$\begin{aligned}
3. \int_{-\infty}^1 \frac{dx}{(x-2)^3} &= \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_a^1 \frac{dx}{(x-2)^3} = \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_a^1 \frac{d(x-2)}{(x-2)^3} = \\
&= \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_a^1 (x-2)^{-3} d(x-2) = \lim_{a \rightarrow -\infty} \left. \frac{(x-2)^{-2}}{-2} \right|_a^1 = -\frac{1}{2} \lim_{a \rightarrow -\infty} \left. \frac{1}{(x-2)^2} \right|_a^1 = \\
&= -\frac{1}{2} \lim_{a \rightarrow -\infty} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{(a-2)^2} \right) = -\frac{1}{2},
\end{aligned}$$

интеграл сходится.

2. 2. Интеграл от разрывной функции

Пусть функция $y = f(x)$ определена и непрерывна на промежутке $[a; b)$,

точка $x = b$ является точкой разрыва второго рода. Предел $\lim_{\xi \rightarrow 0} \int_a^{b-\xi} f(x) dx$

называют несобственным интегралом второго рода и обозначают $\int_a^b f(x) dx$,

т. е.

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_a^{b-\xi} f(x) dx.$$

Если существует конечный предел $\lim_{\xi \rightarrow 0} \int_a^{b-\xi} f(x) dx$, интеграл является

сходящимся.

Если же указанный предел не существует или равен бесконечности, то

говорят, что интеграл $\int_a^b f(x) dx$ расходится.

Если функция $y = f(x)$ непрерывна на промежутке $(a; b]$, а точка $x = a$ является точкой разрыва второго рода, то

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_{a+\xi}^b f(x) dx.$$

Если точка $x = c$ является точкой разрыва второго рода функции $y = f(x)$, где $c \in (a, b)$, то

$$\int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx.$$

В последнем случае $\int_a^b f(x) dx$ будет сходящимся, если сойдется оба интеграла в правой части.

Примеры

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$\begin{aligned} 1. \int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}} &= \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_4^{5-\xi} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}} = \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_4^{5-\xi} (x-5)^{-\frac{1}{3}} d(x-5) = \\ &= \lim_{\xi \rightarrow 0} \left. \frac{(x-5)^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{3}} \right|_4^{5-\xi} = \frac{3}{2} \lim_{\xi \rightarrow 0} \left. \sqrt[3]{(x-5)^2} \right|_4^{5-\xi} = \\ &= \frac{3}{2} \lim_{\xi \rightarrow 0} \left(\sqrt[3]{(5-\xi-5)^2} - \sqrt[3]{(4-5)^2} \right) = \frac{3}{2} \lim_{\xi \rightarrow 0} \left(\sqrt[3]{\xi^2} - \sqrt[3]{1} \right) = -\frac{3}{2}, \end{aligned}$$

интеграл сходится.

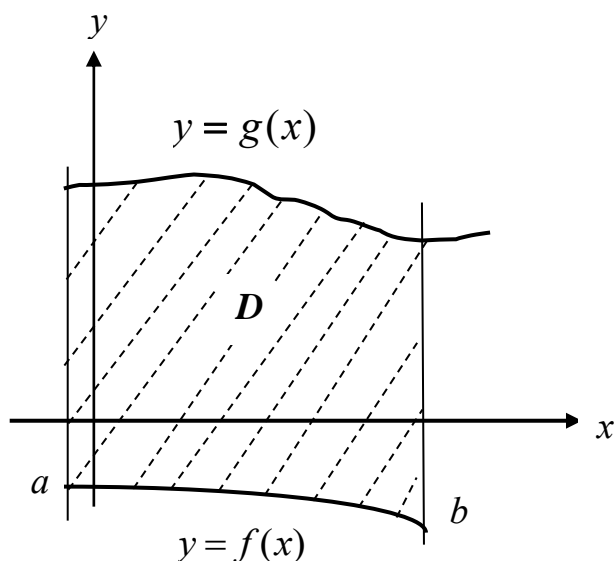
$$\begin{aligned}
2. \int_{-2}^0 \frac{x^2 dx}{x^3 + 8} &= \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_{-2+\xi}^0 \frac{x^2 dx}{x^3 + 8} = \lim_{\xi \rightarrow 0} \int_{-2+\xi}^0 \frac{\frac{1}{3} d(x^3 + 8)}{x^3 + 8} = \\
&= \frac{1}{3} \lim_{\xi \rightarrow 0} \ln|x^3 + 8| \Big|_{-2+\xi}^0 = \frac{1}{3} \lim_{\xi \rightarrow 0} (\ln 8 - \ln|(-2 + \xi)^3 + 8|) = \\
&= \frac{1}{3} \lim_{\xi \rightarrow 0} (\ln 8 - \ln(-8 + 12\xi - 6\xi^2 + \xi^3 + 8)) = \\
&= \frac{1}{3} \lim_{\xi \rightarrow 0} (\ln 8 - \ln(12\xi - 6\xi^2 + \xi^3)) = \infty,
\end{aligned}$$

интеграл расходится.

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЁННОГО ИНТЕГРАЛА

3. 1. Площадь плоской фигуры

а) Площадь криволинейной трапеции D , ограниченной кривыми $y = f(x)$, $y = g(x)$, где $f(x) \leq g(x)$ и прямыми $x = a$ и $x = b$, где $a < b$ (см. рис.),



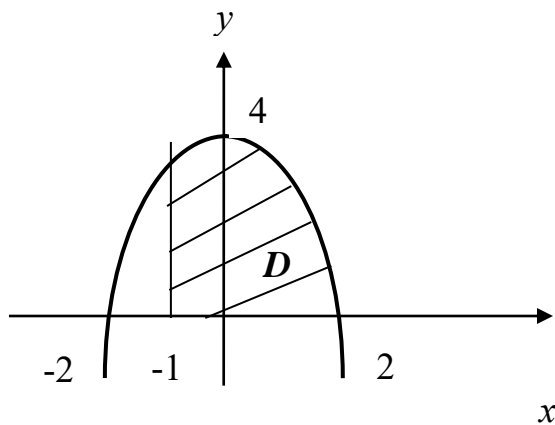
находится по формуле

$$S = \int_a^b (g(x) - f(x)) dx.$$

Примеры

1. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями: $y = 4 - x^2$; $x = -1$; $y = 0$.

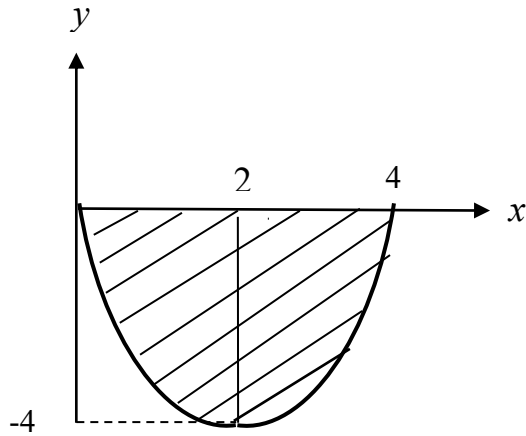
Построим фигуру. Верхняя граница: $y = 4 - x^2$, нижняя граница: $y = 0$, левая граница $x = -1$, правая граница $x = 2$.



Найдем площадь:

$$\begin{aligned} S &= \int_{-1}^2 (4 - x^2 - 0) dx = 4x \Big|_{-1}^2 - \frac{x^3}{3} \Big|_{-1}^2 = \\ &= 4(2 + 1) - \frac{1}{3}(8 + 1) = 12 - 3 = 9 \text{ ед}^2. \end{aligned}$$

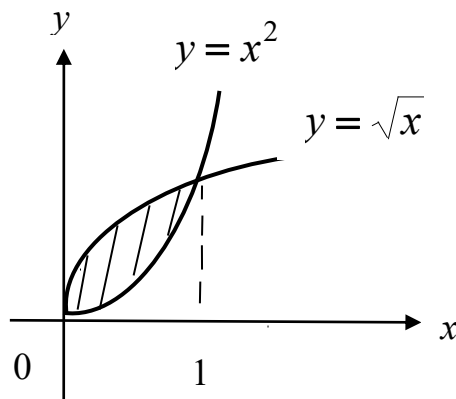
2. Найти площадь фигуры: $y = x^2 - 4x$; $y = 0$.



$$S = \int_0^4 (0 - (x^2 - 4x)) dx = \int_0^4 (-x^2 + 4x) dx =$$

$$= -\frac{x^3}{3} \Big|_0^4 + \frac{4x^2}{2} \Big|_0^4 = -\frac{64}{3} + 32 = \frac{160}{3} \text{ eд}^2.$$

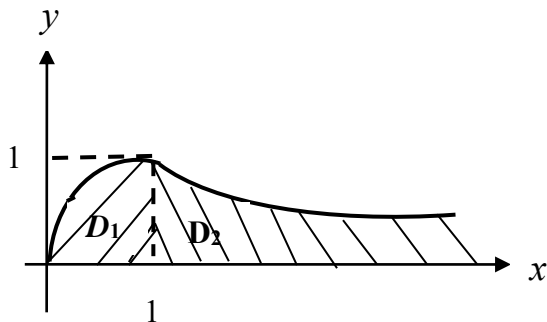
3. Найти площадь фигуры: $y = x^2$; $y = \sqrt{x}$.



$$S = \int_0^1 (\sqrt{x} - x^2) dx = \int_0^1 x^{\frac{1}{2}} dx - \int_0^1 x^2 dx =$$

$$= \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \Big|_0^1 - \frac{x^3}{3} \Big|_0^1 = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ eд}^2.$$

4. Найти площадь: $y = \sqrt{x}$, $y = \frac{1}{x^2}$, $y = 0$.



Найдем площадь как сумму площадей двух фигур D_1 и D_2 .

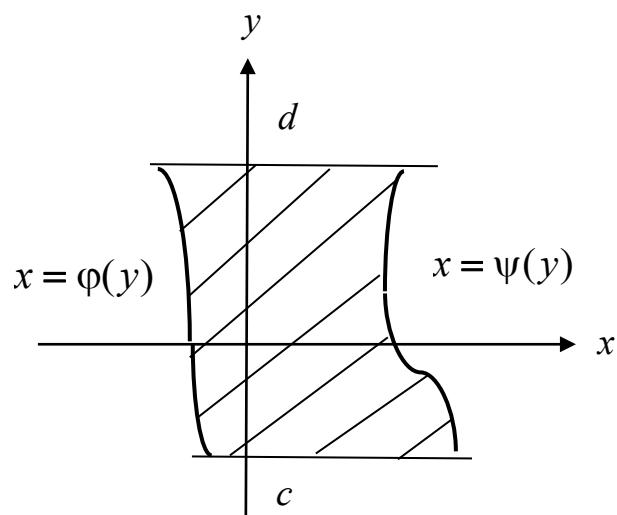
$$S_1 = \int_0^1 \sqrt{x} dx = \int_0^1 x^{\frac{1}{2}} dx = \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \Big|_0^1 = \frac{2}{3} x^{\frac{3}{2}} \Big|_0^1 = \frac{2}{3} e\theta^2,$$

$$S_2 = \int_1^{\infty} \frac{dx}{x^2} = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_1^b x^{-2} dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{x^{-1}}{-1} \Big|_1^b = - \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{1}{x} \Big|_1^b = - \lim_{b \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{b} - 1 \right) = 1 e\theta^2,$$

$$S = S_1 + S_2 = \frac{2}{3} + 1 = \frac{5}{3} e\theta^2.$$

б) Площадь криволинейной трапеции, ограниченной линиями:

$$x = \varphi(y), \quad x = \Psi(y), \quad y = c, \quad y = d, \quad \text{где } \varphi(y) \leq \Psi(y), \quad c < d$$



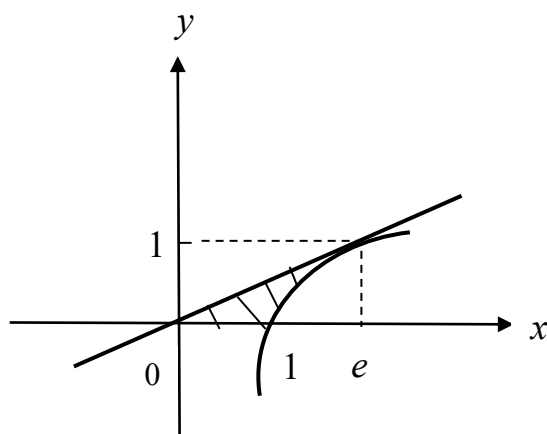
равна:

$$S = \int_c^d (\Psi(y) - \varphi(y)) dy.$$

Пример

Найти площадь фигуры: $y = \ln x$; $y = \frac{1}{e}x$; $y = 0$.

Построим область:



Запишем её границы: $y = \ln x \Rightarrow x = e^y$; $y = \frac{1}{e}x \Rightarrow x = ey$; $y = 0$, $y = 1$.

$$S = \int_0^1 (e^y - ey) dy = e^y \Big|_0^1 - e \frac{y^2}{2} \Big|_0^1 = e - 1 - \frac{e}{2} = \frac{e}{2} - 1.$$

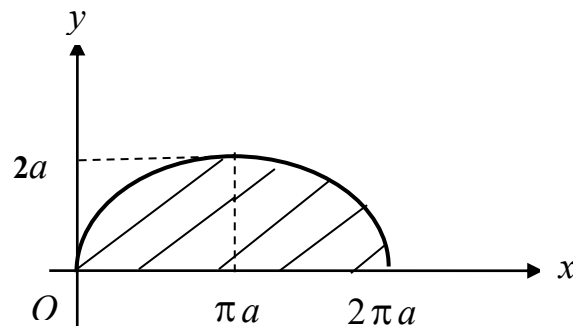
с) Если кривая задана параметрическими уравнениями $x = x(t)$, $y = y(t)$, то площадь криволинейной трапеции ограниченной этой кривой, прямыми $x = a$, $x = b$ и отрезком $[a, b]$ оси Ox , находим по формуле

$$S = \int_{\alpha}^{\beta} y(t)x'(t)dx,$$

где α и β определяются из условий $x(\alpha) = a$, $x(\beta) = b$, а $y(t) \geq 0$ при $\alpha \leq t \leq \beta$.

Пример

Найти площадь плоской фигуры, ограниченной аркой циклоиды $x = a(t - \sin t)$, $y = a(1 - \cos t)$ и осью Ox .

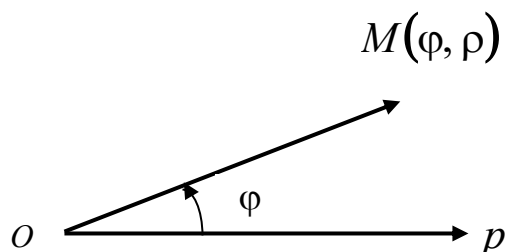


Здесь $dx = a(1 - \cos t) dt$, а t изменяется от 0 до 2π .

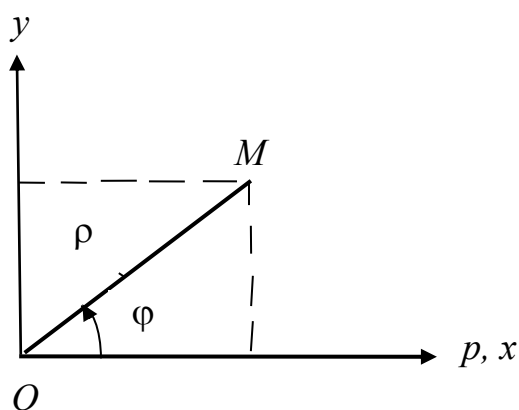
$$\begin{aligned} S &= \int_0^{2\pi} a(1 - \cos t)a(1 - \cos t)dt = a^2 \int_0^{2\pi} (1 - \cos t)^2 dt = \\ &= a^2 \int_0^{2\pi} (1 - 2\cos t + \cos^2 t)dt = a^2 \left(t \Big|_0^{2\pi} - 2\sin t \Big|_0^{2\pi} + \int_0^{2\pi} \frac{1 + \cos 2t}{2} dt \right) = \\ &= a^2 \left(2\pi + \frac{1}{2}t \Big|_0^{2\pi} + \frac{1}{4}\sin 2t \Big|_0^{2\pi} \right) = a^2(2\pi + \pi) = 3\pi a^2. \end{aligned}$$

d) Площадь фигуры, границы которой заданы в полярных координатах.

Полярная система координат состоит из точки O – полярного полюса и полярной оси Op . Положение точки M определяется двумя координатами: ρ – полярным радиусом – расстоянием от точки M до полюса O и полярным углом φ – углом между радиус-вектором точки M и полярной осью.



Переход от полярных координат к прямоугольным



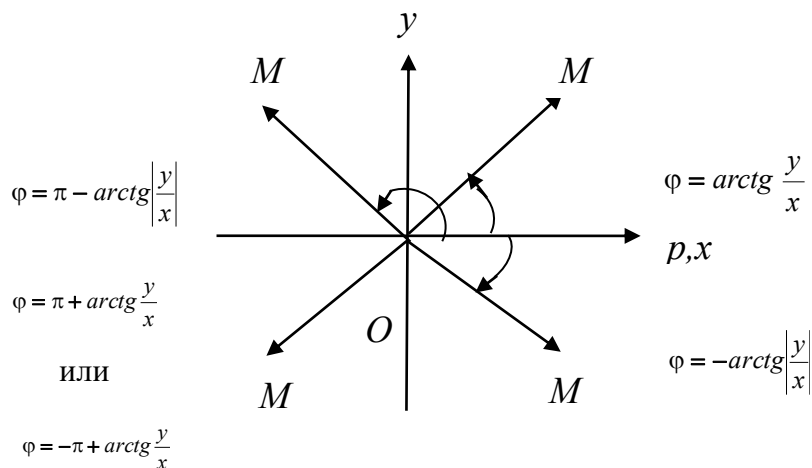
выполняется по формулам

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi, \\ y = \rho \sin \varphi. \end{cases}$$

Переход от прямоугольных координат к полярным

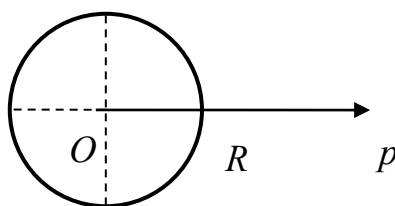
$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \\ \operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{x}. \end{cases}$$

Угол φ определяется с учетом четверти, в которой лежит точка M (см. рис.).



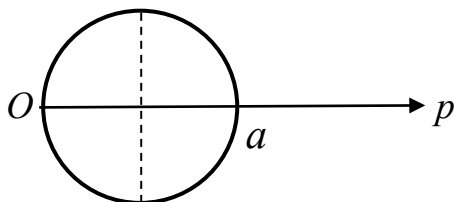
Уравнения некоторых линий в полярных координатах

а) $\rho = R$ – уравнение окружности радиуса R с центром в точке O ;



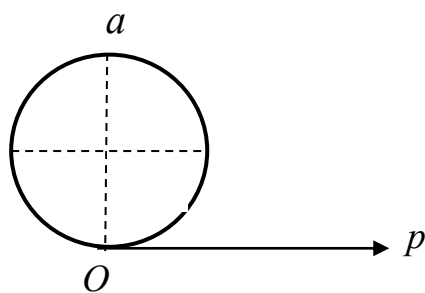
б) $\rho = a \cos \varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$

на полярной оси;

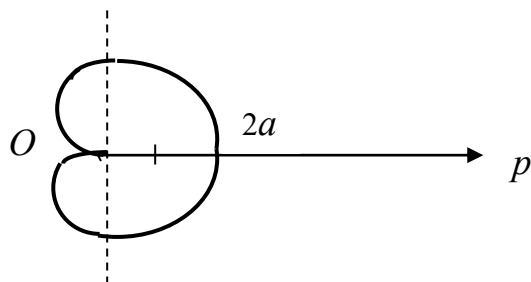


в) $\rho = a \sin \varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$

на прямой, перпендикулярной полярной оси;



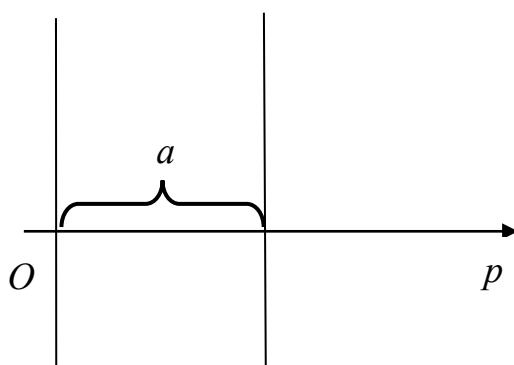
г) $\rho = a(1 + \cos \varphi)$ – уравнение кардиоиды.



Уравнения $\rho = a(1 - \cos \varphi)$; $\rho = a(1 + \sin \varphi)$; $\rho = a(1 - \sin \varphi)$ – также задают различные кардиоиды.

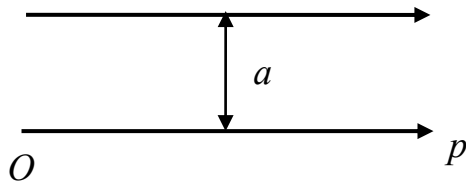
д) $\rho = \frac{a}{\cos \varphi}$ – уравнение прямой, перпендикулярной оси Op , отстоящей от

точки O на расстояние $|a|$;

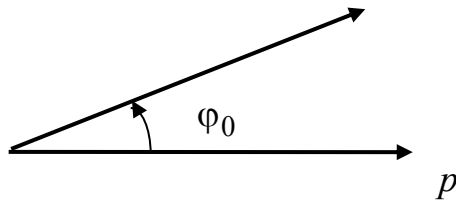


е) $\rho = \frac{a}{\sin \varphi}$ – уравнение прямой, параллельной оси Op , отстоящей от неё на

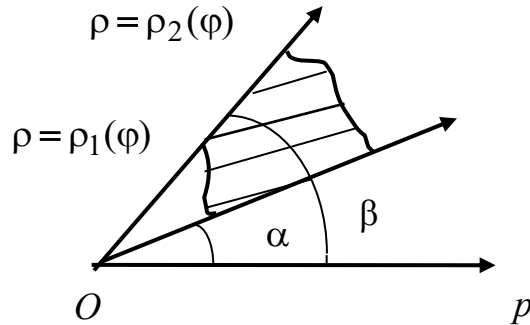
расстоянии $|a|$;



ё) $\varphi = \varphi_0$ – уравнение луча, проходящего через точку O под углом φ_0 к оси Op ;



Площадь криволинейного сектора, ограниченного кривыми $\rho = \rho_1(\varphi)$ и $\rho = \rho_2(\varphi)$, где $\rho_1(\varphi) \leq \rho_2(\varphi)$, и лучами $\varphi = \alpha$ и $\varphi = \beta$, где $\alpha < \beta$

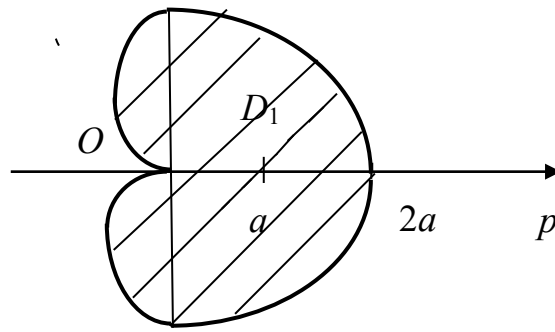


находится по формуле

$$S = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} (\rho_2^2(\varphi) - \rho_1^2(\varphi)) d\varphi.$$

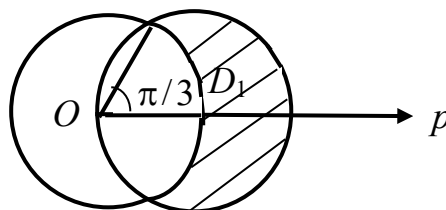
Примеры

1. Найти площадь фигуры, заключенной внутри кардиоиды $\rho = a(1 + \cos \varphi)$



$$\begin{aligned}
 S &= 2S_{D_1} = 2 \int_0^\pi \frac{1}{2} a^2 (1 + \cos \varphi)^2 d\varphi = a^2 \int_0^\pi (1 + 2\cos \varphi + \cos^2 \varphi) d\varphi = \\
 &= a^2 \left(\varphi \Big|_0^\pi + 2 \sin \varphi \Big|_0^\pi + \int_0^\pi \frac{1 + \cos 2\varphi}{2} d\varphi \right) = a^2 \left(\pi + \frac{1}{2} \varphi \Big|_0^\pi + \frac{1}{4} \sin 2\varphi \Big|_0^\pi \right) = \\
 &= a^2 \left(\pi + \frac{\pi}{2} \right) = \frac{3\pi a^2}{2} \text{ ед}^2.
 \end{aligned}$$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями $\rho = 2 \cos \varphi$; $\rho = 1$ (вне окружности $\rho = 1$).



$$S = 2S_{D_1}$$

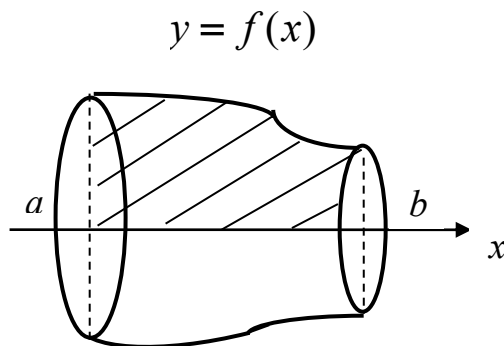
Найдем точку пересечения окружностей

$$\begin{cases} \rho = 2 \cos \varphi \\ \rho = 1 \end{cases} \Rightarrow 2 \cos \varphi = 1, \quad \cos \varphi = \frac{1}{2}, \quad \varphi = \frac{\pi}{3}.$$

$$\begin{aligned}
S &= 2 \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{3}} (4 \cos^2 \varphi - 1) d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} \left(4 \frac{1 + \cos 2\varphi}{2} - 1 \right) d\varphi = \\
&= \int_0^{\frac{\pi}{3}} (2 + 2 \cos 2\varphi - 1) d\varphi = \varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{3}} + \sin 2\varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{3}} = \\
&= \frac{\pi}{3} + \sin \frac{2\pi}{3} - \sin 0 = \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ ед}^2.
\end{aligned}$$

3. 2. Объем тела вращения

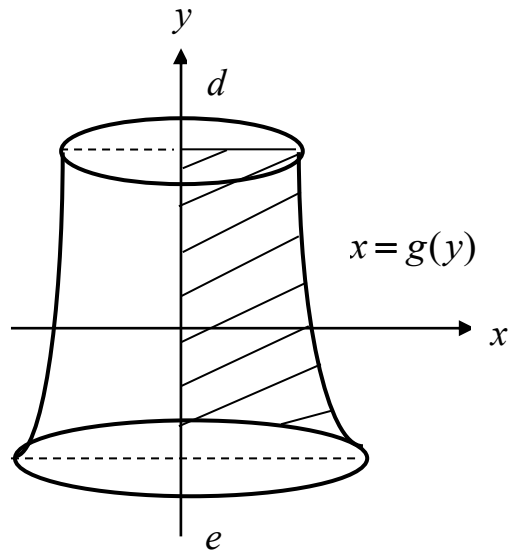
а) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $y = f(x)$, $x = a$, $x = b$, $y = 0$ ($a < b$) вокруг оси Ox



вычисляется по формуле

$$V_{Ox} = \pi \int_a^b f^2(x) dx.$$

б) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $x = g(y)$, $y = c$, $y = d$, $x = 0$ ($c < d$) вокруг оси Oy



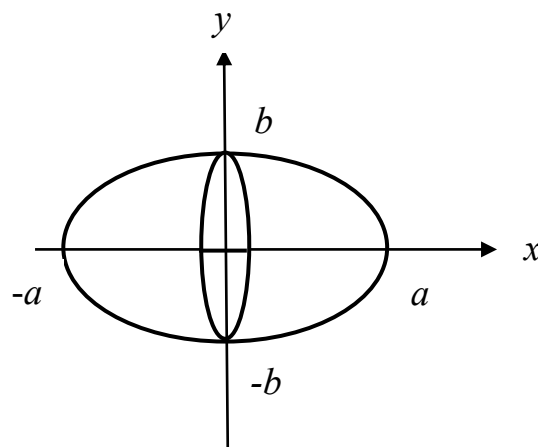
вычисляется по формуле

$$V_{Oy} = \pi \int_c^d g^2(y) dy.$$

ПРИМЕРЫ

1. Найти объем тела, полученного вращением эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ вокруг оси Ox .

Построим чертеж.



Выразим y^2 из уравнения эллипса

$$y^2 = b^2 \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right)$$

$$V_{Ox} = \pi \int_{-a}^a y^2 dx = \pi b^2 \int_{-a}^a \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right) dx = 2\pi b^2 \int_0^a \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right) dx =$$

$$= 2\pi b^2 \left(x \Big|_0^a - \frac{x^3}{3a^2} \Big|_0^a \right) = 2\pi b^2 \left(a - \frac{a}{3} \right) = \frac{4}{3} \pi a b^2 \text{ ед}^3.$$

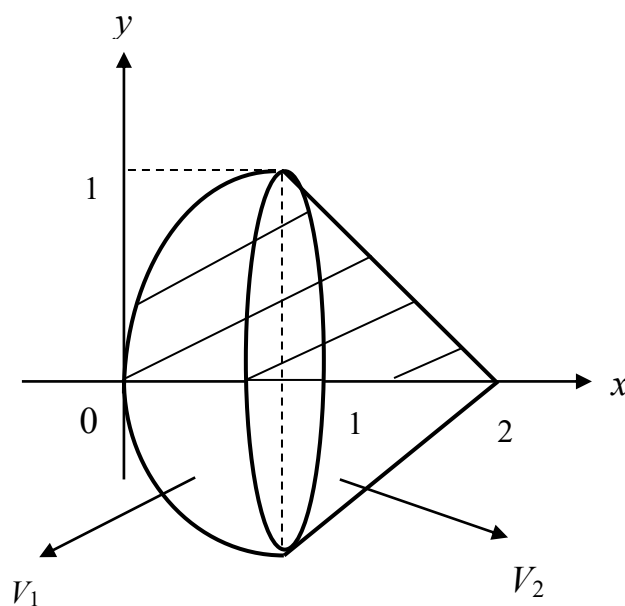
Заметим, что, если $a = b = R$, то получим объем шара

$$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \text{ ед}^3.$$

2. Найти объем тел вращения вокруг оси Ox и Oy фигуры с границами

$$y = \sqrt{x}, \quad y = 2 - x, \quad y = 0.$$

а)



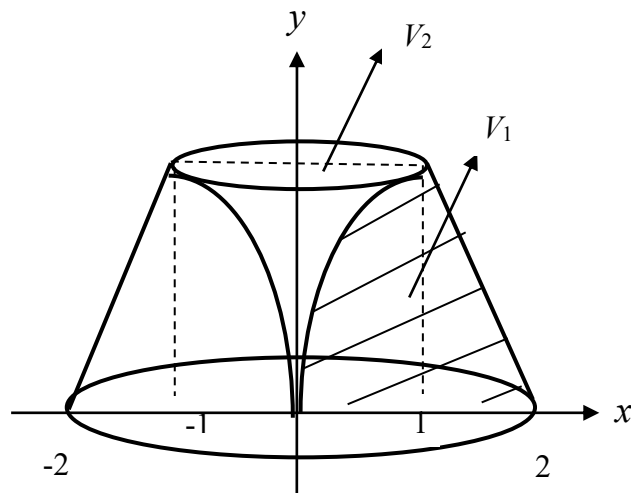
$$V_{0x} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \pi \int_0^1 (\sqrt{x})^2 dx = \pi \frac{x^2}{2} \Big|_0^1 = \frac{\pi}{2} \text{ еД}^3$$

$$V_2 = \pi \int_1^2 (2-x)^2 dx = \pi \int_1^2 (x-2)^2 d(x-2) = \pi \frac{(x-2)^3}{3} \Big|_1^2 = \frac{\pi}{3} (0 - (-1)^3) = \frac{\pi}{3} \text{ еД}^3$$

$$V_{0x} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{6} \text{ еД}^3.$$

б)



$$V_{0y} = V_1 - V_2$$

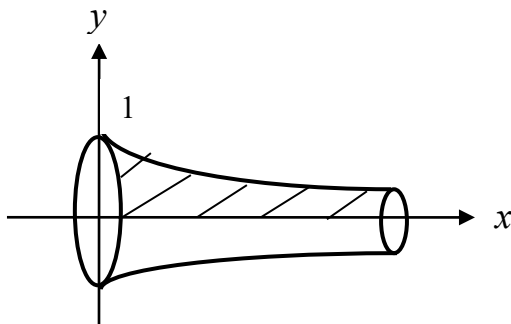
$$V_1 = \pi \int_0^1 (2-y)^2 dy = \pi \int_0^1 (y-2)^2 d(y-2) = \pi \frac{(y-2)^3}{3} \Big|_0^1 =$$

$$\frac{\pi}{3} ((-1)^3 - (-2)^3) = \frac{\pi}{3} (8 - 1) = \frac{7}{3} \pi \text{ еД}^3$$

$$V_2 = \pi \int_0^1 y^4 dy = \pi \frac{y^5}{5} \Big|_0^1 = \frac{\pi}{5} \text{ еД}^3$$

$$V_{0y} = \frac{7\pi}{3} - \frac{\pi}{5} = \frac{32\pi}{15} \text{ еД}^3.$$

3. Вычислить объем тела вращения фигуры с границами $y = e^{-x}$, $x = 0$, $y = 0$ вокруг оси Ox

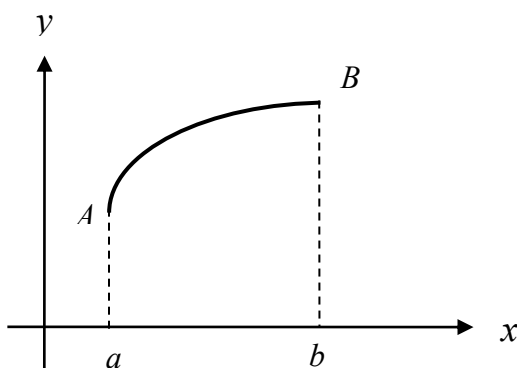


$$\begin{aligned}
 V_{ox} &= \pi \int_0^{\infty} e^{-2x} dx = -\frac{\pi}{2} \lim_{b \rightarrow \infty} \int_0^b e^{-2x} d(-2x) = -\frac{\pi}{2} \lim_{b \rightarrow \infty} e^{-2x} \Big|_0^b = \\
 &= -\frac{\pi}{2} \lim_{b \rightarrow \infty} (e^{-2b} - e^0) = \frac{\pi}{2} e^0.
 \end{aligned}$$

3.3. Длина дуги плоской кривой

а) Если кривая задана уравнением $y = f(x)$, то длина дуги кривой от точки A до точки B определяется по формуле

$$l = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx.$$



Пример

Найти длину дуги кривой: $y = \frac{1}{3}(3-x) \cdot \sqrt{x}$; $0 \leq x \leq 3$.

Найдем производную:

$$\begin{aligned} y' &= \left(\frac{1}{3}(3-x) \cdot \sqrt{x} \right)' = \frac{1}{3}(3-x)' \cdot \sqrt{x} + \frac{1}{3}(3-x) \cdot (\sqrt{x})' = \\ &= -\frac{1}{3}\sqrt{x} + \frac{1}{3}(3-x) \cdot \frac{1}{2\sqrt{x}} = \frac{-\frac{2}{3}x + 1 - \frac{1}{3}x}{2\sqrt{x}} = \frac{1-x}{2\sqrt{x}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \int_0^3 \sqrt{1 + \left(\frac{1-x}{2\sqrt{x}} \right)^2} dx = \int_0^3 \sqrt{1 + \frac{1-2x+x^2}{4x}} dx = \int_0^3 \sqrt{\frac{4x+1-2x+x^2}{4x}} dx = \\ &= \int_0^3 \sqrt{\frac{(x+1)^2}{4x}} dx = \int_0^3 \frac{x+1}{2\sqrt{x}} dx = \frac{1}{2} \int_0^3 \left(\frac{x}{\sqrt{x}} + \frac{1}{\sqrt{x}} \right) dx = \frac{1}{2} \int_0^3 \left(\sqrt{x} + \frac{1}{\sqrt{x}} \right) dx = \\ &= \frac{1}{2} \int_0^3 x^{\frac{1}{2}} dx + \frac{1}{2} \int_0^3 x^{-\frac{1}{2}} dx = \frac{1}{2} \cdot \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \Big|_0^3 + \frac{1}{2} \cdot \frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} \Big|_0^3 = \frac{1}{3} \sqrt{27} - 0 + \sqrt{3} - 0 = 2\sqrt{3}. \end{aligned}$$

b) Если кривая AB задана параметрически: $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$, $\alpha \leq t \leq \beta$, то

$$l = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{(x'_t)^2 + (y'_t)^2} dx.$$

Пример

2. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^{3t} \cos 4t \\ y = e^{3t} \sin 3t \end{cases}, 0 \leq t \leq \ln 2,$

Найдем производные x'_t и y'_t

$$x'_t = (e^{3t} \cdot \cos 4t)' = (e^{3t})' \cos 4t + e^{3t} \cdot (\cos 4t)' = 3e^{3t} \cos 4t - 4e^{3t} \sin 4t$$

$$y'_t = (e^{3t} \cdot \sin 4t)' = (e^{3t})' \sin 4t + e^{3t} \cdot (\sin 4t)' = 3e^{3t} \sin 4t + 4e^{3t} \cos 4t$$

$$(x'_t)^2 + (y'_t)^2 = (3e^{3t} \cdot \cos 4t - 4e^{3t} \cdot \sin 4t)^2 + (3e^{3t} \cdot \sin 4t + 4e^{3t} \cdot \cos 4t)^2 =$$

$$= 9e^{6t} \cos^2 4t - 24e^{6t} \cos 4t \cdot \sin 4t + 16e^{6t} \sin^2 4t + 9e^{6t} \sin^2 4t +$$

$$+ 24e^{6t} \cdot \sin 4t \cos 4t + 16e^{6t} \cos^2 4t = 25e^{6t} \cos^2 4t + 25e^{6t} \sin^2 4t =$$

$$= 25e^{6t} (\cos^2 4t + \sin^2 4t) = 25e^{6t}.$$

$$l = \int_0^{\ln 2} \sqrt{(x'_t)^2 + (y'_t)^2} dt = \int_0^{\ln 2} \sqrt{25e^{6t}} dt = \int_0^{\ln 2} 5e^{3t} dt = \frac{5}{3} e^{3t} \Big|_0^{\ln 2} =$$

$$= \frac{5}{3} e^{3 \ln 2} - \frac{5}{3} e^0 = \frac{5}{3} e^{3 \ln 2} - \frac{5}{3} e^0 = \frac{5}{3} e^{\ln 8} - \frac{5}{3} = \frac{5}{3} \cdot 8 - \frac{5}{3} = \frac{40 - 5}{3} = \frac{35}{3} = 11 \frac{2}{3};$$

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

4. 1. Вычисление определённых интегралов

Вычислить интегралы, выбрав нужный метод.

1. а) $\int_0^4 \sqrt{4x+1} dx$; б) $\int_{-2}^1 f(x) dx$, если $f(x) = \begin{cases} x^2, & -2 \leq x \leq 0 \\ 4, & 0 < x \leq 1 \end{cases}$;

в) $\int_0^{\frac{1}{4}} x e^{4x} dx$; г) $\int_2^3 \frac{dx}{x^2 - 4x + 5}$.

2. а) $\int_0^{\frac{\pi}{6}} 3 \cos 3x dx$; б) $\int_1^2 f(x) dx$, если $f(x) = \begin{cases} 0, & 1 \leq x \leq \frac{3}{2} \\ 4x - 1, & \frac{3}{2} < x < 2 \end{cases}$;

в) $\int_1^e x^2 \cdot \ln x dx$; г) $\int_{-1}^0 \frac{x dx}{\sqrt{4-5x}}$.

3. а) $\int_1^2 \frac{dx}{x(x+1)}$; б) $\int_0^{\pi} f(x) dx$, если $f(x) = \begin{cases} \sin 2x, & 0 < x \leq \frac{\pi}{2} \\ 1, & \frac{\pi}{2} < x < \pi \end{cases}$;

в) $\int_0^1 \operatorname{arctg} x dx$; г) $\int_2^5 \frac{dx}{x\sqrt{x-1}}$.

$$4. \text{ 3. а) } \int_0^{\frac{1}{5}} \frac{e^x dx}{e^{6x-1}}; \quad \text{б) } \int_{-1}^2 f(x) dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 1-x, & -1 \leq x < 0 \\ 1+x, & 0 \leq x < 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-\pi}^{\pi} x \sin \frac{x}{3} dx; \quad \text{г) } \int_1^9 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}.$$

$$5. \text{ а) } \int_8^{20} \left(\frac{x}{2} + 5 \right)^{\frac{1}{2}} dx; \quad \text{б) } \int_{-2}^2 f(x) dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 4, & -2 \leq x < 1 \\ x, & 1 \leq x < 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\pi} (x - \pi) \cos x dx; \quad \text{г) } \int_0^{\ln 2} \frac{e^x dx}{(e^x + 1)^2}.$$

$$6. \text{ а) } \int_8^{0,5} \frac{dx}{(6x-1)^2}; \quad \text{б) } \int_{-1}^1 f(x) dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 0, & -1 < x \leq 0 \\ 2x^3, & 0 < x \leq 1 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\pi} \frac{x dx}{e^{2x}}; \quad \text{г) } \int_0^{\frac{\pi}{3}} \sin^3 x dx.$$

$$7. \text{ а) } \int_{-0,5}^1 2 \sin \pi x dx; \quad \text{б) } \int_{-2}^0 f(x) dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 5, & -2 \leq x \leq -1 \\ -5x, & -1 < x \leq 0 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_1^e \frac{\ln x dx}{x^2}; \quad \text{г) } \int_0^2 \frac{x dx}{(x+1)^2}.$$

$$8. \text{ а) } \int_{-3}^0 (x+4)^{-2} dx; \quad \text{б) } \int_{-1}^2 f(x) dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} -2x, & -1 \leq x < 0 \\ 2x, & 0 \leq x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\frac{\pi}{2}} (x+4) \sin 2x dx; \quad \text{г) } \int_1^e \frac{\sqrt{\ln x}}{x} dx.$$

$$9. \text{ а) } \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{5dx}{\cos^2 x};$$

$$\text{б) } \int_{-1}^1 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 0, & -1 \leq x < 0 \\ e^{2x}, & 0 \leq x \leq 1 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{\frac{1}{e}}^1 x^2 \ln x dx;$$

$$\text{г) } \int_{-\frac{\pi}{3}}^0 \frac{\sin x dx}{\cos^3 x}.$$

$$10. \text{ а) } \int_0^{0,1} \frac{5dx}{e^{1-5x}};$$

$$\text{б) } \int_{-4}^0 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 0, & -4 \leq x < -2 \\ x^2, & -2 \leq x \leq 0 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{e-1} (x+1) \cdot \ln(x+1) dx; \quad \text{г) } \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 x dx.$$

$$11. \text{ а) } \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{16x+9}};$$

$$\text{б) } \int_0^5 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} \sqrt{x}, & 0 \leq x < 4 \\ -2, & 4 \leq x \leq 5 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{2\pi} (x+1) \cos 2x dx; \quad \text{г) } \int_{-1}^0 \frac{\operatorname{arctg} x}{x^2+1} dx.$$

$$12. \text{ а) } \int_{-1}^0 \frac{dx}{(3x+4)^2};$$

$$\text{б) } \int_0^2 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} x-1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 10, & 1 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 x e^{9x} dx;$$

$$\text{г) } \int_{-4}^{-3} \frac{dx}{x^2+8x+15}.$$

$$13. \text{ а) } \int_0^{\frac{\pi}{6}} \left(\frac{1}{2} - \sin^2 x \right) dx;$$

$$\text{б) } \int_{-2}^3 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 6x, & -1 \leq x \leq 0 \\ 0, & 1 < x \leq 3 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\pi} x \cdot \sin \frac{x}{3} dx;$$

$$\text{г) } \int_{-1}^0 \frac{dx}{3+\sqrt{x+1}}.$$

$$14. \text{ а) } \int_{0,25}^{0,5} \frac{5dx}{\sin^2 \pi x}; \quad \text{б) } \int_{-2}^2 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 6, & -2 \leq x < 0 \\ 6-x, & 0 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-1}^0 \frac{x dx}{e^x}; \quad \text{г) } \int_0^5 x \cdot \sqrt{x+4} dx.$$

$$15. \text{ а) } \int_{-\sqrt{3}}^0 \frac{\sqrt{3} dx}{x^2 + 3}; \quad \text{б) } \int_{-1}^1 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} x_1 - 1, & -1 < x \leq 0 \\ 2x, & 0 < x \leq 1 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 x \sin \frac{\pi x}{4} dx; \quad \text{г) } \int_1^2 \frac{x dx}{(2x-1)^3}.$$

$$16. \text{ а) } \int_{-1}^0 \frac{dx}{\sqrt{16-9x}}; \quad \text{б) } \int_0^{2\pi} f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} \sin x, & 0 \leq x \leq \pi \\ \frac{1}{\pi}, & \pi < x \leq 2\pi \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 (2x+1) \ln(x+1) dx; \quad \text{г) } \int_{-3}^5 x \cdot \sqrt{x+4} dx.$$

$$17. \text{ а) } \int_0^{\frac{2}{3}} \frac{dx}{\sqrt{16-9x^2}}; \quad \text{б) } \int_{-10}^0 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 0, & -10 \leq x \leq -1 \\ (x+1)^2, & -1 < x \leq 0 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-3}^{-2} (x+3) e^{x+3} dx; \quad \text{г) } \int_{-1}^0 \frac{dx}{\sqrt{x+1}+2}.$$

$$18. \text{ а) } \int_0^{4\pi} 6 \cos \frac{x}{12} dx; \quad \text{б) } \int_{-2}^2 f(x)dx, \quad \text{если } f(x) = \begin{cases} 2, & -2 \leq x \leq -1 \\ 0, & -1 < x \leq 1 \\ 4, & 1 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-\sqrt{3}}^{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} x dx; \quad \text{г) } \int_2^7 \frac{x dx}{\sqrt{x+2}}.$$

$$19. \text{ а) } \int_{-\frac{\pi}{12}}^0 12 \sin 6x dx; \quad \text{б) } \int_{-10}^{10} f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 0, & -10 \leq x \leq 0 \\ 5x, & 0 < x \leq 10 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 x e^{1-x} dx; \quad \text{г) } \int_0^1 \frac{x dx}{(x^2 + 2x + 1)^2}.$$

$$20. \text{ а) } \int_0^9 \sqrt[3]{1-x} dx; \quad \text{б) } \int_0^2 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} (x-1)^2, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & 1 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\frac{1}{2}} x \cdot \sin x dx; \quad \text{г) } \int_0^{\ln 2} \frac{dx}{e^x + 1}.$$

$$21. \text{ а) } \int_0^{2\pi} 5 \sin \frac{x}{4} dx; \quad \text{б) } \int_0^2 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} x+4, & 0 \leq x \leq 1 \\ 4, & 1 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{1-e} \ln(x+e) dx; \quad \text{г) } \int_{-1}^0 \frac{x dx}{x^2 + 6x + 9}.$$

$$22. \text{ а) } \int_0^{\ln 2} e^x (e^x + 1) dx; \quad \text{б) } \int_1^3 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 5, & 1 \leq x \leq 2 \\ 5x, & 2 < x \leq 3 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_1^{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} x dx; \quad \text{г) } \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{3}} \frac{dx}{\sin 2x}.$$

$$23. \text{ а) } \int_0^1 12(1+x)^5 dx; \quad \text{б) } \int_{-11}^1 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} e^{-x}, & -1 < x \leq 0 \\ e, & 0 < x \leq 1 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^{\frac{\pi}{3}} (3x+4) \sin x dx; \quad \text{г) } \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 x dx.$$

$$24. \text{ a) } \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}; \quad \text{б) } \int_{-1}^{\ln 3} f(x)dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} x, & -1 < x \leq 0 \\ e^x, & 0 < x \leq \ln 3 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-\frac{\pi}{4}}^0 (4x-3)\cos x dx; \quad \text{г) } \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin^3 x dx.$$

$$25. \text{ a) } \int_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} 3\sin 6x dx; \quad \text{б) } \int_{-2}^2 f(x)dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 7, & -2 \leq x \leq 0 \\ 7x, & 0 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 \frac{x dx}{e^{2x}}; \quad \text{г) } \int_5^6 \frac{dx}{(x^2 - 8x + 16)^2}.$$

$$26. \text{ a) } \int_0^{e-1} \frac{5dx}{x+1}; \quad \text{б) } \int f(x)dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} \cos 3x, & -\frac{\pi}{2} \leq x \leq 0 \\ 0, & 0 < x \leq \frac{\pi}{10} \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-0,25}^0 x e^{4x+1} dx; \quad \text{г) } \int_{-5}^3 x \cdot \sqrt[3]{x+5} dx.$$

$$27. \text{ a) } \int_5^6 \sqrt[3]{x-5} dx; \quad \text{б) } \int_1^{\frac{\pi}{2}} f(x)dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 1, & -1 \leq x \leq \frac{\pi}{6} \\ \sin 2x, & \frac{\pi}{6} < x \leq \frac{\pi}{2} \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{\frac{1}{9}}^{\frac{e}{9}} \ln 9x dx; \quad \text{г) } \int_0^{\ln 5} \frac{dx}{e^x + 4}.$$

$$28. \text{ а) } \int_{10}^{\frac{1}{2}} e^{1-0,1x} dx; \quad \text{б) } \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 0, & -\pi \leq x \leq \frac{\pi}{2} \\ \cos 2x, & \frac{\pi}{2} < x \leq \pi \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-1}^0 \operatorname{arctg} x dx; \quad \text{г) } \int_0^2 \frac{x dx}{\sqrt{4x+1}}.$$

$$29. \text{ а) } \int_0^6 \left(\frac{x}{6} + 1\right)^3 dx; \quad \text{б) } \int_{-2}^2 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 4, & -2 \leq x \leq 0 \\ 4x, & 0 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_{-\frac{1}{6}}^0 x \cdot e^{6x+1} dx; \quad \text{г) } \int_0^3 x \cdot \sqrt{4-x} dx.$$

$$30. \text{ а) } \int_0^{0,1\pi} 10 \cos 5x dx; \quad \text{б) } \int_{-10}^2 f(x) dx, \text{ если } f(x) = \begin{cases} 2, & -10 < x \leq 0 \\ 3x^2, & 0 < x \leq 2 \end{cases};$$

$$\text{в) } \int_0^1 (4-x) \cdot e^x dx; \quad \text{г) } \int_0^3 \frac{dx}{1 + \sqrt{4-x}}.$$

4. 2. Несобственные интегралы

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$1. \text{ а) } \int_1^{\infty} \frac{\operatorname{arctg} x dx}{1+x^2}; \quad \text{б) } \int_0^2 \frac{dx}{\sqrt{(2-x)^3}};$$

$$2. \text{ а) } \int_{-\infty}^1 \frac{dx}{x^2+3}; \quad \text{б) } \int_0^3 \frac{x dx}{\sqrt{9-x^2}};$$

$$3. \text{ a) } \int_{-1}^{\infty} \frac{dx}{x^2 + 2x + 2};$$

$$\text{б) } \int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[3]{(5-x)^2}};$$

$$4. \text{ a) } \int_0^{\infty} x \cdot e^{-x^2} dx;$$

$$\text{б) } \int_2^3 \frac{xdx}{x^2 - 4};$$

$$5. \text{ a) } \int_1^{\infty} \frac{\ln x}{x} dx;$$

$$\text{б) } \int_{-1}^0 \frac{x^2 dx}{x^3 + 1};$$

$$6. \text{ a) } \int_0^{\infty} \frac{xdx}{(2+x^2)^2};$$

$$\text{б) } \int_{-2}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3 + 8}};$$

$$7. \text{ a) } \int_0^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{3x+4}};$$

$$\text{б) } \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}};$$

$$8. \text{ a) } \int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln x};$$

$$\text{б) } \int_1^2 \frac{dx}{x^2 - 5x + 6};$$

$$9. \text{ a) } \int_0^{\infty} \frac{\arctg^2 x}{1+x^2} dx;$$

$$\text{б) } \int_2^3 \frac{dx}{\sqrt{(3-x)^5}};$$

$$10. \text{ a) } \int_{-\infty}^0 \frac{dx}{x^2 + 1};$$

$$\text{б) } \int_2^3 \frac{dx}{x^2 - 4x + 3};$$

$$11. \text{ a) } \int_4^{\infty} \frac{dx}{x^2 - 4x + 8};$$

$$\text{б) } \int_0^2 \frac{xdx}{\sqrt{4-x^2}};$$

$$12. \text{ a) } \int_0^{\infty} x^2 \cdot e^{-x^3} dx;$$

$$\text{б) } \int_0^2 \frac{dx}{\sqrt[4]{(2-x)^3}};$$

$$13. \text{ a) } \int_e^{\infty} \frac{\ln^2 x dx}{x};$$

$$\text{б) } \int_3^4 \frac{x dx}{x^2 - 9};$$

$$14. \text{ a) } \int_0^{\infty} \frac{x dx}{(3+x^2)^3};$$

$$\text{б) } \int_{-1}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3 + 1}};$$

$$15. \text{ a) } \int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln^2 x};$$

$$\text{б) } \int_0^2 \frac{dx}{\sqrt{4-x^2}};$$

$$16. \text{ a) } \int_2^{\infty} \frac{dx}{x^2 - 4x + 5};$$

$$\text{б) } \int_{-3}^1 \frac{dx}{(3+x)^3};$$

$$17. \text{ a) } \int_0^{\infty} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3 + 1}};$$

$$\text{б) } \int_1^3 \frac{dx}{x^2 - 2x - 3};$$

$$18. \text{ a) } \int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2 - 6x + 10};$$

$$\text{б) } \int_0^2 \frac{dx}{(x-2)^4};$$

$$19. \text{ a) } \int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2 - 2x + 5};$$

$$\text{б) } \int_{-1}^2 \frac{dx}{(x+1)^3};$$

$$20. \text{ a) } \int_1^{\infty} x \cdot e^{-2x^2} dx;$$

$$\text{б) } \int_1^e \frac{dx}{x \sqrt{\ln x}};$$

$$21. \text{ a) } \int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln^3 x};$$

$$\text{б) } \int_2^4 \frac{dx}{x^2 - 2x - 8};$$

$$22. \text{ a) } \int_2^{\infty} \frac{2x dx}{\sqrt{(x^2 + 5)^3}};$$

$$\text{б) } \int_4^5 \frac{x dx}{x^2 - 16};$$

$$23. \text{ a) } \int_e^{\infty} \frac{dx}{x \sqrt{\ln x}};$$

$$\text{б) } \int_0^4 \frac{dx}{\sqrt{16 - x^2}};$$

$$24. \text{ a) } \int_1^{\infty} \frac{\operatorname{arctg}^3 x}{1 + x^2} dx;$$

$$\text{б) } \int_2^3 \frac{dx}{\sqrt[3]{(3 - x)^4}};$$

$$25. \text{ a) } \int_4^{\infty} \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + 9}};$$

$$\text{б) } \int_4^5 \frac{dx}{x^2 - 6x + 5};$$

$$26. \text{ a) } \int_4^{\infty} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3 + 4}};$$

$$\text{б) } \int_{-2}^0 \frac{dx}{(x + 2)^2};$$

$$27. \text{ a) } \int_1^{\infty} \frac{\ln^3 x dx}{x};$$

$$\text{б) } \int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[6]{5 - x}};$$

$$28. \text{ a) } \int_2^{\infty} \frac{x dx}{(x^2 - 1)^2};$$

$$\text{б) } \int_0^5 \frac{dx}{\sqrt{25 - x^2}};$$

$$29. \text{ a) } \int_{-\infty}^0 \frac{dx}{x^2 + 9};$$

$$\text{б) } \int_{-3}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3 + 27}};$$

$$30. \text{ а) } \int_0^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{5x+9}};$$

$$\text{ б) } \int_1^e \frac{dx}{x \ln x}.$$

3. 3. Площадь

Вычислить площади фигур, ограниченных линиями.

1. а) $y = x^2 - 4x$, $y = -x + 10$;

б) $y = 3^x$, $y = 1 - x$, $y = 0$;

в) $y = \log_2 x$, $y = x$, $y = 0$, $y = 1$;

г) $\rho = \sqrt{3}$, $\rho = 2 \cos \varphi$.

2. а) $y = -x^2 + 9$, $y = -3x - 1$;

б) $y = 2^{-x}$, $y = x + 1$, $y = 0$;

в) $y = \log_{\frac{1}{2}} x$, $y = 2x$, $y = -2$ (правая фигура);

г) $\rho = 2$, $\rho = 4 \sin \varphi$ (верхняя фигура).

3. а) $y = x^2 + 2x$, $y = x + 6$;

б) $y = \frac{1}{x^2}$, $y = x^2$, $y = 0$;

в) $y = \log_3 x$, $y = -3x$, $y = 1$;

г) $\rho = 1 + \cos \varphi$, $\rho = 1$ (правая фигура).

4. а) $y = -x^2 + 4$, $y = x - 2$;

б) $y = \frac{1}{x^3}$, $y = x^2$, $y = 0$;

в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x$, $y = -x$, $y = 2$, $y = 0$;

г) $\rho = 4 \cos \varphi$, $\rho = 4 \sin \varphi$.

5. а) $y = x^2 + 4$, $y = 5x + 12$;
 б) $y = \sqrt[3]{x}$, $y = \frac{1}{x^4}$, $y = 0$;
 в) $y = \log_4 x$, $y = \frac{1}{2}$, $y = 0$, $y = 2$;
 г) $\rho = 4 \cos \varphi$, $\rho = \frac{1}{\cos \varphi}$ (правая фигура).
6. а) $y = x^2 + 1$, $y = -x - 11$;
 б) $y = \frac{1}{x^3}$, $y = x$, $y = 0$, ($x \geq 0$);
 в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x$, $y = 3x$, $y = 0$;
 г) $\rho = 6 \sin \varphi$, $\rho = \frac{1}{\sin \varphi}$ (верхняя фигура).
7. а) $y = x^2 - 2x$, $y = -x + 6$;
 б) $y = \frac{1}{1+x^2}$, $y = x + 1$, $y = 0$ (правая фигура);
 в) $y = \log_5 x$, $y = -5x$, $y = 0$;
 г) $\rho = 2(1 - \cos \varphi)$, $\rho = 3$ (левая фигура).
8. а) $y = -x^2 + 4$, $y = -x - 2$;
 б) $y = e^x$, $y = 1 - x$, $y = 0$;
 в) $y = \log_{\frac{1}{4}} x$, $y = -2x$, $y = 0$, $y = 2$;
 г) $\rho = 4(1 + \sin \varphi)$, $\rho = 4$ (верхняя фигура).
9. а) $y = x^2 + 4x$, $y = x + 10$;
 б) $y = e^{-x}$, $y = x + 1$, $y = 0$;
 в) $y = \log_6 x$, $y = 3x$, $y = 0$, $y = 2$;
 г) $\rho = 2(1 - \sin \varphi)$, $\rho = 2$ (нижняя фигура).

10. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 3x - 1;$
 б) $y = \frac{1}{x^5}, \quad y = x, \quad y = 0, \quad (x \leq 0);$
 в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = 5x, \quad y = -1;$
 г) $\rho = 1 + \cos \varphi, \quad \rho = \frac{3}{4 \cos \varphi}$ (правая фигура).

11. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -3x + 12;$
 б) $y = 4^{x-1}, \quad y = x, \quad y = 0;$
 в) $y = \log_7 x, \quad y = -7x, \quad y = 1;$
 г) $\rho = 1, \quad \rho = 4 \cos \varphi$ (правая фигура).

12. а) $y = -x^2 + 25, \quad y = -x + 13;$
 б) $y = 5^{-x+1}, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$
 в) $y = \log_{\frac{1}{7}} x, \quad y = -2x, \quad y = -1, \quad y = 1;$
 г) $\rho = 2, \quad \rho = 2\sqrt{2} \sin \varphi$ (верхняя фигура).

13. а) $y = x^2 - 8x, \quad y = x;$
 б) $y = \frac{16}{x^2}, \quad y = x^2, \quad y = 0, \quad (x \geq 0);$
 в) $y = \log_6 x, \quad y = 3x, \quad y = -1 \quad y = 2;$
 г) $\rho = 1 + \cos \varphi, \quad \rho = \frac{3}{2}$ (правая фигура).

14. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -5;$
 б) $y = \frac{32}{x^3}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$
 в) $y = \log_{\frac{1}{6}} x, \quad y = 6x, \quad y = -2;$
 г) $\rho = \sqrt{3} \cos \varphi, \quad \rho = \sin \varphi.$

15. а) $y = x^2 + 2x$, $y = 2x + 16$;

б) $y = \sqrt{x-2}$, $y = \frac{81}{x^4}$, $y = 0$;

в) $y = \log_8 x$, $y = -8x$, $y = 2$;

г) $\rho = \cos \varphi$, $\rho = \frac{3}{\cos \varphi}$ (правая фигура).

16. а) $y = -x^2 + 9$, $y = -7$;

б) $y = \frac{1}{(x-3)^3}$, $y = x-3$, $y = 0$, ($x \geq 3$);

в) $y = \log_{\frac{1}{9}} x$, $y = -2x$, $y = 3$, $y = 0$;

г) $\rho = 4 \sin \varphi$, $\rho = \frac{3}{\sin \varphi}$ (верхняя фигура).

17. а) $y = x^2 - 6x$, $y = -6x + 4$;

б) $y = \frac{1}{1+x^2}$, $y = -x + 1$, $y = 0$ (левая фигура);

в) $y = \lg x$, $y = \frac{1}{3}x$, $y = -1$, $y = 0$;

г) $\rho = 1 - \cos \varphi$, $\rho = 1$ (левая фигура).

18. а) $y = -x^2 + 1$, $y = -3$;

б) $y = 2e^x$, $y = 2 - x$, $y = 0$;

в) $y = \log_{0,1} x$, $y = 10x$, $y = -4$;

г) $\rho = 4(1 + \sin \varphi)$, $\rho = 4$ (верхняя фигура).

19. а) $y = x^2 + 6x$, $y = 6x - 25$;

б) $y = 3e^{-x}$, $y = x + 3$, $y = 0$;

в) $y = \lg x$, $y = -2x$, $y = 3$;

г) $\rho = 2(1 - \sin \varphi)$, $\rho = 1$ (нижняя фигура).

20. а) $y = -x^2 + 4$, $y = -2x + 1$;
 б) $y = \frac{1}{(x-5)^5}$, $y = x - 1$, $(x \leq 1)$;
 в) $y = \log_{0,1} x$, $y = -x$, $y = 1$, $y = 2$;
 г) $\rho = 1 - \cos \varphi$, $\rho = -\frac{3}{4 \sin \varphi}$.

21. а) $y = x^2 - 4x$, $y = -2x + 5$;
 б) $y = 3^{x-2}$, $y = 3 - x$, $y = 0$;
 в) $y = \log_2 x$, $y = 3x$, $y = 1$, $y = 3$;
 г) $\rho = \sqrt{2}$, $\rho = 2 \cos \varphi$ (правая фигура).

22. а) $y = -x^2 + 16$, $y = -9$;
 б) $y = 3 \cdot 2^{-x}$, $y = 3 - x$, $y = 0$;
 в) $y = \log_1 x$, $y = 3x$, $y = -3$;
 г) $\rho = 2\sqrt[3]{2}$, $\rho = 4 \sin \varphi$ (верхняя фигура).

23. а) $y = x^2 + 4x$, $y = 2x + 3$;
 б) $y = \frac{1}{(x+2)^2}$, $y = (x+2)^2$, $y = 0$, $(x \geq -2)$;
 в) $y = \log_3 x$, $y = -3x$, $y = 4$;
 г) $\rho = 3(1 + \cos \varphi)$, $\rho = 3$ (правая фигура).

24. а) $y = -x^2 + 4$, $y = 2x + 1$;
 б) $y = \frac{1}{(x+1)^3}$, $y = (x+1)^2$, $y = 0$;
 в) $y = \log_{\frac{1}{4}} x$, $y = -4x$, $y = -2$, $y = 2$;
 г) $\rho = \cos \varphi$, $\rho = \sqrt{3} \sin \varphi$.

25. а) $y = x^2 - 4x$, $y = -x + 4$;
 б) $y = 2\sqrt{x}$, $y = \frac{2}{x^4}$, $y = 0$;
 в) $y = \log_4 x$, $y = 2x$, $y = -2$, $y = 1$;
 г) $\rho = 2 \cos \varphi$, $\rho = \frac{1}{\cos \varphi}$ (правая фигура).

26. а) $y = -x^2 + 1$, $y = -3x - 3$;
 б) $y = \frac{5}{x^3}$, $y = 5x$, $y = 0$, ($x \leq 0$);
 в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x$, $y = 5x$, $y = -4$;
 г) $\rho = 3(1 - \cos \varphi)$, $\rho = 3$ (левая фигура).

27. а) $y = x^2 - 2x$, $y = -5x + 4$;
 б) $y = \frac{3}{1+x^2}$, $y = 3+x$, $y = 0$ (правая фигура);
 в) $y = \log_6 x$, $y = -6x$, $y = 1$;
 г) $\rho = 4 \sin \varphi$, $\rho = \frac{2}{\sin \varphi}$ (верхняя фигура).

28. а) $y = -x^2 + 9$, $y = 3x + 5$;
 б) $y = e^{x-3}$, $y = 4 - x$, $y = 0$;
 в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x$, $y = -2x$, $y = -2$, $y = 2$;
 г) $\rho = 3(1 + \cos \varphi)$, $\rho = 3$ (верхняя фигура).

29. а) $y = x^2 - 4x$, $y = -2x + 8$;
 б) $y = e^{-x+2}$, $y = \frac{1}{2}x$, $y = 0$;
 в) $y = \log_5 x$, $y = 4x$, $y = -2$, $y = 1$;
 г) $\rho = 3(1 - \sin \varphi)$, $\rho = 3$ (нижняя фигура).

30. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 2x + 1;$

б) $y = \frac{4}{x^5}, \quad y = 4x, \quad y = 0, \quad (x \leq 0);$

в) $y = \log_{\frac{1}{6}} x, \quad y = 6x, \quad y = -2;$

г) $\rho = 1 + \sin \varphi, \quad \rho = \frac{3}{4 \sin \varphi}$ (верхняя фигура).

4. 4. Объем тела вращения

Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями,

а) вокруг оси Ox

б) вокруг оси Oy

1. $\frac{x^2}{9} - \frac{y^2}{4} = 1; \quad y = \pm 2$

2. $\frac{x^2}{16} - \frac{y^2}{9} = 1; \quad x = 8$

3. $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{16} = 1; \quad y = 2$

4. $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{9} = 1; \quad x = 1$

5. $y^2 = 2x; \quad x = 2$

6. $y^2 = -3x; \quad x = -3$

7. $y = x^2 + 1; \quad y = 2$

8. $y = x^2 - 8; \quad y = -4$

9. $y = \sin x, \quad y = 2 - \frac{2}{\pi}x, \quad y = 0$

10. $y = \cos x, \quad y = 1, \quad x = -\frac{\pi}{2}$

11. $\frac{x^2}{25} - \frac{y^2}{9} = 1; \quad y = \pm 3$

12. $\frac{x^2}{9} - \frac{y^2}{4} = 1; \quad x = 6$

13. $y^2 = 5x, \quad x = 5$

14. $y^2 = -4x, \quad x = -4$

15. $\frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{4} = 1; \quad y = 1$

16. $\frac{x^2}{36} + \frac{y^2}{9} = 1; \quad x = 3$

17. $y = x^2 + 4; \quad y = 8$

18. $y = x^2 - 2; \quad y = -1$

$$19. y = \sin x, y = 0, x = \frac{\pi}{2}$$

$$20. y = \cos x, y = 1, x = \frac{\pi}{2}$$

$$21. \frac{x^2}{4} - y^2 = 1; y = \pm 1$$

$$22. x^2 - \frac{y^2}{9} = 1; x = 2$$

$$23. \frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{16} = 1; y = 2$$

$$24. \frac{x^2}{16} + y^2 = 1; x = 2$$

$$25. y^2 = 7x; x = 7$$

$$26. y^2 = 6x; x = -6$$

$$27. y = x^2 + 9; y = 18$$

$$28. y = x^2 - 18; y = -9$$

$$29. y = \sin x, y = 1, y = 0, x = 2$$

$$30. y = \cos x, y = 1, y = 0, x = 2$$

4. 5. Длина дуги плоской кривой

$$1. a) y = \sqrt{4 - x^2}$$

$$-1 \leq x \leq 1;$$

$$б) \begin{cases} x = t - \sin t \\ y = 1 - \cos t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 2\pi.$$

$$2. a) y = \ln \sin x$$

$$\frac{\pi}{6} \leq x \leq \frac{\pi}{2};$$

$$б) \begin{cases} x = 2 \cos^3 t \\ y = 2 \sin^3 t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq \pi/2.$$

$$3. a) y = \frac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}}$$

$$0 \leq x \leq 3;$$

$$б) \begin{cases} x = 4 \sin t + 3 \cos t \\ y = 3 \sin t - 4 \cos t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq \pi.$$

$$4. a) y = e^{\frac{x}{2}} + e^{-\frac{x}{2}}$$

$$0 \leq x \leq 4;$$

$$б) \begin{cases} x = \cos t + t \sin t \\ y = \sin t - t \cos t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 2\pi.$$

$$5. a) y = \ln \cos x$$

$$0 \leq x \leq \frac{\pi}{3}$$

$$b) \begin{cases} x = (t^2 - 2) \sin t + 2t \cos t \\ y = (2 - t^2) \cos t + 2t \sin t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq \pi.$$

$$6. a) y = 4 - 3 \ln(x^2 - 9)$$

$$4 \leq x \leq 6;$$

$$b) \begin{cases} x = 2 \cos t - \cos 2t \\ y = 2 \sin t - \sin 2t \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}.$$

$$7. a) y = \sqrt{9 - x^2}$$

$$-\frac{3}{2} \leq x \leq \frac{3}{2};$$

$$b) \begin{cases} x = 2t^3 + 1 \\ y = \frac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 3.$$

$$8. a) y = \ln(2 \sin x)$$

$$\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2};$$

$$b) \begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + 1 \\ y = \frac{2}{9} t^{\frac{9}{2}} - 3 \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 2.$$

$$9. a) y = \frac{4}{3} (x + 2)^{\frac{3}{2}}$$

$$-1 \leq x \leq 2;$$

$$b) \begin{cases} x = 3(t - \sin t) \\ y = 3(1 - \cos t) \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq \pi.$$

$$10. a) y = \frac{3}{2} \left(e^{\frac{x}{3}} + e^{-\frac{x}{3}} \right)$$

$$0 \leq x \leq 3$$

$$b) \begin{cases} x = 4 \cos^3 t \\ y = 4 \sin^3 t \end{cases}$$

$$\frac{\pi}{2} \leq t \leq \pi.$$

$$11. a) y = \ln(5 \cos x)$$

$$\frac{\pi}{6} \leq x \leq \frac{\pi}{3};$$

$$b) \begin{cases} x = 8 \sin t + 6 \cos t \\ y = 6 \sin t - 8 \cos t \end{cases}$$

$$\frac{\pi}{2} \leq t \leq \pi.$$

$$12. a) y = 3 + \ln(x^2 - 1)$$

$$2 \leq x \leq 3;$$

$$b) \begin{cases} x = 2(\cos t + t \sin t) \\ y = 2(\sin t - t \cos t) \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq 2\pi.$$

$$13. a) y = \sqrt{16 - x^2}$$

$$-2 \leq x \leq 2;$$

$$b) \begin{cases} x = (t^2 - 2) \sin t + 2t \cos t \\ y = (2 - t^2) \cos t + 2t \sin t \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq 2\pi.$$

$$14. a) y = \ln(3 \sin x)$$

$$\frac{\pi}{6} \leq x \leq \frac{\pi}{3};$$

$$b) \begin{cases} x = 3 \cos t - \cos 3t \\ y = 3 \sin t - \sin 3t \end{cases}$$

$$\frac{\pi}{2} \leq t \leq \pi.$$

$$15. a) y = 2(x + 3)^{\frac{3}{2}}$$

$$-2 \leq x \leq 1;$$

$$b) \begin{cases} x = \frac{t^3}{3} - 1 \\ y = 2t^2 + 3 \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 3.$$

$$16. a) y = 2 \left(e^{\frac{x}{4}} + e^{-\frac{x}{4}} \right)$$

$$0 \leq x \leq 4;$$

$$b) \begin{cases} x = 3(\cos t + t \sin t) \\ y = 3(\sin t - t \cos t) \end{cases}$$

$$\frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$17. a) y = \ln(4 \cos x)$$

$$0 \leq x \leq \frac{\pi}{6};$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = 5 \cos^3 t \\ y = 5 \sin^3 t \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$18. a) y = 5 - 3 \ln(x^2 - 9)$$

$$4 \leq x \leq 5;$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = 8 \sin t - 6 \cos t \\ y = 6 \sin t + 8 \cos t \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$19. a) y = \sqrt{25 - x^2}$$

$$-\frac{5}{2} \leq x \leq \frac{5}{2};$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = 4(t - \sin t) \\ y = 4(1 - \cos t) \end{cases}$$

$$\frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi.$$

$$20. a) y = \ln(4 \sin x)$$

$$\frac{\pi}{6} \leq x \leq \frac{\pi}{4};$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = (t^2 - 2) \sin t + 2t \cos t \\ y = (2 - t^2) \cos t + 2t \sin t \end{cases}$$

$$\frac{\pi}{2} \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$21. a) y = \frac{2}{3}(x + 4)^{\frac{3}{2}}$$

$$-3 \leq x \leq 0;$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = 4 \cos t - \cos 4t \\ y = 4 \sin t - \sin 4t \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$22. a) y = \frac{1}{4}(e^{2x} + e^{-2x})$$

$$0 \leq x \leq 1;$$

$$\bar{b}) \begin{cases} x = \frac{3}{2}t^2 - 2 \\ y = \frac{t^3}{3} + 5 \end{cases}$$

$$0 \leq t \leq 4.$$

$$23. a) y = \ln(3 \cos x)$$

$$0 \leq x \leq \frac{\pi}{4};$$

$$b) \begin{cases} x = 6(t - \sin t) \\ y = 6(1 - \cos t) \end{cases}$$

$$\pi \leq t \leq \frac{3\pi}{2}.$$

$$24. a) y = 3 + 2 \ln(x^2 - 4)$$

$$3 \leq x \leq 5;$$

$$b) \begin{cases} x = 3 \cos^3 t \\ y = 3 \sin^3 t \end{cases}$$

$$\frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi.$$

$$25. a) y = \sqrt{36 - x^2}$$

$$-3 \leq x \leq 3;$$

$$b) \begin{cases} x = 4 \sin t - 3 \cos t \\ y = 3 \sin t + 4 \cos t \end{cases}$$

$$\frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi.$$

$$26. a) y = \ln(5 \sin x)$$

$$\frac{\pi}{4} \leq x \leq \frac{\pi}{2};$$

$$b) \begin{cases} x = 4(\cos t + t \sin t) \\ y = 4(\sin t - t \cos t) \end{cases}$$

$$\frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi.$$

$$27. a) y = \frac{4}{3}(x-1)^{\frac{3}{2}}$$

$$1 \leq x \leq 2;$$

$$b) \begin{cases} x = (t^2 - 2) \sin t + 2t \cos t \\ y = (2 - t^2) \cos t + 2t \sin t \end{cases}$$

$$\frac{3\pi}{2} \leq t \leq 2\pi.$$

$$28. a) y = \frac{1}{2}(e^x + e^{-x})$$
$$0 \leq x \leq 2;$$

$$b) \begin{cases} x = 5 \cos t - \cos 5t \\ y = 5 \sin t - \sin 5t \end{cases}$$
$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{2}.$$

$$29. a) y = \ln(2 \cos x)$$
$$\frac{\pi}{6} \leq x \leq \frac{\pi}{4};$$

$$b) \begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + 2 \\ y = \frac{3}{2}t^2 + 7 \end{cases}$$
$$0 \leq t \leq 4.$$

$$30. a) y = 1 - \ln(x^2 - 1)$$
$$3 \leq x \leq 4;$$

$$b) \begin{cases} x = \frac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} + 3 \\ y = \frac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$$
$$0 \leq t \leq 2.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.



Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный
университет»

Т. И. Королюк

ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей:
очного и заочного обучения**

**Екатеринбург
2015**

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ОГЛАВЛЕНИЕ..... | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 5 |
| 2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 6 |
| 3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 7 |
| 4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 12 |
| 5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 14 |
| 6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 15 |
| 6.1. Показательная функция e^z | 15 |
| 6.2. Тригонометрические функции $\sin z, \cos z$ | 16 |
| 6.3. Логарифмическая функция $\operatorname{Ln} z$ | 16 |
| 6.4. Общая степенная функция z^γ | 17 |
| 7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 19 |
| 7.1. Определение производной..... | 19 |
| 7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)..... | 19 |
| 7.3. Правила дифференцирования..... | 22 |
| 7.4. Аналитические функции..... | 22 |
| 7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной..... | 23 |
| 8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ..... | 25 |
| 8.1. Интеграл от функции комплексной переменной..... | 25 |
| 8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной..... | 27 |
| 8.3. Основная теорема Коши..... | 29 |
| 8.4. Теорема Коши для многосвязной области..... | 31 |
| 8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции..... | 32 |
| 8.6. Особые точки – полюсы..... | 34 |
| 8.7. Определение вычета..... | 34 |
| 8.8. Формулы для вычисления вычетов..... | 35 |
| 8.9. Теорема Коши о вычетах..... | 36 |
| 9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ..... | 40 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 43 |

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей. В пособии приведены теоретические сведения по теме «Функции комплексной переменной» в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика». Теоретический материал сопровождается решением задач с подробными объяснениями, а также даны варианты заданий, которые могут быть использованы как для самостоятельной работы студентов в аудитории в присутствии преподавателя, так и в качестве домашних и аудиторных контрольных работ.

Целью работы является активация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению одного из разделов курса математики.

1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Число вида $z = x + iy$, где x и y – действительные числа, а i – так называемая мнимая единица ($i^2 = -1$), называется комплексным числом. Действительные числа x и y называются соответственно действительной и мнимой частями комплексного числа z и обозначаются: $x = \operatorname{Re} z$, $y = \operatorname{Im} z$, где Re – начальные буквы латинского слова *realis* – действительный, Im – начальные буквы слова *imaginaris* – мнимый.

Два комплексных числа считаются равными, если равны одновременно их действительные и мнимые части.

Геометрически комплексное число $z = x + iy$ изображается либо точкой плоскости xOy с координатами (x, y) , либо вектором, направленным из начала координат в эту точку. Если комплексное число z – действительное, т. е. $z = x$, то соответствующая ему точка лежит на оси Ox , поэтому ось абсцисс называется действительной осью. Чисто мнимые числа $z = iy$ изображаются точками оси Oy , поэтому ось ординат называется мнимой осью.

Если $z = x + iy$, то сопряженное с ним есть $\bar{z} = x - iy$.

Комплексная величина $z = x + iy$, где x и y – действительные переменные, называется комплексной переменной. Плоскость, на которой изображаются комплексные числа или комплексная переменная z , называется комплексной плоскостью C .

Введем понятие функции комплексной переменной.

Пусть дано некоторое множество D комплексных чисел. Если каждому значению переменной $z \in D$ ставится в соответствие вполне определенное значение переменной w , то переменная w называется функцией комплексной переменной z , в записи: $w = f(z)$. Если каждому значению $z \in D$ соответствует несколько значений w , то функция называется многозначной.

Множество D , состоящее из всех значений независимой переменной z , называется областью определения функции $w = f(z)$, а о функции говорят, что она определена или задана на множестве D . Геометрически область определения функции изображается некоторым множеством точек на комплексной плоскости z .

Примеры

1. Функция $w = z^2$ определена на всей плоскости z , функция однозначная.
2. Функция $w = \sqrt{z}$ определена на всей плоскости и двузначна.
3. Функция $w = \frac{1}{z-3}$ определена при всех значениях z , кроме $z = 3$, поэтому область ее определения есть вся комплексная плоскость z , из которой удалена точка $z = 3$. Функция однозначная.

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть дана функция $w = f(z)$. Обозначим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда $w = f(z)$ переписывается в виде $u + iv = f(x + iy)$.

Отсюда видно, что действительная и мнимая части u, v переменной w являются функциями действительной и мнимой частей x, y переменной z :
 $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$.

Итак, задание функции комплексной переменной $w = f(z)$ равносильно заданию двух действительных функций от двух действительных переменных.

Примеры

1. Для функции $w = z^2$, при $z = x + iy$, $w = u + iv$ имеем $w = u + iv = (x + iy)^2$ или $u + iv = x^2 - y^2 + i2xy$, откуда $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$.

2. $w = \frac{1}{z}$, $z \neq 0$.

$$z = x + iy, w = u + iv, \text{ тогда } u + iv = \frac{1}{x + iy}$$

$$\text{или } u + iv = \frac{x - iy}{x^2 + y^2}, \text{ откуда } u = \frac{x}{x^2 + y^2}, v = -\frac{y}{x^2 + y^2}.$$

3. $w = Jmz$

$$u + iv = y, \text{ откуда } u = y, v = 0.$$

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Геометрическую интерпретацию функции одной действительной переменной $y = f(x)$ можно получить с помощью ее графика в плоскости Oxy , строя для каждой пары соответствующих друг другу значений x и y точку с координатами (x, y) .

В случае же комплексных переменных, поступая аналогично, нужно было бы строить точку для каждой пары соответствующих друг другу комплексных чисел $z = x + iy$ и $w = u + iv$. Такая точка (z, w) должна определяться четырьмя действительными координатами (x, y, u, v) . В трехмерном пространстве построить такую точку нельзя. Поэтому поступим так.

Возьмем две плоскости: на одной – плоскости аргумента (плоскость Oxy , плоскость (z)) – будем изображать комплексные числа $z = x + iy$, $z \in D$, D – область определения функции $w = f(z)$, а на другой – плоскости функции (пл. $0, uv$, плоскость (w)) – соответствующие им комплексные числа w (рис. 1). Получим, что задание функции $w = f(z)$ позволяет каждой точке $z \in D$ плоскости аргумента поставить в соответствие точку $w \in D_1$ плоскости функции,

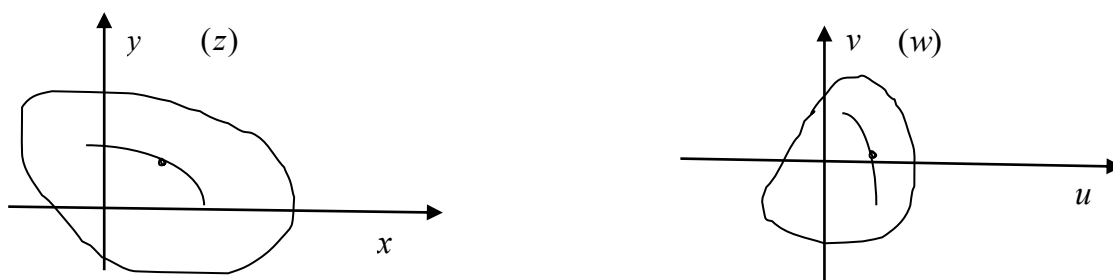


Рис. 1. Геометрическое изображение функции комплексной переменной

т. е. отображает множество D на множество D_1 .

Иногда удобно плоскости Oxy и O_1uv совместить (ось O_1u с осью Ox , ось O_1v с осью Oy). Тогда значения независимой переменной z и функции w изображаются точками одной и той же плоскости.

Пусть $w = f(z)$ – функция комплексной переменной. Если точка $z = x + iy$ описывает какую-либо кривую L в плоскости Oxy , все точки кривой принадлежат множеству D , то соответствующая точка $w = u + iv$ описывает в плоскости O_1uv , как правило, тоже некоторую линию L_1 (рис. 1). Можно сказать, что при отображении $w = f(z)$ кривая L переходит в кривую L_1 .

Но не всякая функция комплексной переменной отображает кривую в кривую, а область в область. Так функция $w = \operatorname{Re} z$ отображает всю плоскость z в действительную ось плоскости w .

Для «хороших» функций (например, аналитических, которые мы рассмотрим позже), как правило, образ кривой – кривая, образ области – область.

Поставим вопрос: как, зная кривую L , найти кривую L_1 . Если кривая L задана уравнением в комплексной форме $z = g(t)$, то, заменив в равенстве $w = f(z)$ переменную z функцией $g(t)$, мы получим уравнение $w = f(g(t))$ кривой L_1 в комплексной форме. Однако чаще кривая L задается уравнением в прямоугольных координатах $\varphi(x, y) = 0$.

Для кривой L_1 обозначим текущие координаты через u и v , поскольку эта кривая описывается точкой $w = u + iv$. Уравнение кривой L_1 мы должны получить в форме $\Psi(u, v) = 0$. Возьмем на кривой L_1 некоторую точку $w = u + iv$. Она соответствует некоторой точке $z = x + iy$ кривой L . Так как z и w связаны соотношением $w = f(z)$, то $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$. Решая эту систему уравнений относительно x и y , получим $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$. Подставляя эти выражения для x и y в уравнение $\varphi(x, y) = 0$, получим уравнение $\varphi(x(u, v), y(u, v)) = 0$. Это уравнение и будет уравнением $\psi(u, v) = 0$ кривой L_1 .

Если плоскости Oxy и O_1uv совмещены, то кривые L и L_1 расположены на одной плоскости. Линия L_1 называется образом линии L .

Иногда удобно выразить из уравнения $w = f(z)$ сначала z без w , а затем x и y через u и v .

Пример 1

Кривая L задана на плоскости Oxy уравнением $x^2 + y^2 = 4$. Найти ее образ при отображении $w = 2iz - 1$.

Решение

Положим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда равенство $w = 2iz - 1$ переписывается в виде $u + iv = 2i(x + iy) - 1$, откуда $u = -2y - 1$, $v = 2x$. Выражаем x и y через u и v : $x = \frac{v}{2}$, $y = -\frac{u+1}{2}$. Подставляем найденные выражения для x и y в уравнение $x^2 + y^2 = 4$ кривой L : $\left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{(u+1)^2}{4} = 4$. После упрощения получаем уравнение кривой L_1 в виде $(u+1)^2 + v^2 = 16$.

Итак, кривая L – окружность с центром в начале координат радиуса 2 – преобразуется с помощью заданной функции $w = 2iz - 1$ в кривую L_1 – окружность с центром $(-1; 0)$ радиуса 4.

Пример 2

При отображении $w = \frac{1}{z}$ найти образ прямой линии $y = x + 1$.

Решение

Из уравнения $w = \frac{1}{z}$ находим $z = \frac{1}{w}$. Подставим $z = x + iy$,

$$w = u + iv : x + iy = \frac{1}{u + iv}, \quad x + iy = \frac{u - iv}{u^2 + v^2}, \quad \text{откуда} \quad x = \frac{u}{u^2 + v^2}, \quad y = -\frac{v}{u^2 + v^2}.$$

Найденные выражения для x и y подставим в уравнение линии

$$L \quad y = x + 1: \quad -\frac{v}{u^2 + v^2} = \frac{u}{u^2 + v^2} + 1, \quad \text{после преобразования имеем} \quad u^2 + v^2 + u + v = 0$$

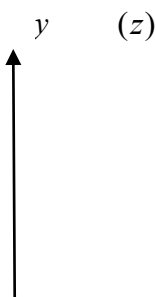
или $\left(u + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(v + \frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}$. Это уравнение в плоскости O_1uv определяет линию L_1

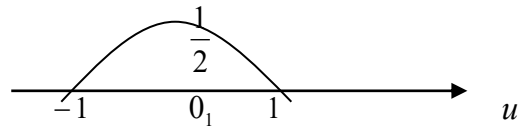
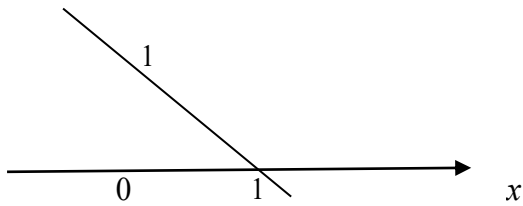
- окружность с центром $\left(-\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}\right)$ радиуса $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Пример 3

Пусть $w = z^2$. Найти образ прямой $x + y = 1$.

Выделяя действительную и мнимую части функции $w = z^2$, получим $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$. Далее из трех уравнений $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$, $x + y = 1$ исключаем x и y : $u = (x - y)(x + y)$ или $u = (x - y)$, так как $x + y = 1$, тогда $u^2 + 2v = x^2 - 2xy + y^2 + 4xy = (x + y)^2 = 1$. Получили уравнение образа $u^2 + 2v = 1$ – это уравнение параболы в плоскости O_1uv , вершина которой – точка $\left(0; \frac{1}{2}\right)$.





Пример 4

Построить на комплексной плоскости множество точек z , удовлетворяющих условиям:

а) $|z - 3 + 2i| = 1$; б) $-1 < \operatorname{Re} z < 1$; в) $\operatorname{Im} z = -2$; г) $|z - 1| + |z + 1| < 3$;

д) $1 < |z + 2i| < 2$; е) $\frac{\pi}{4} < \arg z < \pi$; ж) $|z| < 1$; $-\frac{\pi}{4} < \arg z < \frac{\pi}{4}$.

Решение

а) $|z - 3 + 2i| = |z - (3 - 2i)|$ есть расстояние от точки z до точки $3 - 2i$.

Значит, уравнению а) удовлетворяют все точки z , лежащие на окружности радиуса 1 с центром $(3; -2)$.

б) Полагая $z = x + iy$, имеем $\operatorname{Re} z = \operatorname{Re}(x + iy) = x$.

Значит, условие б) можно записать так: $-1 < x < 1$. Очевидно, этому условию удовлетворяют точки z , лежащие в полосе между прямыми $x = -1$ и $x = 1$, параллельными оси Oy .

в) Полагая $z = x + iy$, имеем $\operatorname{Im} z = \operatorname{Im}(x + iy) = y$.

Значит, условие в) можно записать так: $y = -2$. Этому условию удовлетворяют точки прямой $y = -2$, параллельной оси Oy .

г) Равенство $|z - 1| + |z + 1| < 3$ выражает, что сумма расстояний от точки z до точек $+1$ и -1 равна 3. Множество таких точек есть эллипс с фокусами в точках $+1$ и -1 ($c = 1$) и с большой осью $2a = 3$. Значит, неравенству г) удовлетворяют точки, лежащие внутри этого эллипса с полуосями $a = \frac{3}{2}$, $b = \frac{\sqrt{5}}{2}$.

д) Неравенству д) удовлетворяют все точки кольца, ограниченного концентрическими окружностями радиусов 1 и 2 с центром в точке $(0, -2)$.

е) Неравенство е) определяет множество точек z , лежащих внутри угла, вершина которого находится в начале координат, а сторонами являются лучи, наклоненные к положительному направлению оси Ox под углами $\frac{\pi}{4}$ и π .

ж) Система неравенств ж) определяет сектор, ограниченный окружностью с центром в начале координат радиуса 1 и радиусами, образующими с осью Ox углы $-\frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4}$.

Для проверки усвоения пройденного материала на практических занятиях студентам можно предложить выполнить самостоятельные работы.

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$$z_1 = -2; \quad z_2 = 1 - i; \quad z_3 = -1 - \sqrt{3}i; \quad z_4 = 5.$$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

$$\text{а) } |z| = 3; \quad \text{б) } |z + 1 - 2i| = 2; \quad \text{в) } \operatorname{Im} z = 4; \quad \text{г) } \arg z = \frac{\pi}{6}.$$

Вариант 2

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$$z_1 = -2i; \quad z_2 = -\sqrt{3} + i; \quad z_3 = -2 - 2i; \quad z_4 = -4.$$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

$$\text{а) } |z - 3 + 2i| = 1; \quad \text{б) } |z| = 2; \quad \text{в) } \operatorname{Re} z = 4; \quad \text{г) } \arg z = \frac{2\pi}{3}.$$

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 1$ при отображении $w = \frac{1}{z}$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z , удовлетворяющих неравенствам:

а) $2 < |z + 2i| < 4$; б) $\operatorname{Re} z < -1$; в) $\frac{\pi}{2} < \arg z < \frac{3\pi}{4}$; г) $|z + 1| < 1$ и $\operatorname{Im} z < 0$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $y = x^2$ при отображении $w = iz + 1$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z , удовлетворяющих неравенствам:

а) $-1 < \operatorname{Im} z < 2$; б) $|z + 3 + i| > 1$; в) $\arg z > \frac{\pi}{3}$; г) $|z + 1| < 1$ и $\operatorname{Re} z < -1$.

4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная для любого $z \in D$ за исключением, может быть, точки z_0 .

Говорят, что функция $f(z)$ стремится к пределу A ($A \neq \infty$), когда $z \rightarrow z_0$ (конечному), и пишут $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = A$, если для любого сколь угодно малого положительного числа ξ можно найти положительное число $\delta = \delta(\xi)$ такое, что для всех z , отличных от z_0 и удовлетворяющих неравенству $|z - z_0| < \delta$, выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$. Геометрически это означает, что как только z попадет в δ -окрестность точки z_0 , то $w = f(z)$ попадет в ξ -окрестность точки A .

Полагая $A = B + iC$, $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, $z_0 = x_0 + iy_0$, докажем теорему, устанавливающую связь между пределом функции и пределами ее действительной и мнимой частей.

Теорема

Если существует $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = A = B + iC$, то существуют

$$\lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} u(x, y) = B \quad \text{и} \quad \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} v(x, y) = C.$$

Доказательство

$$f(z) - A = u(x, y) - B + i(v(x, y) - C).$$

$$\text{Тогда } |f(z) - A| = \sqrt{(u(x, y) - B)^2 + (v(x, y) - C)^2} < \xi$$

при $|z - z_0| = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < \delta$ по определению предела.

$$\text{Отсюда следует, что } |u(x, y) - B| < \xi \text{ и } |v(x, y) - C| < \xi$$

при $|x - x_0| < \delta$ и $|y - y_0| < \delta$.

$$\text{А это означает, что } \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} u(x, y) = B \text{ и } \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} v(x, y) = C.$$

Справедливо и обратное утверждение.

Из доказанной теоремы следует: если $f(z) \rightarrow A$, то $|f(z)| \rightarrow |A|$,
 $\arg f(z) \rightarrow \arg A$ при условии $A \neq 0, \infty$.

Действительно,

$$|f(z)| = \sqrt{u^2 + v^2} \rightarrow \sqrt{B^2 + C^2} = |A|; \arg f(z) = \arctg \frac{v}{u} \rightarrow \arctg \frac{C}{B} = \arg A.$$

Поэтому основные теоремы о пределах функций действительных переменных распространяются без изменения на пределы функций комплексной переменной.

Например, если функции $f(z)$ и $g(z)$ определены в некоторой области D и для них $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = A_1$; $\lim_{z \rightarrow z_0} g(z) = A_2$, то $\lim_{z \rightarrow z_0} (f(z) \pm g(z)) = A_1 \pm A_2$;

$$\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) g(z) = A_1 A_2; \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{f(z)}{g(z)} = \frac{A_1}{A_2}, \text{ если } A_2 \neq 0.$$

Говорят, что $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = A$, $A \neq \infty$, если для любого $\xi > 0$ существует $N(\xi)$ такое, что при $|z| > N(\xi)$ выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$.

Говорят, что $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = \infty$, если для любого $N > 0$ можно указать такую окрестность точки z_0 , что если $z \in D$ и $z \neq z_0$ принадлежит этой окрестности, то $|f(z)| > N$.

Часто применяется понятие о пределе функции по кривой. Говорят, что $f(z) \rightarrow A$ при $z \rightarrow z_0$ по кривой L , если выполнение условия $|f(z) - A| < \xi$ при $|z - z_0| < \delta$ рассматривается только для точек z , лежащих на кривой L .

Очевидно, если $f(z) \rightarrow A$ при $z \rightarrow z_0$, то $f(z) \rightarrow A$ и по любой кривой. Если же по двум кривым функция имеет разные пределы или по какой-нибудь кривой предела вовсе нет, то $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z)$ не существует.

5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть функция $w = f(z)$ определена в точке z_0 и в некоторой ее окрестности.

Функция $f(z)$ называется непрерывной в точке z_0 , если $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = f(z_0)$.

Как и в анализе функций действительных переменных, назовем $z - z_0 = \Delta z$ приращением аргумента, а $f(z) - f(z_0) = \Delta w$ — приращением функции. Тогда функция $f(z)$ будет непрерывной в точке z_0 , если $\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \Delta w = 0$. Условие непрерывности функции $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ в точке $z_0 = x_0 + iy_0$ эквивалентно двум следующим: $\lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} u(x, y) = u(x_0, y_0)$ и $\lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ y \rightarrow y_0}} v(x, y) = v(x_0, y_0)$, вы-

ражающим непрерывность двух действительных функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в той же точке (x_0, y_0) . Справедливо и обратное утверждение. Отсюда следует, что теоремы о непрерывности суммы, произведения и частного непрерывных функций действительных переменных будут справедливы и для непрерывных функций комплексной переменной.

Если функция $f(z)$ непрерывна в каждой точке множества D , то она называется непрерывной на этом множестве.

Точками разрыва функции $f(z)$ называются точки, в которых нарушается непрерывность функции.

Функция $w = \frac{z}{z-i}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точки $z = i$, а функция $w = \frac{2z+1}{|z-2|-3}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точек окружности $|z-2|=3$.

6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

6.1. Показательная функция e^z

Показательная функция e^z , где $z = x + iy$, определяется так:

$$e^z = e^{x+iy} = e^x (\cos y + i \sin y).$$

Функция $e^z \neq 0$ на всей комплексной плоскости. Для e^z сохраняются правила действий с показателями:

$$(e^z)^m = e^{nz}; \quad e^{z_1+z_2} = e^{z_1} e^{z_2}.$$

Показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, т. е. любой другой ее период равен $2\pi k i$, где k – целое число.

Действительно, $e^{z+2\pi i} = e^z e^{2\pi i} = e^z (\cos 2\pi + i \sin 2\pi) = e^z$.

Пример

Вычислить значение $e^{-1+\frac{\pi}{4}i}$, записать его модуль, действительную и мнимую части.

Решение

$$e^{-1+\frac{\pi}{4}i} = e^{-1} \left(\cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right) = \frac{1}{e} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + i \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{\sqrt{2}}{2e} (1+i), \quad \operatorname{Re} \left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i} \right) = \frac{\sqrt{2}}{2e};$$

$$\operatorname{Im} \left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i} \right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}, \quad \left| e^{-1+\frac{\pi}{4}i} \right| e^{-1} = \frac{1}{e}.$$

6.2. Тригонометрические функции $\sin z$, $\cos z$

Тригонометрические функции $\sin z$, $\cos z$ определяются так:

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}, \quad \cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}, \quad z \in \mathbb{C}.$$

$\sin z$ и $\cos z$ сохраняют многие свойства тригонометрических функций действительной переменной.

Например, $\sin^2 z + \cos^2 z = 1$, $\sin(z_1 + z_2) = \sin z_1 \cos z_2 + \sin z_2 \cos z_1$,
 $\cos(z_1 + z_2) = \cos z_1 \cos z_2 - \sin z_1 \sin z_2$.

Так как показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, то показательная функция e^{iz} имеет основной период 2π , тогда $\sin z$ и $\cos z$ тоже имеют основной период 2π .

Пример

Вычислить $\cos(2+3i)$.

Решение

$$\begin{aligned} \cos z &= \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}. \text{ Подставляя } z = 2 + 3i, \text{ получим} \\ \cos(2+3i) &= \frac{e^{i(2+3i)} + e^{-i(2+3i)}}{2} = \frac{e^{2i-3} + e^{2i+3}}{2} = \frac{1}{2}(e^{-3}(\cos 2 + i \sin 2) + e^3(\cos 2 - i \sin 2)) = \\ &= \frac{1}{2}(e^3 + e^{-3}) \cos 2 - i \frac{1}{2}(e^3 - e^{-3}) \sin 2 = ch\ 3 \cdot \cos 2 - i\ sh\ 3 \cdot \sin 2. \end{aligned}$$

6.3. Логарифмическая функция $\text{Ln } z$

Если $e^w = z$, где $z \neq 0$, $z \neq \infty$, то число w называется логарифмом комплексного числа z (по основанию e) и обозначается $w = \text{Ln } z$.

Чтобы получить формулу для вычисления логарифма комплексного числа в равенстве $e^w = z$, положим $w = u + iv$, а $z = r(\cos \varphi + i \sin \varphi)$, тогда $e^{u+iv} = r(\cos \varphi + i \sin \varphi)$ или $e^u = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos \varphi + i \sin \varphi)$. По определению, два комплексных числа равны тогда и только тогда, когда равны их модули, а аргументы отличаются на число, кратное 2π . Следовательно, $e^u = r$, а $v = \varphi + 2\pi k$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, откуда $u = \ln r = \ln |z|$.

Итак,

$$\text{Ln } z = w = u + iv = \ln r + i(\varphi + 2\pi k).$$

Окончательно

$$\text{Ln } z = \ln |z| + i \arg z + 2\pi k i, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Значение логарифма при $k = 0$ называется главным, его обозначают $\ln z$, оно равно $\ln z = \ln |z| + i \arg z$.

Из изложенного следует, что логарифмы можно находить не только для положительных чисел, но и для произвольных комплексных чисел. При этом обнаружилось, что логарифмическая функция не однозначная, а многозначная, то

есть каждое комплексное число имеет бесконечное множество логарифмов. В частности, имеют логарифмы и отрицательные числа, но при этом все значения логарифма комплексные.

Если $z = x$ – действительное положительное число, то $|z| = x$, а $\arg z = 0$. Поэтому главное значение логарифма действительного положительного числа совпадает со значением $\ln z$, приводимым обычно в таблицах натуральных логарифмов. Но, кроме этих действительных значений, логарифмы положительных чисел имеют еще и бесконечное множество комплексных значений.

Все значения логарифма комплексного числа имеют одну и ту же действительную часть $\ln |z|$, поэтому геометрически значения логарифма изображаются на плоскости (w) точками вертикальной прямой $u = \ln |z|$.

Пример

Найти $Ln(-1+i)$ и $\ln(-1+i)$.

Решение

$$|-1+i| = \sqrt{2}, \quad \arg(-1+i) = \frac{3\pi}{4}.$$

$$\text{Поэтому } Ln(-1+i) = \ln \sqrt{2} + i \frac{3\pi}{4} + 2\pi ki, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots; \quad \ln(-1+i) = \ln \sqrt{2} + \frac{3\pi}{4} i.$$

6.4. Общая степенная функция z^γ

Если $w = z^\gamma$, где z – произвольное, отличное от 0 и ∞ комплексное число, а γ – любое комплексное число, то полагают по определению

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Ln z}.$$

Пусть $z = re^{i\varphi}$, $\gamma = a + bi$ тогда

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Ln z} = e^{(a+bi)(\ln r + i\varphi + 2\pi ki)} = e^{a \ln r - b\varphi - 2\pi kb} \cdot e^{i(b \ln r + a\varphi + 2\pi ka)}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Так как логарифм комплексного числа имеет бесконечное множество значений, то и выражение z^γ имеет бесконечное множество значений, но в частных случаях они могут все совпадать (если γ – целое число) или среди них может быть только конечное число различных значений (если γ – дробное число).

Пример

Вычислить: а) 2^{3+5i} ; б) i^i .

Решение

а)

$$2^{3+5i} = e^{(3+5i)\operatorname{Ln}2} = e^{(3+5i)(\ln 2 + 2\pi ki)} = e^{(3\ln 2 - 10\pi k) + i(5\ln 2 + 6\pi k)}$$

$$= e^{3\ln 2 - 10\pi k} \cdot e^{i5\ln 2} = e^{3\ln 2 - 10\pi k} (\cos(5\ln 2) + i\sin(5\ln 2)); k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{б) } i^i = e^{i\operatorname{Ln}i} = e^{i(\ln 1 + i\frac{\pi}{2} + 2\pi ki)} = e^{-\frac{\pi}{2} + 2\pi k}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Видно, что все полученные значения i^i – действительные числа.

Например, при $k = 0$ имеем $i^i = e^{-\frac{\pi}{2}} \approx 0,2079$.

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

- 1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = ie^{\pi-i}$.
- 2) Вычислить:

а) $\sin(4-i)$; б) $\operatorname{Ln}(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1-i)^{2+i}$.

Вариант 2

- 1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = \sin z$.
- 2) Вычислить:

а) $\cos(2+5i)$; б) $\ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1+i)^{3-i}$.

7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

7.1. Определение производной

Пусть $w = f(z)$ есть однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z) .

$$1. z \in D, z + \Delta z \in D, w = f(z), w + \Delta w = f(z + \Delta z).$$

2. $\Delta w = f(z + \Delta z) - f(z)$ есть приращение функции $f(z)$ при переходе от точки z к точке $z + \Delta z$.

$$3. \frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{f(z + \Delta z) - f(z)}{\Delta z}.$$

4. Если существует конечный предел отношения $\frac{\Delta w}{\Delta z}$ при произвольном стремлении $\Delta z \rightarrow 0$, то этот предел называется *производной функции* $f(z)$ в точке z и обозначается $w' = f'(z) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$, а функция $f(z)$ называется *дифференцируемой в точке* z .

Из дифференцируемости $f(z)$ в точке z следует ее непрерывность в этой точке: $\frac{\Delta w}{\Delta z} = f'(z) + \alpha$, где $\alpha \rightarrow 0$ при $\Delta z \rightarrow 0$.

Тогда $\Delta w = f'(z)\Delta z + \alpha\Delta z$, откуда $\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \Delta w = 0$, что означает непрерывность $f(z)$ в точке z .

Из непрерывности $f(z)$ в точке z дифференцируемость $f(z)$ не следует.

Если функция $f(z)$ имеет производную в каждой точке области D , то она называется *дифференцируемой в этой области*.

7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)

Пусть $w = f(z)$ — однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z) . Точки $z = x + iy$ и $z + \Delta z = (x + \Delta x) + i(y + \Delta y)$ принадлежат области D .

Тогда

$$\begin{aligned} \Delta z &= \Delta x + i\Delta y; \Delta w = f(z + \Delta z) - f(z) = \\ &= (u(x + \Delta x, y + \Delta y) + iv(x + \Delta x, y + \Delta y)) - (u(x, y) + iv(x, y)) = \Delta u + i\Delta v, \end{aligned}$$

где $\Delta u = u(x + \Delta x, y + \Delta y) - u(x, y)$ и $\Delta v = v(x + \Delta x, y + \Delta y) - v(x, y)$ есть полные приращения функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$.

Теорема

Для того, чтобы однозначная функция $w = f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ была дифференцируема в точке $z = x + iy$, необходимо и достаточно, чтобы в точке (x, y) существовали частные производные функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$, причем эти производные удовлетворяли условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Эти условия называют условиями Коши - Римана.

Так как эти условия значительно раньше были найдены Даламбером и Эйлером, то их называют также условиями Даламбера - Эйлера.

Доказательство

Необходимость

Функция $w = f(z)$ дифференцируема в точке z , поэтому существует конечный предел $\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\substack{\Delta x \rightarrow 0 \\ \Delta y \rightarrow 0}} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x + i\Delta y} = f'(z)$, предел не зависит от того, как точка

$z + \Delta z \rightarrow z$.

Предположим, что точка $z + \Delta z$ приближается к точке z , например, по прямой, параллельной оси Ox , тогда $\Delta y = 0, \Delta z = \Delta x$ и

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta u}{\Delta x} + i \frac{\Delta v}{\Delta x} \right) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} + i \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\partial u}{\partial x} + i \frac{\partial v}{\partial x}.$$

Если точка $z + \Delta z \rightarrow z$ по прямой, параллельной оси Oy , то $\Delta x = 0, \Delta z = i\Delta y$, поэтому

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{i\Delta y} = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} - i \frac{\Delta u}{\Delta y} \right) = \frac{\partial v}{\partial y} - i \frac{\partial u}{\partial y}.$$

Так как $\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ не зависит от способа стремления $\Delta z \rightarrow 0$, то, приравнявая полученные выражения для $f'(z)$, находим $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i \frac{\partial u}{\partial y}$ откуда по определению равенства двух комплексных чисел получаем условия Коши-Римана: $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$.

Необходимость доказана.

Достаточность

Так как функции $u(x, y)$ и $v(x, y)$ дифференцируемы в точке (x, y) , то их полные приращения в этой точке можно представить в виде

$$\Delta u = \frac{\partial u}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial u}{\partial y} \Delta y + \alpha_1; \Delta v = \frac{\partial v}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial v}{\partial y} \Delta y + \alpha_2,$$

где α_1 и $\alpha_2 \rightarrow 0$ при $|\Delta z| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \rightarrow 0$, причем $\frac{\alpha_1}{\Delta z} \rightarrow 0$ и $\frac{\alpha_2}{\Delta z} \rightarrow 0$.

Тогда при условии, что частные производные функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в точке (x, y) удовлетворяют условиям Коши-Римана, приращение функции $w = f(z)$ запишется в виде

$$\begin{aligned} \Delta w &= f(z + \Delta z) - f(z) = \Delta u + i\Delta v = \\ &= \frac{\partial u}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial u}{\partial y} \Delta y + \alpha_1 + i\left(\frac{\partial v}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial v}{\partial y} \Delta y + \alpha_2\right) = \\ &= \left(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}\right)\Delta x + i\Delta y\left(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \alpha = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}\right)\Delta z + \alpha = A\Delta z + \alpha, \end{aligned}$$

где $A = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}$ - некоторое постоянное комплексное число, не зависящее от Δz ,

а $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ - бесконечно малая более высокого порядка, чем $|\Delta z|$, т. е. $\rightarrow 0$

при $|\Delta z| \rightarrow 0$.

$$\text{Найдем } \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{A\Delta z + \alpha}{\Delta z} = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \left(A + \frac{\alpha}{\Delta z}\right) = A.$$

Следовательно, $\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ существует, конечен и не зависит от способа стремления $\Delta z \rightarrow 0$, а значит, существует производная функции $w = f(z)$ в точке $z = x + iy$.

Если функция $w = f(z)$ в некоторой точке удовлетворяет условиям Коши-Римана, то производная в этой точке может быть вычислена по одной из формул:

$$f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial x} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

7.3. Правила дифференцирования

Из определения производной, правил алгебраических действий и теорем о пределах функций комплексной переменной следует, что основные правила дифференцирования функций действительного аргумента остаются справедливыми и для функций комплексной переменной.

7.4. Аналитические функции

Определение 1

Если однозначная функция $w = f(z)$ дифференцируема в области D , то она называется аналитической в этой области.

Определение 2

Однозначная функция $w = f(z)$ называется аналитической в точке z , если она дифференцируема как в самой точке z , так и в некоторой ее окрестности.

Пример

Является ли аналитической а) $w = e^z$; б) $w = (\bar{z})^2$?

Решение

а) $w = u + iv, z = x + iy$

$$w = e^z = e^x(\cos y + i \sin y), \text{ тогда } u = e^x \cos y, v = e^x \sin y$$

Найдем частные производные этих функций

$$\frac{\partial u}{\partial x} = e^x \cos y; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = e^x \cos y..$$

Условия Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ выполняются в любой (x, y) ,

следовательно, функция $w = e^z$ дифференцируема на всей комплексной плоскости (z) , а значит и аналитическая на всей комплексной плоскости.

б) $w = u + iv, z = x + iy; u + iv = (x - iy)^2; u + iv = x^2 - 2xyi - y^2;$

тогда $u = x^2 - y^2; v = -2xy; \frac{\partial u}{\partial x} = 2x; \frac{\partial u}{\partial y} = -2y; \frac{\partial v}{\partial x} = -2y; \frac{\partial v}{\partial y} = -2x.$

Условия Коши-Римана выполняются только в точке $z = 0$, так как равенства $2x = -2x$ и $-2y = 2y$ имеют место лишь при $x = y = 0$.

Следовательно, функция $w = (\bar{z})^2$ дифференцируема лишь в точке $z = 0$.

Но, так как в окрестности точки $z = 0$ заданная функция не дифференцируема, она не будет аналитической в точке $z = 0$.

7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной

Пусть функция $w = f(z)$, аналитическая в области D плоскости (z) , отображает эту область в область G плоскости (W) . Пусть, далее, точка $z_0 \in D$, а соответствующая ей при отображении точка $w_0 \in G$ и $f'(z_0) \neq 0$. Тогда величина $k = |f'(z_0)| = \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{|w - w_0|}{|z - z_0|}$ есть коэффициент искажения или масштаб в

точке z_0 при отображении $w = f(z)$.

Если $k > 1$, то дуги при отображении растягиваются, если $k < 1$, то дуги сжимаются, если $k = 1$, то масштаб при отображении не меняется. Так как производная в точке z_0 не зависит от того, по какой кривой $z \rightarrow z_0$, то все бесконечно малые дуги, проходящие через точку z_0 , при отображении будут подвергаться одинаковому искажению.

$\arg f'(z_0) = \lim_{z \rightarrow z_0} (\arg (w - w_0) - \arg (z - z_0))$ - это угол, на который нужно повер-

нуть касательную к некоторой линии L в точке z_0 для того, чтобы получить направление касательной к преобразованной кривой L_1 в точке $w_0 = f(z_0)$.

При отображении с помощью аналитической функции углы между кривыми сохраняются не только по величине, но и по направлению, во всех точках, где $f'(z_0) \neq 0$.

Определение

Всякое отображение, обладающее в некоторой точке свойством постоянства углов и свойством постоянства растяжений, называется конформным в этой точке.

Отображение с помощью аналитической функции $w = f(z)$ в точке z_0 , для которой $f'(z_0) \neq 0$, является конформным отображением.

Самостоятельная работа № 4

Вариант 1

- 1) Найти область дифференцируемости функции $w = z^2 + (3-i)z + i$ и ее производную.
- 2) Вычислить:
 - а) $\cos(1-3i)$; б) $\operatorname{Ln}(\sqrt{3}+i)$; в) $(2i)^{5+i}$.

Вариант 2

- 1) Найти область дифференцируемости функции $w = \cos z$ и её производную.
- 2) Вычислить:
 - а) $(i - \sqrt{3})^{2i+1}$; б) $\operatorname{Ln}(-3 - \sqrt{3}i)$; в) $\sin(i-2)$

Самостоятельная работа № 5

Вариант 1

- 1) Сформулируйте достаточные условия дифференцируемости функции $f(z)$.
- 2) Дифференцируема ли функция $w = \frac{1}{z}$?
- 3) Вычислить:
 - а) $\ln(-4-4i)$; б) 5^{4-3i} ; в) $\sin 3i$.

Вариант 2

- 1) Какая функция называется аналитической в точке и в области?
- 2) Установить, дифференцируема ли функция $w = e^{\bar{z}}$.
- 3) Вычислить:
 - а) 2^{1+5i} ; б) $\operatorname{Ln}(-5i)$; в) $\cos(4+i)$.

Самостоятельная работа № 6

Вариант 1

- 1) Найти область аналитичности функции $w = e^{2z} + iz$.
- 2) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 4$ при отображении $w = iz + 2$.

Вариант 2

- 1) Найти образ линии $x^2 + (y-1)^2 = 1$ при отображении $w = \frac{2}{z}$.
- 2) Проверить условия Коши-Римана для функции $w = e^{z^2}$.

8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

8.1. Интеграл от функции комплексной переменной

Пусть в некоторой области D плоскости комплексной переменной (z) задана однозначная и непрерывная функция $w = f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, и пусть γ – произвольная гладкая или кусочно-гладкая кривая, целиком лежащая в области D .

Выберем на дуге γ направление обхода от точки a к точке b .

1) Разобьем дугу γ произвольно на n частичных дуг точками

$$z_0 = a, z_1, z_2, \dots, z_{n-1}, z_n = b; \text{ обозначим } z_k - z_{k-1} = \Delta z_k = \Delta x_k + i \Delta y_k.$$

2) Выберем на каждом участке (z_{k-1}, z_k) дуги γ по точке $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$.

3) Образует сумму

$$\begin{aligned} \sigma_n = \sum_{k=1}^n f(\zeta_k) \Delta z_k &= \sum_{k=1}^n (u(\xi_k, \eta_k) + iv(\xi_k, \eta_k)) \cdot (\Delta x_k + i \Delta y_k) = \sum_{k=1}^n (u(\xi_k, \eta_k) \Delta x_k - v(\xi_k, \eta_k) \Delta y_k) + \\ &+ i \sum_{k=1}^n (u(\xi_k, \eta_k) \Delta y_k + v(\xi_k, \eta_k) \Delta x_k), \end{aligned}$$

которую назовем интегральной суммой функции $f(z)$.

Предел интегральной суммы σ_n , вычисленный при стремлении к нулю длины наибольшей из частичных дуг (при $n \rightarrow \infty$), не зависящий ни от способа разбиения дуги γ на частичные дуги (z_{k-1}, z_k) , ни от выбора точек ζ_k , называется интегралом от функции $f(z)$ по дуге γ и обозначается

$$\int_{\gamma} f(z) dz = \lim_{\max |\Delta z_k| \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(\zeta_k) \Delta z_k.$$

При указанных выше требованиях к функции $f(z)$ и контуру γ этот предел всегда существует.

Действительно,

$$\int_{\gamma} f(z) dz = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (u(\xi_k, \eta_k) \Delta x_k - v(\xi_k, \eta_k) \Delta y_k) + i \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n (u(\xi_k, \eta_k) \Delta y_k + v(\xi_k, \eta_k) \Delta x_k).$$

По условию $f(z)$ непрерывна в области D , значит, в этой области непрерывны и функции $u(x, y)$ и $v(x, y)$, а γ – гладкая или кусочно-гладкая кривая. Поэтому пределы сумм, стоящих в правой части последнего равенства, существуют и являются криволинейными интегралами по координатам от функций действительных переменных.

Таким образом,

$$\int_{\gamma} f(z) dz = \int_{\gamma} u(x, y) dx - v(x, y) dy + i \int_{\gamma} v(x, y) dx + u(x, y) dy.$$

Эта формула дает выражение интеграла от функции комплексной переменной через два криволинейных интеграла от действительных функций. Отсюда же следует, что основные свойства криволинейных интегралов по координатам распространяются и на интегралы от функций комплексной переменной.

Некоторые из этих свойств есть:

- 1) $\int_{AB} f(z) dz = - \int_{BA} f(z) dz;$
- 2) $\int_{\gamma} af(z) dz = a \int_{\gamma} f(z) dz;$
- 3) $\int_{\gamma} (f_1(z) \pm f_2(z)) dz = \int_{\gamma} f_1(z) dz \pm \int_{\gamma} f_2(z) dz;$
- 4) $\int_{\gamma_1 + \gamma_2} f(z) dz = \int_{\gamma_1} f(z) dz + \int_{\gamma_2} f(z) dz.$

8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной

1. Пусть дуга γ задана параметрическими уравнениями: $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}, \alpha \leq t \leq \beta.$

Тогда криволинейные интегралы сводим к определенным и получим

$$\begin{aligned} \int_{\gamma} f(z) dz &= \int_{\alpha}^{\beta} u(x(t), y(t)) x'(t) dt - v(x(t), y(t)) y'(t) dt + \\ &+ i \int_{\alpha}^{\beta} v(x(t), y(t)) x'(t) dt + u(x(t), y(t)) y'(t) dt = \\ &= \int_{\alpha}^{\beta} (u(x(t), y(t)) + iv(x(t), y(t))) x'(t) dt + \\ &+ \int_{\alpha}^{\beta} (u(x(t), y(t)) + iv(x(t), y(t))) iy'(t) dt = \int_{\alpha}^{\beta} (u(x(t), y(t)) + iv(x(t), \\ &y(t))) (x'(t) + iy'(t)) dt = \int_{\alpha}^{\beta} f(z(t)) z'(t) dt = \int_{\alpha}^{\beta} f(z(t)) dz(t), \end{aligned}$$

то есть $\int_{\gamma} f(z) dz = \int_{\alpha}^{\beta} f(z(t)) dz(t)$, где $z(t) = x(t) + iy(t)$.

2. Если дуга γ задана уравнением $y = g(x)$, где $a \leq x \leq b$, то, принимая за параметр x и записывая $z = x + ig(x)$, задачу сводим к случаю 1.

3. Если дуга γ задана уравнением $x = \varphi(y)$, где $c \leq y \leq d$, то за параметр принимаем y и записываем $z = \varphi(y) + iy$. Задачу сводим к случаю 1.

Пример 1

Вычислить $\int_{\gamma} (\bar{z})^2 dz$ по отрезку, соединяющему точки $z = 0$ и $z = 1 + i$.

Решение

На прямой, соединяющей точки $z = 0$ и $z = 1 + i$, контур γ задается уравнением $z = x + ix = x(1 + i)$, где $0 \leq x \leq 1$. Тогда $\bar{z} = x(1 - i)$, $dz = (1 + i) dx$ и

$$\int_{\gamma} (\bar{z})^2 dz = \int_0^1 x^2 (1 - i)^2 (1 + i) dx = 2(1 - i) \int_0^1 x^2 dx = 2(1 - i) \frac{x^3}{3} \Big|_0^1 = \frac{2}{3} (1 - i).$$

Пример 2

По ломаной γ с вершинами в точках $O(0, 0)$, $A(1, 1)$, $B(2, 1)$ вычислить интегралы:

$$\text{а) } \int_{\gamma} z^2 dz; \quad \text{б) } \int_{\gamma} \operatorname{Re} z dz; \quad \text{в) } \int_{\gamma} \operatorname{Im} z dz; \quad \text{г) } \int_{\gamma} |z| dz.$$

Решение

а) Уравнение стороны OA : $y = x$, тогда $z = x + ix$ или $z = x(1 + i)$, где $0 \leq x \leq 1$, $dz = (1 + i) dx$, а

$$\int_{OA} z^2 dz = \int_0^1 x^2 (1 + i)^2 (1 + i) dx = (1 + i)^3 \int_0^1 x^2 dx = (1 + i)^3 \frac{x^3}{3} \Big|_0^1 = \frac{1}{3} (1 + 3i - 3 - i) = \frac{1}{3} (2i - 2) = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3} i.$$

Уравнение стороны AB : $y = 1$, тогда $z = x + i$, $dz = dx$, $1 \leq x \leq 2$, а

$$\int_{AB} z^2 dz = \int_1^2 (x+i)^2 dx = \frac{(x+i)^3}{3} \Big|_1^2 = \frac{1}{3}((2+i)^3 - (1+i)^3) =$$

$$= \frac{1}{3}(2+i-1-i)((2+i)^2 + (2+i)(1+i) + (1+i)^2) = \frac{1}{3}(4+9i) = \frac{4}{3} + \frac{9}{3}i = \frac{4}{3} + 3i.$$

Окончательно, интеграл по всей ломаной равен

$$\int_{\gamma} z^2 dz = \int_{OA} z^2 dz + \int_{AB} z^2 dz = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i + \frac{4}{3} + 3i = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i.$$

б) $\operatorname{Re} z dz$. Для стороны OA : $z = x(1+i)$, $0 \leq x \leq 1$, $dz = (1+i) dx$. Тогда

$$\int_{OA} \operatorname{Re} z dz = \int_0^1 x(1+i) dx = (1+i) \frac{x^2}{2} \Big|_0^1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Для стороны

$$AB: z = x+i, \quad 1 \leq x \leq 2, \quad dz = dx, \quad \text{а} \quad \int_{AB} \operatorname{Re} z dz = \int_1^2 x dx = \frac{x^2}{2} \Big|_1^2 = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}.$$

Тогда

$$\int_{\gamma} \operatorname{Re} z dz = \int_{OA} \operatorname{Re} z dz + \int_{AB} \operatorname{Re} z dz = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + \frac{3}{2} = 2 + \frac{1}{2}i.$$

в) $\operatorname{Im} z dz$.

$$\int_{\gamma} \operatorname{Im} z dz = \int_{OA} \operatorname{Im} z dz + \int_{AB} \operatorname{Im} z dz = \int_0^1 x(1+i) dx + \int_1^2 dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + 1 = \frac{3}{2} + \frac{1}{2}i.$$

г) $|z| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Для стороны OA : $y = x$, $z = x(1+i)$, $dz = (1+i)dx$, $0 \leq x \leq 1$

$$\int_{OA} |z| dz = \int_0^1 x\sqrt{2} (1+i) dx = \sqrt{2} (1+i) \frac{x^2}{2} \Big|_0^1 = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i.$$

Для стороны AB : $y = 1$, $z = x+i$, $dz = dx$, $1 \leq x \leq 2$,

$$\begin{aligned} \int_{AB} |z| dz &= \int_1^2 \sqrt{x^2+1} dx = \frac{1}{2} x\sqrt{x^2+1} \Big|_1^2 + \frac{1}{2} \ln(x+\sqrt{x^2+1}) \Big|_1^2 = \\ &= \sqrt{5} - \frac{1}{2}\sqrt{2} + \frac{1}{2} \ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2} \ln(1+\sqrt{2}). \end{aligned}$$

Тогда

$$\int_{\gamma} |z| dz = \int_{OA} |z| dz + \int_{AB} |z| dz = \sqrt{5} + \frac{1}{2} \ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2} \ln(1+\sqrt{2}) + \frac{\sqrt{2}}{2} i \approx 2,518 + 0,707i.$$

8.3. Основная теорема Коши

Теорема

Если $f(z)$ есть аналитическая функция односвязной области \bar{D} , то интеграл от $f(z)$ по любому замкнутому кусочно-гладкому контуру, целиком лежащему в области \bar{D} , равен нулю, т. е.

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 0.$$

Доказательство

Известно, что $\oint_{\gamma} f(z) dz = \oint_{\gamma} u(x, y) dx - v(x, y) dy + i \oint_{\gamma} v(x, y) dx + u(x, y) dy$.

Из аналитичности $f(z)$ в области D следует, что частные производные функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ существуют, удовлетворяют условиям Коши-Римана,

$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$, а из предположения о непрерывности $f'(z)$ в области D

следует непрерывность частных производных. Поэтому, применяя к криволинейным интегралам формулу Грина, получим

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = \iint_{D_1} \left(-\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) dx dy + i \iint_{D_1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) dx dy.$$

Из условий Коши-Римана подынтегральное выражение в каждом двойном интеграле равно нулю, поэтому

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 0.$$

Теорема доказана.

Следствие

Если функция $f(z)$ аналитична в односвязной области \bar{D} , то $\int_{AB} f(z) dz$ не зависит от пути, соединяющего точки A и B , если дуга AB целиком лежит внутри области \bar{D} .

Пример 1

Вычислить по ломаной OAB (см. пример 2 раздела 8) и по отрезку OB интегралы:

$$\text{а) } \int_{\gamma} z^2 dz; \quad \text{б) } \int_{\gamma} \operatorname{Re} z dz;$$

Решение

$$\text{а) } \int_{OAB} z^2 dz = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i \quad (\text{см. пример 2 раздела 8})$$

$$\begin{aligned} \int_{OB} z^2 dz &= \int_0^2 x^2 \left(1 + \frac{i}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{i}{2}\right) dx = \left(1 + \frac{i}{2}\right)^3 \int_0^2 x^2 dx = \\ &= \left(1 + \frac{i}{2}\right)^3 \frac{x^3}{3} \Big|_0^2 = \frac{8}{3} \left(1 + \frac{i}{2}\right)^3 = \frac{8}{3} \left(1 + \frac{3i}{2} - \frac{3}{4} - \frac{i}{8}\right) = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i. \end{aligned}$$

Получили, что $\int_{OAB} z^2 dz = \int_{OB} z^2 dz$, т. е. интеграл не зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$, так как $f(z) = z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости.

$$\text{б) } w = \operatorname{Re} z, \quad u + iv = x, \quad \text{тогда } u = x, \quad v = 0; \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 1; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Условие Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$ не выполняется ни в одной точке на комплексной плоскости, так как $1 \neq 0$, поэтому $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической на всей комплексной плоскости.

$$\int_{OAB} \operatorname{Re} z dz = 2 + \frac{1}{2}i \quad (\text{см. пример 2 раздела 8}),$$

$$\int_{OB} \operatorname{Re} z dz = \int_0^2 x \left(1 + \frac{i}{2}\right) dx = \left(1 + \frac{i}{2}\right) \int_0^2 x dx = \left(1 + \frac{i}{2}\right) \frac{x^2}{2} \Big|_0^2 = 2 + i.$$

Так как функция $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической, интеграл $\int_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$ зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$.

8.4. Теорема Коши для многосвязной области

Сначала рассмотрим двусвязную область (рис. 2), ограниченную простыми замкнутыми кривыми γ_1 и γ_2 , которые не пересекаются, а γ_2 целиком лежит внутри γ_1 . Допустим, что $f(z)$ является аналитической в области между контурами и на самих контурах γ_1 и γ_2 . Проведём в заданной области разрез по линии AB . Предполагая, что разрез имеет как бы два берега, мы превратим эту область в односвязную. Положительное направление обхода по контуру указано на рисунке. Применим теорему Коши к полученной односвязной области, ограниченной контуром $\Gamma\{AEA + AB + BFB + BA\}$.

$$\int_{\Gamma} f(z) dz = 0 \quad \text{или} \quad \oint_{AEA} f(z) dz + \int_{AB} f(z) dz + \oint_{BFB} f(z) dz + \int_{BA} f(z) dz = 0.$$

$$\text{Так как } \int_{AB} f(z) dz + \int_{BA} f(z) dz = 0, \text{ то } \oint_{\gamma_1} f(z) dz = \oint_{\gamma_2} f(z) dz.$$

Из полученной формулы видно, что интегралы от $f(z)$ по внешнему контуру γ_1 и по внутреннему контуру γ_2 , обходимым в одном и том же направлении, равны по величине, но, вообще говоря, не равны нулю, так как $f(z)$ может быть неаналитической внутри области, ограниченной контуром γ_2 .

Теперь рассмотрим теорему Коши для $(n+1)$ - связной области, которая с помощью системы разрезов может быть сделана односвязной.

Если $f(z)$ - аналитическая функция в замкнутой многосвязной области, ограниченной внешним замкнутым контуром γ и замкнутыми контурами $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$, лежащими внутри γ , то интеграл от этой функции по внешнему контуру γ равен сумме интегралов по внутренним контурам, причём интегрирование по всем контурам выполняется в одном и том же направлении, то есть

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = \oint_{\gamma_1} f(z) dz + \oint_{\gamma_2} f(z) dz + \dots + \oint_{\gamma_n} f(z) dz.$$

8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D , содержащей внутри себя точки z_0 и z , то величина $\int_{z_0}^z f(z) dz$ не зависит от пути интегрирования, а зависит, лишь от вида подынтегральной функции и точек z_0 и z .

Если точка z_0 зафиксирована, то интеграл $F(z) = \int_{z_0}^z f(z) dz$ определяет функцию $F(z)$ для каждой выбранной точки $z \in D$. Функция $F(z)$ является аналитической в D и $F'(z) = f(z)$.

Назовём функцию $\Phi(z)$ первообразной для $f(z)$ в области D , если $\Phi(z)$ аналитическая в D и $\Phi'(z) = f(z)$. Тогда $\Phi(z) - F(z) = C$, где C постоянное комплексное число. При $z = z_0$ имеем $\Phi(z_0) - F(z_0) = C$, отсюда $C = \Phi(z_0)$, так как $F(z_0) = 0$.

Следовательно, $\int_{z_0}^z f(z) dz = \Phi(z) - \Phi(z_0)$.

Полученная формула показывает, что значение интеграла от аналитической функции равно приращению какой-либо первообразной для подынтегральной функции на пути интегрирования.

Таким образом, определение первообразной и формула Ньютона-Лейбница для функций действительной переменной и аналитических функций комплексной переменной полностью совпадают. Поэтому интегралы от элементарных функций комплексной переменной вычисляются с помощью тех же формул и правил, что и в обычном анализе.

Пример 1

Вычислить: а) $\int_{\gamma} z^2 dz$ вдоль контура γ , соединяющего точки $z = 0$ и $z = 2 + i$;
 б) $\int_{\gamma} e^z dz$ по отрезку, соединяющему точки $z = 0$ и $z = i$.

Решение

а) Так как $f(z) = z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция $F(z) = \frac{z^3}{3}$, то

$$\int_{\gamma} z^2 dz = \int_{z=0}^{z=2+i} z^2 dz = \left. \frac{z^3}{3} \right|_0^{2+i} = \frac{(2+i)^3}{3} = \frac{1}{3}(8+12i-6-i) = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i.$$

Получили тот же результат, что и в примере 8.3.1

б) Так как $f(z) = e^z$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция $F(z) = e^z$, то

$$\int_{\gamma} e^z dz = \int_{z=0}^{z=i} e^z dz = e^z \Big|_0^i = e^i - e^0 = e^i - 1 = \cos 1 + i \sin 1 - 1 = (\cos 1 - 1) + i \sin 1.$$

8.6. Особые точки - полюсы

Точка z_0 называется особой точкой для $f(z)$, если в этой точке нарушается аналитичность функции. Точка z_0 называется изолированной особой точкой, если можно указать такую окрестность точки $z_0 : |z - z_0| < r$, в которой, кроме z_0 , других особых точек функции $f(z)$ нет.

Если $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = \infty$, то точка $z = z_0$ называется полюсом функции $f(z)$.

Функция $f(z) = \frac{\varphi(z)}{z - z_0}$ имеет в z_0 простой полюс или полюс первого порядка, а функция $g(z) = \frac{\varphi(z)}{(z - z_0)^m}$ имеет в z_0 полюс m -го порядка, если $\varphi(z)$ аналитическая функция в точке z_0 и $\varphi(z_0) \neq 0$.

Так для функции $f(z) = \frac{z^2 - 1}{z(z-3)(z+1)^4} = \frac{z-1}{z(z-3)(z+1)^3}$ точки $z=0$ и $z=3$ - простые полюсы, а точка $z=-1$ - полюс третьего порядка.

8.7. Определение вычета

Понятие вычета является одним из важнейших понятий теории функций комплексной переменной в силу большой практической ценности основной теоремы о вычетах, которую мы рассмотрим ниже.

Если $f(z)$ - аналитическая функция в односвязной области D , то $\oint_{\gamma} f(z) dz = 0$,

где γ - любой замкнутый контур, лежащий целиком в области D . Если же внутри контура γ есть единственная изолированная особая точка функции $f(z)$, то $\oint_{\gamma} f(z) dz$, вообще говоря, не равен нулю. Значение этого интеграла, как известно,

не зависит от формы контура γ .

Условились величину этого интеграла, делённую на $2\pi i$, называть вычетом функции $f(z)$ относительно особой точки z_0 и обозначать символом

$$\operatorname{res}[f(z); z_0] = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} f(z) dz.$$

Здесь при интегрировании обход контура γ идёт против движения часовой стрелки.

8.8. Формулы для вычисления вычетов

1. Если z_0 есть простой полюс функции $f(z)$, то вычет $f(z)$ относительно z_0 равен

$$\operatorname{res}[f(z); z_0] = \lim_{z \rightarrow z_0} (z - z_0) f(z).$$

2. Если z_0 - простой полюс функции $f(z)$, которая может быть представлена в виде $f(z) = \frac{f_1(z)}{f_2(z)}$, где $f_1(z)$ и $f_2(z)$ - аналитические функции в точке $z = z_0$, причём $z = z_0$ - простой полюс $f_2(z)$, а $f_1(z_0) \neq 0$. Тогда при $f_2'(z_0) \neq 0$

$$\operatorname{res}[f(z); z_0] = \frac{f_1(z_0)}{f_2'(z_0)}.$$

3. Если точка $z = z_0$ - полюс порядка n функции $f(z)$, то

$$\operatorname{res}[f(z); z_0] = \frac{1}{(n-1)!} \lim_{z \rightarrow z_0} \frac{d^{n-1}}{dz^{n-1}} (z - z_0)^n f(z).$$

здесь вычисляется предел производной $(n-1)$ порядка.

Пример 1

Вычислить вычеты функции $f(z) = \frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}$ относительно всех её особых точек.

Решение

Для заданной функции точка $z = -1$ является простым полюсом, а $z = 1$ - полюсом второго порядка.

$$\operatorname{res}[f(z); -1] = \lim_{z \rightarrow -1} (z+1) \frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2} = \lim_{z \rightarrow -1} \frac{z+2}{(z-1)^2} = \frac{1}{4};$$

$$\operatorname{res}[f(z); 1] = \frac{1}{1!} \lim_{z \rightarrow 1} ((z-1)^2 \frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2})' = \lim_{z \rightarrow 1} (\frac{z+2}{z+1})' = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z+1-(z+2)}{(z+1)^2} = -\frac{1}{4}.$$

Пример 2

Найти вычеты в каждой из особых точек функций:

$$\text{а) } f(z) = \frac{\cos z}{z^3}; \quad \text{б) } f(z) = \frac{z^2 - 2}{z^2 + z}; \quad \text{в) } f(z) = \frac{e^z}{z^2 + 1}.$$

Решение

а) Для $f(z) = \frac{\cos z}{z^3}$ точка $z = 0$ является полюсом третьего порядка.

$$\operatorname{res}[f(z); 0] = \frac{1}{(3-1)!} \lim_{z \rightarrow 0} (z^3 \frac{\cos z}{z^3})'' = \frac{1}{2!} \lim_{z \rightarrow 0} (\cos z)'' = \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow 0} (-\sin z)' = \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow 0} (-\cos z) = -\frac{1}{2};$$

б) Для функции $f(z) = \frac{z^2 - 2}{z^2 + z} = \frac{z^2 - 2}{z(z+1)}$ точка $z = 0$ является простым полюсом, а $z = -1$ - тоже простым полюсом

$$\operatorname{res}[f(z); 0] = \lim_{z \rightarrow 0} z \frac{(z^2 - 2)}{z(z+1)} = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{z^2 - 2}{z+1} = -\frac{2}{1} = -2;$$

$$\operatorname{res}[f(z); -1] = \lim_{z \rightarrow -1} (z+1) \frac{(z^2 - 2)}{z(z+1)} = \lim_{z \rightarrow -1} \frac{z^2 - 2}{z} = \frac{1-2}{-1} = 1;$$

в) $z^2 + 1 = 0$ при $z = \pm i$. Поэтому точки $z = i$ и $z = -i$ являются простыми полюсами $f(z) = \frac{e^z}{z^2 + 1}$

$$\begin{aligned} \operatorname{res}[f(z); i] &= \lim_{z \rightarrow i} (z-i) \frac{e^z}{(z-i)(z+i)} = \lim_{z \rightarrow i} \frac{e^z}{z+i} = \frac{e^i}{2i} \\ &= \frac{(\cos 1 + i \sin 1)(-i)}{2i(-i)} = \frac{\sin 1 - i \cos 1}{2} = \frac{\sin 1}{2} - i \frac{\cos 1}{2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{res}[f(z); -i] &= \lim_{z \rightarrow -i} (z+i) \frac{e^z}{(z-i)(z+i)} = \lim_{z \rightarrow -i} \frac{e^z}{z-i} = \frac{e^{-i}}{-2i} \\ &= \frac{(\cos 1 - i \sin 1)i}{2i(-i)} = \frac{\sin 1 + i \cos 1}{2} = \frac{\sin 1}{2} + i \frac{\cos 1}{2}. \end{aligned}$$

8.9. Теорема Коши о вычетах

Теорема

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D , ограниченной контуром γ , всюду, кроме конечного числа особых точек z_1, z_2, \dots, z_n , лежащих внутри области D (но не на кривой γ), то интеграл от функции $f(z)$ по кривой γ равен произведению $2\pi i$ на сумму вычетов $f(z)$ относительно всех особых точек, лежащих внутри γ , т. е.

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum_{k=1}^n \text{res}[f(z); z_k].$$

Доказательство

Для простоты окружим точки z_1, z_2, \dots, z_n окружностями $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ с центрами в этих точках и радиусами такими малыми, чтобы окружности не пересекались и лежали в области D , ограниченной контуром γ . Тогда функция $f(z)$ будет аналитической в многосвязной области, ограниченной контурами $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$.

По теореме Коши для многосвязной области имеем

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = \oint_{\gamma_1} f(z) dz + \oint_{\gamma_2} f(z) dz + \dots + \oint_{\gamma_n} f(z) dz, \text{ но } \oint_{\gamma_k} f(z) dz = 2\pi i \text{res}[f(z); z_k].$$

Тогда

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum_{k=1}^n \text{res}[f(z); z_k].$$

Теорема доказана.

Пример 1

Найти значение $\int_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2} dz$, где

а) γ - окружность $|z|=3$; б) γ - окружность $|z+2-i|=1$.

Решение

Подынтегральная функция имеет единственную особую точку $z=2$ - полюс второго порядка, которая находится внутри окружности $|z|=3$ (центр в начале координат, радиус равен 3).

Тогда

$$\oint_{|z|=3} \frac{(z+1) dz}{(z-2)^2} = 2\pi i \operatorname{res}[f(z); 2] = 2\pi i \frac{1}{1!} \lim_{z \rightarrow 2} ((z-2)^2 \frac{(z+1)}{(z-2)^2})' = 2\pi i \lim_{z \rightarrow 2} (z+1)' = 2\pi i.$$

б) Окружность $|z+2-i|=1$ имеет центр в точке $z_0 = -2+i$, радиус 1, а полюс $z=2$ лежит вне этой окружности. Поэтому в области, ограниченной этим контуром γ , функция аналитическая. Тогда по основной теореме Коши

$$\oint_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2} dz = 0.$$

Пример 2

Вычислить $\oint_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)}$, где γ - окружность $x^2 + y^2 = 2x + 2y$.

Решение

Преобразуем уравнение окружности $x^2 + y^2 = 2x + 2y$, выделяя полный квадрат по x и по y :

$$(x^2 - 2x + 1) + (y^2 - 2y + 1) = 2 \text{ или } (x-1)^2 + (y-1)^2 = 2.$$

Точка $(-1; 1)$ - центр окружности, радиус - $\sqrt{2}$.

Для подынтегральной функции $f(z) = \frac{1}{(z-i)(z-1)}$ точки $z=i$ и $z=1$ являются

простыми полюсами и находятся внутри окружности γ .

Тогда по теореме Коши о вычетах имеем:

$$\oint_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)} = 2\pi i (\operatorname{res}[f(z); i] + \operatorname{res}[f(z); 1]);$$

$$\operatorname{res}[f(z); i] = \lim_{z \rightarrow i} (z-i) \frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z \rightarrow i} \frac{1}{z-1} = \frac{e^i}{2i} = \frac{1}{i-1} = \frac{-i-1}{(i-1)(-i-1)} = \frac{-1-i}{2} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i;$$

$$\operatorname{res}[f(z); 1] = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1) \frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{z-i} = \frac{1}{1-i} = \frac{1+i}{(1-i)(1+i)} = \frac{1+i}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Тогда

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \left(-\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i\right) = 0.$$

Пример 3

Вычислить $\oint_{\gamma} \frac{e^{-2z}}{z^2}$, где $\gamma: \frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1$.

Решение

Для подынтегральной функции $f(z) = \frac{e^{-2z}}{z^2}$ точка $z = 0$ является полюсом второго порядка и находится внутри эллипса с полуосями 3 и 2. По теореме Коши о вычетах

$$\begin{aligned} \oint_{\gamma} \frac{e^{-2z}}{z^2} dz &= 2\pi i \operatorname{res}[f(z); 0] = 2\pi i \lim_{z \rightarrow 0} (z^2 \frac{e^{-2z}}{z^2})' = 2\pi i \lim_{z \rightarrow 0} (e^{-2z})' = \\ &= 2\pi i \lim_{z \rightarrow 0} (-2)e^{-2z} = 2\pi i (-2)e^0 = -4\pi i. \end{aligned}$$

Самостоятельная работа № 7

Вариант 1

1) Вычислить $\int_{\gamma} \cos z dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z = i$ и $z = -2 + i$.

2) Вычислить $\int_{\gamma} (4i + 3 \operatorname{Re} z) dz$, где $\gamma: 2x^2 - y + 3 = 0$ от $z = 3i$ до $z = 1 + 5i$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_{\gamma} \sin z dz$, где $\gamma: x - 3y + 1 = 0$ от $z = -1$ до $z = 2 + i$.

2) Вычислить $\int_{\gamma} (2i \operatorname{Im} z + 3) dz$, где $\gamma: y = 2 - x^2$ от $z = 2i$ до $z = 1 + i$.

Самостоятельная работа № 8

Вариант 1

1) Вычислить $\int_{\gamma} (2iz - z^2) dz$, где $\gamma: x^2 + y^2 - x = 0$.

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z) = \frac{4z}{(z-1)^3(z+2)^2}$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_{\gamma} e^{z-2i} dz$, где $\gamma: |z-2| = 2$.

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z) = \frac{\sin z}{(z+1)^2(z-i)}$.

Самостоятельная работа № 9

Вариант 1

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{e^z}{(z^2 - 1)^2} dz$, $\gamma: x^2 + 4y^2 = 4$.

Вариант 2

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{(3z^2 + 1)}{(z + 2)^2(z - 2i)} dz$, $\gamma: |z + 1 - i| = 3$.

Самостоятельная работа № 10

- 1) Вычислить: $(-1 - i)^{2i}$, $\sin(3i + 2)$.
- 2) Найти образ линии $x^2 + y^2 + x = 0$ при отображении $w = 3\bar{z} - i$.
- 3) Является ли аналитической функция $w = z + e^{\bar{z}}$?
- 4) На комплексной плоскости (z) построить множество точек z , удовлетворяющих условиям:

$$\begin{cases} |z + i| \leq 2, \\ \operatorname{Re} z > -1. \end{cases}$$

- 5) Вычислить $\int_{\gamma} e^{\bar{z}} dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z = 0$ и $z = 2 - 2i$.

4) С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{(z^2 + 3) dz}{z^3 - 1}$; $\gamma: x^2 + y^2 = 9$.

Самостоятельная работа № 10 содержит набор основных типовых задач по теме изучаемого раздела математики и может быть использована для подготовки к контрольной работе.

С помощью вычетов удастся вычислять некоторые определённые интегралы от функций действительной переменной, для чего эти интегралы предварительно преобразуются в интегралы по замкнутому контуру.

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью вычетов вычисляют некоторые несобственные интегралы от функции действительной переменной вида $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$.

Пусть $f(z)$ - рациональная функция $f(z) = \frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$, а разность степеней знаменателя и числителя $m - n > 1$, $Q_m(x) \neq 0$, $x \in R$.

Пусть функция $f(z)$, аналитическая на действительной оси, имеет выше действительной оси (в верхней полуплоскости $\text{Im}z > 0$) конечное число особых точек z_1, z_2, \dots, z_n . Тогда существует несобственный интеграл от функции $f(z)$ по промежутку $(-\infty, \infty)$ и

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 2\pi i \sum_{k=1}^n \text{res}[f(z); z_k].$$

Пример

Вычислить $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3}$.

Функция $f(x) = \frac{x^2}{(1+x^2)^3}$.

Решение

Введём функцию комплексной переменной z

$$f(z) = \frac{z^2}{(1+z^2)^3}.$$

Она имеет в верхней полуплоскости $\text{Im}z > 0$ единственную особую точку $z = i$ - полюс третьего порядка. Тогда $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi i \text{res}[f(z); i]$.

Найдём

$$\begin{aligned} \text{res}[f(z); i] &= \frac{1}{2!} \lim_{z \rightarrow i} ((z-i)^3 \frac{z^2}{(z-i)^3 (z+i)^3})'' = \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} (\frac{z^2}{(z+i)^3})'' = \\ &= \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} (\frac{2z(z+i)^3 - z^2 \cdot 3(z+i)^2}{(z+i)^6})' = \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} (\frac{2z^2 + 2zi - 3z^2}{(z+i)^4})' = \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} (\frac{2zi - z^2}{(z+i)^4})' = \\ &= \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} \frac{(2i - 2z)(z+i)^4 - (2zi - z^2)4(z+i)^3}{(z+i)^8} = \\ &= \frac{1}{2} \lim_{z \rightarrow i} \frac{2z^2 - 2 - 8zi}{(z+i)^5} = \frac{1}{2} \frac{(-2 - 2 + 8)}{(2i)^5} = \frac{4}{2 \cdot 32i} = \frac{1}{16i} = \frac{-i}{16i(-i)} = -\frac{i}{16}. \end{aligned}$$

Окончательно получим

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi i \left(-\frac{i}{16}\right) = \frac{\pi}{8}.$$

Если функция $f(z)$ удовлетворяет условиям:

- 1) $f(z) = e^{imz} \cdot F(z)$, где $m > 0$ и $F(z) \rightarrow 0$ при $|z| \rightarrow \infty$ равномерно по φ для $\text{Im}z \geq 0$;
- 2) $f(z)$ на действительной оси имеет конечное число простых полюсов x_1, x_2, \dots, x_p ;

3) $f(z)$ аналитична в верхней полуплоскости всюду, за исключением конечного числа особых точек z_1, z_2, \dots, z_n , то

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 2\pi i \left(\sum_{k=1}^n \operatorname{res}[f(z); z_k] + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p \operatorname{res}[f(z); x_k] \right).$$

Пример

Вычислить интеграл Дирихле $\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$.

Решение

Рассмотрим $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x} dx$. Введём функцию $f(z) = \frac{e^{iz}}{z}$. Здесь $m=1$, $F(z) = \frac{1}{z} \rightarrow 0$ при $|z| \rightarrow \infty$. Для $f(z)$ точка $z=0$ - простой полюс, расположенный на действительной оси. Других особых точек нет.

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x} dx = 2\pi i \frac{1}{2} \operatorname{res}[f(z); 0] = \pi i \lim_{z \rightarrow 0} z \frac{e^{iz}}{z} = \pi i \lim_{z \rightarrow 0} e^{iz} = \pi i.$$

Но $e^{ix} = \cos x + i \sin x$, поэтому

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\cos x}{x} + i \frac{\sin x}{x} \right) dx = \pi i.$$

В силу определения равенства двух комплексных чисел имеем:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos x}{x} dx = 0, \quad \text{а} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \pi.$$

Так как $\frac{\sin x}{x}$ - чётная функция, то $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = 2 \int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \pi$, откуда

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \frac{\pi}{2}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович, И. Г. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости / И. Г. Араманович, Г. Л. Лунц, Л. Э. Эльсгольц. - М.: Наука, 1970. – 380 с.

Волковысский, Л. И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного / Л. И. Волковысский, Г. Л. Лунц, И. Г. Араманович. - М.: Наука, 1975. – 220 с.

Евграфов, М. А. Аналитические функции / М. А. Евграфов. - М.: Наука, 1968. – 620 с.

Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - М.: Наука, 1979. – 410 с.

Маркушевич, А. И. Краткий курс теории аналитических функций / А. И. Маркушевич. - М.: Наука, 1978. – 360 с.

Привалов, И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного / И. И. Привалов. - М.: Наука, 1984. – 480 с.

Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. - М.: Наука, 1979. – 720 с.

Титчмарш, Е. Теория функций / Е. Титчмарш. - М.: Наука, 1980. – 510 с.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

В. Я. Раевский

ЧИСЛОВЫЕ И СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов
всех специальностей и очного обучения

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ..... | 6 |
| 1.1. Основные понятия | 6 |
| 1.2. Положительные ряды..... | 14 |
| 1.3. Знакопередающиеся ряды | 26 |
| 1.4. Знакопеременные ряды..... | 29 |
| 2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ..... | 32 |
| 2.1. Функциональные ряды..... | 32 |
| 2.2. Степенные ряды – основные понятия..... | 34 |
| 2.3. Свойства суммы степенного ряда..... | 40 |
| 2.4. Разложение функций в степенные ряды..... | 44 |
| 2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена..... | 47 |
| 3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ..... | 52 |
| 4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ | 53 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 67 |

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие содержит основные теоретические сведения (определения, теоремы, формулы) по теме «Числовые и степенные ряды». Основное внимание уделяется многочисленным типовым задачам, решение которых приводится с детальной подробностью. Для проверки и закрепления полученных знаний в пособие включены разделы «Тренировочные задачи» и «Вопросы и задачи для самопроверки».

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Учебное пособие может быть использовано студентами всех специальностей для изучения темы «Числовые и степенные ряды».

1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ

1.1. Основные понятия

До появления числовых рядов имела смысл только сумма конечного набора чисел: $a_1 + a_2 + \dots + a_n$. Когда-то считалось, что складывать бесконечный набор чисел бессмысленно, так как казалось очевидным, что, складывая бесконечно много, например, положительных чисел, должна получаться бесконечная сумма. На этом, казалось бы, верном, утверждении строились многие известные парадоксы (например, «Ахилл и черепаха»). Однако во многих практических задачах и чисто математических построениях возникали суммы бесконечного набора чисел, что привело к необходимости сделать их предметом исследования математики. Приведем пример практической задачи, в которой (в одном из подходов к ее решению) возникает необходимость сложения бесконечного набора чисел.

Пример1. Допустим, что при добыче нефти десятая ее часть идет на обеспечение самой добычи (механизмы, обеспечивающие добычу, работают на бензине, который производится из той же нефти). Сколько необходимо добыть нефти, чтобы можно было продать 10 тонн?

Решение. Ясно, что нужно добыть, по крайней мере, эти 10 тонн. Но тогда нужно добавочно добыть $10 \cdot 0.1 = 1$ тонну для обеспечения добычи этих 10 тонн. Но для обеспечения добычи этой 1 тонны необходимо добавочно добыть $1 \cdot 0.1 = 0.1$ тонны. Но для обеспечения ее добычи нужно еще добыть $0.1 \cdot 0.1 = 0.01$ тонны. И так далее. Таким образом, общее количество добытой нефти должно быть равно

$$10 + 1 + 0.1 + 0.01 + 0.001 + \dots \quad (1)$$

Таким образом, при таком подходе к решению возникла необходимость сложить бесконечный набор чисел.

Замечание. Конечно, предложенный выше подход к решению примера имеет чисто иллюстративную цель (естественное появление бесконечной суммы), поскольку очевиден следующий более простой путь решения. Пусть x – необходимое количество нефти, которое нужно добыть, чтобы на продажу иметь 10 тонн. Тогда $0.1 \cdot x$ тонн из добытого пойдет на обеспечение самой добычи. Таким образом, продать можно будет только $x - 0.1 \cdot x$ тонн. Откуда получаем уравнение: $x - 0.1 \cdot x = 10$, откуда $x = \frac{10}{0.9} = 11.1111\dots$ тонн.

Приступим все же к понятию бесконечных сумм. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots \quad (2)$$

называется *числовым рядом*. Числа a_1, a_2, a_3, \dots называются *членами (или слагаемыми) ряда*. Выражение для a_n под знаком суммы в (2), позволяющее найти любое слагаемое по его порядковому номеру n , называется *общим членом* ряда. При подстановке в это выражение $n = 1, 2, 3, \dots$ получаем значения, соответственно, 1-го слагаемого, 2-го, 3-го Например, ряд (1)

можно с использованием знака суммы записать в виде $\sum_{n=1}^{\infty} 10 \cdot 0.1^{n-1}$, а потому

общий член этого ряда имеет вид: $a_n = 10 \cdot 0.1^{n-1}$. Действительно, подставляя в это выражение $n = 1, 2, 3, \dots$ получаем значения, соответственно, 1-го слагаемого, 2-го, 3-го и т.д. слагаемого ряда (1).

Пример 2. Рассмотрим ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ – так называемый

гармонический ряд. Числа $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots$ являются членами ряда, а выражение

$a_n = \frac{1}{n}$ является общим членом ряда.

Как же определить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$, т.е. сумму

бесконечного набора слагаемых? Можно воспользоваться тем, что мы умеем складывать любой конечный набор чисел, и попытаемся исчерпать указанную бесконечность «постепенно». Сначала составим «сумму» из одного первого слагаемого: $S_1 = a_1$. Потом сложим первые 2 слагаемых: $S_2 = a_1 + a_2$. Потом первые 3 слагаемых: $S_3 = a_1 + a_2 + a_3$, и так далее. И будем следить за поведением бесконечной последовательности чисел S_1, S_2, S_3, \dots , которые представляют собой суммы все большего числа слагаемых исходного ряда. Если эта последовательность сумм все увеличивающегося числа слагаемых ряда (2) приближается к определенному числу (т.е. имеет предел), то это число естественно назвать суммой всего ряда. Если же эта последовательность не приближается ни к какому числу (или идет к бесконечности), то естественно считать, что такой ряд суммы не имеет. Число $S_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n$ называется *n-ой частичной суммой ряда* ($n = 1, 2, 3, \dots$). Итак, ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ называется *сходящимся*, если существует (конечный) предел его частичных сумм: $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = S$. В этом случае число S называется *суммой* ряда, что записывается как $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = S$. Если же такого предела не существует (или он равен ∞), то ряд называется *расходящимся* (такой ряд суммы не имеет).

Пример 3. Исследуем на сходимости следующий ряд

$$\frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)}. \quad (3)$$

Решение. Вычислим несколько первых последовательных частичных сумм и попробуем найти закономерность:

$$S_1 = \frac{1}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2}, \quad S_2 = \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} = \frac{2}{3}, \quad S_3 = \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 4} = \frac{3}{4}, \dots \quad (4)$$

Легко, глядя на (4), угадать общую формулу для частичных сумм: $S_n = \frac{n}{n+1}$

(можно доказать эту формулу строго методом математической индукции).

Тогда

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+1} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \{ \text{делим числитель и знаменатель на } n \} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + \frac{1}{n}} = 1.$$

Поэтому по приведенному выше определению данный ряд (3) сходится, а его

сумма равна 1: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)} = 1.$

Пример 4. Пусть число $a \neq 0$. Рассмотрим ряд

$$a - a + a - a + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot a. \quad (5)$$

Тогда $S_1 = a$, $S_2 = 0$, $S_3 = a$, $S_4 = 0$, $S_5 = a$ и так далее. Понятно, что такая последовательность частичных сумм $a, 0, a, 0, a, 0, \dots$ предела не имеет, поэтому ряд (5) расходится.

Пример 5. Геометрическая прогрессия. Напомним, что геометрической прогрессией называется числовая последовательность, каждый член которой (начиная со второго) равен предыдущему, умноженному на одно и то же для этой последовательности число q (которое называется *знаменателем* данной прогрессии). Если обозначить буквой a первый член прогрессии, то прогрессия (по определению) имеет вид: $a, aq, aq^2, \dots, aq^n, \dots$. Соответствующий ряд

имеет вид $a + aq + aq^2 + \dots + aq^n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} a \cdot q^{n-1}$ (или $\sum_{n=0}^{\infty} a \cdot q^n$, если начать нумерацию

слагаемых не с единицы, а с нуля). Отметим сразу, что если знаменатель

прогрессии $q=1$, то соответствующий ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a = a + a + a + \dots$ (при $a \neq 0$)

расходится, поскольку его частичные суммы имеют вид $S_n = a + a + a + \dots + a = n \cdot a$, а потому $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} (n \cdot a) = a \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} n = \pm\infty$ в зависимости от знака числа a . Для $q \neq 1$ из школьной программы известна общая формула для суммы первых n слагаемых геометрической прогрессии $S_n = a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \dots + a \cdot q^n = \frac{a \cdot (1 - q^{n+1})}{1 - q}$. Поэтому, переходя к пределу $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n$, легко получить:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a \cdot (1 - q^{n+1})}{1 - q} = \frac{a}{1 - q} \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} (1 - q^{n+1}) = \frac{a}{1 - q} \cdot (1 - \lim_{n \rightarrow \infty} q^{n+1}).$$

Несложно выяснить, что предел $\lim_{n \rightarrow \infty} q^n$ существует (и при этом равен нулю) только в том случае, если $|q| < 1$. Отсюда следует, что ряд, составленный из геометрической прогрессии, сходится (и имеет суммой число $S = \frac{a}{1 - q}$) только тогда, когда $|q| < 1$. В этом случае (когда $|q| < 1$) геометрическая прогрессия называется *бесконечно убывающей геометрической прогрессией* и для нее

$$a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \dots + a \cdot q^n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} a \cdot q^{n-1} = \frac{a}{1 - q}. \quad (6)$$

Заметим, что ряд (1) тоже является бесконечно убывающей геометрической прогрессией с $a = 10$ и $q = 0.1$, а потому из (6) получаем для примера 1, что необходимо добыть $\frac{10}{1 - 0.1} = \frac{10}{0.9} = 11.111111\dots$ тонн нефти, что выше было получено из простого алгебраического уравнения.

Рассмотрим *свойства сходящихся рядов*. Они напоминают свойства конечных сумм.

1. Если сходится ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$, то для любого числа c сходится ряд $\sum_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n$ и

выполнено:

$$\sum_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n = c \cdot \sum_{n=1}^{\infty} a_n. \quad (7)$$

Фактически это означает возможность вынесения общего множителя c в сумме за скобку (точнее, за знак суммы).

2. Если сходятся ряды $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$, то сходится и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n)$ и

выполняется:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \pm \sum_{n=1}^{\infty} b_n. \quad (8)$$

Справедливость этих свойств легко доказывается из определения сходящихся рядов и соответствующих свойств пределов последовательностей (предел суммы-разности равен сумме-разности пределов, а постоянный множитель можно выносить за знак предела).

Пример 6. Вычислить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right)$.

Решение. Используя свойство (8), а затем (7), последовательно получаем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3}{2^n} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{n(n+1)} = 3 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} - 4 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)}.$$

Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots$ есть сумма бесконечно убывающей геометрической

прогрессии вида (6) с первым членом $a = \frac{1}{2}$ и знаменателем $q = \frac{1}{2}$, а потому по

формуле (6): $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1$. Сумма ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)}$ была вычислена в примере 3:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)} = 1. \text{ Окончательно получаем: } \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = 3 \cdot 1 - 4 \cdot 1 = -1.$$

Далее мы сосредоточим свое внимание на вопросе о том, как по виду ряда

(2) определить, является ли он сходящимся или расходящимся.

Теорема (необходимый признак сходимости ряда). Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, то его общий член стремится к нулю: $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$.

Доказательство. Пусть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, а число S является его суммой. Тогда по определению сходящегося ряда предел последовательности его частичных сумм $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \dots, S_n, \dots\}$ равен S :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = S, \quad (9)$$

где

$$S_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n. \quad (10)$$

Рассмотрим теперь вспомогательную последовательность $\{\bar{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$, построенную из последовательности $\{S_1, S_2, \dots, S_n, \dots\}$ добавлением числа 0 в качестве ее первого члена: $\{\bar{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_n, \dots\} = \{0, S_1, S_2, \dots, S_n, \dots\}$. Таким образом, $\bar{S}_1 = 0$, $\bar{S}_2 = S_1$, $\bar{S}_3 = S_2$ и вообще

$$\bar{S}_n = S_{n-1}, \quad n = 2, 3, \dots \quad (11)$$

Из (11) и (10) следует, что, начиная с $n = 2$:

$$S_n - \bar{S}_n = S_n - S_{n-1} = (a_1 + a_2 + \dots + a_{n-1} + a_n) - (a_1 + \dots + a_{n-1}) = a_n.$$

Ясно, что такое соотношение выполняется и для $n = 1$: $S_1 - \bar{S}_1 = a_1 - 0 = a_1$. Таким образом, для всех $n = 1, 2, \dots$ выполнено

$$a_n = S_n - \bar{S}_n. \quad (12)$$

Поскольку последовательность чисел $\{\bar{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{0, S_1, S_2, \dots, S_n, \dots\}$, а из (9) последовательность $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \dots, S_n, \dots\}$ имеет пределом число S , то это же число будет являться и пределом последовательности $\{\bar{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{S}_n = S. \quad (13)$$

Тогда из (12), (9), (13) и свойств пределов вытекает:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} (S_n - \bar{S}_n) = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n - \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{S}_n = S - S = 0,$$

что и требовалось доказать.

Из этой теоремы вытекает важное

Следствие (признак расходимости ряда). Если предел $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n$ общего члена ряда при $n \rightarrow \infty$ либо не существует, либо существует, но $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n \neq 0$, то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ расходится.

Таким образом, при выяснении вопроса о сходимости некоторого ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ следует (если это не сложно) проверить прежде всего выполнение необходимого условия сходимости: $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$. Если оно не выполняется, то сразу можно сказать, что ряд расходится. А вот если выполняется, то без дополнительного исследования ничего о сходимости сказать нельзя и вопрос о сходимости-расходимости остается открытым. Стремление к нулю общего члена ряда является лишь необходимым условием сходимости. Например, ниже будет показано, что гармонический ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ оказывается

расходящимся, однако нет сомнений в том, что для него $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$.

Таким образом, для сходимости ряда нужно, чтобы слагаемые не просто

стремились к нулю, а делали бы это «достаточно быстро».

Пример 7. Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{100000 \cdot n + 1}$.

Решение. Общий член этого ряда $a_n = \frac{n}{100000n + 1}$. Тогда

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{100000n + 1} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{100000 + \frac{1}{n}} = \frac{1}{100000} \neq 0. \text{ Поэтому, по}$$

приведенному выше следствию, исследуемый ряд расходится.

Большинство признаков сходимости рядов относятся к так называемым положительным рядам (члены которых неотрицательны).

1.2. Положительные ряды

Ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots \quad (1)$$

называется *положительным*, если все его члены неотрицательны: $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, \dots$. Сначала изучим так называемые признаки сравнения, которые требуют для исследования сходимости данного ряда строить некоторый вспомогательный ряд. Ниже сформулировано соответствующее утверждение, смысл которого достаточно прозрачен.

Теорема (признак сравнения рядов). Пусть имеется два положительных ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n, \quad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n, \quad (3)$$

причем члены ряда (2) не превосходят соответствующих членов ряда (3):

$$a_n \leq b_n \quad (4)$$

хотя бы начиная с некоторого номера n . Тогда

1) Если *сходится* ряд с большими членами (3), то *сходится* и ряд с меньшими членами (2).

2) Если *расходится* ряд с меньшими членами (2), то *расходится* и ряд с большими (3).

Рассмотрим примеры применения признака сравнения.

Пример 1. Доказать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2}. \quad (5)$$

Решение. Ряд (5) сравним с рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)}$, сходимость которого была

доказана в предыдущем параграфе. В нашем примере ряд (2) имеет вид

исследуемого ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2}$ (а потому $a_n = \frac{1}{(n+1)^2}$), а ряд для сравнения (3)

имеет вид $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)}$ (а потому $b_n = \frac{1}{n(n+1)}$). Установим выполнение условия (4)

для любого номера n : $a_n = \frac{1}{(n+1)^2} = \frac{1}{(n+1) \cdot (n+1)} \leq \frac{1}{n \cdot (n+1)} = b_n$. Тогда по

первому утверждению признака сравнения рядов исходный ряд (5) сходится.

Основные недостатки при практическом применении приведенного признака сравнения – это

- необходимость правильного подбора вспомогательного ряда, сходимость или расходимость которого известна;

- необходимость доказательства соответствующего неравенства между членами исследуемого и вспомогательного рядов.

Второго из этих недостатков лишен *признак сравнения в предельной форме*.

Теорема (признак сравнения в предельной форме). Пусть имеются два положительных ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ (ряды (2) и (3)), для которых выполняется:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n}{b_n} = c, \text{ причем } c \neq 0 \text{ и } c \neq \infty. \quad (6)$$

Тогда оба ряда сходятся или расходятся одновременно, т.е. если мы знаем о сходимости или расходимости одного из рядов (например, ряда (3)), то тот же вывод можно сделать и о втором ряде (ряде (2)).

Для применения признаков сравнения необходимо иметь так называемые *эталонные* ряды, про которые известно, сходятся они или расходятся, чтобы сравнивать с ними исследуемые ряды. Чаще всего в качестве таких рядов выступает геометрическая прогрессия, а также ряды вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}} = 1 + \frac{1}{2^{\alpha}} + \frac{1}{3^{\alpha}} + \dots, \quad (7)$$

про которые известно, что они сходятся при $\alpha > 1$ и расходятся при $\alpha \leq 1$ (это будет доказано ниже в примере 8). В частности, гармонический ряд

$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ расходится (это ряд вида (7) при $\alpha = 1$). Самый важный

этап применения признаков сравнения – это правильный выбор эталонных вспомогательных рядов для сравнения с исследуемым рядом. При этом надо обеспечить либо нужное неравенство между слагаемыми двух рядов, либо обеспечить выполнение условия (6). Например, если мы хотим в качестве ряда сравнения выбрать ряд вида (7), то надо правильно выбрать значение параметра

α в (7), чтобы обеспечить выполнение условия (6). При неправильном выборе значения этого параметра значение c этого предела в (6) как раз и оказывается равным либо нулю, либо бесконечности, при которых предельный признак сравнения не работает. Ниже приводится один из возможных приемов выбора правильного значения параметра α при использовании для сравнения эталонного ряда вида (7).

Пример 2. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)}. \quad (8)$$

Решение. Для ряда (8) подберем для сравнения вспомогательный ряд вида (7) с таким значением параметра α , при котором окажется выполненным соотношение (6). В нашем примере ряд (2) есть исследуемый ряд (8), а ряд (3) есть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha}$, а потому общие члены этих рядов $a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)}$, $b_n = \frac{1}{n^\alpha}$. Для выбора подходящего значения параметра α оценим поведение a_n , оставляя в числителе и знаменателе только старшие степени n , которые и определяют скорости роста числителя и знаменателя с ростом n . Далее значок \sim можно перевести как «при $n \rightarrow \infty$ ведет себя так же, как». Итак,

$$a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)} = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^4 + n^3} \sim \frac{n^3}{n^4} = \frac{1}{n}.$$

Поэтому если взять $b_n = \frac{1}{n}$, то окажется $a_n \sim b_n$, что обеспечит в дальнейшем выполнение условия (6). Поэтому проведем сравнение (в предельной форме) ряда (8) с гармоническим рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$, который, является рядом вида (7) при $\alpha = 1$, а потому расходится. Для проверки выполнения условия (6) вычислим предел:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n}{b_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n^3 + 5n - 7}{\frac{1}{n}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n^4 + 5n^2 - 7n}{n^4 + n^3} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \left\{ \begin{array}{l} \text{делим числитель и знаменатель} \end{array} \right.$$

$$\text{на } n^4 \} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3 + \frac{5}{n^2} - \frac{7}{n^3}}{1 + \frac{1}{n}} = 3. \text{ Поскольку число } 3 \text{ -- это не } 0 \text{ и не } \infty, \text{ то по признаку}$$

сравнения в предельной форме ряд (8) ведет себя (в смысле сходимости-расходимости) так же, как и гармонический. Но гармонический ряд – расходится, следовательно, ряд (8) тоже расходится.

Пример 3. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt{n^5 + n + 1}}. \quad (9)$$

Решение. Опять сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом вида (7) с подходящим значением параметра α . Для его выбора опять оценим поведение

общего члена $a_n = \frac{n}{\sqrt{n^5 + n + 1}}$, оставляя в числителе и знаменателе только

старшие степени n :

$$a_n = \frac{n}{\sqrt{n^5 + n + 1}} \sim \frac{n}{\sqrt{n^5}} = \frac{n}{n^{\frac{5}{2}}} = \frac{1}{n^{\frac{3}{2}}} = b_n.$$

Поэтому сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n^3}} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\frac{3}{2}}}$. Этот

ряд сходится, так как это ряд вида (7) при $\alpha = \frac{3}{2} > 1$. В нашем примере ряд (2)

есть ряд (9) (а потому $a_n = \frac{n}{\sqrt{n^5 + n + 1}}$), а ряд (3) есть сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n^3}}$ (а

потому $b_n = \frac{1}{\sqrt{n^3}}$). Вычислим предел (6):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n}{b_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{n}{\sqrt{n^5 + n + 1}}}{\frac{1}{\sqrt{n^3}}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \cdot \sqrt{n^3}}{\sqrt{n^5 + n + 1}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^5}}{\sqrt{n^5 + n + 1}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{n^5}{n^5 + n + 1}} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] =$$

{делим числитель и знаменатель на n^5 } $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{n^4} + \frac{1}{n^5}}} = 1$. Поскольку число 1

– это не 0 и не ∞ , то по признаку сравнения в предельной форме ряд (9) ведет

себя так же, как и сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n^3}}$. Поэтому ряд (9) тоже сходится.

Перейдем к другой группе признаков сходимости-расходимости положительных рядов. Их преимущество состоит в том, что для их применения не надо строить вспомогательные ряды, как это необходимо при применении признаков сравнения рядов.

Теорема (признак Даламбера). Пусть для положительного ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = l. \tag{10}$$

Тогда при $l > 1$ ряд расходится, а при $l < 1$ сходится.

В выражении (10): a_n – общий член исследуемого ряда, а выражение для a_{n+1} получается из выражения для a_n заменой в нем n на $(n+1)$.

Доказательство признака Даламбера построено на сравнении ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ со специально построенной сходящейся (в случае $l < 1$) или расходящейся (в случае $l > 1$) геометрической прогрессией. Оно достаточно формализовано, а потому мы его опускаем.

Большим недостатком признака Даламбера является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости-расходимости в случае $l=1$ (что встречается достаточно часто) и тогда требуется дополнительное исследование. Например, такая ситуация возникает при исследовании гармонического ряда, да и вообще рядов вида $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha} = 1 + \frac{1}{2^\alpha} + \frac{1}{3^\alpha} + \dots$, сходимость которых в зависимости от значения параметра α обсуждалась выше.

Пример 4. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{2n+1}}{n \cdot 3^n} . \quad (11)$$

Решение. Общий член ряда (11) имеет вид $a_n = \frac{2^{2n+1}}{n \cdot 3^n}$. Тогда выражение для

a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1} = \frac{2^{2(n+1)+1}}{(n+1) \cdot 3^{n+1}} = \frac{2^{2n+3}}{(n+1) \cdot 3^{n+1}}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно :

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{2^{2n+3}}{(n+1) \cdot 3^{n+1}} : \frac{2^{2n+1}}{n \cdot 3^n} = \frac{2^{2n+3} \cdot n \cdot 3^n}{2^{2n+1} \cdot (n+1) \cdot 3^{n+1}} = \left\{ \text{при делении степеней с одинаковым}$$

основанием показатели вычитаются $\left. \right\} = \frac{2^2 \cdot n}{(n+1) \cdot 3} = \frac{4n}{3n+3}$. Вычисляем предел (10):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4n}{3n+3} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4}{3 + \frac{3}{n}} = \frac{4}{3} . \text{ Итак, в (10) } l = \frac{4}{3} > 1, \text{ а потому по}$$

признаку Даламбера ряд (11) расходится.

Для дальнейших примеров напомним понятие *факториала* числа. Пусть n – натуральное число (т.е. целое положительное). Тогда *факториалом* этого числа (обозначается $n!$) называется произведение всех целых чисел от 1 до этого числа n :

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n .$$

Например, $1! = 1$, $2! = 1 \cdot 2 = 2$, $5! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120$. Факториалом числа ноль

называется число 1: $0! = 1$.

Пример 5. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{2n}}{(n+1)!}. \quad (12)$$

Решение. Общий член ряда (12) имеет вид $a_n = \frac{2^{2n}}{(n+1)!}$. Тогда выражение для

a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1} = \frac{2^{2(n+1)}}{(n+2)!} = \frac{2^{2n+2}}{(n+2)!}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно :

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{2^{2n+2}}{(n+2)!} \cdot \frac{(n+1)!}{2^{2n}} = \frac{2^{2n+2} \cdot (n+1)!}{2^{2n} \cdot (n+2)!} = 4 \cdot \frac{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot (n+1)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot (n+1) \cdot (n+2)} =$$

$= \{ \text{сокращаем в числителе и знаменателе } 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot (n+1) \} = \frac{4}{n+2}$. Вычисляем предел

$$(10): \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4}{n+2} = 0. \text{ Итак, в (10) } l = 0 < 1, \text{ а потому по признаку}$$

Даламбера ряд (12) сходится.

Признак Даламбера удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общие члены которых содержат степени (с постоянным основанием) и факториалы. В этом случае в выражении $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ многое сокращается (как это было видно на примерах), а само выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n}$. В некоторых других случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (радикальный признак Коши). Пусть для положительного ряда

$\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = l. \quad (13)$$

Тогда при $l > 1$ ряд расходится, а при $l < 1$ сходится.

Аналогичным недостатком этого признака является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости в случае $l = 1$ и тогда требуется дополнительное исследование.

Пример 6. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n}{2n+1} \right)^n. \quad (14)$$

Решение. Общий член ряда (14) имеет вид $a_n = \left(\frac{n}{2n+1} \right)^n$. Вычислим предел (13):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\left(\frac{n}{2n+1} \right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{2n+1} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2 + \frac{1}{n}} = \frac{1}{2}. \quad \text{Итак, для предела (13)}$$

получилось $l = \frac{1}{2} < 1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (14) сходится.

Пример 7. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{n+1}{n} \right)^{n^2}}{2^n}. \quad (15)$$

Решение. Общий член ряда (15) имеет вид $a_n = \frac{\left(\frac{n+1}{n} \right)^{n^2}}{2^n}$. Вычислим предел (13):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\frac{\left(\frac{n+1}{n} \right)^{n^2}}{2^n}} = \{ \text{извлекаем корень из числителя и знаменателя} \} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^n}{2} = \frac{1}{2} \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = \left\{ \text{полученный предел представляет собой как раз} \right.$$

второй замечательный предел, определяющий знаменитое число $e = 2.718281828\dots \left. \right\} = \frac{1}{2} \cdot e = \frac{e}{2}$ Итак, для предела (13) получилось $l = \frac{e}{2} > 1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (15) расходится.

Признак Коши удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общий член которых a_n является n -ой степенью некоторого несложного выражения. В этом случае в выражении $\sqrt[n]{a_n}$ корень и степень «сокращаются», а полученное выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела (13). В некоторых более сложных случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (интегральный признак Коши). Пусть для положительного ряда $\sum_{n=m}^{\infty} a_n$ (индекс суммирования n может начинаться с любого целого числа m) существует такая положительная непрерывная и убывающая на $[m, +\infty)$ функция $f(x)$, что $a_n = f(n)$. Тогда для сходимости этого ряда необходимо и достаточно, чтобы сходился несобственный интеграл $\int_m^{+\infty} f(x) dx$.

Для применения этого признака функция $f(x)$, фигурирующая в теореме, может быть построена следующим образом: в выражении для общего члена ряда a_n букву n заменяют на x .

Только этот признак из приведенных выше сможет ответить на вопрос о сходимости гармонического ряда и вообще рядов вида (7), что видно из следующего примера.

Пример 8. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}} = 1 + \frac{1}{2^{\alpha}} + \frac{1}{3^{\alpha}} + \dots \quad (16)$$

в зависимости от величины параметра α .

Решение. Если $\alpha < 0$, то общий член ряда $a_n = \frac{1}{n^{\alpha}}$ не стремится к нулю (он будет даже стремиться к бесконечности), а потому по сформулированному в предыдущем параграфе признаку расходимости ряда этот ряд расходится.

Рассмотрим теперь числа $\alpha \geq 0$. Общий член ряда (16) имеет вид $a_n = \frac{1}{n^{\alpha}}$.

Заменяя в этом выражении n на x , получим функцию $f(x) = \frac{1}{x^{\alpha}}$, для которой,

очевидно, выполнено: $f(n) = a_n$. Проверим для нее выполнение условий

интегрального признака Коши: функция $f(x) = \frac{1}{x^{\alpha}}$ должна быть

положительной, непрерывной и убывающей на $[1, +\infty)$. Очевидно, все эти

свойства выполняются в рассматриваемом случае $\alpha \geq 0$. Поэтому по

интегральному признаку Коши сходимость ряда (16) совпадает со сходимостью

несобственного интеграла $\int_1^{+\infty} \frac{dx}{x^{\alpha}}$. Как известно, этот интеграл сходится для всех

$\alpha > 1$ и расходится для $\alpha \leq 1$. Таким образом, как это и утверждалось выше, ряд

вида (16) сходится для всех $\alpha > 1$ и расходится для $\alpha \leq 1$.

Пример 9. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln n} \quad (17)$$

Решение. Суммирование начато с $n=2$, поскольку при $n=1$ общий член

ряда $a_n = \frac{1}{n \cdot \ln n}$ не определён (деление на $\ln 1 = 0$). Общий член ряда (17) имеет

вид $a_n = \frac{1}{n \cdot \ln n}$. Заменяя в этом выражении n на x , получим функцию

$f(x) = \frac{1}{x \cdot \ln x}$, для которой, очевидно, выполнено: $f(n) = a_n$. Далее, очевидно, что

эта функция положительна, непрерывна и является убывающей на $[2, +\infty)$ (последнее следует из очевидного факта, что функция $x \cdot \ln x$ положительная и возрастающая). Поэтому по интегральному признаку Коши сходимость ряда

(17) совпадает со сходимостью несобственного интеграла $\int_2^{+\infty} \frac{dx}{x \cdot \ln x}$. Исследуем

этот интеграл на сходимость. Сходимость этого несобственного интеграла (по определению сходимости) зависит от того, будет ли существовать конечный предел

$$\lim_{b \rightarrow +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} . \quad (18)$$

Вычислим значение интеграла под знаком предела методом замены переменной:

$$\int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \left[\begin{array}{l} t = \ln x \\ dt = d(\ln x) = (\ln x)' dx = \frac{1}{x} dx \Rightarrow \frac{dx}{x} = dt \\ \text{нижний предел по переменной } t = \ln 2 \\ \text{верхний предел по переменной } t = \ln b \end{array} \right] = \int_{\ln 2}^{\ln b} \frac{dt}{t} = \ln |t| \Big|_{\ln 2}^{\ln b} = \ln(\ln b) - \ln(\ln 2) .$$

Таким образом, предел в (18): $\lim_{b \rightarrow +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \lim_{b \rightarrow +\infty} [\ln(\ln b) - \ln(\ln 2)] = +\infty$. Поэтому по интегральному признаку Коши ряд (17) расходится.

Замечание. Легко теперь установить (по тому же интегральному признаку Коши), что «чуть исправленный» ряд $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}$ уже сходится.

1.3. Знакочередующиеся ряды

Мы рассматривали признаки сходимости положительных рядов, все члены которых неотрицательны. Теперь мы будем допускать и отрицательные слагаемые, но для начала будем считать, что знаки слагаемых строго чередуются. *Знакочередующимся рядом* называется ряд, знаки слагаемых которого строго чередуются, начиная с положительного или отрицательного слагаемого. Поскольку число (-1) в четной степени равно 1, а в нечетной (-1) , то такие ряды можно записать в форме

$$a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_n \quad (1)$$

или

$$-a_1 + a_2 - a_3 + a_4 - \dots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n, \quad (2)$$

причем в (1) и (2) уже считаем $a_n \geq 0$, так как знак слагаемых мы учли множителем $(-1)^{n+1}$ или $(-1)^n$. Эти множители попеременно принимают значения 1 и (-1) , обеспечивая чередование знаков слагаемых рядов (1) и (2). Для обоснования сходимости таких рядов чаще всего используется так называемый *признак Лейбница*.

Теорема (признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов). Пусть для знакочередующегося ряда (1) или (2) выполнено:

1. Последовательность $\{a_n\}$ монотонно убывает, т.е. $a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \dots$.
2. $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$.

Тогда исходный знакочередующийся ряд сходится.

Это только *достаточный* признак сходимости знакочередующихся рядов. Поэтому если для какого-либо знакочередующегося ряда условия признака не

выполнены, это не означает, что этот ряд обязательно расходится. Однако если условия выполнены, то ряд обязательно сходится. Впрочем, понятно, что второе-то условие ($\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$) является необходимым для сходимости рядов вида (1) или (2), иначе общие члены этих рядов $(-1)^{n+1}a_n$ и $(-1)^n a_n$ не стремились бы к 0 тоже, а потому ряды бы оказались расходящимися (см. признак расходимости ряда в параграфе «Числовые ряды – основные понятия»).

Таким образом, справедливо следующее

Утверждение (достаточное условие расходимости знакочередующегося ряда). Если для знакочередующегося ряда (1) или (2)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n \text{ или не существует, или } \lim_{n \rightarrow \infty} a_n \neq 0, \quad (3)$$

то он является расходящимся.

Пример 1. Попробуем через один поменять знаки слагаемых у гармонического ряда $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ (который, как выше было выяснено, расходится). Получим следующий знакочередующийся ряд:

$$1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n}. \text{ Это знакочередующийся ряд вида (1), для которого}$$

$a_n = \frac{1}{n}$ и оба условия признака Лейбница, очевидно, выполняются.

Действительно, очевидно, что последовательность $\{a_n\} = \left\{ \frac{1}{n} \right\}$ убывает (с ростом

номера n) и $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$. Поэтому этот ряд (в отличие от гармонического)

сходится.

Пример 2. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot n^2 = -1 + 4 - 9 + 16 - 25 + \dots \quad (4)$$

Решение. Это знакочередующийся ряд вида (2), у которого $a_n = n^2$. Очевидно $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} n^2 = +\infty$, а потому выполнено условие (3) расходимости ряда. Итак, ряд (4) расходится.

Пример 3. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n - \ln n} = -1 + \frac{1}{2 - \ln 2} - \frac{1}{3 - \ln 3} + \dots \quad (5)$$

Решение. Покажем, что ряд (5) является знакочередующимся рядом $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n$ с

$$a_n = \frac{1}{n - \ln n} \quad (6)$$

и к нему применим признак Лейбница. Для того, чтобы доказать, что ряд (5) является знакочередующимся, нужно показать, что в (6)

$$a_n \geq 0, \quad n = 1, 2, \dots \quad (7)$$

Затем, чтобы показать, что к ряду (5) применим признак Лейбница, нужно доказать, что

$$a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \dots \quad (8)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0. \quad (9)$$

Для доказательства свойств (7), (8) и (9) рассмотрим вспомогательную функцию

$$g(x) = x - \ln x, \quad x \in [1, +\infty) \quad (10)$$

Функция $g(x)$ в (10) это знаменатель в (6), где n заменено на x . Ясно, что

производная $g'(x) = (x - \ln x)' = 1 - \frac{1}{x}$, а потому $g'(x) \geq 0$ для всех $x \in [1, +\infty)$, что влечет возрастание функции $g(x)$ на $[1, +\infty)$. Но поскольку $g(1) = 1 - \ln 1 = 1 - 0 = 1 > 0$, то и для всех $x > 1$ выполнено $g(x) > 0$. Отсюда сразу следует справедливость (7) (так как в (6) числитель равен 1, а знаменатель больше нуля) и (8) (так как в (6) числитель не меняется, а знаменатель растет). Покажем выполнение свойства (9):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n - \ln n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{n}}{1 - \frac{\ln n}{n}} \quad (11)$$

Ясно, что в числителе $\frac{1}{n} \rightarrow 0$. Найдем предел выражения $\frac{\ln n}{n}$:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln n}{n} = \left[\frac{\infty}{\infty} \right] = \left\{ \text{применяем правило Лопиталья раскрытия неопределенностей в}$$

$$\text{пределах} \right\} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\ln n)'}{(n)'} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{n}}{1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0. \text{ Итак, } \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln n}{n} = 0, \text{ а потому из (11)}$$

следует $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \frac{0}{1 - 0} = 0$, т.е. выполнение свойства (9). Таким образом, ряд (5)

действительно является знакоперевающимся рядом, к которому применим признак Лейбница, а потому ряд (5) сходится.

1.4. Знакопеременные ряды

Переходим теперь к изучению рядов с произвольным распределением знаков его слагаемых. Пусть дан ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots \quad (1)$$

с произвольными по знаку слагаемыми a_1, a_2, a_3, \dots . Опять нужно исследовать

его на сходимость. Поскольку большинство пройденных нами признаков сходимости-расходимости касались положительных рядов, то попробуем составить по данному ряду вспомогательный положительный ряд, для которого сможем применить эти признаки. Вспомогательный положительный ряд для ряда (1) построим так: положительные слагаемые оставим на месте, а у отрицательный поменяем знак. То же самое делает взятие модуля от числа (положительное число оставляет на месте, а у отрицательного поменяет знак), поэтому вспомогательный положительный ряд есть ряд, составленный из модулей слагаемых:

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| = |a_1| + |a_2| + |a_3| + \dots \quad (2)$$

Допустим, что имеющимися признаками для положительных рядов мы узнали, сходится ряд (2) или расходится. Можно ли теперь ответить на вопрос о сходимости или расходимости исходного ряда (1)? Иногда да, а иногда нет. Поскольку справедлива следующая

Теорема. Если ряд (2) сходится, то сходится и ряд (1).

А вот если ряд из модулей (2) расходится, то о сходимости или расходимости ряда (1) ничего сказать нельзя. Может быть всякое.

В связи с этим для знакопеременного ряда (1) могут возникнуть только 3 взаимоисключающие ситуации.

1. Ряд (2) сходится. В этом случае (по теореме) сходится и ряд (1), который в этом случае называется *абсолютно сходящимся* рядом. Этим подчеркивается, что сходится не только этот ряд, но и ряд, составленный из абсолютных величин (т.е. модулей) слагаемых ряда.

2. Ряд (2) расходится, но, тем не менее, сам ряд (1) сходится. В этом случае ряд (1) называется *условно сходящимся* рядом. Этим подчеркивается, что

сходится только сам ряд, но ряд, составленный из абсолютных величин слагаемых ряда, расходится.

3. Исходный ряд (1) расходится. Конечно, расходится при этом и ряд из модулей (2) (т.к. если бы он сходил, то по теореме сходил бы и исходный ряд).

Поэтому, когда ставится вопрос об исследовании сходимости произвольного знакопеременного ряда, то ответом будет являться одно из: а) ряд сходится абсолютно; б) ряд сходится условно; в) ряд расходится.

Пример 1. Ряд $1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n}$ сходится условно. Это следует из того, что сам ряд сходится (это было доказано в примере 1 предыдущего параграфа), а составленный из модулей ряд есть гармонический $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$, который расходится.

Пример 2. Ряд $1 - \frac{1}{4} + \frac{1}{9} - \frac{1}{16} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2}$ сходится абсолютно. Это следует из того, что сходится составленный из модулей ряд $1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$,

поскольку это ряд вида $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha} = 1 + \frac{1}{2^\alpha} + \frac{1}{3^\alpha} + \dots$ при $\alpha = 2 > 1$ (см. пример 8 параграфа «Положительные ряды»).

Пример 3. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{\frac{n(n+1)}{2}} \cdot n = -1 - 2 + 3 + 4 - 5 - 6 + 7 + 8 - \dots$ расходится, так как общий член ряда, очевидно, не стремится к 0.

Для исследования ряда на абсолютную сходимость может помочь следующая

Теорема (обобщенный признак Даламбера). Дан произвольный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$.

Пусть существует конечный или бесконечный предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|b_{n+1}|}{|b_n|} = l$. Тогда при $l < 1$ ряд *абсолютно* сходится, а при $l > 1$ ряд расходится.

Этот признак может быть использован в дальнейшем и для исследования так называемых степенных рядов.

2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

2.1. Функциональные ряды

Складывать можно не только бесконечно много чисел (т.е. составлять числовые ряды), но и бесконечно много функций. Пусть $u_1(x), u_2(x), u_3(x), \dots$ – бесконечный набор некоторых функций. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \dots \quad (1)$$

называется *функциональным рядом*. Если в каждую из этих функций подставить одно и то же конкретное (допустимое) значение x и вычислить ее значение, затем подставить в функциональный ряд (1), то он перейдет в числовой ряд. При подстановке некоторых числовых значений x получающийся числовой ряд может оказаться сходящимся, а некоторых – расходящимся.

Областью сходимости функционального ряда (1) называется множество всех чисел x , при подстановке которых в этот ряд получается сходящийся числовой ряд.

Пусть D – область сходимости ряда (1). Тогда для всех x из D ряд (1) сходится, а потому имеет некоторое число S в качестве своей суммы. При разных x сумма ряда S может быть различной, а потому сумма ряда является некоторой функцией от x : $S = S(x)$. Тогда можно записать, что для всех x из D :

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \dots = S(x). \quad (2)$$

Пример 1. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^x} = 1 + \frac{1}{2^x} + \frac{1}{3^x} + \dots \quad (3)$$

Решение. Ряд (3) это функциональный ряд вида (1) при $u_n(x) = \frac{1}{n^x}$.

Нужно выяснить, при подстановке каких числовых значений x в (3) получается сходящийся числовой ряд. Ранее (в параграфе «Положительные ряды», пример 8) мы уже рассматривали подобные числовые ряды вида $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha} = 1 + \frac{1}{2^\alpha} + \frac{1}{3^\alpha} + \dots$ и выяснили, что они сходятся только при условии $\alpha > 1$. Отсюда следует, что и ряд (3) сходится только при $x > 1$. Поэтому областью сходимости D данного ряда является интервал $(1, +\infty)$.

Пример 2. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \dots \quad (4)$$

и выражение для суммы этого ряда $S = S(x)$.

Решение. При подстановке любого числа x в (4) получается, как легко видеть, геометрическая прогрессия с первым членом 1 и со знаменателем прогрессии $q = x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости

геометрической прогрессии и получили, что она сходится только при условии $|q| < 1$. Поэтому *областью сходимости ряда (4) является интервал $(-1, 1)$* , а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в параграфе 1.1) равна :

$S(x) = \frac{1}{1-x}$. Таким образом,

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \dots = \frac{1}{1-x} \quad \text{для всех } x \in (-1, 1). \quad (5)$$

2.2. Степенные ряды – основные понятия

Более подробно рассмотрим специальные функциональные ряды

$\sum_{n=0}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \dots$, для которых слагаемые $u_n(x)$ имеют вид:

$u_n(x) = a_n(x - x_0)^n$, где x_0 – некоторое число, а $\{a_n\}$ – некоторая заданная последовательность чисел. Итак, *степенным рядом с центром в точке x_0* называется функциональный ряд вида

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n(x - x_0)^n = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + a_3(x - x_0)^3 \dots \quad (1)$$

Числа $a_0, a_1, a_2 \dots$ называются *коэффициентами* степенного ряда.

Пример 1. Функциональный ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(x+5)^n}{n+1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n+1} \cdot (x+5)^n = 1 + \frac{1}{2}(x+5) + \frac{1}{3}(x+5)^2 + \dots$$

является степенным рядом с центром в точке $x_0 = -5$, а его коэффициенты

$$a_n = \frac{1}{n+1}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Проще всего выглядит степенной ряд (1) с центром в нуле, т.е. когда $x_0 = 0$:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \dots \quad (2)$$

Этот ряд можно рассматривать как многочлен бесконечной степени. Ряд (1) с переменной x всегда можно свести к ряду (2), сделав в нем замену переменной $y = x - x_0$. Тогда получится ряд вида (2) с переменной y .

Степенной ряд (1) всегда имеет непустую область сходимости, так как число x_0 (для ряда (2) это число 0) *всегда входит в эту область*, поскольку при $x = x_0$ степенной ряд (1) обрывается на первом слагаемом (остальные слагаемые зануляются), а потому сходится и сумма его равна a_0 .

Область сходимости степенного ряда (1) имеет специфическую структуру – это либо только одна точка x_0 , либо некоторый интервал с центром в этой точке (концы интервала могут входить или не входить в эту область), либо вся числовая прямая (которая, при желании, может тоже рассматриваться как *бесконечный* интервал с центром в точке x_0). А именно, справедлива следующая

Теорема (об области сходимости степенного ряда). Областью сходимости степенного ряда (1) является либо одно число x_0 , либо вся числовая прямая, либо интервал вида $(x_0 - R, x_0 + R)$ и, возможно, одна или обе конечных точки этого интервала.

Интервал $(x_0 - R, x_0 + R)$, фигурирующий в теореме, называется *интервалом сходимости* степенного ряда (1), а число R называется *радиусом сходимости* этого ряда. Для всех значений x внутри интервала сходимости степенной ряд (1) сходится *абсолютно*. Для ряда (2) (случай $x_0 = 0$) интервал

сходимости имеет вид $(-R, R)$.

Радиус сходимости может быть вычислен по одной из следующих формул:

$$R = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} \quad (3)$$

или

$$R = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|}}, \quad (4)$$

если, конечно, соответствующие пределы существуют. Доказательство теоремы, а также формула (3) для радиуса сходимости могут быть получены несложными рассуждениями из обобщенного признака Даламбера, приведенного в конце параграфа 1.4, но здесь мы на этом останавливаться не будем.

Если по (3) или (4) получается $R = 0$, то область сходимости состоит только из одной точки x_0 . Если же $R = \infty$, то областью сходимости является вся числовая прямая.

Для нахождения области сходимости произвольного степенного ряда

$\sum_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n$ применяется следующая схема.

1) Находим интервал сходимости ряда $(x_0 - R, x_0 + R)$. Для этого либо вычисляется радиус сходимости R по приведенным выше формулам (3) или (4), либо напрямую применяется обобщенный признак Даламбера, приведенный в конце параграфа 1.4. Этот признак удобнее применять тогда, когда в степенном ряде бесконечно много коэффициентов $\{a_n\}$ обращаются в 0, а потому вычисление радиуса сходимости по формуле (3) или (4) невозможно. Это происходит, например тогда, когда ряд содержит только четные (либо только

нечетные) степени $(x-x_0)$, это означает, что в (1) все коэффициенты a_n при нечетных (соответственно, четных) показателях степени $(x-x_0)^n$ обращаются в ноль.

2) Проверяем принадлежность концевых точек интервала сходимости $(x_0 - R)$ и $(x_0 + R)$ области сходимости. Для этого подставляем каждое из этих чисел в исходный степенной ряд (вместо x) и исследуем на сходимость получившийся числовой ряд. Если ряд оказался сходящимся, то проверяемая граница интервала сходимости принадлежит области сходимости, а если нет, то нет.

3) Выписываем область сходимости как интервал сходимости с возможным включением его концевых точек (в зависимости от результатов пункта 2).

Пример 2. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(x+5)^n}{n \cdot 4^n}. \quad (5)$$

Решение. Поскольку $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(x+5)^n}{n \cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n \cdot 4^n} \cdot (x+5)^n$, то ряд (5) есть

степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = -5$ и коэффициентами $a_n = \frac{(-1)^n}{n \cdot 4^n}$.

Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере

$$|a_n| = \left| \frac{(-1)^n}{n \cdot 4^n} \right| = \frac{|(-1)^n|}{|n \cdot 4^n|} = \frac{1}{n \cdot 4^n}, \quad (6)$$

поскольку $(-1)^n$ при любом натуральном числе n принимает значение либо 1, либо (-1) , а выражение $n \cdot 4^n$ всегда положительно. Подставляя в (6) выражение

$(n+1)$ вместо n , получим выражение для $|a_{n+1}|$: $|a_{n+1}| = \frac{1}{(n+1) \cdot 4^{n+1}}$. Тогда по

формуле (3) радиус сходимости

$$R = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{n \cdot 4^n} : \frac{1}{(n+1) \cdot 4^{n+1}} \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1) \cdot 4^{n+1}}{n \cdot 4^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1) \cdot 4}{n} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4n+4}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(4 + \frac{4}{n} \right) = 4.$$

Таким образом, $R = 4$. Поэтому интервалом сходимости $(x_0 - R, x_0 + R)$ будет в данном случае интервал $(-9, -1)$. Область сходимости состоит из точек этого интервала и, возможно, одной или обеих граничных точек этого интервала (-1) и (-9) . Проверим эти точки на принадлежность области сходимости ряда (5). Для этого (по определению области сходимости ряда) будем подставлять эти числа вместо x в (5) и выяснять, будет ли получающийся при этом числовой ряд сходящимся или расходящимся.

Рассмотрим сначала $x = -1$. Подставляя $x = -1$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{4^n}{n \cdot 4^n} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} = 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots$. Этот знакочередующийся ряд уже был рассмотрен в параграфе 1.3 (пример 1) и по признаку Лейбница было доказано, что он сходится. Поэтому число $x = -1$ будет включаться в область сходимости ряда (5).

Рассмотрим другую граничную точку интервала сходимости $x = -9$.

Подставляя $x = -9$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(-4)^n}{n \cdot 4^n}$. Упростим

выражение для общего члена полученного ряда:

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(-4)^n}{n \cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(-1 \cdot 4)^n}{n \cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{(-1)^n \cdot 4^n}{n \cdot 4^n} = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{2n} \cdot \frac{1}{n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n}.$$

При этом выводе мы воспользовались тем, что (-1) в четной степени $2n$ всегда

дает 1. Полученный *гармонический* ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots$, как

неоднократно было заявлено, расходится. Поэтому число $x = -9$ не будет включаться в область сходимости ряда (5). Таким образом, областью сходимости ряда (5) является полуинтервал $(-9, 1]$.

Пример 3. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} n! x^n . \quad (7)$$

Решение. Ряд (7) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = n!$. Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере $|a_n| = |n!| = n!$, а потому

$|a_{n+1}| = (n+1)!$. Тогда по формуле (3) радиус сходимости

$$R = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n!}{(n+1)!} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n \cdot (n+1)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n+1} = 0 .$$

Таким образом, радиус сходимости $R = 0$. В этом случае (как выше сказано) область сходимости состоит из единственной точки $x_0 = 0$.

Пример 4. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} . \quad (8)$$

Решение. Ряд (8) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. опять ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = \frac{1}{n!}$. Вычислим радиус сходимости

по формуле (3). В данном примере $|a_n| = \left| \frac{1}{n!} \right| = \frac{1}{n!}$, а потому $|a_{n+1}| = \frac{1}{(n+1)!}$. Тогда

по формуле (3) радиус сходимости

$$R = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1)!}{n!} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n \cdot (n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n} = \lim_{n \rightarrow \infty} (n+1) = \infty .$$

Таким образом, радиус сходимости $R = \infty$. В этом случае (как выше сказано) областью

сходимости является вся числовая прямая $(-\infty, +\infty)$.

2.3. Свойства суммы степенного ряда

Рассмотрим теперь свойства функции $S(x)$, являющейся суммой степенного ряда (1) в предыдущем параграфе и определенной на его области сходимости:

$$S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + a_3(x - x_0)^3 \dots \quad (1)$$

Теорема (о почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда). Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является непрерывной функцией на интервале сходимости $(x_0 - R, x_0 + R)$. Внутри этого интервала степенной ряд можно почленно дифференцировать и брать неопределенный интеграл. Получающиеся при этом степенные ряды *имеют тот же радиус сходимости*, что и исходный степенной ряд.

Утверждение о возможности почленного дифференцирования и интегрирования степенного ряда означают справедливость следующих формул:

$$\begin{aligned} S'(x) &= \sum_{n=0}^{\infty} [a_n (x - x_0)^n]' = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot n \cdot (x - x_0)^{n-1} = \\ &= a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \dots \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \int S(x) dx &= \sum_{n=0}^{\infty} a_n \int (x - x_0)^n dx = C + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n+1} (x - x_0)^{n+1} = \\ &= C + a_0(x - x_0) + \frac{a_1}{2}(x - x_0)^2 + \frac{a_2}{3}(x - x_0)^3 + \frac{a_3}{4}(x - x_0)^4 + \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Произвольная постоянная C возникла, как и должно быть, при

вычислении неопределенного интеграла, только здесь ее удобно записать в начале, а не в конце.

По утверждению теоремы сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является дифференцируемой (т.е. имеющей производную) функцией на интервале сходимости $(x_0 - R, x_0 + R)$. После вычисления ее производной по формуле (2) эта производная $S'(x)$ опять представляется суммой степенного ряда $S'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \dots$ с тем же интервалом сходимости $(x_0 - R, x_0 + R)$. А потому от функции $S'(x)$ опять можно вычислять производную (будет получаться уже вторая производная $S''(x)$), которая опять будет представляться степенным рядом на интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$. И так далее. Отсюда вытекает важное следствие.

Следствие. Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является бесконечно дифференцируемой (т.е. имеет производные любого порядка) функцией на интервале сходимости этого ряда $(x_0 - R, x_0 + R)$.

С помощью приведенной выше теоремы можно находить области сходимости и (что наиболее важно) формулы для сумм некоторых степенных (или числовых) рядов. Для этого с помощью интегрирования или дифференцирования исследуемых рядов получают степенной ряд с известной суммой (например, геометрическую прогрессию), т.е. получают формульное выражение для производной или интеграла от искомой суммы $S(x)$, а затем по этому выражению восстанавливают и саму функцию $S(x)$.

Пример 1. Найти интервал сходимости и сумму степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot x^n = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \dots \quad (4)$$

Решение. Обозначим через $S(x)$ сумму этого ряда, пусть R – его радиус

сходимости. Тогда выполнено: $S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot x^n = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \dots$ для всех точек из интервала сходимости $x \in (R, R)$. Тогда по формуле (3):

$$\int S(x) dx = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \int x^n dx = C + \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot \frac{1}{n+1} \cdot x^{n+1} = C + \sum_{n=0}^{\infty} x^{n+1}. \quad (5)$$

Степенной ряд в правой части (5) $\sum_{n=0}^{\infty} x^{n+1} = x + x^2 + x^3 + \dots$ при каждом числе x

представляет собой геометрическую прогрессию с первым членом x и знаменателем прогрессии $q = x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости геометрической прогрессии и получили, что она сходится только

при условии $|q| < 1$. Поэтому областью сходимости ряда $\sum_{n=0}^{\infty} x^{n+1}$ является

интервал $(-1, 1)$, а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в

параграфе 1.1) равна $\frac{x}{1-x}$. Таким образом, по приведенной выше теореме о

почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда интервал

сходимости исходного ряда (4) тоже $(-1, 1)$. Подставляя $\frac{x}{1-x}$ в правую часть

(5), получаем $\int S(x) dx = \frac{x}{1-x} + C$. Отсюда следует, что функция $\frac{x}{1-x}$ является

одной из первообразных для $S(x)$, а потому

$S(x) = \left(\frac{x}{1-x} \right)' = \frac{(x)' \cdot (1-x) - (1-x)' \cdot x}{(1-x)^2} = \frac{1}{(1-x)^2}$. Итак, мы нашли выражение для

суммы степенного ряда (4):

$$\sum_{n=0}^{\infty} (n+1) \cdot x^n = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \dots = \frac{1}{(1-x)^2}, \quad x \in (-1, 1). \quad (6)$$

Пример 2. Найти сумму числового ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{0.3^{n+1}}{n+1} = 0.3 + \frac{0.3^2}{2} + \frac{0.3^3}{3} + \dots \quad (7)$$

Решение. Рассмотрим вспомогательный степенной ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^{n+1}}{n+1}$, сумму которого обозначим $S(x)$:

$$S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{n+1}}{n+1} = x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + \dots \quad (8)$$

Найдем формулу для $S(x)$, а тогда $S(0.3)$ даст нам искомую сумму ряда (8). Вычислим производную функции $S(x)$ в (8), используя формулу (2) почленного дифференцирования ряда:

$$S'(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{x^{n+1}}{n+1} \right]' = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n+1)x^n}{n+1} = \sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots \quad (9)$$

Для степенного ряда в правой части (9) мы уже находили сумму и область сходимости (см. параграф 2.1, формула (5)): $1 + x + x^2 + x^3 \dots = \frac{1}{1-x}$ для

всех $x \in (-1, 1)$. Поэтому из (9) получаем, что $S'(x) = \frac{1}{1-x}$ для $x \in (-1, 1)$.

Таким образом, функция $S(x)$ оказывается одной из первообразных функции $\frac{1}{1-x}$.

Найдем множество всех первообразных этой функции (т.е. неопределенный интеграл от нее), а затем среди них найдем и $S(x)$:

$S(x) = \int \frac{1}{1-x} dx = -\int \frac{d(1-x)}{1-x} = -\ln|1-x| + C$. Таким образом, получили, что для $x \in (-1, 1)$:

$$S(x) = -\ln|1-x| + C \quad (10)$$

при некотором значении произвольной постоянной C . Найдем это значение C . Из (8) следует, что значение функции $S(x)$ при $x = 0$ будет

$S(0) = 0 + \frac{0^2}{2} + \frac{0^3}{3} + \dots = 0 + 0 + 0 + \dots = 0$. Таким образом, $S(0) = 0$, а потому из (10):

$0 = -\ln|1-0| + C$, откуда $C = 0$. Поэтому из (10) получаем, что $S(x) = -\ln|1-x|$ для всех $x \in (-1, 1)$. А потому $S(0.3) = -\ln|1-0.3| = -\ln 0.7$. Итак,

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{0.3^{n+1}}{n+1} = 0.3 + \frac{0.3^2}{2} + \frac{0.3^3}{3} + \dots = -\ln 0.7 \approx 0.35.$$

2.4. Разложение функций в степенные ряды

Используя формулу для суммы бесконечно убывающей геометрической прогрессии, мы в параграфе 2.1 (формула (5)) получили, что сумма степенного

ряда $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = 1 + x + x^2 + x^3 \dots = \frac{1}{1-x}$ для всех $x \in (-1, 1)$. Если теперь

поменять местами левую и правую часть этого равенства, то получится, что выполнено равенство

$$\frac{1}{1-x} = \sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \dots \text{ для всех } x \in (-1, 1). \quad (1)$$

Это означает, что функция $f(x) = \frac{1}{1-x}$ представлена на интервале $(-1, 1)$ в виде сходящегося степенного ряда. А для каких еще функций возможно такое представление? И как его найти?

Введем следующее определение. Будем говорить, что функция $f(x)$ *разлагается в степенной ряд* с центром в x_0 на интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$, если для всех x из этого интервала справедливо равенство

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + a_3(x - x_0)^3 \dots \quad (2)$$

Теперь заданные выше вопросы можно переформулировать следующим образом. Какие функции разлагаются в степенные ряды с центром в некоторой

точке x_0 и (если разложение возможно) как найти коэффициенты a_0, a_1, a_2, \dots этого разложения?

В предыдущем параграфе было сформулировано следствие о том, что сумма степенного ряда является бесконечно дифференцируемой функцией на интервале сходимости ряда. Поэтому разлагаться в степенной ряд могут только функции, имеющие производные любого порядка (да и то не все!). Пусть некоторая функция $f(x)$ имеет производные *любого* порядка в некоторой окрестности точки x_0 . Найдем значения самой функции и всех ее производных (по предположению они существуют!) в этой точке: $f(x_0), f'(x_0), f''(x_0), \dots, f^{(n)}(x_0), \dots$. Теперь, используя эти числа, составим следующий степенной ряд:

$$f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n + \dots =$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n. \quad (3)$$

Этот ряд называется *рядом Тейлора* функции $f(x)$ с центром в точке x_0 . Таким образом, каждой бесконечно дифференцируемой в окрестности точки x_0 функции можно поставить в соответствие некоторый степенной ряд – ее ряд Тейлора. Оказывается, что *уж если функция разлагается в окрестности некоторой точки в какой-либо степенной ряд, то этот ряд может быть только рядом Тейлора этой функции*. Об этом говорит следующая теорема.

Теорема (о единственности разложения в степенной ряд). Пусть функция $f(x)$ разлагается в окрестности точки x_0 в степенной ряд:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(x-x_0)^n = a_0 + a_1(x-x_0) + a_2(x-x_0)^2 + a_3(x-x_0)^3 \dots \quad (4)$$

Тогда она бесконечно дифференцируема в окрестности этой точки и

$$a_0 = f(x_0), \quad a_1 = \frac{f'(x_0)}{1!}, \quad a_2 = \frac{f''(x_0)}{2!}, \quad \dots, \quad a_n = \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}, \quad \dots \quad (5)$$

Доказательство. Бесконечная дифференцируемость функции $f(x)$, являющейся суммой степенного ряда, уже отмечалась в предыдущем параграфе. Подставив в правую и левую части равенства (4) $x = x_0$, получим первую из формул в (5). Дифференцируя почленно степенной ряд в (4) (а это можно делать с суммой степенного ряда!), получим $f'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \dots$. Снова подставляя в это равенство $x = x_0$, получим вторую из формул в (5). Снова дифференцируя это равенство и подставляя $x = x_0$, получим третью формулу в (5). И так далее, что завершает доказательство теоремы.

Формулы (5) и дают ответ на вопрос о способе нахождения коэффициентов a_0, a_1, a_2, \dots разложения функции $f(x)$ в степенной ряд (коли такое разложение вообще возможно). Теперь ответим на вопрос о том, для каких функций гарантирована возможность такого разложения.

Теорема (о разложении). Если функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в некотором интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом (т.е. в формальной записи $\exists M \forall n \forall x \in (x_0 - R, x_0 + R): |f^{(n)}(x)| < M$), то она разлагается в свой ряд Тейлора на этом интервале, т.е. для всех $x \in (x_0 - R, x_0 + R)$ имеет место представление:

$$\begin{aligned} f(x) &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n = \\ &= f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!} (x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x - x_0)^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!} (x - x_0)^3 + \dots \end{aligned} \quad (6)$$

Особенно просто ряд Тейлора (3) для функции $f(x)$ выглядит при $x_0 = 0$:

$$f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n.$$

В этом случае ряд Тейлора называется *рядом Маклорена* для функции $f(x)$.

Учитывая (6), находим вид разложения функции в ряд Маклорена ($x_0 = 0$):

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + \dots \quad (7)$$

Согласно приведенной выше теореме о разложении, представление (7) функции $f(x)$ в виде ряда Маклорена имеет место на любом интервале вида $(-R, R)$, если только функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в интервале $(-R, R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом.

Разложение функций в ряд Маклорена применяется значительно чаще, поскольку представляет собой удобное для приложений разложение функции по степеням x (т.е. представляет собой многочлен «бесконечной степени»). Найдем разложения в ряд Маклорена некоторых основных элементарных функций.

2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена

В этом параграфе мы, используя вид разложения функции в ряд Маклорена

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + \dots, \quad (1)$$

найдем разложение по степеням x некоторых элементарных функций.

1. Пусть $f(x) = e^x$. Тогда, очевидно, $f'(x) = f''(x) = f'''(x) = \dots = f^{(n)}(x) = \dots = e^x$. Поэтому на *любом* конкретном интервале $(-R, R)$ эти производные ограничены одним и тем же числом (например, числом $M = e^R$) и

$f'(0) = f''(0) = f'''(0) = \dots = f^{(n)}(0) = \dots = e^0 = 1$. Поэтому условия теоремы о разложении выполняются на *любом* интервале $(-R, R)$, а потому, согласно (1), для всех $x \in (-\infty, +\infty)$:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} . \quad (2)$$

2. Рассмотрим $f(x) = \sin x$. Тогда $f'(x) = (\sin x)' = \cos x$, $f''(x) = (\cos x)' = -\sin x$, $f'''(x) = (-\sin x)' = -\cos x$, $f^{(4)}(x) = (-\cos x)' = \sin x$. Поскольку опять получилась функция $f(x) = \sin x$, то дальнейшие производные будут повторять те, что мы уже нашли. Поэтому все производные ограничены на всей числовой прямой (например, числом 1, как все синусы и косинусы) и условия теоремы о разложимости в степенной ряд на всей числовой прямой выполнены. Далее, $f(0) = \sin 0 = 0$, $f'(0) = \cos 0 = 1$, $f''(0) = -\sin 0 = 0$, $f'''(0) = -\cos 0 = -1$, $f^{(4)}(0) = \sin 0 = 0$ и далее все циклически повторяется. Поэтому разложение (1) будет содержать только нечетные степени x :

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} \quad (3)$$

для всех $x \in (-\infty, +\infty)$.

3. Рассмотрим $f(x) = \cos x$. Тогда можно получить разложение в ряд Маклорена тем же путем, что для $f(x) = \sin x$. Но мы сделаем это проще, если учтем полученное разложение (3) для $f(x) = \sin x$ и то, что $\cos x = (\sin x)'$. Дифференцируя (т.е. беря производную) почленно правую и левую части равенства (3), получим, учитывая возможность почленного дифференцирования степенных рядов внутри их интервала сходимости,

$$\cos x = 1 - \frac{3x^2}{3!} + \frac{4x^3}{4!} - \frac{7x^7}{6!} + \dots = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots .$$

Таким образом, для всех $x \in (-\infty, +\infty)$:

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots \quad (4)$$

4. Рассмотрим $f(x) = \ln(1+x)$. Тогда, интегрируя почленно полученное ранее

разложение $\frac{1}{1-x} = \sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots$, можно получить

$$\ln(1+x) = C + x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{5} + \dots = C + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n \quad (5)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Произвольная постоянная C появилась, как обычно, после вычисления неопределенного интеграла. Найдем ее значение. Для этого подставим в (5) $x=0$: $\ln 1 = C$, т.е. $C=0$. Поэтому из (5) получаем:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n, \quad x \in (-1, 1). \quad (6)$$

5. Рассмотрим $f(x) = (1+x)^\alpha$, где α – любое действительное число. Тогда, вычисляя значения производных в нуле, из (1) можно (хотя чуть более громоздко, чем в предыдущих примерах) получить:

$$(1+x)^\alpha = 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!} x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!} x^3 + \dots + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)\dots(\alpha-(n-1))}{n!} x^n + \dots \quad (7)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Например, при $\alpha = \frac{1}{2}$ получаем разложение для квадратного корня:

$$\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \dots \quad \text{для всех } x \in (-1, 1). \quad (8)$$

С помощью приведенных выше разложений для основных элементарных можно находить разложения по степеням x более сложных функций.

Пример 1. Разложить по степеням x (т.е. в ряд Маклорена) функцию

$$f(x) = x \cdot \ln(1+x^2).$$

Решение. Заменяя в правой и левой части (6) x на x^2 , получим

$$\ln(1+x^2) = x^2 - \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3} - \frac{x^8}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n}, \quad x \in (-1, 1).$$

Умножая обе части этого равенства на x , получаем

$$x \cdot \ln(1+x^2) = x^3 - \frac{x^5}{2} + \frac{x^7}{3} - \frac{x^9}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n+1}, \quad x \in (-1, 1).$$

Пример2. Разложить по степеням x функцию $f(x) = \sin^2 x$.

Решение. Применяя формулу понижения степени, получаем

$$f(x) = \sin^2 x = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos 2x). \quad (9)$$

Подставляя $2x$ вместо x в разложение (4) для косинуса, последовательно для (9) получаем:

$$\begin{aligned} \cos 2x &= 1 - \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} + \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} - \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} + \dots, \\ 1 - \cos 2x &= \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} - \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} + \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} - \dots, \\ \sin^2 x &= \frac{2}{2!} \cdot x^2 - \frac{2^3}{4!} \cdot x^4 + \frac{2^5}{6!} \cdot x^6 - \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n-1}}{(2n)!} \cdot x^{2n}, \quad x \in (-\infty, +\infty). \end{aligned}$$

Пример3. Разложить по степеням $\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$ функцию $f(x) = \sin 2x$.

Решение. Введем новую переменную

$$y = x + \frac{\pi}{2} \quad (10)$$

и выразим $\sin 2x$ через y . Из (10) следует $x = y - \frac{\pi}{2}$, а потому

$$\begin{aligned} \sin 2x &= \sin 2\left(y - \frac{\pi}{2}\right) = \sin(2y - \pi) = \{\text{пользуемся нечетностью синуса}\} = -\sin(\pi - 2y) = \\ &= \{\text{пользуемся формулой приведения } \sin(\pi - \alpha) = \sin \alpha\} = -\sin 2y = \{\text{в разложение синуса (3) по степеням } x \text{ подставляем } 2y \text{ вместо } x\} = \\ &= -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (2y)^{2n+1}}{(2n+1)!} = -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!}. \end{aligned}$$

Подставляя,

согласно (10), $y = x + \frac{\pi}{2}$, окончательно получаем:

$$\sin 2x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1}}{(2n+1)!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right)^{2n+1} = -2 \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{2^3}{3!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right)^3 - \dots$$

Это и есть искомое разложение.

С помощью рядов Тейлора и Маклорена можно вычислять приближенные значения функции, обрывая эти ряды на каком-нибудь слагаемом (чем больше оставим членов ряда, тем точнее будет вычисленное значение).

Пример 4. Вычислить приближенно $\sqrt{4.1}$.

Решение. Имеем: $\sqrt{4.1} = \sqrt{4+0.1} = \sqrt{4 \cdot \left(1 + \frac{0.1}{4}\right)} = 2 \cdot \sqrt{1+0.025}$. Из написанного

выше в (8) разложения $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \dots$, оставляя 3 слагаемых, получаем

приближенную формулу $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2$. Применяя ее при $x = 0.025$,

получим $\sqrt{4.1} = 2 \cdot \sqrt{1+0.025} \approx 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 0.025 - \frac{1}{8} \cdot 0.025^2\right) = 2.02484375$. Отметим, что

точное значение $\sqrt{4.1} = 2.024845673\dots$

3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие числовые ряды называются сходящимися? Что называется суммой сходящегося ряда?
2. Каков общий признак расходимости рядов?
3. Исследовать на сходимость ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n+30}$.
4. Как формулируется признак сравнения для положительных рядов (в простой и предельной форме)? Какие ряды являются «эталонными»?
5. Исследовать на сходимость ряды $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\cos(2n)|}{2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n^2+3n-30}$.
6. Как формулируются признаки Даламбера и Коши (радикальный и интегральный) сходимости положительных рядов?
7. Исследовать на сходимость ряды $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n}{2n+1}\right)^n$.
8. Какие ряды называются знакочередующимися? Как формулируется признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов?
9. Исследовать на сходимость ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{2n+1}}$.
10. Какая связь между сходимостью, абсолютной сходимостью и условной сходимостью знакопеременных рядов?
11. Исследовать ряды на абсолютную и условную сходимость $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n)}{2^n}$,
 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{100n+30}$.
12. Какой вид имеет область сходимости степенного ряда? Как она ищется?
13. Найти области сходимости степенных рядов $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n \cdot 2^n}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^{2n-1}}{10n+1}$.
14. Какие функции могут быть разложены в ряд Тейлора? Как вычислить коэффициенты такого ряда? Что такое ряд Маклорена?

15. Какой вид имеют разложения в степенные ряды функций: $y = \sin x$,
 $y = \cos x$, $y = e^x$, $y = \operatorname{arctg}(x)$, $y = (1+x)^m$.

16. Разложить функцию $y = \cos^2 x$ по степеням x .

4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n^2 + 7}{n^3 \cdot (n+1)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{3^{n+1} x^n}{(n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = e^{-x^2}$.

Вариант 2

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} n \sin \frac{1}{n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{n+1}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{2n+1}}{(n+1)}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :
 $f(x) = x^2 \ln(1 + x^3)$.

Вариант 3

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n} - 0.5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{1}{n}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^2 \cdot 2^{4n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \sin^2 x$.

Вариант 4

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+2) \cdot 2^{2n}}{(n+3)!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{n+1} \cdot \frac{n}{n+1}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{n^3 \cdot 3^{2n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \frac{\sin x}{x}$.

Вариант 5

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^3}{e^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{n+1}{2n+1} \right)^n$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (x+5)^{2n}}{(n+1)^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = (1+e^x)^2$.

Вариант 6

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} \left(1 + \frac{1}{n} \right)^{n^2}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{2n-1}{\sqrt{3^n}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-3)^n}{n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = \sin 3x + x \cos 3x.$$

Вариант 7

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n^2 \cdot \sin \frac{1}{n}}{2n^2 + 1} \right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n x^n}{n}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = \sin x + \sin 3x.$$

Вариант 8

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=2}^{\infty} \frac{n}{e^{n^2}}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2n+1}{(n+1)^3}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-3)^n}{\sqrt{n}}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = 2^x.$

Вариант 9

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^2 - 1}{n \cdot (n+1)}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{2n - \sqrt{n}}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{n^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \cos^2 x$.

Вариант 10

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} (n+2) \sin \frac{1}{n+1}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n(n+1)} \frac{1}{\sqrt{n^3+5}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n+1}{n}\right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = e^{-x^2}$.

Вариант 11

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt{n^3-1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(3n-2)!}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{(x-3)^n}{n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \sqrt{x+3}$.

Вариант 12

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(3n+2) \cdot 5^{2n+10}}{(n-1)!}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \ln 2.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{n+1}{2n+1} \right)^n (x+2)^n.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \ln(x+2).$

Вариант 13

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^5}{5^n}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{3n^2 - 1}{5 + 2n^2}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+1} \frac{x^n}{n!}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = e^x + e^{2x}.$

Вариант 14

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n+3}} \left(1 + \frac{1}{n+1} \right)^{(n+1)^2}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{n \ln n}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = 3e^x - 2\ln(1-x).$$

Вариант 15

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n^2 \cdot \sin \frac{1}{n+6}}{4n+3} \right)^n.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{n \ln^2 n}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{2^{n-1} n^2}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \sqrt[3]{1+2x}.$

Вариант 16

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^5 + 2n^2 - 1}{(n^3 + 1) \cdot (n^3 + 2)}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{4n-1}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{n-1} x^n}{(2n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = e^{x^3}$.

Вариант 17

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n+2}{n^2 \cdot \sqrt{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{\sqrt[3]{n+5}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-x)^n}{\sqrt[3]{n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = x \ln(1 - x^3).$$

Вариант 18

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{3n-2}}{(2n-1) \cdot 3^{2n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \sin \frac{1}{\sqrt{n}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{n^2 \cdot 3^{2n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = -x \sin^2 x$.

Вариант 19

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!}{n^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{3}\right)^n \frac{2n+1}{3+n}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{n^2 \cdot 3^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \frac{1 + \cos 2x}{x}$.

Вариант 20

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n^2}{2n^2+1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{3n+1}{5n-2}\right)^n$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{(x-3)^n}{n^3}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = (1 - e^x)^2$.

Вариант 21

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\pi - 2 \ln \left(1 + \sin \left(\frac{1}{n} \right) \right)}{3 \cos \frac{1}{n+3}} \right)^n.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{n-1}{\sqrt{2^{3n}}}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+23)^n}{(n+2)^2}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = \cos x + x \sin x.$$

Вариант 22

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{2n^2 + 2n + 1}{5n^2 - 2n - 1} \right)^n.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{(2n+3) \ln(2n+3)}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^{n+1} x^n}{n+2}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = \sin 3x + x \cos 3x$$

Вариант 23

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n+1}{(n+2)^4}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{\sqrt{3n-1}}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = 3^{2x}.$

Вариант 24

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt[3]{5n^2 + n + 1}}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{2n^2 - n}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{2^{n+3} n^2}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \frac{1 + \cos 4x}{x}.$

Вариант 25

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\sin nx|}{3^{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n(n-1)} \frac{1}{\sqrt{n^4 + 5}}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n+1}{n+2} \right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = e^{-2x}$.

Вариант 26

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^{3n} \cdot (3n+2)}{n!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(2n-2)!}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{(x-4)^n}{3n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \sqrt{2x+3}$.

Вариант 27

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n-1)!}{n \cdot 7^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\ln 2}{\ln 23}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \left(\frac{2n-1}{3n+1} \right)^n (x-2)^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \ln(2x+1)$.

Вариант 28

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^{n+3}}{n^5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{3}{n^3}$.

3. Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+3} \frac{(n+1)x^n}{(n-1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = 2e^x - e^{2x}$.

Вариант 29

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4 \cos\left(\frac{1}{n^3}\right) + 5 \sin\left(3\pi - \frac{1}{n+6}\right)}{3n + 4 \ln\left(1 + \frac{1}{n^5}\right)} \right)^n.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{n \ln \sqrt{n}}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{(n+1)^2 n!}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x :

$$f(x) = 3e^{-x} - \ln(1+x)^2.$$

Вариант 30

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак:
$$\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \sqrt[5]{\ln^2 n}}.$$

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость:
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{n}{3^{n-1}}.$$

3. Найти область сходимости степенного ряда:
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{3^{2n-1} n}.$$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x : $f(x) = \sqrt[4]{1+x^2}.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письменный Д. Конспект лекций по высшей математике (полный курс). М.: Айрис Пресс, 2006.
2. Щипачев В.С. Курс высшей математики. М.: Проспект, 2002.
3. Данко П.Е. и др. Высшая математика в упражнениях и задачах. М.: Оникс 21 век, 1998.
4. Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу. СПб.: Лань, 2009.



Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный
университет»

Т. И. Королук

ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

*Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного и заочного обучения*

Екатеринбург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1. Функция-оригинал и её изображение..... | 5 |
| 2. Линейность преобразования Лапласа..... | 6 |
| 3. Изображение единичной функции $1(t)$ | 6 |
| 4. Изображения функций e^{at} , $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $sh\omega t$, $ch\omega t$ | 7 |
| 5. Теорема смещения..... | 10 |
| 6. Дифференцирование изображения..... | 11 |
| 7. Изображения функций t^n , $t^n e^{at}$ | 12 |
| 8. Теорема запаздывания..... | 16 |
| 9. Дифференцирование оригинала..... | 21 |
| 10. Интегрирование оригинала..... | 23 |
| 11. Свёртка оригиналов, её свойства. Теорема умножения..... | 24 |
| 12. Интеграл Дюамеля..... | 27 |
| 13. Нахождение оригинала по изображению..... | 30 |
| 14. Применение операционного исчисления к решению линейных
дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами..... | 39 |
| 15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений
с постоянными коэффициентами операционным методом | 44 |
| УПРАЖНЕНИЯ..... | 51 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 53 |

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного и заочного обучения.

Операционное исчисление является одним из методов прикладного математического анализа. С помощью операционного исчисления во многих случаях удастся упростить решение задач, встречающихся в автоматике, электронике и других областях.

В пособии изложены основные сведения о преобразовании Лапласа, его свойствах и применении для решения линейных дифференциальных уравнений и систем таких уравнений в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика».

Теоретический материал сопровождается подробным разбором решений типовых задач, а также даны варианты заданий для самостоятельной работы студентов.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и ее приложений.

1. Функция-оригинал и её изображение

Любую функцию $f(t)$ действительной переменной t называют оригиналом, если она удовлетворяет условиям:

1) $f(t) = 0$ при всех $t < 0$;

2) $f(t)$ кусочно непрерывна, т. е. такая, что в любом конечном интервале она имеет конечное число точек разрыва 1-го рода;

3) существуют такие постоянные $M > 0$ и $S_0 \geq 0$, что $|f(t)| < Me^{S_0 t}$ при любом значении $0 \leq t < \infty$.

Лапласовым изображением оригинала $f(t)$ называют функцию $F(p)$ комплексной переменной $p = x + iy$, определяемую соотношением

$$F(p) = \int_0^{+\infty} f(t) e^{-pt} dt.$$

Если функция $f(t)$ имеет своим изображением $F(p)$, то это соответствие записывают так:

$$f(t) = F(p), \quad F(p) = f(t), \quad L(f(t)) = F(p).$$

Для любого оригинала $f(t)$ интеграл Лапласа $\int_0^{+\infty} f(t) e^{-pt} dt$ сходится абсолютно при $\operatorname{Re} p > S_0$, где S_0 - показатель роста функции $f(t)$.

В этой полуплоскости изображение $F(p)$ является аналитической функцией. Переход от функции $f(t)$ к функции $F(p)$ называется *преобразованием Лапласа*.

2. Линейность преобразования Лапласа

Теорема

Если $f(t) = \sum_{k=1}^n C_k f_k(t)$, C_k - постоянные и $F(p) = \mathcal{L}\{f(t)\}$, $F_k(p) = \mathcal{L}\{f_k(t)\}$,

то $F(p) = \sum_{k=1}^n C_k F_k(p)$.

Доказательство

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt = \sum_{k=1}^n C_k \left(\int_0^{\infty} f_k(t) e^{-pt} dt \right) = \sum_{k=1}^n C_k F_k(p).$$

3. Изображение единичной функции $1(t)$

Простейшей функцией–оригиналом является единичная функция

$$1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0. \end{cases}$$

Найдем ее изображение

$$L(1(t)) = \int_0^{\infty} 1 \cdot e^{-pt} dt = -\frac{1}{p} e^{-pt} \Big|_0^{+\infty} = -\frac{1}{p} (0 - 1) = \frac{1}{p} \quad (\operatorname{Re} p > 0).$$

Итак,

$$1(t) = \frac{1}{p} \quad (\operatorname{Re} p > 0).$$

4. Изображения функций e^{at} , $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $sh \omega t$, $ch \omega t$

$$L(e^{at}) = \int_0^{\infty} e^{at} \cdot e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} e^{-(p-a)t} dt = -\frac{1}{p-a} e^{-(p-a)t} \Big|_0^{+\infty} = \frac{1}{p-a} \quad (\operatorname{Re} p > \operatorname{Re} a).$$

Таким образом, $e^{at} = \frac{1}{p-a}$.

В этой формуле a может быть и комплексным. Применяя свойство линейности преобразования Лапласа, найдем изображения тригонометрических функций

$$\sin \omega t = \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i}, \quad \cos \omega t = \frac{e^{i\omega t} + e^{-i\omega t}}{2}, \quad \omega - \text{положительное число.}$$

$$\begin{aligned} L(\sin \omega t) &= \frac{1}{2i} (L(e^{i\omega t}) - L(e^{-i\omega t})) = \frac{1}{2i} \left(\frac{1}{p-i\omega} - \frac{1}{p+i\omega} \right) = \\ &= \frac{1}{2i} \frac{(p+i\omega - p+i\omega)}{p^2 + \omega^2} = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \quad \text{при } \operatorname{Re} p > 0 \end{aligned}$$

$$L(\cos \omega t) = \frac{1}{2} (L(e^{i\omega t}) + L(e^{-i\omega t})) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p-i\omega} + \frac{1}{p+i\omega} \right) = \frac{p}{p^2 + \omega^2}$$

при $\operatorname{Re} p > 0$.

Аналогично, исходя из определения гиперболических функций

$$sh \omega t = \frac{e^{\omega t} - e^{-\omega t}}{2}, \quad ch \omega t = \frac{e^{\omega t} + e^{-\omega t}}{2},$$

найдем их отображения.

$$L(\operatorname{sh}\omega t) = \frac{1}{2} \left(L(e^{\omega t}) - L(e^{-\omega t}) \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p - \omega} - \frac{1}{p + \omega} \right) = \frac{\omega}{p^2 - \omega^2}.$$

$$L(\operatorname{ch}\omega t) = \frac{1}{2} \left(L(e^{\omega t}) + L(e^{-\omega t}) \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p - \omega} + \frac{1}{p + \omega} \right) = \frac{p}{p^2 - \omega^2} \quad \text{при } \operatorname{Re} p > \omega.$$

Получили формулы

$$\sin \omega t = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}, \quad \operatorname{sh}\omega t = \frac{\omega}{p^2 - \omega^2},$$

$$\cos \omega t = \frac{p}{p^2 + \omega^2}, \quad \operatorname{ch}\omega t = \frac{p}{p^2 - \omega^2}.$$

Пример 1

Найти изображение функции $f(t) = \begin{cases} 1-t, & 0 \leq t < 1, \\ 0, & t \geq 1. \end{cases}$

Решение

$$\begin{aligned} L(f(t)) &= \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt = \int_0^1 (1-t) e^{-pt} dt + \int_1^{\infty} 0 \cdot e^{-pt} dt = \\ &= (1-t) \left(-\frac{1}{p} e^{-pt} \right) \Big|_0^1 - \int_0^1 -\frac{1}{p} e^{-pt} \cdot (-dt) = \\ &= \frac{1}{p} - \frac{1}{p} \left(-\frac{1}{p} e^{-pt} \right) \Big|_0^1 = \frac{1}{p} + \frac{1}{p^2} e^{-p} - \frac{1}{p^2}. \end{aligned}$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$f(t) = 2 + \frac{1}{3}e^{-2t} + 4\cos 3t.$$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Тогда

$$F(p) = 2L(1(t)) + \frac{1}{3}L(e^{-2t}) + 4L(\cos 3t) = 2 \cdot \frac{1}{p} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{p+2} + 4 \cdot \frac{p}{p^2+9}.$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{6}{p} - \frac{5p}{p^2+4} + \frac{2}{p-3}.$$

Решение

$$f(t) = 6 - 5\cos 2t + 2e^{3t}.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{3}{p^2+25} - \frac{2}{p^2+25} = 3 \cdot \frac{p}{p^2+25} + \frac{2}{5} \frac{5}{p^2+25}.$$

Тогда

$$f(t) = 3\cos 5t + \frac{2}{5}\sin 5t.$$

5. Теорема смещения

Если $f(t) = F(p)$, a – любое действительное или комплексное число, то

$$e^{at} f(t) = F(p-a).$$

Доказательство

$$L(e^{at} f(t)) = \int_0^{\infty} e^{at} f(t) e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} f(t) e^{-(p-a)t} dt = F(p-a)$$

при $\operatorname{Re}(p-a) > S_0$.

С помощью этой теоремы находим изображения функций:

$$e^{at} \sin \omega t = \frac{\omega}{(p-a^2) + \omega^2}, \quad e^{at} \operatorname{sh} \omega t = \frac{\omega}{(p-a^2) - \omega^2},$$

при $\operatorname{Re}(p-a) > 0$

при $\operatorname{Re}(p-a) > \omega$;

$$e^{at} \cos \omega t = \frac{p-a}{(p-a^2) + \omega^2}, \quad e^{at} \operatorname{ch} \omega t = \frac{p-a}{(p-a^2) - \omega^2},$$

при $\operatorname{Re}(p-a) > 0$

при $\operatorname{Re}(p-a) > \omega$.

6. Дифференцирование изображения

Если $f(t) = F(p)$, то $t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p)$.

Доказательство

Функция $F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt$ является аналитической. Ее производные $F^{(n)}(p)$ по переменной p находятся под знаком интеграла Лапласа

$$F'(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} \cdot (-t) dt,$$

из этого равенства следует, что $tf(t) = -F'(p)$.

Дифференцируя еще раз, получим

$$F''(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} \cdot t^2 dt,$$

откуда

$$t^2 f(t) = F''(p).$$

Дифференцируя n раз, получим

$$t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p).$$

7. Изображения функций t^n , $t^n e^{at}$

Известно, что $l(t) = \frac{1}{p}$, тогда $t \cdot l(t) = -\left(\frac{1}{p}\right)'$ или $t = \frac{1}{p^2}$. Аналогично $t^2 = \frac{2}{p^3}$, при любом n получаем $t^n = \frac{n!}{p^{n+1}}$.

Применяя теорему смещения, находим

$$t^n e^{at} = \frac{n!}{(p-a)^{n+1}} \quad \text{при} \quad \operatorname{Re}(p-a) > 0.$$

Пример 1

Найти изображение функции

$$f(t) = 2t^3 - \frac{1}{5} \operatorname{sh} \frac{t}{2} + t^4 e^{-5t}.$$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Тогда

$$F(p) = 2 \cdot \frac{3!}{p^4} - \frac{1}{5} \cdot \frac{\frac{1}{2}}{p^2 - \frac{1}{4}} + \frac{4!}{(p+5)^5}$$

ИЛИ

$$F(p) = \frac{12}{p^4} - \frac{1}{10 \left(p^2 - \frac{1}{4}\right)} + \frac{24}{(p+5)^5}.$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$g(t) = 3e^{-t} \cos 2t + \frac{7}{2}e^{4t} + t \sin 3t.$$

Решение

Пусть $g(t) = G(p)$, тогда

$$\begin{aligned} G(p) &= 3 \cdot \frac{p+1}{(p+1)^2 + 4} + \frac{7}{2} \cdot \frac{1}{p-4} - \left(\frac{3}{p^2 + 9} \right) = \\ &= \frac{3(p+1)}{(p+1)^2 + 4} + \frac{7}{2(p-4)} + \frac{6p}{(p^2 + 9)^2}. \end{aligned}$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{4p-3}{p^2 + 5p-1}.$$

Решение

Преобразуем $F(p)$, выделяя полный квадрат по p в знаменателе дроби

$$p^2 + 5p - 1 = \left(p^2 + 2 \cdot \frac{5}{2}p + \frac{25}{4} \right) - \frac{25}{4} - 1 = \left(p + \frac{5}{2} \right)^2 - \frac{29}{4}.$$

Тогда

$$F(p) = \frac{4\left(p + \frac{5}{2}\right) - 10 - 3}{\left(p + \frac{5}{2}\right)^2 - \frac{29}{4}}$$

или

$$F(p) = 4 \cdot \frac{4p + \frac{5}{2}}{\left(p + \frac{5}{2}\right)^2 - \frac{29}{4}} - 13 \cdot \frac{2}{\sqrt{29}} \cdot \frac{\frac{\sqrt{29}}{2}}{\left(p + \frac{5}{2}\right)^2 - \frac{29}{4}}.$$

Используя известные изображения, находим искомый оригинал

$$f(t) = 4e^{-\frac{5}{2}t} \cdot ch \frac{\sqrt{29}}{2} t - \frac{26}{\sqrt{29}} e^{-\frac{5}{2}t} \cdot sh \frac{\sqrt{29}}{2} t.$$

Пример 4

Найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p) = \frac{6}{p+2} - \frac{3}{(p-4)^3} + \frac{2p-1}{p^2-3}.$$

Решение

$$X(p) = 6 \cdot \frac{1}{p - (-2)} - \frac{3}{2} \frac{2!}{(p-4)^{2+1}} + 2 \cdot \frac{p}{p^2-3} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{p^2-3}.$$

Используя табличные изображения, находим оригинал

$$x(t) = 6e^{-2t} - \frac{3}{2} t^2 e^{4t} + 2ch\sqrt{3}t - \frac{1}{\sqrt{3}} sh\sqrt{3}t.$$

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) найти изображение функции

$$f(t) = \frac{1}{5} - 3 \sin \frac{2t}{3} + 6 \operatorname{ch} 5t - 4t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t) = \frac{1}{4} e^{-2t} \cos 5t - \frac{1}{6} t \operatorname{sh} 2t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{6}{p+2} - \frac{2}{p^3} + \frac{2-p}{p^2+5}.$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$f(t) = 5t^2 + \frac{1}{2} - 4 \operatorname{sh} \frac{t}{3} + 8 \cos 3t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t) = 3e^{-t} \sin 2t - \frac{1}{10} t \operatorname{ch} 4t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{5p+1}{p^2-2} + \frac{3}{p^4} - \frac{8}{(p+1)^2}.$$

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) найти, используя интеграл Лапласа, изображение функции

$$g(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ 2t + 3, & 0 \leq t \leq 1, \\ 0, & t > 1; \end{cases}$$

2) найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p) = \frac{3 - 4p}{p^2 + 3p + 4} - \frac{2}{(p - 3)^3}.$$

Вариант 2

1) найти оригинал $y(t)$ для изображения

$$Y(p) = \frac{1 + 6p}{p^2 + p + 3} - \frac{7}{(p + 5)^4};$$

2) используя интеграл Лапласа, найти изображение функции

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ 3 - t, & 0 \leq t \leq 2, \\ 0, & t > 2. \end{cases}$$

8. Теорема запаздывания

Если $f(t) = F(p)$, то $f(t - \tau) = e^{-\tau p} F(p)$, τ - любое положительное число.

Доказательство

Известно, что $f(t) = 0$ при всех $t < 0$. При $t < \tau$ аргумент $t - \tau < 0$, поэтому $f(t - \tau) = 0$. Это значит, что оригинал включается с запаздыванием на τ . График функции $f(t - \tau)$ получается из графика $f(t)$ смещением последнего вправо на расстояние τ . С помощью единичной функции запаздывающую функцию $f(t - \tau)$ можно записать и так: $f(t - \tau) \cdot 1(t - \tau)$, так как $1(t - \tau) = 0$ при $t < \tau$ и $1(t - \tau) = 1$ при $t > \tau$.

Найдем изображение $f(t - \tau)$:

$$L(f(t - \tau)) = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t - \tau) dt = \int_0^{\tau} e^{-pt} f(t - \tau) dt + \int_{\tau}^{\infty} e^{-pt} f(t - \tau) dt.$$

Здесь $\int_0^{\tau} e^{-pt} f(t - \tau) dt = 0$, так как $f(t - \tau) = 0$ при $t < \tau$.

Во втором интеграле сделаем замену, полагая $t - \tau = u$, тогда $t = u + \tau$; $dt = du$, при $t = \tau$ $u = 0$, при $t = \infty$ и $u = \infty$.

Таким образом,

$$\begin{aligned} L(f(t - \tau)) &= \int_{\tau}^{\infty} e^{-pt} f(t - \tau) dt = \int_0^{\infty} e^{-p(u+\tau)} f(u) du = \\ &= e^{-\tau p} \int_0^{\infty} e^{-pu} f(u) du = e^{-\tau p} F(p), \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Пример 1

$$1(t) = \frac{1}{p}. \text{ Тогда } 1(t - \tau) = e^{-\tau p} \cdot \frac{1}{p}.$$

Пример 2

Найти изображение функции $f(t) = (t - 3)^3 \cdot 1(t - 3)$.

Решение

Известно, что $t^3 = \frac{3!}{p^4}$. В нашем случае запаздывание на $\tau = 3$. По-

этому $(t - 3)^3 1(t - 3) = e^{-3p} \cdot \frac{3!}{p^4}$.

Пример 3

Найти изображение функции $f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ t + 1, & 0 < t < 1, \\ 3t, & 1 < t < 4, \\ 0, & t > 4. \end{cases}$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Искомое изображение $F(p)$ найдем двумя способами. Сначала по определению с помощью интеграла Лапласа.

$$\begin{aligned}
F(p) &= \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t) dt = \int_0^1 (t+1) e^{-pt} dt + 3 \int_1^4 t e^{-pt} dt = \\
&= (t+1) \left(-\frac{1}{p} \right) e^{-pt} \Big|_0^1 - \int_0^1 -\frac{1}{p} e^{-pt} dt + 3t \left(-\frac{1}{p} \right) e^{-pt} \Big|_1^4 - 3 \int_1^4 -\frac{1}{p} e^{-pt} dt = \\
&= -\frac{2}{p} e^{-p} + \frac{1}{p} - \frac{1}{p^2} e^{-pt} \Big|_0^1 - \frac{12}{p} e^{-4p} + \frac{3}{p} e^{-p} - \frac{3}{p^2} e^{-pt} \Big|_1^4 = \\
&= -\frac{2}{p} e^{-p} + \frac{1}{p} - \frac{1}{p^2} e^{-p} + \frac{1}{p^2} - \frac{12}{p} e^{-4p} + \frac{3}{p} e^{-p} - \frac{3}{p^2} e^{-4p} + \frac{3}{p^2} e^{-p} = \\
&= \frac{1}{p} + \frac{1}{p^2} + \left(\frac{1}{p} + \frac{2}{p^2} \right) e^{-p} - \left(\frac{3}{p^2} + \frac{12}{p} \right) e^{-4p}.
\end{aligned}$$

А теперь найдем $F(p)$ с помощью теоремы запаздывания. Для этого запишем наш оригинал $f(t)$ одним аналитическим выражением с помощью единичной функции.

При $t < 0$ $f(t) = 0$. В момент $t = 0$ «включается» функция $t + 1$; в момент $t = 1$ она «снимается» и «включается» функция $3t$, которая «снимается» в момент $t = 4$. Поэтому

$$\begin{aligned}
f(t) &= (t+1) \cdot 1(t) - (t+1) \cdot 1(t-1) + 3t \cdot 1(t-1) - 3t \cdot 1(t-4) = \\
&= (t+1) \cdot 1(t) + (2t-1) \cdot 1(t-1) - 3t \cdot 1(t-4) = \\
&= (t+1) \cdot 1(t) + (2(t-1)+1) \cdot 1(t-1) - (3(t-4)+12) \cdot 1(t-4).
\end{aligned}$$

Применяя линейность преобразования Лапласа и теорему запаздывания, получим искомое изображение

$$F(p) = \frac{1}{p^2} + \frac{1}{p} + \left(\frac{2}{p^2} + \frac{1}{p} \right) e^{-p} - \left(\frac{3}{p^2} + \frac{12}{p} \right) e^{-4p}.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{5}{(p+2)^4} e^{-p} + \frac{4}{p^3} - \frac{8}{p^2+7} e^{-2p}.$$

Решение

Находим оригинал для каждого слагаемого:

$$\frac{5}{(p+2)^4} = 5 \frac{1}{(p+2)^{3+1}} = \frac{5}{3!} \cdot \frac{3!}{(p-(-2))^{3+1}} = \frac{5}{6} e^{-2t} \cdot t^3,$$

$$\frac{4}{p^3} = 4 \frac{1}{p^{2+1}} = \frac{4}{2!} \cdot \frac{2!}{p^{2+1}} = 2t^2,$$

$$-\frac{8}{p^2+7} = -\frac{8}{\sqrt{7}} \cdot \frac{\sqrt{7}}{p^2+7} = -\frac{8}{\sqrt{7}} \sin \sqrt{7}t,$$

$$\frac{5}{(p+2)^4} \cdot e^{-p} = \frac{5}{6} \cdot e^{-2(t-1)} \cdot (t-1)^3 \cdot 1(t-1),$$

оригинал с запаздыванием на $\tau = 1$.

$$\frac{4}{p^3} = 2t^2$$

$$-\frac{8}{p^2+7} e^{-2p} = -\frac{8}{\sqrt{7}} \sin \sqrt{7}(t-2) \cdot 1(t-2)$$

оригинал с запаздыванием на $\tau = 2$.

Суммируя оригиналы для каждого слагаемого, находим

$$f(t) = \frac{5}{6}e^{-2(t-1)} \cdot (t-1)^3 \cdot 1(t-1) + 2t^2 - \frac{8}{\sqrt{7}} \sin \sqrt{7} (t-2) \cdot 1(t-2).$$

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) найти оригинал для изображения

$$F(p) = \frac{(5-3p)e^{-p}}{2p^2+5} + \frac{7e^{-3p}}{2p^2+4p+1} - \frac{3}{(p+6)^4}.$$

2) найти изображение функции

$$x(t) = 5 \sin \frac{2t}{5} - 2 + \frac{1}{4}(t-2)e^{-2(t-2)} \operatorname{ch} \frac{3}{2}(t-2) \cdot 1(t-2).$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$y(t) = 7te^t \cos \frac{5t}{4} - \frac{1}{6}(t-4)^2 \cdot e^{-5(t-4)} \cdot 1(t-4) + 3 \operatorname{ch} \frac{t}{4}.$$

2) найти оригинал для изображения

$$G(p) = \frac{8p}{p^2+2p+6} - \frac{(2-p)e^{-2p}}{4p^2+5} + \frac{10e^{-5p}}{(p-3)^3}.$$

9. Дифференцирование оригинала

Теорема

Если $f(t)$ непрерывно дифференцируема на $(0, \infty)$, $f'(t)$ принадлежит множеству оригиналов и $f(t) = F(p)$, то $f'(t) = pF(p) - f(0)$.

Доказательство

$$L(f'(t)) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt.$$

Интегрируя по частям, положим

$$u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt} dt, \quad dv = f'(t) dt, \quad v = f(t).$$

Получаем

$$f'(t) = (f(t) e^{-pt}) \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} (-p) dt.$$

Так как $\operatorname{Re} p = x > s_0$, то $|f(t) e^{-pt}| \leq M e^{-(x-s_0)t}$, поэтому

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) e^{-pt} = 0, \quad \text{а} \quad \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt = F(p).$$

Следовательно, $f'(p) = pF(p) - f(0)$.

Теорема доказана.

Следствие

Если $f''(t), f'''(t), \dots, f^{(n)}(t)$ - оригиналы, то находим:

$$f''(t) = p(pF(p) - f(0)) - f'(0)$$

или

$$f''(t) = p^2 F(p) - pf(0) - f'(0).$$

Аналогично, для производной n -го порядка имеем

$$f^{(n)}(t) = p^n F(p) - p^{n-1} f(0) - p^{n-2} f'(0) - \dots - pf^{(n-2)}(0) - f^{(n-1)}(0).$$

Для практических приложений полученное свойство является очень важным. Оно показывает, что сложная операция дифференцирования в пространстве оригиналов заменяется в пространстве изоб-

ражений элементарным действием – умножением изображения на степень аргумента p с добавлением многочлена, коэффициентами которого являются начальные значения оригинала. Это очень удобно для решения дифференциальных уравнений операционным методом, так как начальные условия здесь учитываются автоматически.

10. Интегрирование оригинала

Теорема

Если $f(t) = F(p)$, то $\int_0^t f(u) du = \frac{F(p)}{p}$, т. е. интегрированию ори-

гинала в пределах от 0 до t соответствует деление изображения на p .

Доказательство

$f(t)$ принадлежит множеству оригиналов, тогда и $\int_0^t f(u) du$ тоже

является оригиналом. Обозначим $\int_0^t f(u) du = g(t)$, пусть

$$g(t) = G(p). \quad g'(t) = \left(\int_0^t f(u) du\right)' = f(t), \quad g(0) = 0, \quad L(g'(t)) = L(f(t)).$$

Поэтому $pG(p) = F(p)$, откуда $G(p) = \frac{F(p)}{p}$. Значит,

$$\int_0^t f(u) du = \frac{F(p)}{p}, \text{ что и требовалось доказать.}$$

11. Свёртка оригиналов, ее свойства.

Теорема умножения

Пусть $f(t)$ и $g(t)$ - оригиналы. Свёртку этих функций обозначают $f * g$. Она равна

$$f * g = \int_0^t f(u)g(t-u)du.$$

Свёртка $f * g$ обладает свойствами:

1) переместительным

$$f * g = g * f \text{ или}$$

$$\int_0^t f(u)g(t-u)du = \int_0^t g(u)f(t-u)du;$$

2) сочетательным

$$(f * g) * \varphi = f * (g * \varphi),$$

в силу, которого свёртка нескольких функций всегда даёт одинаковый результат, независимо от того, в каком порядке выполняется свёртывание;

3) распределительным

$$(f + g) * \varphi = (f * \varphi) + (g * \varphi).$$

Свёртка оригиналов $f(t)$ и $g(t)$ тоже является оригиналом, причём показатель роста свёртки $f * g$ равен наибольшему из показателей роста функций $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти свёртку функций $f(t) = t$, $g(t) = e^{at}$.

Решение

$$\begin{aligned} f * g &= t * e^{at} = \int_0^t u e^{a(t-u)} du = e^{at} \int_0^t u e^{-au} du = \\ &= e^{at} \left(-u \frac{e^{-au}}{a} \Big|_0^t - \int_0^t -\frac{1}{a} e^{-au} du \right) = e^{at} \left(-\frac{t}{a} e^{-at} + \frac{1}{a} \left(-\frac{1}{a} \right) e^{-au} \Big|_0^t \right) = \\ &= e^{at} \left(-\frac{t}{a} e^{-at} - \frac{1}{a^2} e^{-at} + \frac{1}{a^2} \right) = -\frac{t}{a} - \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2} e^{at}. \end{aligned}$$

В другом порядке

$$g * t = e^{at} * t = \int_0^t e^{au} (t-u) du = \int_0^t t e^{au} du - \int_0^t u e^{au} du.$$

Произведя интегрирование по частям во втором интеграле, получим

$$\begin{aligned} e^{at} * t &= t \frac{e^{au}}{a} \Big|_0^t - u \frac{1}{a} e^{au} \Big|_0^t + \int_0^t \frac{1}{a} e^{au} du = \\ &= t \frac{e^{at}}{a} - \frac{t}{a} - \frac{t}{a} e^{at} + \frac{1}{a^2} e^{at} - \frac{1}{a^2} = -\frac{t}{a} + \frac{1}{a^2} e^{at} - \frac{1}{a^2}. \end{aligned}$$

Получили

$$f * g = g * f.$$

Теорема умножения

Если $f(t) = F(p)$ и $g(t) = G(p)$, то $f * g = F(p) \cdot G(p)$, т. е. при свертывании оригиналов изображения перемножаются.

Доказательство

$$\begin{aligned} L(f * g) &= \int_0^{\infty} e^{-pt} dt \int_0^t f(u)g(t-u)du = \\ &= \int_0^{\infty} f(u)du \int_u^{\infty} e^{pt} g(t-u)dt, \end{aligned}$$

изменим порядок интегрирования.

Во внутреннем интеграле проведём замену переменной, положив $t-u = z$, тогда $t = u + z$, $dt = dz$, при $t = u$ $z = 0$, при $t = \infty$ $z = \infty$, получим

$$\begin{aligned} L(f * g) &= \int_0^{\infty} f(u)du \int_0^{\infty} e^{-p(u+z)} g(z)dz = \\ &= \int_0^{\infty} f(u)e^{-pu} du \int_0^{\infty} g(z)e^{-pz} dz = F(p) \cdot G(p), \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Теорема умножения имеет важное значение для приложений, так как позволяет находить оригинал, соответствующий произведению

двух изображений $F(p)$ и $G(p)$, если известны оригиналы сомножителей $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p) = \frac{1}{p^2(p-a)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ можно подставить в виде произведения двух функций

$$F(p) = \frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{p-a}.$$

Пусть $F(p) = f(t)$.

Так как $\frac{1}{p^2} = t$, $\frac{1}{p-a} = e^{at}$, то по теореме умножения искомый оригинал $f(t) = t * e^{at}$. Эту свёртку в предыдущем примере мы нашли, поэтому

$$f(t) = -\frac{t}{a} + \frac{1}{a^2} e^{at} - \frac{1}{a^2}.$$

12. Интеграл Дюамеля

Частным случаем теоремы умножения изображений является формула Дюамеля, часто применяемая для нахождения оригиналов.

Найдем оригинал, соответствующий произведению $pF(p)G(p)$, где $f(t) = F(p)$, $g(t) = G(p)$.

Это произведение представим в виде

$$pF(p)G(p) = (pF(p) - f(0))G(p) + f(0)G(p).$$

Так как $pF(p) - f(0) = f'(t)$, то по теореме умножения изображений $(pF(p) - f(0))G(p) = f'(t) * g(t)$, а $f(0)G(p) = f(0) \cdot g(t)$.

Теперь можно записать формулу Дюамеля

$$pF(p)G(p) = \int_0^t f'(u)g(t-u)du + f(0)g(t).$$

Правую часть этого соотношения называют интегралом Дюамеля.

Если учесть свойство свёртки $f * g = g * f$, то из последнего равенства получим

$$pF(p)G(p) = \int_0^t g(u)f'(t-u)du + f(0)g(t).$$

Аналогично, если $pG(p)F(p) = (pG(p) - g(0))F(p) + g(0)F(p)$, получим

$$pF(p)G(p) = \int_0^t g'(u)f(t-u)du + g(0)f(t),$$

$$pF(p)G(p) = \int_0^t f(u)g'(t-u)du + g(0)f(t).$$

Пример

Найти оригинал для функции $\frac{p\omega}{(p-a)(p^2 + \omega^2)}$.

Решение

Представим заданную функцию в виде произведения

$$p \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \cdot \frac{1}{p - a}.$$

Имеем

$$F(p) = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} = \sin \omega t = f(t); \quad G(p) = \frac{1}{p - a} = e^{at} = g(t),$$
$$f(0) = 0, \quad f'(t) = \omega \cos \omega t.$$

Тогда запишем

$$pF(p)G(p) = p \cdot \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \cdot \frac{1}{p - a} = \int_0^t f'(u) g(t - u) du =$$
$$= \int_0^t \omega \cos \omega u \cdot e^{a(t-u)} du = \omega e^{at} \int_0^t \cos \omega u \cdot e^{-au} du.$$

Дважды интегрируя по частям последний интеграл, получим

$$\omega e^{at} \int_0^t \cos \omega u e^{-au} du = \frac{1}{a^2 + \omega^2} \left(\omega^2 \sin \omega t + a\omega (e^{at} - \cos \omega t) \right).$$

Следовательно,

$$\frac{p\omega}{(p^2 + \omega^2)(p - a)} = \frac{\omega^2 \sin \omega t + a\omega (e^{at} - \cos \omega t)}{a^2 + \omega^2}.$$

13. Нахождение оригинала по изображению

При нахождении оригинала по его изображению широко пользуются свойствами преобразования Лапласа и таблицей соответствий между оригиналами и их изображениями:

Таблица

Соответствия между оригиналами и их изображениями

| № п/п | Оригинал | Изображение |
|-------|-----------------|---|
| 1 | $f(t)$ | $F(p) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dt$ |
| 2 | $1(t)$ | $\frac{1}{p}$ |
| 3 | t^n | $\frac{n!}{p^{n+1}}$ |
| 4 | e^{at} | $\frac{1}{p-a}$ |
| 5 | $t^n e^{at}$ | $\frac{n!}{(p-a)^{n+1}}$ |
| 6 | $\sin \omega t$ | $\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$ |
| 7 | $\cos \omega t$ | $\frac{p}{p^2 + \omega^2}$ |
| 8 | $sh \omega t$ | $\frac{\omega}{p^2 - \omega^2}$ |
| 9 | $ch \omega t$ | $\frac{p}{p^2 - \omega^2}$ |

Окончание таблицы

| | | |
|----|-------------------------|---|
| 10 | $e^{at} \sin \omega t$ | $\frac{\omega}{(p-a)^2 + \omega^2}$ |
| 11 | $e^{at} \cos \omega t$ | $\frac{p-a}{(p-a)^2 + \omega^2}$ |
| 12 | $e^{at} sh \omega t$ | $\frac{\omega}{(p-a)^2 - \omega^2}$ |
| 13 | $e^{at} ch \omega t$ | $\frac{p-a}{(p-a)^2 - \omega^2}$ |
| 14 | $t \sin \omega t$ | $\frac{2p\omega}{(p^2 + \omega^2)^2}$ |
| 15 | $t \cos \omega t$ | $\frac{p^2 - \omega^2}{(p^2 + \omega^2)^2}$ |
| 16 | $t sh \omega t$ | $\frac{2p\omega}{(p^2 - \omega^2)^2}$ |
| 17 | $t ch \omega t$ | $\frac{p^2 + \omega^2}{(p^2 - \omega^2)^2}$ |
| 18 | $te^{at} \sin \omega t$ | $\frac{2\omega(p-a)}{((p-a)^2 + \omega^2)^2}$ |
| 19 | $te^{at} \cos \omega t$ | $\frac{(p-a)^2 - \omega^2}{((p-a)^2 + \omega^2)^2}$ |
| 20 | $\cos^2 \omega t$ | $\frac{p^2 + 2\omega^2}{p(p^2 + 4\omega^2)}$ |
| 21 | $\sin^2 \omega t$ | $\frac{2\omega^2}{p(p^2 + 4\omega^2)}$ |

Пример

Найти оригиналы для следующих изображений:

$$1) F(p) = \frac{1}{p^5}.$$

Решение

Используем соотношение 3 из таблицы, откуда $\frac{1}{p^{n+1}} = \frac{t^n}{n!}$, по-

этому

$$\frac{1}{p^5} = \frac{t^4}{4!} = \frac{1}{24} t^4.$$

$$2) F(p) = \frac{3}{(p+2)^4}.$$

Решение

Из соотношения 5

$$\frac{t^n e^{at}}{n!} = \frac{1}{(p-a)^{n+1}}, \text{ здесь } a = -2, \quad n = 3,$$

поэтому

$$\frac{3}{(p+2)^4} = 3 \cdot \frac{t^3 e^{-2t}}{3!} = \frac{1}{2} t^3 e^{-2t}.$$

$$3) F(p) = \frac{5}{p^2 + 4}.$$

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} = \sin \omega t,$$

здесь $\omega^2 = 4$, $\omega = 2$, поэтому

$$\frac{5}{p^2 + 4} = \frac{5}{2} \cdot \frac{2}{p^2 + 4} = \frac{5}{2} \sin 2t.$$

$$4) F(p) = \frac{7p}{3p^2 + 5}.$$

Решение

Из соотношения 7

$$\frac{p}{p^2 + \omega^2} = \cos \omega t$$

$$\frac{7p}{3p^2 + 5} = \frac{7p}{3\left(p^2 + \frac{5}{3}\right)} = \frac{7}{3} \cdot \frac{p}{p^2 + \frac{5}{3}} = \frac{7}{3} \cos \sqrt{\frac{5}{3}} t.$$

$$5) F(p) = \frac{3}{(p-2)^2 - 5}.$$

Решение

Из соотношения 10

$$\frac{\omega}{(p-a)^2 - \omega^2} = e^{at} sh \omega t$$

$$\frac{3}{(p-2)^2 - 5} = \frac{3}{\sqrt{5}} \cdot \frac{\sqrt{5}}{(p-2)^2 - 5} = \frac{3}{\sqrt{5}} e^{2t} sh \sqrt{5} t$$

$$\omega = \sqrt{5}, \quad a = 2.$$

$$6) F(p) = \frac{p+5}{p^2 - 4p + 7}.$$

Решение

$$p^2 - 4p + 7 = (p^2 - 4p + 4) + 3 = (p-2)^2 + 3$$

$$\frac{p+5}{p^2 - 4p + 7} = \frac{p+5}{(p-2)^2 + 3}.$$

Из соотношений 11 и 10

$$\frac{p-a}{(p-a)^2 + \omega^2} = e^{at} \cos \omega t, \quad \frac{\omega}{(p-a)^2 + \omega^2} = e^{at} \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} \frac{p+5}{(p-2)^2 + 3} &= \frac{(p-2)+7}{(p-2)^2 + 3} = \frac{p-2}{(p-2)^2 + 3} + \frac{7}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{(p-2)^2 + 3} = \\ &= e^{2t} \cos \sqrt{3} t + \frac{7}{\sqrt{3}} e^{2t} \sin \sqrt{3} t. \end{aligned}$$

$$7) F(p) = \frac{2e^{-p}}{p^2 + 9}.$$

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} = \sin \omega t, \quad \frac{2}{p^2 + 9} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{p^2 + 9} = \frac{2}{3} \sin 3t.$$

Применяя теорему запаздывания, получим

$$\frac{2e^{-p}}{p^2 + 9} = \frac{2}{3} \sin 3(t-1) \cdot 1(t-1)$$

(при умножении изображения на $e^{-\tau p}$ оригинал запаздывает на τ единиц, в нашем случае $\tau = 1$).

Если изображение оригинала является правильной рациональной дробью, выраженной отношением двух многочленов $F(p) = \frac{\Phi(p)}{G(p)}$ (степень числителя меньше степени знаменателя), то эту дробь разлагают сначала на сумму простейших дробей, затем для каждой полученной дроби находят соответствующий оригинал.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p) = \frac{3p^2 - 2}{(p+1)^2(p^2 + 1)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ является правильной рациональной дробью.

Разложим эту дробь на сумму простейших дробей

$$\frac{3p^2 - 2}{(p+1)^2(p^2+1)} = \frac{A}{(p+1)^2} + \frac{B}{p+1} + \frac{Cp+D}{p^2+1}.$$

Приводя в правой части к общему знаменателю и приравнивая числители дробей слева и справа, получим тождество, из которого нужно получить систему из четырех уравнений для определения A, B, C, D .

$$3p^2 - 2 = A(p^2 + 1) + B(p + 1)(p^2 + 1) + (Cp + D)(p + 1)^2$$

$$p = -1 \begin{cases} 1 = 2A, A = \frac{1}{2} \\ p^3: & 0 = B + C \\ p: & 0 = B + 2D + C \\ p = 0 & -2 = A + B + D \end{cases} \quad \begin{array}{l} B + C = 0 \\ B + 2D + C = 0, \text{отсюда } D = 0 \\ B = -2 - \frac{1}{2} = -\frac{5}{2} \\ C = -B = \frac{5}{2} \end{array}$$

Тогда

$$F(p) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{(p+1)^2} - \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{p+1} + \frac{5}{2} \cdot \frac{p}{p^2+1}.$$

Применяя свойство линейности преобразования Лапласа и соотношения 5, 4 и 7 из таблицы, получим искомый оригинал

$$f(t) = \frac{1}{2}te^{-t} - \frac{5}{2}e^{-t} + \frac{5}{2}\text{cost}.$$

Если изображение $F(p) = \frac{\Phi(p)}{G(p)}$ является правильной рациональной дробью и p_1, p_2, \dots, p_n - полюсы $F(p)$, то для нахождения оригинала $f(t)$ применяют теорию вычетов, а именно:

$$F(p) = f(t) = \sum_{k=1}^n \text{res}[F(p)e^{pt}; p_k],$$

где $\text{res}[F(p)e^{pt}; p_k]$ - вычет функции $F(p)e^{pt}$ относительно полюса p_k .

Пример

С помощью вычетов найти оригинал для изображения

$$F(p) = \frac{3p^2 - 2}{(p+1)^2(p^2 + 1)}.$$

Решение

Для $F(p)$ $p = -1$ - полюс второго порядка, $p = \pm i$ - простые полюсы.

Тогда

$$f(t) = \text{res}[F(p)e^{pt}; -1] + \text{res}[F(p)e^{pt}; i] + \text{res}[F(p)e^{pt}; -i].$$

Найдем вычеты.

$$\begin{aligned}
\operatorname{res}[F(p)e^{pt}; -1] &= \lim_{p \rightarrow -1} \left((p+1)^2 \frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p^2+1)} \right)' = \lim_{p \rightarrow -1} \left(\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{p^2+1} \right)' = \\
&= \lim_{p \rightarrow -1} \frac{1}{(p^2+1)^2} \left((p^2+1)(6pe^{pt} + (3p^2-2)e^{pt} \cdot t) - (3p^2-2)e^{pt} \cdot 2p \right) = \\
&= \frac{1}{4} \left(2(-6e^{-t} + e^{-t} \cdot t) - e^{-t}(-2) \right) = \frac{1}{4} (-12e^{-t} + 2te^{-t} + 2e^{-t}) = \\
&= \frac{1}{4} (-10e^{-t} + 2te^{-t}) = \frac{1}{2} te^{-t} - \frac{5}{2} e^{-t}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\operatorname{res}[F(p)e^{pt}; i] &= \lim_{p \rightarrow i} (p-i) \frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)} = \lim_{p \rightarrow i} \frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p+i)} = \\
&= \frac{-5e^{it}}{(-1+2i+1)2i} = \frac{-5e^{it}}{-4} = \frac{5}{4} (\cos t + i \sin t) = \frac{5}{4} \cos t + i \frac{5}{4} \sin t.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\operatorname{res}[F(p)e^{pt}; -i] &= \lim_{p \rightarrow -i} (p+i) \frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)} = \lim_{p \rightarrow -i} \frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)} = \\
&= \frac{-5e^{-it}}{-2i(-2i)} = \frac{-5e^{-it}}{-4} = \frac{5}{4} (\cos t - i \sin t) = \frac{5}{4} \cos t - \frac{5}{4} i \sin t.
\end{aligned}$$

Складывая вычеты, получим искомый оригинал

$$f(t) = \frac{1}{2} te^{-t} - \frac{5}{2} e^{-t} + \frac{5}{2} \cos t.$$

14. Применение операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

Задача Коши

Требуется найти частное решение уравнения

$$a_0 y^{(n)}(t) + a_1 y^{(n-1)}(t) + \dots + a_{n-1} y'(t) + a_n y(t) = f(t) \quad (a_0 \neq 0),$$

удовлетворяющее условиям: $y(0) = y_0, \quad y'(0) = y_1, \dots, y^{(n-1)}(0) = y_{n-1}$.

Операционным методом (с помощью преобразования Лапласа) эта задача может быть решена в предположении, что функция $f(t)$, искомая функция $y(t)$ и ее производные до n -го порядка включительно, являются оригиналами.

Пусть $y(t) = Y(p), \quad f(t) = F(p)$, тогда по теореме о дифференцировании оригинала имеем

$$y'(t) = pY(p) - y_0; \quad y''(t) = p^2Y(p) - py_0 - y_1, \dots,$$

$$y^{(n)}(t) = p^n Y(p) - p^{n-1}y_0 - \dots - py_{n-2} - y_{n-1}.$$

Применяя линейность преобразования Лапласа, перейдем в заданном дифференциальном уравнении от оригиналов к изображениям:

$$\begin{aligned} & a_0(p^n Y(p) - p^{n-1}y_0 - \dots - py_{n-2} - y_{n-1}) + \\ & + a_1(p^{n-1}Y(p) - p^{n-2}y_0 - \dots - y_{n-2}) + \\ & + \dots + a_{n-1}(pY(p) - y_0) + a_n Y(p) = F(p). \end{aligned}$$

Полученное уравнение – это алгебраическое уравнение первой степени относительно $Y(p)$. Решая его, находим

$$Y(p) = \frac{F(p) + \Phi(p)}{\Psi(p)},$$

где

$$\Psi(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n,$$

$$\begin{aligned} \Phi(p) = & y_0(a_0 p^{n-1} + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1}) + \\ & + y_1(a_0 p^{n-2} + a_1 p^{n-3} + \dots + a_{n-2}) + \dots + \\ & + y_{n-2}(a_0 p + a_1) + a_0 y_{n-1}. \end{aligned}$$

$\Phi(p)$ - многочлен степени не выше, чем $n-1$, с коэффициентами, зависящими от начальных условий. Если все начальные значения равны нулю, то $\Phi(p) = 0$.

Далее, для найденного изображения $Y(p)$ находим оригинал $y(t)$, который и будет искомым частным решением дифференциального уравнения.

Преимущество операционного метода решения задачи Коши перед классическими методами состоит в том, что уравнение для $Y(p)$ является линейным алгебраическим и, следовательно, в математическом отношении более простым, чем исходное дифференциальное уравнение. Во-вторых, операционным методом сразу находится част-

ное решение, удовлетворяющее заданным начальным условиям, и не надо искать общее решение этого уравнения.

Пример 1

Решить уравнение $y'' - 4y = te^{-t}$ при начальных условиях $y(0) = 2$, $y'(0) = 0$.

Решение

Пусть $y(t) = Y(p)$, тогда

$$\begin{aligned}y'(t) &= pY(p) - y(0) = pY(p) - 2, \\y''(t) &= p^2Y(p) - py(0) - y'(0) = p^2Y(p) - 2p.\end{aligned}$$

Переходим в уравнении к изображениям:

$$p^2Y(p) - 2p - 4Y(p) = \frac{1}{(p+1)^2},$$

решаем это уравнение

$$(p^2 - 4)Y(p) = \frac{1}{(p+1)^2} + 2p; \quad (p^2 - 4)Y(p) = \frac{1 + 2p^3 + 4p^2 + 2p}{(p+1)^2}.$$

$$Y(p) = \frac{2p^3 + 4p^2 + 2p + 1}{(p+1)^2(p^2 - 4)} \quad \text{или} \quad Y(p) = \frac{2p^3 + 4p^2 + 2p + 1}{(p+1)^2(p-2)(p+2)}.$$

Разложим полученную для $Y(p)$ правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей.

$$\frac{2p^3 + 4p^2 + 2p + 1}{(p-2)(p+2)(p+1)^2} = \frac{A}{p-2} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{(p+1)^2} + \frac{D}{p+1},$$

$$2p^3 + 4p^2 + 2p + 1 = A(p+2)(p+1)^2 + B(p-2)(p+1)^2 + \\ + C(p-2)(p+2) + D(p+1)(p-2)(p+2).$$

$$\begin{array}{lll} p=2 & 16+16+4+1=A \cdot 36, & 37=36A, & A=\frac{37}{36} \\ p=-2 & -16+16-4+1=B \cdot (-4), & -3=-4B, & B=\frac{3}{4} \\ p=-1 & -2+4-2+1=C \cdot (-3), & 1=-3C, & C=-\frac{1}{3} \end{array}$$

$$p^3: \quad 2 = A + B + D, \quad D = 2 - A - B = 2 - \frac{37}{36} - \frac{3}{4} = \frac{72 - 37 - 27}{36} = \frac{8}{36} = \frac{2}{9}.$$

Тогда

$$Y(p) = \frac{37}{36} \cdot \frac{1}{p-2} + \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{p+2} - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{(p+1)^2} + \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{p+1},$$

а искомое частное решение дифференциального уравнения есть

$$y(t) = \frac{37}{36}e^{2t} + \frac{3}{4}e^{-2t} - \frac{1}{3}te^{-t} + \frac{2}{9}e^{-t}.$$

Пример 2

Решить уравнение $x''' + 2x' = 4e^{-t}$ при начальных условиях $x(0) = x'(0) = x''(0) = 0$.

Решение

Пусть $x(t) = X(p)$, тогда

$$x'(t) = pX(p) - x(0) = pX(p),$$

$$x'''(t) = p^3 X(p) - p^2(x(0)) - px'(0) - x''(0) = p^3 X(p),$$

$$4e^{-t} = \frac{4}{p+1}.$$

Переходим в дифференциальном уравнении к изображениям

$$p^3 X(p) + 2pX(p) = \frac{4}{p+1},$$

$$(p^3 + 2p)X(p) = \frac{4}{p+1},$$

откуда

$$X(p) = \frac{4}{(p+1)(p^3 + 2p)} \quad \text{или} \quad X(p) = \frac{4}{p(p+1)(p^2 + 2)}.$$

$$\frac{4}{p(p+1)(p^2 + 2)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+1} + \frac{Cp + D}{p^2 + 2}$$

$$4 = A(p+1)(p^2 + 2) + Bp(p^2 + 2) + (Cp + D)p(p+1)$$

$$p = 0 \quad 4 = 2A, \quad A = \frac{4}{2} = 2$$

$$p = -1 \quad 4 = B \cdot (-3), \quad B = \frac{4}{-3} = -\frac{4}{3}$$

$$p^3: \quad 0 = A + B + C, \quad C = -A - B = -2 + \frac{4}{3} = -\frac{2}{3}$$

$$p^2: \quad 0 = A + D + C, \quad D = -A - C = -2 + \frac{2}{3} = -\frac{4}{3}.$$

Тогда

$$X(p) = 2 \cdot \frac{1}{p} - \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{p+1} - \frac{2}{3} \cdot \frac{p}{p^2+2} - \frac{4}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{p^2+2}.$$

Искомое частное решение $x(t)$ есть

$$x(p) = 2 - \frac{4}{3}e^{-t} - \frac{2}{3} \cdot \cos \sqrt{2}t - \frac{4}{3\sqrt{2}} \sin \sqrt{2}t.$$

15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом

Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом решаются так же, как и одно уравнение. Отличие будет лишь в том, что вместо одного изображающего уравнения будем иметь систему таких уравнений, причем эта система в отношении изображений искомых функций будет линейной алгебраической.

Пример 1

Решить систему
$$\begin{cases} x' + 3x + y = 0 \\ y' - x + y = 0 \end{cases}$$
 при начальных условиях

$$x(0) = 1, \quad y(0) = 1.$$

Решение

Пусть

$$x(t) = X(p), \quad y(t) = Y(p),$$

тогда

$$x'(t) = pX(p) - 1; \quad y'(t) = pY(p) - 1.$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p) - 1 + 3X(p) + Y(p) = 0 \\ pY(p) - 1 - X(p) + Y(p) = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p + 3)X(p) + Y(p) = 1 \\ -X(p) + (p + 1)Y(p) = 1 \end{cases}$$

Получили линейную алгебраическую систему с неизвестными $X(p)$ и $Y(p)$.

Решение этой системы находим по формулам Крамера.

$$X(p) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix} = (p+3)(p+1) + 1 = p^2 + 3p + p + 3 + 1 = (p+2)^2,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & p+1 \end{vmatrix} = p+1-1 = p,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = p+3+1 = p+4.$$

Тогда $X(p) = \frac{p}{(p+2)^2}$; $Y(p) = \frac{p+4}{(p+2)^2}$.

Для нахождения оригиналов $x(t)$ и $y(t)$ найденные их изображения преобразуем

$$X(p) = \frac{p}{(p+2)^2} = \frac{(p+2)-2}{(p+2)^2} = \frac{1}{p+2} - \frac{2}{(p+2)^2} = e^{-2t} - 2te^{-2t};$$

$$Y(p) = \frac{p+4}{(p+2)^2} = \frac{(p+2)+2}{(p+2)^2} = \frac{1}{p+2} + \frac{2}{(p+2)^2} = e^{-2t} + 2te^{-2t}.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t) = e^{-2t}(1-2t), \\ y(t) = e^{-2t}(1+2t). \end{cases}$$

Пример 2

Решить систему $\begin{cases} x' + x - y = e^t \\ y' - x + y = \sin t \end{cases}$

при начальных условиях $x(0) = 1$, $y(0) = 0$.

Решение

Пусть

$$x(t) = X(p), \quad y(t) = Y(p),$$

тогда

$$x'(t) = pX(p) - 1; \quad y'(t) = pY(p).$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p) - 1 + X(p) - Y(p) = \frac{1}{p-1} \\ pY(p) - X(p) + Y(p) = \frac{1}{p^2+1} \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p+1)X(p) - Y(p) = \frac{1}{p-1} + 1 \\ -X(p) + (p+1)Y(p) = \frac{1}{p^2+1}, \end{cases}$$

$$X(p) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} p+1 & -1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix} = (p+1)^2 - 1 = p^2 + 2p,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \frac{p}{p-1} & -1 \\ \frac{1}{p^2+1} & p+1 \end{vmatrix} = \frac{p(p+1)}{p-1} + \frac{1}{p^2+1} =$$

$$= \frac{p^4 + p^3 + p^2 + p + p - 1}{(p-1)(p^2+1)} = \frac{p^4 + p^3 + p^2 + 2p - 1}{(p-1)(p^2+1)},$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+1 & \frac{p}{p-1} \\ -1 & \frac{1}{p^2+1} \end{vmatrix} = \frac{p+1}{p^2+1} + \frac{p}{p-1} =$$

$$= \frac{p^2-1+p^3+p}{(p-1)(p^2+1)} = \frac{p^3+p^2+p-1}{(p-1)(p^2+1)}.$$

Тогда

$$X(p) = \frac{p^4 + p^3 + p^2 + 2p - 1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}, \quad Y(p) = \frac{p^3 + p^2 + p - 1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}.$$

Каждую из правильных рациональных дробей представим в виде суммы простейших дробей

$$\frac{p^4 + p^3 + p^2 + 2p - 1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{p-1} + \frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^4 + p^3 + p^2 + 2p - 1 = A(p+2)(p-1)(p^2+1) + Bp(p-1)(p^2+1) +$$

$$+ Cp(p+2)(p^2+1) + (Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$$p=0 \quad -1 = -2A, \quad A = \frac{1}{2}$$

$$p=1 \quad 4 = 6C, \quad C = \frac{2}{3}$$

$$p = -2 \quad 16 - 8 + 4 - 4 - 1 = 30B, \quad 7 = 30B, \quad B = \frac{7}{30}$$

$$p^4: \quad 1 = A + B + C + D, \quad D = 1 - A - B - C = 1 - \frac{1}{2} - \frac{7}{30} - \frac{2}{3} = -\frac{2}{5}$$

$$p = -1 \quad -2 = -4A + 4B - 2C - 2D + 2E.$$

$$E = -1 + 2A - 2B + C + D = -1 + 1 - \frac{7}{15} + \frac{2}{3} - \frac{2}{5} = -\frac{1}{5}$$

$$X(p) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{p} + \frac{7}{30} \cdot \frac{1}{p+2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{p-1} - \frac{2}{5} \cdot \frac{p}{p^2+1} - \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{p^2+1}.$$

По изображению $X(p)$ находим оригинал $x(t)$:

$$x(t) = \frac{1}{2} + \frac{7}{30}e^{-2t} + \frac{2}{3}e^t - \frac{2}{5}\cos t - \frac{1}{5}\sin t,$$

$$x(0) = \frac{1}{2} + \frac{7}{30} + \frac{2}{3} - \frac{2}{5} = \frac{15 + 7 + 20 - 12}{30} = \frac{30}{30} = 1.$$

$$\frac{p^3 + p^2 + p - 1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{p-1} + \frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^3 + p^2 + p - 1 = A(p+2)(p-1)(p^2+1) + Bp(p-1)(p^2+1) +$$

$$+ Cp(p+2)(p^2+1) + (Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$$p = 0 \quad -1 = -2A, \quad A = \frac{1}{2}$$

$$p = 1 \quad 2 = 6C, \quad C = \frac{1}{3}$$

$$p = -2 \quad -7 = 30B, \quad B = -\frac{7}{30}$$

$$p^4: \quad 0 = A + B + C + D, \quad D = -A - B - C = -\frac{1}{2} + \frac{7}{30} - \frac{1}{3} = -\frac{3}{5}$$

$$p = -1 \quad -2 = -4A + 4B - 2C - 2D + 2E$$

$$E = -1 + 2A - 2B + C + D = -1 + 1 + \frac{7}{15} + \frac{1}{3} - \frac{3}{5} = +\frac{1}{5}$$

$$Y(p) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{p} - \frac{7}{30} \cdot \frac{1}{p+2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{p-1} - \frac{3}{5} \cdot \frac{p}{p^2+1} + \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{p^2+1}$$

Искомый оригинал $y(t)$ равен

$$y(t) = \frac{1}{2} - \frac{7}{30}e^{-2t} + \frac{1}{3}e^t - \frac{3}{5}\cos t + \frac{1}{5}\sin t,$$

$$y(0) = \frac{1}{2} - \frac{7}{30} + \frac{1}{3} - \frac{3}{5} = \frac{15 - 7 + 10 - 18}{30} = \frac{0}{30} = 0.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1}{2} + \frac{7}{30}e^{-2t} + \frac{2}{3}e^t - \frac{2}{5}\cos t - \frac{1}{5}\sin t \\ y(t) = \frac{1}{2} - \frac{7}{30}e^{-2t} + \frac{1}{3}e^t - \frac{3}{5}\cos t + \frac{1}{5}\sin t. \end{cases}$$

УПРАЖНЕНИЯ

1. Найти изображения для заданных оригиналов

$$1) f(t) = 2 \cos 5t - e^{-t} \sin 4t;$$

$$2) f(t) = \sin 2(t-1) \cdot 1(t-1);$$

$$3) f(t) = 3t \cos 4t;$$

$$4) f(t) = (t-2)^3 e^{t-2} \cdot 1(t-2).$$

2. С помощью таблицы оригиналов и соответствующих им изображений и свойств преобразования Лапласа найти оригиналы по заданным изображениям:

$$1) F(p) = \frac{3p}{p^2 - 25} + \frac{2}{(p-2)^2 + 9};$$

$$2) F(p) = \frac{4p}{p^2 - 2p + 5};$$

$$3) F(p) = \frac{p+8}{p^2 + 4p + 7} e^{-p};$$

$$4) F(p) = \frac{7}{(p+3)^3} - \frac{p e^{-2p}}{p^2 - 16}.$$

3. Найти частные решения дифференциальных уравнений, удовлетворяющие заданным начальным условиям:

$$1) y'' - 4y' + 5y = e^t, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 1;$$

$$2) y'' - 3y' + 2y = e^t, \quad y(0) = 2, \quad y'(0) = 6;$$

$$3) y'' + y' = \sin 2t, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 0;$$

$$4) y'' + 4y' = 3 \cos t, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 1.$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович И. Г., Луиц Г. Л., Эльсгольц Л. Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1970. – 380 с.

Ершова В. В. Импульсные функции. Функции комплексной переменной. Операционное исчисление. – М.: Наука, 1976. – 255 с.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный
университет»

Г. М. ПЛОТНИКОВА

**ЭЛЕМЕНТЫ
ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ | 5 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ | 25 |
| ОТВЕТЫ | 71 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 83 |

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного обучения.

Пособие содержит 30 вариантов заданий по теме «Теория вероятностей». В начале пособия даны методические указания с подробными решениями аналогичных задач. В конце пособия указаны ответы.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и её приложений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

Задача 1

При массовом производстве полупроводниковых диодов вероятность брака при формовке 0,2. Какова вероятность того, что из 400 наугад взятых диодов ровно 84 будут бракованными?

Решение

Так как $n = 400$ представляет собой достаточно большое число и $p = 0,2$, то можно считать, согласно локальной теореме Лапласа, что случайная величина $X = k$ распределена по нормальному закону. Тогда вероятность того, что в n независимых испытаниях событие наступит ровно k раз, приближённо равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}} \varphi(x),$$

где

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}, \quad x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}}.$$

По условиям задачи $k = 84$; $q = 0,8$, $p = 0,2$, $n = 400$, тогда

$$\begin{aligned} P(X = 84) &\approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0,2 \cdot 0,8}} \varphi\left(\frac{84 - 400 \cdot 0,2}{\sqrt{400 \cdot 0,2 \cdot 0,8}}\right) = \\ &= \frac{1}{8} \varphi(0,5) = \frac{1}{8} 0,3521 \approx 0,044. \end{aligned}$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений x приводится в приложениях к учебникам (см., например [4], прил. 1. В. Е. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике). Для отрицательных значений x пользуются той же таблицей, так как функция $\varphi(x)$ – чётная.

Задача 2

Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах соответственно равны:

$$p_1 = 0,4; \quad p_2 = 0,5; \quad p_3 = 0,7.$$

Найти вероятности того, что в результате этих трёх выстрелов по мишени будет:

- а) ровно одно попадание;
- б) хотя бы одно попадание;
- в) ровно два попадания.

Решение

а) Пусть событие A – одно попадание в мишень. Обозначим $A_1 - A_3$ – события, означающие попадания в мишень соответственно при первом, втором и третьем выстрелах. Событие A выражается так

$$A = A_1\bar{A}_2\bar{A}_3 + \bar{A}_1A_2\bar{A}_3 + \bar{A}_1\bar{A}_2A_3,$$

где $\bar{A}_1 - \bar{A}_3$ – события, противоположные соответственно событиям $A_1 - A_3$.

Применяя теорему сложения вероятностей для несовместных событий и теорему умножения для независимых событий, получим

$$\begin{aligned} P(A) &= P(A_1\bar{A}_2\bar{A}_3) + P(\bar{A}_1A_2\bar{A}_3) + P(\bar{A}_1\bar{A}_2A_3) = \\ &= P(A_1) \cdot P(\bar{A}_2) \cdot P(\bar{A}_3) + P(\bar{A}_1) \cdot P(A_2) \cdot P(\bar{A}_3) + P(\bar{A}_1) \cdot P(\bar{A}_2) \cdot P(A_3) = \\ &= 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,3 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,3 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,36. \end{aligned}$$

б) Пусть событие B – хотя бы одно попадание в мишень, тогда

$$B = A_1 A_2 A_3 + A_1 A_2 \bar{A}_3 + A_1 \bar{A}_2 A_3 + A_1 \bar{A}_2 \bar{A}_3 + \bar{A}_1 A_2 \bar{A}_3 + \bar{A}_1 \bar{A}_2 A_3.$$

Но легче подсчитать вероятность противоположного события \bar{B} – ни одного попадания при трёх выстрелах:

$$\bar{B} = \bar{A}_1 \bar{A}_2 \bar{A}_3.$$

Тогда $P(B) = 1 - P(\bar{B}) = 1 - 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 1 - 0,09 = 0,91$.

в) Пусть событие C равно двум попаданиям, тогда

$$C = A_1 A_2 \bar{A}_3 + A_1 \bar{A}_2 A_3 + \bar{A}_1 A_2 A_3,$$

$$P(C) = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,7 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,41.$$

Задача 3

По каналу связи передаётся один из двух возможных сигналов x_1 или x_2 . Сигнал x_2 передаётся в среднем в два раза чаще, чем сигнал x_1 . Из-за наличия помех возможны искажения: вместо сигнала x_1 на приёме может быть получен сигнал x_2 и наоборот. Свойства канала связи таковы, что сигнал x_1 подвергается искажениям в 10 %, а сигнал x_2 – в 20 % случаев. Предположим, что получен сигнал x_1 . Какова вероятность, что передан этот же сигнал?

Решение

Введём обозначения:

событие A – передан сигнал x_1 ;

событие B – получен сигнал x_1 .

Тогда событие \bar{A} – передан сигнал x_2 . Событие B может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) A и \bar{A} .

По условиям задачи:

$$P(A) = \frac{1}{3}; \quad P(\bar{A}) = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1 , при условии, если передали этот же сигнал:

$$P(B/A) = 0,9.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1 , если передали сигнал x_2 :

$$P(B/\bar{A}) = 0,2.$$

Искомую вероятность $P(A/B)$ находим по формуле Байеса

$$P(A/B) = \frac{P(A) \cdot P(B/A)}{P(A) \cdot P(B/A) + P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A})} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 0,9}{\frac{1}{3} \cdot 0,9 + \frac{2}{3} \cdot 0,2} \approx 0,692.$$

Задача 4

" n " стрелков независимо друг от друга стреляют по одной и той же цели. Вероятность попадания для каждого стрелка равна $p = 0,004$. Определить количество стрелков, которое потребуется для поражения цели с вероятностью не меньшей, чем $P = 0,98$.

Решение

Пусть событие A – поражение цели стрелками, тогда \bar{A} – промахи всех стрелков. Так как выстрелы производятся независимо друг от друга, то по теореме умножения вероятностей

$$P(\bar{A}) = (1 - p)^n,$$

а вероятность наступления события A

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}) = 1 - (1 - p)^n.$$

По условию задачи необходимо, чтобы

$$1 - (1 - p)^n \geq P$$

или

$$1 - P \geq (1 - p)^n.$$

Отсюда

$$\lg(1 - P) \geq n \cdot \lg(1 - p)$$

и, с учетом того, что $\lg(1 - p) < 0$:

$$n \geq \frac{\lg(1 - P)}{\lg(1 - p)}.$$

При $p = 0,004$ и $P = 0,98$ получим

$$n \geq \frac{\lg 0,02}{\lg 0,996} \approx 976.$$

Ответ

Для поражения цели требуется не менее 976 стрелков.

Задача 5

Из партии, состоящей из 50 изделий, среди которых имеется 5 бракованных, выбраны случайным образом четыре изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа X бракованных изделий, содержащихся в выборке, и найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины X . Найти функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Решение

Возможными значениями случайной величины X будут

$x_1 = 0$ (в выборке нет бракованных изделий);

$x_2 = 1$ (в выборке одно бракованное изделие);

$x_3 = 2$; $x_4 = 3$; $x_5 = 4$ (все четыре выбранных изделия бракованные).

Найдем вероятность того, что случайная величина X примет эти значения.

а) $x_1 = 0$.

Согласно классическому определению вероятности, вероятностью события A называется отношение числа благоприятных случаев m к общему числу случаев n :

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Общее число состоит из возможных комбинаций, которые можно образовать из 50 изделий по четыре, т. е.

$$n = C_{50}^4,$$

где число сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Из этого числа случаев благоприятными являются только те выборки, которые не содержат бракованных изделий. Так как имеется 45 небракованных изделий, то число благоприятных случаев – это число способов, которыми можно выбрать 4 изделия из 45, т. е.

$$m = C_{45}^4,$$

тогда для $x_1 = 0$

$$p_1 = \frac{C_{45}^4}{C_{50}^4} = \frac{45!}{4! \cdot 41!} = \frac{42 \cdot 43 \cdot 44 \cdot 45}{47 \cdot 48 \cdot 49 \cdot 50} = 0,64696.$$

б) $x_2 = 1$.

Общее число случаев $n = C_{50}^4$.

Благоприятными случаями являются те выборки, которые содержат одно бракованное изделие и три небракованных.

Число способов, которыми можно выбрать одного бракованное изделие из пяти, равно числу сочетаний из 5 по 1, т. е. C_5^1 .

Кроме того, число способов, которыми можно выбрать остальные три небракованных изделия из 45, равно C_{45}^3 . А так как каждое выбранное бракованное изделие может оказаться в одной выборке с каждой из троек небракованных

изделий, то число всех выборок по 4 изделия, в которых одно бракованное, а три небракованных, равно: $C_5^1 \cdot C_{45}^3$, тогда

$$p_2 = \frac{C_5^1 \cdot C_{45}^3}{C_{50}^4} = 0,30807.$$

в) Вероятность того, что случайная величина X примет значение, равное 2, равна ($x_3 = 2$)

$$p_3 = \frac{C_5^2 \cdot C_{45}^2}{C_{50}^4} = 0,043.$$

г) $x_4 = 3$.

$$p_4 = \frac{C_5^3 \cdot C_{45}^1}{C_{50}^4} = 0,00195.$$

д) $x_5 = 4$.

$$p_5 = \frac{C_5^4 \cdot C_{45}^0}{C_{50}^4} = 0,00002.$$

Получим следующий ряд распределения:

| | | | | | |
|-----|---------|---------|-------|---------|---------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,64696 | 0,30807 | 0,043 | 0,00195 | 0,00002 |

Определяем математическое ожидание (округлим до 0,001).

$$M(X) = \sum_{i=1}^5 x_i p_i = 0 \cdot 0,647 + 1 \cdot 0,308 + 2 \cdot 0,043 + 3 \cdot 0,002 + 4 \cdot 0 = 0,398 \approx 0,4.$$

Дисперсию вычислим по формуле

$$D(X) = \sum_{i=1}^5 x_i^2 p_i - (M(X))^2.$$

Для нахождения дисперсии составим ряд распределения для величины x^2 (вероятности округлены до 0,001)

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| X^2 | 0 | 1 | 4 | 9 | 16 |
| P | 0,647 | 0,308 | 0,043 | 0,002 | 0 |

тогда

$$D(X) = 0 \cdot 0,647 + 1 \cdot 0,308 + 4 \cdot 0,043 + 9 \cdot 0,002 + 16 \cdot 0 - (0,4)^2 \approx 0,338 \approx 0,34.$$

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(x)$ рассчитывается по формуле

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0,34} \approx 0,58.$$

Найдём функцию распределения $F(x)$. Согласно определению, функцией распределения случайной величины X называется вероятность того, что она примет значение меньше, чем заданное x :

$$F(x) = P\{X < x\}.$$

1. Пусть $x \leq 0$; так как число изделий отрицательным быть не может, то для любого $x \leq 0$ (включая 0) $F(x) = 0$.
2. Пусть $0 < x \leq 1$ (например, $x = 1/2$):

$$F(x) = P\{X = 0\} = 0,64696.$$

3. Пусть $1 < x \leq 2$ (например, 1,75):

$$F(x) = P\{X < 2\} = P\{X = 0\} + P\{X = 1\} = 0,64696 + 0,30807 = 0,95503.$$

Очевидно, что и $F(2) = 0,95503$.

4. Пусть $2 < x \leq 3$, тогда

$$\begin{aligned} F(x) &= P\{X < 3\} = P\{x = 0\} + P\{x = 1\} + P\{x = 2\} \\ &= 0,95503 + 0,043 = 0,99803. \end{aligned}$$

5. Пусть $3 < x \leq 4$: $F(x) = P\{X < 4\} = 0,99803 + 0,00195 = 0,999$.

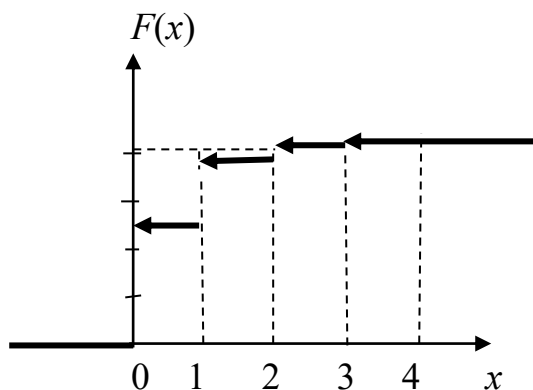
Тогда и $F(4) = 0,99998$.

6. Пусть $x > 4$: $F(x) = 0,99998 + 0,00002 = 1$.

Итого:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ 0,64696, & 0 < x \leq 1, \\ 0,95503, & 1 < x \leq 2, \\ 0,99803, & 2 < x \leq 3, \\ 0,99998, & 3 < x \leq 4, \\ 1, & x > 4 \end{cases}$$

Изобразим графические функции $F(x)$:



Задача 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2 , причем $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1 , математическое ожидание $M(X)$ и $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если $p_1 = 0,3$; $M(X) = 3,4$; $D(X) = 0,84$.

Решение

Сумма вероятностей всех возможных значений дискретной случайной величины равна единице, поэтому вероятность того, что X примет x_2 , равна $1 - 0,3 = 0,7$.

Напишем закон распределения X :

| | | |
|-----|-------|-------|
| X | x_1 | x_2 |
| P | 0,3 | 0,7 |

Для отыскания x_1 и x_2 надо составить два уравнения, связывающие эти числа. С этой целью выразим известные математическое ожидание и дисперсию через x_1 и x_2

Найдем $M(X)$

$$M(X) = 0,3x_1 + 0,7x_2.$$

По условию: $M(X) = 3,4$, следовательно,

$$0,3x_1 + 0,7x_2 = 3,4 \quad (1)$$

Напишем закон распределения X^2

| | | |
|-------|---------|---------|
| X^2 | x_1^2 | x_2^2 |
| P | 0,3 | 0,7 |

Найдём $M(X^2)$

$$M(X^2) = 0,3x_1^2 + 0,7x_2^2.$$

Формула для нахождения дисперсии имеет вид

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

Подставляя, $D(X) = 0,84$, получим

$$0,3x_1^2 + 0,7x_2^2 - (3,4)^2 = 0,84$$

или

$$0,3x_1^2 + 0,7x_2^2 = 12,4. \quad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим систему уравнений

$$\begin{cases} 0,3x_1 + 0,7x_2 = 3,4 \\ 0,3x_1^2 + 0,7x_2^2 = 12,4 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 = 34 \\ 3x_1^2 + 7x_2^2 = 124. \end{cases}$$

Из первого уравнения находим

$$x_1 = \frac{34 - 7x_2}{3}.$$

Подставляя это значение x_1 во второе уравнение, получим после упрощения

$$5x_2^2 - 34x_2 + 56 = 0.$$

Корнями этого квадратного уравнения будут числа $x_2' = 2,8$ и $x_2'' = 4$.

Для $x_2' = 2,8$ находим

$$x_1' = \frac{34 - 7 \cdot 2,8}{3} = 4,8.$$

Для $x_2'' = 4$ находим

$$x_1'' = \frac{34 - 7 \cdot 4}{3} = 2.$$

Но по условию задачи $x_1 < x_2$, поэтому остаётся принять, что $x_1 = 2$ и $x_2 = 4$.

Таким образом, закон распределения случайной величины X имеет вид

| | | |
|-----|-----|-----|
| X | 2 | 4 |
| P | 0,3 | 0,7 |

Задача 7

Случайная величина X задана интегральной функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$. Построить график функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $\left(\frac{\pi}{16}; \frac{\pi}{12}\right)$, если

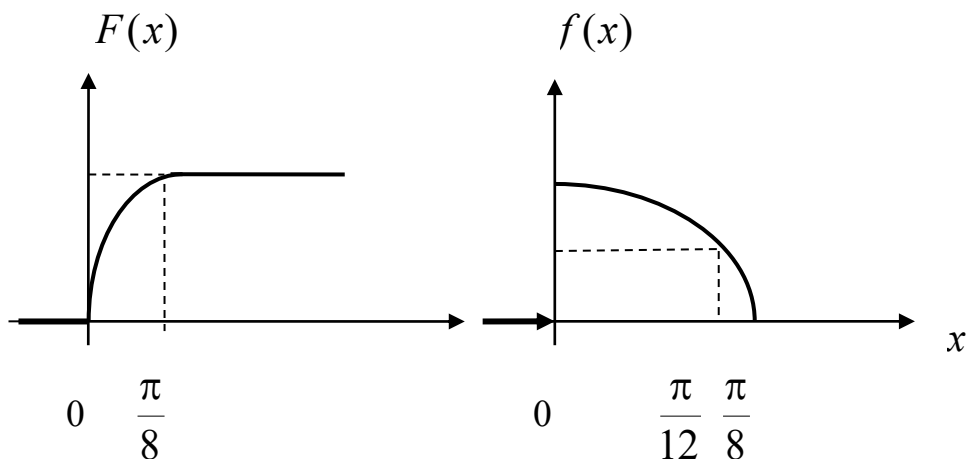
$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin 4x, & \text{при } 0 \leq x \leq \frac{\pi}{8} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{8} \end{cases}$$

Решение

Для нахождения плотности вероятности $f(x)$ воспользуемся формулой $f(x) = F'(x)$. Тогда

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 4 \cos 4x, & \text{при } 0 < x \leq \frac{\pi}{8} \\ 0, & \text{при } x > \frac{\pi}{8}. \end{cases}$$

Графики $F(x)$ и $f(x)$ таковы:



Для нахождения математического ожидания используем формулу

$$M(X) = \int_a^b x \cdot f(x) dx,$$

где a и b – границы интервала, которому принадлежат все возможные значения X .

Подставив $a = 0$; $b = \frac{\pi}{8}$; $f(x) = 4 \cos 4x$, получим

$$M(X) = \int_0^{\pi/8} x \cdot 4 \cos 4x dx = 4 \int_0^{\pi/8} x \cdot \cos 4x dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} u = x; \quad dv = \cos 4x dx \\ du = dx; \quad v = \frac{1}{4} \sin 4x \end{array} \right| =$$

$$= 4x \frac{1}{4} \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - 4 \int_0^{\pi/8} \frac{1}{4} \sin 4x dx =$$

$$= x \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - 4 \int_0^{\pi/8} \sin 4x dx =$$

$$= \frac{\pi}{8} \cdot \sin \frac{4\pi}{8} + \frac{1}{4} \cos 4x \Big|_0^{\pi/8} = \frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}.$$

Для нахождения дисперсии воспользуемся формулой

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x) dx - M^2(X),$$

тогда

$$\begin{aligned} D(X) &= 4 \int_a^b x^2 \cos 4x dx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \\ &= \left| \begin{array}{l} u = x^2, \quad \cos 4x dx = dv \\ du = 2x dx, \quad v = \frac{1}{4} \sin 4x \end{array} \right| = \\ &= 4 \frac{1}{4} \sin 4x \cdot x^2 \Big|_0^{\pi/8} - 4 \frac{1}{4} \int_0^{\pi/8} 2x \sin 4x - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \\ &= x^2 \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - 2 \int_0^{\pi/8} x \sin 4x dx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \\ &= \left| \begin{array}{l} x = u, \quad \sin 4x dx = dv \\ dx = du, \quad v = -\frac{1}{4} \cos x \end{array} \right| = \\ &= \frac{\pi^2}{64} - 2 \left(-\frac{1}{4} x \cos 4x \Big|_0^{\pi/8} + \frac{1}{4} \int_0^{\pi/8} \cos 4x dx \right) - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \\ &= \frac{\pi^2}{64} - 2 \frac{1}{16} \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \\ &= \frac{\pi^2}{64} - \frac{1}{8} - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4} \right)^2 = \frac{\pi - 3}{16}. \end{aligned}$$

Вероятность того, что заданная величина X примет значения, заключённые в интервале $\left(\frac{\pi}{16}; \frac{\pi}{12}\right)$, находится по формуле

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a),$$

тогда

$$\begin{aligned} P\left(\frac{\pi}{16} < X < \frac{\pi}{12}\right) &= \sin 4x \Big|_{\pi/16}^{\pi/12} = \sin \frac{\pi}{3} - \sin \frac{\pi}{4} = \\ &= \frac{\sqrt{3} - \sqrt{2}}{2} \approx 0,159. \end{aligned}$$

Задача 8

Найти вероятность того, что в четырёх независимых испытаниях событие A повторится:

- а) ровно два раза;
- б) не менее двух раз;
- в) не более двух раз;
- г) хотя бы один раз,

если в каждом испытании вероятность появления события A равна 0,4.

Решение

Для решения задачи воспользуемся формулой Бернулли: вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события p ($0 < p < 1$), событие наступит ровно k раз (безразлично, в какой последовательности), равна

$$P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $q = 1 - p$; тогда вероятность того, что в четырёх испытаниях событие A наступит:

- а) ровно два раза, равна

$$P_4(2) = C_4^2 \cdot 0,4^2 \cdot 0,6^2 = \frac{4!}{2! \cdot 2!} 0,16 \cdot 0,36 = 0,3456;$$

б) не менее двух раз:

$$P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 0,3456 + 0,1536 + 0,0256 = 0,5248;$$

в) не более двух раз:

$$\begin{aligned} P_4(0) + P_4(1) + P_4(2) &= 1 - P_4(3) - P_4(4) = \\ &= 1 - 0,1536 - 0,0256 = 0,8208; \end{aligned}$$

г) хотя бы один раз:

$$\begin{aligned} P_4(1) + P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) &= 1 - P_4(0) = \\ &= 1 - C_4^0 \cdot 0,4^0 \cdot 0,6^4 = 1 - 0,1296 = 0,8704. \end{aligned}$$

Задача 9

Известны математическое ожидание $a = 7$ и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X . Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал $(4, 13)$.

Решение

Вероятность того, что нормально распределённая величина X примет значение, принадлежащее интервалу (α, β) , равна:

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Подставив $\alpha = 4$, $\beta = 13$, $a = 7$ и $\sigma = 3$, получим

$$P(4 < X < 13) = \Phi\left(\frac{13 - 7}{3}\right) - \Phi\left(\frac{4 - 7}{3}\right) = \Phi(2) - \Phi(-1) = \Phi(2) + \Phi(1).$$

По таблице значений функций Лапласа (смотреть, например [4]. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, прил. 2) находим:

$$\Phi(2) = 0,4772; \quad \Phi(1) = 0,3413,$$

тогда

$$P(4 < X < 13) = 0,4772 + 0,3413 = 0,8185.$$

Задача 10

В лифт семиэтажного дома на первом этаже вошли три человека. Каждый из них с одинаковой вероятностью выходит на любом из этажей, начиная со второго. Найти вероятности следующих событий:

A – все пассажиры выйдут на четвёртом этаже;

B – все пассажиры выйдут одновременно (на одном и том же этаже);

C – все пассажиры выйдут на разных этажах.

Решение

Общее число случаев $n = 6^3 = 216$, $P(A) = \frac{1}{216}$. Вероятность события B вшестеро больше вероятности события A (так как этажей, на которых можно выйти, 6); $m = 6$ и $P(B) = \frac{6}{216} = \frac{1}{36}$. Для события C число способов, которыми можно распределить трёх пассажиров по шести этажам: $m = C_6^3 = 20$;

$$P(C) = \frac{20}{216} = \frac{5}{54}.$$

Задача 11

Двое поочередно бросают монету. Выигрывает тот, у которого раньше появится герб. Определить вероятность выигрыша для каждого из игроков.

Решение

Вероятность выигрыша для игроков обозначим p_1 и p_2 .

$$p_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} + \dots = \frac{2}{3}.$$

Имеем сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии, где $b_1 = \frac{1}{2}$, $q = \frac{1}{4}$, $S = \frac{b_1}{1-q} = \frac{2}{3}$.

$$p_2 = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^6} + \dots = \frac{1}{3},$$

где $b_1 = \frac{1}{4}$, $q = \frac{1}{4}$.

Другое решение:

$$p_1 + p_2 = 1, \quad p_2 = \frac{1}{2} p_1, \quad \text{т. е.} \quad p_1 = \frac{2}{3}, \quad p_2 = \frac{1}{3}.$$

Задача 12

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $f(x) = \gamma e^{-x^2+2x+3}$. Найти γ , математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X , вероятность выполнения неравенства $-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}$.

Решение

Используем формулы для нормального распределения. Плотность нормального распределения: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$. Преобразуем заданную функцию:

$$f(x) = \gamma e^{-((x^2-2x+1)-1-3)} = \gamma e^{-(x-1)^2+4} = \gamma e^4 e^{-(x-1)^2}.$$

Отсюда имеем:

$$2\sigma^2 = 1, \quad D(X) = \sigma^2 = \frac{1}{2}, \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$\gamma e^4 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\pi}}; \quad \gamma = \frac{1}{e^4\sqrt{\pi}};$$

$$F(x) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(\sqrt{2}(x-1));$$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right);$$

$$P\left(-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}\right) = \Phi\left(\frac{\frac{4}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) - \Phi\left(\frac{-\frac{1}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right) = \Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right) + \Phi\left(\frac{4\sqrt{2}}{3}\right) =$$

$$= \Phi(0,4714) + \Phi(1,8856) = 0,1808 + 0,4706 = 0,6514.$$

Задача 13

Дана плотность распределения случайной величины X :

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x \in [a, b], \\ 0, & x \notin [a, b]. \end{cases}$$

Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y , которая представляет собой площадь квадрата со стороной x , если $a = 4$, $b = 6$.

Решение

$$Y = \varphi(x) = x^2, \quad M(Y) = \int_a^b \varphi(x) f(x) dx,$$

$$M(Y) = \int_4^6 x^2 \frac{(x-4)}{2} dx = \frac{86}{3};$$

$$D(Y) = \int_a^b \varphi^2(x) f(x) dx - M^2(Y);$$

$$D(Y) = \int_4^6 x^4 \frac{(x-4)}{2} dx - \left(\frac{86}{3}\right)^2 = \frac{1084}{45} \approx 24,1.$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант № 1

1. Два брата входят в состав двух различных спортивных команд, состоящих из 12 человек каждая. В двух урнах имеется по 12 билетов с номерами от 1 до 12. Члены каждой команды вынимают наудачу по одному билету из определенной урны (без возвращения). Найти вероятность того, что оба брата вытащат номер 6.

2. Радиолампа может принадлежать к одной из трёх партий с вероятностями 0,25; 0,5; 0,25. Вероятности того, что лампа проработает заданное число часов, равны для этих партий, соответственно, 0,1; 0,2; 0,5. Определить вероятность того, что радиолампа проработает заданное число часов.

3. Чему равна вероятность того, что при бросании трёх игральных костей 6 очков появится хотя бы один раз?

4. Вероятность выхода из строя за время T одного конденсатора равна 0,2. Определить вероятность того, что за время T из 100 конденсаторов выйдут из строя:

- а) не менее 20 конденсаторов;
- б) менее 28 конденсаторов;
- в) от 14 до 26 конденсаторов.

5. Опыт состоит из трёх бросаний монеты, из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0,5$. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 2

1. Студент знает 45 из 60 вопросов программы. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) все три вопроса; б) только два; в) только один вопрос.

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

3. При передаче сообщения сигналами «точка» и «тире» эти сигналы встречаются в соотношении $5/3$. Статистические свойства помех таковы, что искажаются в среднем $2/5$ сообщений «точка» и $1/3$ сообщений «тире». Найти вероятность того, что произвольный из принятых сигналов не искажён.

4. Вероятность поражения мишени стрелком при одном выстреле равна 0,75. Найти вероятность того, что при 10 выстрелах, стрелок поразит мишень 8 раз. Результат, полученный применением локальной теоремы Лапласа, сравнить с результатом, полученным по формуле Бернулли.

5. Опыт состоит из четырех независимых бросаний монеты, в каждом из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0,5$. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 3

1. В каждой из двух урн находится 5 белых и 10 черных шаров. Из первой урны переложили во вторую наудачу один шар, а затем из второй вынули наугад один шар. Найти вероятность того, что вынутый шар окажется чёрным.

2. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,8. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

3. В лотерее 1000 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 500 рублей, на 10 билетов – по 100 рублей, на 50 билетов – по 20 рублей, на 100 билетов – по 5 рублей, остальные билеты невыигрышные. Некто покупает 1 билет. Найти вероятность выигрыша не менее 20 рублей.

4. Для определения содержания полезных компонентов на металлургическом комбинате проводится опробование вагонов с товарной рудой. Найти вероятность того, что из 400 вагонов опробование пройдут ровно 80 вагонов, если из 5 вагонов опробуется только один.

5. Производится 4 выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна 0,3. Для случайного числа попаданий построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения, г) найти математическое ожидание.

Вариант № 4

1. Три стрелка в одинаковых и независимых условиях производят по одному выстрелу по одной и той же цели. Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,9, вторым – 0,8, третьим – 0,7. Найти вероятность того, что:
а) только один из стрелков попадает в цель; б) только два стрелка попадут в цель; в) все три стрелка попадут в цель.

2. Наборщик пользуется двумя кассами. В первой кассе – 90 %, а во второй – 80 % отличного шрифта. Найти вероятность того, что любая извлечённая ли-тера из наудачу взятой кассы будет отличного качества.

3. Студент знает 70 из 90 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором 3 вопроса.

4. Имеются 100 станков одинаковой мощности, работающих независимо друг от друга в одинаковом режиме, при котором их привод оказывается включённым в течение $p = 0,8$ всего рабочего времени. Какова вероятность того, что в произвольно взятый момент времени окажутся включёнными от 70 до 80 станков?

5. Производится взрывание пяти скважин. Вероятность высокой эффективности объёма взорванной массы одной скважины равна 0,7. Построить ряд распределения эффективности объёма взорванной массы и найти её математическое ожидание.

Вариант № 5

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 1600 испытаниях событие наступит 1200 раз.

2. Автомат штампует детали. Вероятность того, что за один час не будет выпущено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Найти вероятность того, что будут стандартными все детали, выпущенные за 3 часа.

3. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых автомашин как $3/2$. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1, для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что эта машина грузовая.

4. Из цифр 1 – 5 выбирается наудачу одна, затем из оставшихся также наудачу выбирается вторая. Найти вероятности следующих событий:

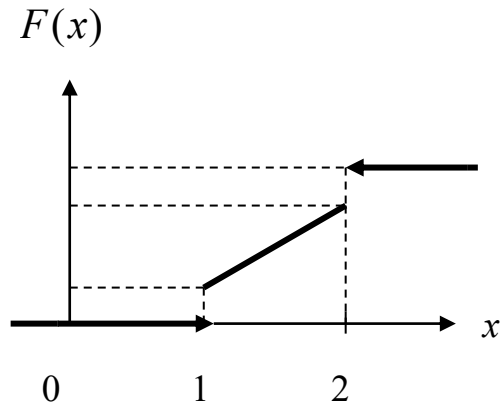
событие A – первая цифра чётная;

событие B – вторая цифра чётная;

событие C – обе цифры чётные;

событие D – хотя бы одна цифра чётная.

5. Случайная величина X имеет функцию распределения, заданную графически.



Значения $x = 1$ и $x = 2$ имеют отличные от нуля вероятности:

$$P\{x = 1\} = 0,25,$$

$$P\{x = 2\} = 0,75,$$

при $x < 1$ $F(x) = 0$, при $x > 2$ $F(x) = 1$.

На участке $1 \leq x \leq 2$ $F(x)$ изменяется по линейному закону. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 6

1. Для сигнализации об аварии установили три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии сработает первое устройство, равна 0,9; второе – 0,95 и третье – 0,85. Найти вероятность того, что при аварии сработает: а) только одно устройство; б) только два устройства; в) все три устройства.

2. Рабочий обслуживает три станка, на которых обрабатываются однотипные детали. Вероятность брака для первого станка равна 0,02; для второго – 0,03; для третьего – 0,04. Обработанные детали складываются в один ящик. Производительность первого станка в три раза больше, чем второго, а третьего – в два раза меньше, чем второго. Определить вероятность того, что взятая наудачу деталь будет бракованной.

3. Какова вероятность того, что квадрат выбранного наудачу целого числа будет оканчиваться цифрой 1.

4. В ОТК поступила партия изделий. Вероятность того, что наудачу взятое изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из 100 проверенных изделий окажется стандартных не менее 84.

5. Производятся последовательные испытания приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9.

Вариант № 7

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,07. Найти вероятность того, что в 1400 испытаниях событие наступит ровно 28 раз.

2. Два автомата производят детали, которые поступают на общий конвейер. Вероятность получения нестандартной детали на первом автомате равна 0,06, а на втором – 0,09. Производительность второго автомата вдвое больше, чем первого. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь нестандартна.

3. Из колоды в 52 карты вынимается наудачу три карты. Найти вероятность того, что это тройка, семёрка и туз.

4. Монета подбрасывается 5 раз. Найти вероятность следующих событий:

событие A – все пять раз появится герб;

событие B – хотя бы один раз появится герб;

событие B – герб появится ровно два раза.

5. В денежной лотерее выпущено 100 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 50 руб.; четыре выигрыша по 25 руб.; десять – по 10 руб.; остальные невыигрышные. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша) и найти математическое ожидание.

Вариант № 8

1. В партии из 100 деталей имеются 10 дефектных. Найти вероятность того, что среди 5 изделий, наудачу взятых из этой партии, только 2 окажутся дефектными.
2. В двух ящиках содержится по 20 деталей, причём из них в первом ящике 17, а во втором – 15 нестандартных деталей. Из второго ящика наудачу извлечена одна деталь и переложена в первый ящик. Найти вероятность того, что наудачу извлеченная деталь из первого ящика будет стандартной.
3. Данное предприятие в среднем даёт 21 % продукции высшего сорта и 70 % продукции первого сорта. Найти вероятность того, что случайно взятое изделие окажется первого или высшего сорта.
4. Вероятность того, что в результате четырёх независимых опытов событие A произойдёт хотя бы один раз, равна 0,5. Определить вероятность появления события A при одном опыте, если она во всех опытах остаётся неизменной.
5. Игральная кость брошена 2 раза. Написать ряд распределения числа появлений «тройки» и найти математическое ожидание.

Вариант № 9

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 125 испытаниях событие наступит не менее 75 и не более 90 раз.

2. Две перфораторщицы набили по одинаковому комплекту перфокарт, вероятность того, что первая перфораторщица допустит ошибку, равна 0,05, для второй эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая перфораторщица.

3. Два студента ищут нужную им книгу в букинистических магазинах. Вероятность того, что книга будет найдена первым студентом, равна 0,6, а вторым – 0,7. Какова вероятность того, что только один из студентов найдет книгу?

4. С помощью карточек, на которых написано по одной букве, составлено слово «каре́та». Карточки перемешиваются, а затем наугад извлекаются по одной. Какова вероятность, что в порядке поступления букв образуется слово «раке́та»?

5. На пути движения автомашины 4 светофора. Каждый из них с вероятностью 0,5 либо разрешает, либо запрещает автомашине дальнейшее движение. Построить ряд и многоугольник распределения вероятностей числа светофоров, пройденных автомашиной без остановки.

Вариант № 10

1. На трёх станках при одинаковых и независимых условиях изготавливаются детали одного наименования. На первом станке изготавливается 10 %, на втором – 30 %, на третьем – 60 % всех деталей. Для каждой детали вероятность быть бездефектной равна 0,7, если она изготовлена на первом станке; 0,8 – если она изготовлена на втором станке; 0,9 – на третьем станке. Найти вероятность того, что наугад взятая деталь окажется бездефектной.

2. Для поражения цели достаточно попадания хотя бы одного снаряда. Произведено 2 залпа из двух орудий. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель при одном выстреле из 1-го орудия равна 0,3, а из второго – 0,4.

3. На столе лежат 36 экзаменационных билетов с номерами 1, 2, ..., 36. Преподаватель берёт три любых билета. Какова вероятность того, что они из первых четырёх?

4. Вероятность для данного спортсмена улучшить свой предыдущий результат с одной попытки равна 0,6. Определить вероятность того, что на соревнованиях спортсмен улучшит свой результат, если разрешается делать две попытки.

5. Энергосистема состоит из четырёх блоков, работающих независимо. Вероятность исправного состояния блоков в течение времени T равна 0,6. Рассматривается случайная величина X – число блоков, находящихся в исправном состоянии в течение времени T . Построить ряд распределения, функцию распределения величины X . Найти её математическое ожидание.

Вариант № 11

1. Из трёх орудий произведены залпы по цели. Вероятность попадания в цель при одном выстреле из первого орудия равна 0,9, для второго и третьего орудий эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,6. Найти вероятность того, что только одно орудие попадает в цель.

2. На сборку поступают детали с двух автоматов. Первый автомат даёт 0,2 % брака, а второй – 0,3 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступило 3000, а со второго 2000 деталей.

3. На экзамене студенту предлагается 20 билетов. В каждом билете 3 вопроса. Из 60 вопросов, вошедших в билеты, студент знает 50. Какова вероятность того, что взятый студентом билет будет состоять из известных ему вопросов?

4. Аппаратура содержит 2000 одинаково надёжных элементов, вероятность отказа от каждого из которых равна $p = 0,0005$. Какова вероятность отказа:
а) одного элемента; б) хотя бы одного элемента.

5. В техническом устройстве работают независимо 2 блока. Вероятность безотказной работы первого блока 0,4; второго – 0,7. Случайная величина X – число работающих блоков. Построить ряд распределения, многоугольник распределения случайной величины X . Найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение.

Вариант № 12

1. Из 50 проб химического состава рудной массы в 35 пробах обнаружено наличие тяжелых металлов. Найти вероятность того, что тяжёлые металлы содержатся в двух взятых наудачу пробах.

2. Детали проходят три операции обработки. Вероятность получения брака на первой операции равна 0,02; на второй – 0,03; на третьей – 0,02. Найти вероятность получения небракованной детали после трёх операций, предполагая, что получение брака на отдельных операциях являются событиями независимыми.

3. При разрыве снаряда образуются крупные, средние и мелкие осколки в отношении 1 : 3 : 6. При попадании в танк крупный осколок пробивает броню с вероятностью 0,9; средний – 0,3; мелкий – 0,1. Какова вероятность того, что попавший в броню осколок пробьёт её?

4. Случайная величина X задана рядом распределения:

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| X | 2 | 3 | 10 |
| P | 0,1 | 0,4 | 0,5 |

Найти $M(X)$; $D(X)$; $\sigma(X)$. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность любому абоненту позвонить на коммутатор в течение часа равна 0,01. Телефонная станция обслуживает 300 абонентов. Какова вероятность, что в течение часа позвонят 4 абонента?

Вариант № 13

1. В каждой из двух урн содержатся 3 чёрных и 7 белых шаров. Из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в первую урну, после чего из первой урны наудачу извлечён один шар. Найти вероятность того, что шар, извлеченный из первой урны, окажется белым.

2. Охотники Александр, Виктор и Павел попадают в летящую утку с вероятностями, соответственно равными: $2/3$, $3/4$ и $1/4$. Все одновременно стреляют по пролетающей утке. Какова вероятность того, что утка будет убита?

3. Детали могут быть изготовлены с применением двух технологий: в первом случае деталь проходит 3 технологических операции, вероятность получения брака при каждой из которых равны, соответственно 0,1; 0,2 и 0,3. Во втором случае имеются 2 операции, вероятности получения брака при которых одинаковы и равны 0,3. Определить, какая технология обеспечивает большую вероятность получения первосортной продукции, если в первом случае вероятность получения продукции первого сорта для небракованной детали равна 0,9, а во втором – 0,8.

4. В течение часа коммутатор получает в среднем 60 вызовов. Какова вероятность того, что в течение 1 минуты не будет ни одного вызова?

5. В денежной лотерее выпущено 1000 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 100 руб., четыре – по 50 руб., 5 – по 40 руб. и десять по 10 руб. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша). Найти $M(X)$, $D(X)$, составить функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Вариант № 14

1. Три автомата изготавливают детали, которые поступают на общий конвейер. Производительность первого, второго и третьего автоматов относится как $2/3/5$. Вероятность того, что деталь, изготовленная первым автоматом, отличного качества, равна $0,9$, для второго и третьего автоматов эти вероятности, соответственно, равны $0,8$ и $0,7$. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь окажется отличного качества.

2. В записанном номере телефона оказалась стёртой последняя цифра. Какова вероятность того, что, наудачу набирая последнюю цифру телефонного номера, Вы сразу позвоните нужному лицу? Вычислить эту вероятность, предлагая, что Вы вспомнили, что последняя цифра: а) нечётная; б) не больше 5.

3. Производится выстрел по трём складам боеприпасов. Вероятность попадания в первый склад $0,01$, во второй – $0,008$, в третий – $0,025$. При попадании в один из складов взрываются все три. Найти вероятность того, что склады будут взорваны.

4. Случайная величина X задана законом распределения

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| X | 2 | 4 | 8 |
| p | 0,1 | 0,5 | 0,4 |

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность рождения мальчика равна $0,515$. Найти вероятность того, что из 200 родившихся детей мальчиков и девочек будет поровну.

Вариант № 15

1. Для сигнализации об аварии установлены три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии первое устройство сработает, равна 0,8, для второго и третьего устройства эти вероятности, соответственно, равны 0,9 и 0,8. Найти вероятность того, что при аварии сработают: а) только одно устройство, б) только два устройства; в) все три устройства.

2. На сборку поступают детали с трёх автоматов. Первый автомат даёт 0,3 % брака, второй – 0,2 % брака, третий – 0,4 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступает 1000 деталей, со второго – 2000, а с третьего – 2500.

3. Цифровой замок содержит на общей оси 4 диска, каждый из которых разделён на 6 секторов, отмеченных определёнными цифрами. Замок может быть открыт только в том случае, когда цифры образуют определённую комбинацию. Какова вероятность открыть замок, установив определённую комбинацию цифр?

4. Игральная кость брошена 3 раза. Написать ряд распределения числа появлений шестёрки. Найти $M(X)$, $D(X)$, составить функцию распределения $F(x)$.

5. Вероятность изделия некоторого производства оказаться бракованным равна 0,005. Чему равна вероятность того, что из 10000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 40?

Вариант № 16

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при двух выстрелах равна 0,96. Найти вероятность двух попаданий при трёх выстрелах.

2. На сборку поступают детали с четырёх автоматов. Первый даёт 40 %, второй – 30 %, третий – 20 %, а четвёртый 10 % всех деталей данного типа, которые поступают на сборку. Первый автомат даёт 0,1 % брака, второй – 0,2 %, третий – 0,25 %, четвёртый – 0,5 %. Найти вероятность поступления на сборку бракованной детали.

3. Каждая из букв Т, М, Р, О, Ш написана на одной из пяти карточек. Карточки перемешиваются и раскладываются наугад. Какова вероятность того, что образуется слово «ШТОРМ»?

4. Случайная величина X принимает только два значения $+C$ и $-C$, каждые с вероятностью 0,5. Найти дисперсию этой случайной величины.

5. На склад магазина поступают изделия, из которых 80 % оказывается высшего сорта. Найти вероятность того, что из 100 взятых наугад изделий не менее 85 изделий окажутся высшего сорта.

Вариант № 17

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при трёх выстрелах равна 0,992. Найти вероятность четырёх попаданий при пяти выстрелах.

2. Однотипные детали поступают на сборку с двух автоматов. Первый автомат даёт 80 % необходимых для сборки деталей, а второй – 20 %. Вероятность детали быть бракованной, если она изготовлена на первом автомате, равна 1 %, если на втором – 4 %. Поступившая на сборку деталь оказалась бракованной. Какова вероятность того, что эта деталь изготовлена: а) на первом автомате; б) на втором автомате?

3. Телефонный номер состоит из 5 цифр. Определить вероятность того, что все цифры различны.

4. При ведении горных работ происходит загрязнение атмосферы послегазовыми выбросами в 9 из 10 случаев. Найти вероятность того, что при 50 массивных взрывах загрязнение атмосферы наступит не более, чем в 40 случаях.

5. В урне находится 15 белых, 10 чёрных и 3 синих шара. Каждое испытание состоит в том, что наудачу извлекают один шар, не возвращая его в урну. Найти вероятность того, что: а) при первом испытании появится белый шар (событие А), при втором – чёрный (событие В) и при третьем – синий (событие С); б) при первом испытании появится белый шар, а при втором и третьем – чёрные шары.

Вариант № 18

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что событие наступит 120 раз в 144 испытаниях.

2. Рабочий обслуживает 4 станка. Вероятность того, что в течение часа первый станок не потребует внимания рабочего, равна 0,3; второй – 0,4; третий – 0,7; четвёртый – 0,4. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего.

3. Литьё в болванках поступает с двух заготовительных цехов – 70 % из первого и 30 % из второго. При этом материал первого цеха имеет 10 % брака, а второго – 20 %. Найти вероятность того, что одна наудачу взятая болванка без дефектов.

4. Случайная величина принимает только два значения – +10 и -10, каждое с вероятностью 0,5. Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

5. В урне 15 белых и 20 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что: 1) оба шара будут чёрными; 2) оба шара будут разного цвета.

Вариант № 19

1. Партия деталей изготовлена двумя рабочими. Первый рабочий изготовил $\frac{2}{3}$ партии, второй – $\frac{1}{3}$ партии. Вероятность брака для первого рабочего 1 %, для второго – 10 %. На контроль взяли одну деталь. Какова вероятность того, что она бракованная?

2. Из зенитного орудия производится три выстрела по снижающемуся самолёту. Вероятность попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,1; 0,2; 0,4. Определить вероятность не менее двух попаданий в самолёт.

3. Найти функции распределения $F(x)$, математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, если известен ряд распределения случайной величины X :

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| X | 2 | 3 | 5 |
| P | 0,3 | 0,1 | 0,6 |

4. На восьми одинаковых карточках написаны, соответственно, числа 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13. Наугад берутся две карточки. Определить вероятность того, что образованная из двух полученных чисел дробь сократится.

5. Имеется три одинаковых урны, из которых в первой находится два белых и два чёрных шара, во второй и третьей – по три белых и четыре черных шара. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Найти вероятность того, что шар извлечён: а) из второй урны; б) из первой урны.

Вариант № 20

1. Сборщик получил 3 ящика деталей. В первом ящике 40 деталей, из них 20 окрашенных; во втором – 50, из них 10 окрашенных; в третьем – 30, из них 15 окрашенных. Найти вероятность того, что наудачу извлечённая деталь из наудачу взятого ящика окажется окрашенной.

2. Вероятность того, что студент сдаст первый экзамен, равна 0,9; второй – 0,9; третий – 0,8. Вычислить вероятность того, что хотя бы два экзамена будут сданы.

3. Производится два выстрела с вероятностями попадания в цель, равными $p_1 = 0,4$; $p_2 = 0,3$. а) записать ряд распределения случайной величины X – общего числа попаданий при двух выстрелах; б) найти математическое ожидание общего числа попаданий при двух выстрелах; в) найти дисперсию и построить многоугольник распределения.

4. Из колоды карт (36) наудачу вынимается две карты. Найти вероятность того, что среди них одна «дама» и один «король».

5. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,6. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,7. На обоих станках изготовлено по две детали. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

Вариант № 21

1. Ящик содержит 90 годных и 10 дефектных изделий. Найти вероятность того, что среди трёх наугад вынутых из ящика деталей нет дефектных.

2. Три электрические лампочки последовательно включены в цепь. Вероятность того, что одна (любая) лампочка перегорит, равна 0,6. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

3. Имеется 5 урн: в двух урнах – по 2 белых и 1 чёрному шару; в одной 10 чёрных и ещё в двух – по 3 белых и 1 чёрному шару. Найти вероятность того, что вынутый из наудачу взятой урны шар окажется белым.

4. Из колоды в 36 карт вынимается наудачу две карты. Найти вероятность того, что это шестёрка и семёрка.

5. В лотерее 100 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 25 руб.; на 5 билетов – 20 руб.; на 10 билетов – 5 руб.; на 20 билетов – 1 руб.; остальные билеты невыигрышные. Найти вероятность выигрыша не менее 5 руб. на 1 билет. Составить ряд распределения случайной величины X – стоимости выигрыша на 1 билет. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Билет № 22

1. Чему равна вероятность того, что дни рождения трёх человек придутся на разные месяцы: июнь, июль и август? Вероятности попадания дня рождения на данный месяц считаются равными для всех месяцев года.

2. Студент знает 40 вопросов из 50. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает:

а) все три вопроса; б) только два вопроса.

3. Имеются три одинаковые урны: первая содержит 1 белый и 6 чёрных шаров; вторая – 3 белых и 2 чёрных шара; третья – 7 белых и 8 чёрных шаров. Из одной урны, наудачу выбранной, вынут шар. Он оказался белым. Чему равна вероятность того, что шар вынут из первой урны?

4. Прибор, обладающий надёжностью (вероятностью безотказной работы за время t), равной $p = 0,8$, представляется недостаточно надёжным. Для повышения надёжности он дублируется ещё одним точно таким же работающим прибором. Если первый прибор за время t отказал, происходит автоматическое переключение на дублирующий. Приборы отказывают независимо друг от друга. Найти вероятность того, что система из двух приборов проработает безотказно время t .

5. Электронная аппаратура имеет три дублирующих линии. Вероятность выхода из строя каждой линии за время гарантированного срока работы аппаратуры равна 0,1. Найти закон распределения случайного числа вышедших из строя линий за время гарантийного срока, если выход из строя одной линии не зависит от рабочего состояния других линий. Найти $M(X), \sigma(X)$.

Вариант № 23

1. При разведке медноколчеданных месторождений в 7 из 10 случаев опознавательным признаком может служить присутствие ярозита или барита. Найти вероятность присутствия минералов хотя бы в одном из трёх месторождений.

2. Студент знает 25 вопросов из 30. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) оба вопроса; б) хотя бы один вопрос.

3. В урне A белых, B чёрных и C красных шаров. Наугад вынимаются 3 шара. Найти вероятность того, что все вынутые шары будут разных цветов.

4. Имеется десять одинаковых урн, из которых в девяти находятся по 2 чёрных и по 2 белых шара, а в одной – 5 белых и 1 чёрный шар. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Какова вероятность того, что шар извлечён из урны, содержащей 5 белых шаров?

5. Противник стремится сорвать связь, создавая помехи в двухчастотных диапазонах со средними частотами f_1 и f_2 . С этой целью мешающий передатчик настраивается попеременно на частоты f_1 и f_2 через равные промежутки времени. Вероятность сбоя от помехи на частоте f_1 составляет 0,3, а на частоте f_2 – 0,6. Какова вероятность того, что связь будет сорвана?

Вариант № 24

1. При установке одного пылеуловителя вероятность выброса в атмосферу вредных веществ составляет 0,8. Сколько пылеуловителей нужно поставить последовательно, чтобы сократить вероятность выбросов в 1,5 раза?
2. В круг радиуса R вписан равносторонний треугольник. Какова вероятность того, что две наугад поставленные в данном круге точки окажутся внутри треугольника?
3. Из урны, содержащей 3 белых и 2 чёрных шара, переложили 1 шар в урну, содержащую 4 белых и 4 чёрных шара. Вычислить вероятность вынуть белый шар из второй урны.
4. Вероятность изделия некоторого производства оказаться доброкачественным равна 0,996. Чему равна вероятность того, что из 1000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 5?
5. Стрелок производит три выстрела по мишени. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле равна 0,6. За каждое попадание стрелку засчитывается 3 очка. Построить ряд распределения числа выбитых очков и многоугольник распределения. Найти математическое ожидание.

Вариант № 25

1. Для некоторой местности среднее число дождливых дней в августе равно 11. Чему равна вероятность того, что первые два дня августа будут дождливыми?
2. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,7. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,8. На первом станке изготовлено две детали, на втором – три. Найти вероятность того, что все детали первосортные.
3. Два стрелка независимо один от другого стреляют по одной мишени, причём каждый из них делает по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка – 0,8, для второго – 0,4. После стрельбы в мишени обнаружена одна пробоина. Найти вероятность того, что она принадлежит первому стрелку.
4. Найти вероятность того, что из 500 посеянных семян не взойдёт 120, если всхожесть семян оценивается вероятностью 0,8.
5. Производятся последовательные испытания четырёх приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9. Найти математическое ожидание $M(X)$.

Вариант № 26

1. Сборщик получил 2 коробки одинаковых деталей, изготовленных заводом № 1, и три коробки деталей, изготовленных заводом № 2. Вероятность того, что деталь завода № 1 стандартна, равна 0,9, а завода № 2 – 0,7. Из наудачу взятой коробки сборщик наудачу извлёк деталь. Найти вероятность того, что извлечена стандартная деталь.

2. Брошены две игральные кости. Предполагается, что все комбинации выпавших очков равновероятны. Найти условную вероятность того, что выпали две пятёрки, если известно, что сумма выпавших очков делится на 5.

3. Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,4; 0,5; 0,7. Найти вероятность того, что в результате этих трёх выстрелов в мишени будет одна пробоина.

4. ОТК проверяет детали на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что: 1) три первых проверенных изделия стандартны; 2) нестандартным окажется третье по порядку проверки изделие; 3) из трёх проверенных изделий только одно стандартно.

5. Дискретная случайная величина X задана следующим рядом распределения:

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| X | 0 | 1 | 3 | 4 |
| P | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,1 |

Найти функцию распределения и построить её график. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 27

1. В урне A белых и B черных шаров. Из урны вынимается шар, отмечается его цвет, и шар возвращается в урну. После этого из урны берётся ещё один шар. Найти вероятность того, что оба вынутые шары – белые.

2. Вероятность попасть в цель равна $0,01$. Сколько нужно сделать выстрелов, чтобы иметь хотя бы одно попадание: а) с вероятностью, не меньшей $0,5$; б) с вероятностью, не меньшей $0,9$?

3. Вероятность рождения мальчика равна $0,51$. Найти вероятность того, что из 300 родившихся детей будут 160 мальчиков.

4. Для участия в студенческих отборочных спортивных соревнованиях выделено из первой группы курса – 4 , из второй – 6 , из третьей – 5 студентов. Вероятности того, что студент первой, второй и третьей группы попадает в сборную института, соответственно, равны $0,5$; $0,7$; $0,8$. Наудачу выбранный студент в итоге соревнования попал в сборную. Найти вероятность того, что он принадлежит второй группе.

5. Вероятность появления случайного события A в одном испытании равна $0,6$. Проведено два независимых испытания. Составить ряд распределения случайной величины X – числа появлений события A в двух независимых испытаниях и найти математическое ожидание и дисперсию.

Вариант № 28

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 100 испытаниях событие появится 76 раз.

2. На обувной фабрике в отдельных цехах производятся подметки, каблуки и верхи ботинок. Дефектными оказываются 1 % каблуков, 4 % подметок и 5 % верхов. Произведённые каблуки, подметки и верхи случайным образом комбинируются в цехе, где и шьются ботинки. Найти вероятность не быть испорченным одному ботинку. Какой процент ботинок будет испорченным, т. е. будет содержать дефекты?

3. По танку производятся два одиночных выстрела. Вероятность попадания при первом – 0,5, при втором – 0,8. Для вывода танка из строя достаточно двух попаданий. При одном попадании танк выходит из строя с вероятностью 0,4. Найти вероятность того, что в результате двух выстрелов танк будет выведен из строя.

4. В двух ящиках находятся детали: в первом – 10 (из них три стандартные); во втором – 15 (из них 6 стандартные). Из каждого ящика наудачу вынимают по одной детали. Найти вероятность того, что: 1) обе детали окажутся стандартными; 2) только одна из двух деталей стандартная; 3) хотя бы одна из двух деталей стандартная.

5. Случайная величина задана законом распределения:

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| X | 2 | 4 | 8 |
| P | 0,1 | 0,5 | 0,4 |

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

Вариант № 29

1. Сколько нужно передать одинаковых сообщений, чтобы с вероятностью 0,9 можно было утверждать, что сообщение принято не менее одного раза правильно, если вероятность правильного приёма сообщения составляет 0,5?

2. Вероятность для изделий некоторого производства удовлетворять стандарту равна 0,96. Предполагается упрощённая схема испытаний, дающая положительный результат с вероятностью 0,98 для изделий, удовлетворяющих стандарту, и 0,05 для изделий, которые ему не удовлетворяют. Какова вероятность того, что изделие, выдержавшее испытание, удовлетворяет стандарту?

3. В студии телевидения имеется 3 телевизионные камеры. Для каждой камеры вероятность того, что она включена в данный момент, равна 0,6. Найти вероятность того, что в данный момент: а) включена хотя бы одна камера; б) включена только одна камера; в) включены все три камеры; г) выключены все камеры.

4. Имеются две партии изделий по 12 и 10 штук, причём в каждой партии по два изделия бракованных. Изделие, взятое наудачу из первой партии, переложено во вторую, после чего выбирается наудачу изделие из второй партии. Определить вероятность бракованного изделия из второй партии.

5. Найти математическое ожидание числа очков, которые могут выпасть при одном бросании игральной кости. Записать закон распределения в виде таблицы. Найти $D(X)$.

Вариант № 30

1. Вероятность появления события A в каждом из независимых испытаний равна 0,64. Произведено 144 испытания. Найти вероятность того, что событие A появится не менее 100 раз.

2. Вероятность попадания в первую мишень для данного стрелка равна $2/3$. Если при первом выстреле зафиксировано попадание, то стрелок получает право на второй выстрел по другой мишени. Вероятность поражения обеих мишеней при двух выстрелах равна 0,5. Определить вероятность поражения второй мишени.

3. В урне 5 белых и 7 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут белыми.

4. В батарее из 10 орудий одно непристрелянное. Вероятность попадания из пристрелянного орудия равна 0,73, а из непристрелянного – 0,23. Производили один выстрел и промахнулись. Найти вероятность того, что выстрел произведён из непристрелянного орудия.

5. Построить ряд распределения, многоугольник распределения и функцию распределения случайного числа попаданий мячом в корзину при одном броске, если вероятность попадания $p = 0,3$. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Задание 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2 , причём $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1 , математическое ожидание $M(X)$ и дисперсия $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если:

Таблица 1

Данные для нахождения закона распределения случайной величины

| Номер варианта | p_1 | $M(X)$ | $D(X)$ |
|----------------|-------|--------|--------|
| 1 | 0,2 | 3,8 | 0,16 |
| 2 | 0,1 | 3,9 | 0,09 |
| 3 | 0,3 | 3,7 | 0,21 |
| 4 | 0,5 | 3,5 | 0,25 |
| 5 | 0,7 | 3,3 | 0,21 |
| 6 | 0,9 | 3,1 | 0,09 |
| 7 | 0,9 | 2,2 | 0,36 |
| 8 | 0,8 | 3,2 | 0,16 |
| 9 | 0,6 | 3,4 | 0,24 |
| 10 | 0,4 | 3,6 | 0,24 |
| 11 | 0,3 | 5,4 | 0,84 |
| 12 | 0,1 | 4,8 | 0,36 |
| 13 | 0,3 | 4,1 | 1,89 |
| 14 | 0,5 | 4,5 | 2,25 |
| 15 | 0,7 | 2,9 | 1,89 |
| 16 | 0,9 | 1,4 | 1,44 |
| 17 | 0,3 | 2,4 | 0,84 |
| 18 | 0,9 | 3,3 | 0,81 |
| 19 | 0,3 | 2,7 | 0,21 |
| 20 | 0,4 | 2,2 | 0,96 |

Продолжение таблицы 1

| Номер варианта | p_1 | $M(X)$ | $D(X)$ |
|----------------|-------|--------|--------|
| 21 | 0,9 | 4,1 | 0,09 |
| 22 | 0,7 | 3,9 | 1,89 |
| 23 | 0,1 | 5,8 | 0,36 |
| 24 | 0,2 | 2,6 | 0,64 |
| 25 | 0,1 | 1,9 | 0,09 |
| 26 | 0,3 | 3,1 | 1,89 |
| 27 | 0,5 | 3 | 1 |
| 28 | 0,4 | 2,6 | 0,24 |
| 29 | 0,6 | 3,2 | 2,16 |
| 30 | 0,6 | 3,6 | 3,84 |

Задание 7

Случайная величина X задана функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$. Построить графики функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $(a; b)$.

Данные для выполнения задания № 7

| Номер вар. | Функция $F(x)$ | Номер вар. | Функция $F(x)$ |
|------------|--|------------|--|
| 1 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq \frac{3}{4}\pi \\ \cos 2x, & \frac{3}{4}\pi < x \leq \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{3}{4}\pi; \frac{5}{6}\pi\right)$ | 2 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ x^2, & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{2}\right)$ |
| 3 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 1 \\ \frac{x^2 - x}{2}, & \text{при } 1 < x \leq 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1,5; 1,8)$ | 4 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ x^3, & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{2}\right)$ |
| 5 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ 3x^2 + 2x, & \text{при } 0 < x \leq \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(\frac{1}{5}; \frac{1}{4}\right)$ | 6 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 2 \\ 0,5x - 1, & \text{при } 2 < x \leq 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1; 3)$ |
| 7 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{1}{9}x^2, & \text{при } 0 < x \leq 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ | 8 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x^2}{4}, & \text{при } 0 < x \leq 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1; 2)$ |

Продолжение таблицы 2

| Номер вар. | Функция $F(x)$ | Номер вар. | Функция $F(x)$ |
|------------|---|------------|--|
| 9 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq -\frac{\pi}{2} \\ \cos x, & -\frac{\pi}{2} < x \leq 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3}; -\frac{\pi}{6}\right)$ | 10 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ 2\sin x, & 0 < x \leq \frac{\pi}{6} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{6} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{12}; \frac{\pi}{6}\right)$ |
| 11 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq -2 \\ \frac{x+2}{4}, & \text{при } -2 < x \leq 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(-1; 1)$ | 12 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \frac{1+\sin x}{2}, & -\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}\right)$ |
| 13 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1-\cos x}{2}, & 0 \leq x \leq \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{3}\right)$ | 14 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x^2}{25}, & \text{при } 0 < x \leq 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(4; 5)$ |

Продолжение таблицы 2

| Номер вар. | Функция $F(x)$ | Номер вар. | Функция $F(x)$ |
|------------|---|------------|--|
| 15 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < -1 \\ \frac{3}{4}(x+1), & -1 < x \leq \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(0; \frac{1}{2}\right)$ | 16 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \sin 2x, & 0 < x \leq \frac{\pi}{4} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{4} \end{cases}$ $\left(0; \frac{\pi}{3}\right)$ |
| 17 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ 1 - \cos x, & 0 < x \leq \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{6}; \frac{\pi}{3}\right)$ | 18 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq -1 \\ \frac{x+1}{3}, & \text{при } -1 < x \leq 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(0,5; 1,5)$ |
| 19 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x^2}{36}, & \text{при } 0 < x \leq 6 \\ 1, & \text{при } x > 6 \end{cases}$ $(2; 4)$ | 20 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x^2}{100}, & \text{при } 0 < x \leq 10 \\ 1, & \text{при } x > 10 \end{cases}$ $(5; 10)$ |

| Номер вар. | Функция $F(x)$ | Номер вар. | Функция $F(x)$ |
|------------|---|------------|--|
| 21 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq -1 \\ \frac{x+1}{2}, & \text{при } -1 < x \leq 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(0; \frac{1}{2}\right)$ | 22 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 1 \\ \frac{x-1}{2}, & \text{при } 1 \leq x \leq 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ |
| 23 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x^3}{8}, & \text{при } 0 < x \leq 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1; 2)$ | 24 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{3}x, & \text{при } 0 \leq x \leq 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ |
| 25 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{4}x, & \text{при } 0 \leq x \leq 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1; 2)$ | 26 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1}{5}x, & \text{при } 0 \leq x \leq 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(1; 3)$ |
| 27 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin x, & 0 \leq x \leq \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(0; \frac{\pi}{3}\right)$ | 28 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \cos 3x, & -\frac{\pi}{2} < x \leq 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3}; 0\right)$ |

| Номер вар. | Функция $F(x)$ | Номер вар. | Функция $F(x)$ |
|------------|---|------------|--|
| 29 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x \leq \frac{\pi}{2} \\ -\cos x, & \frac{\pi}{2} < x \leq \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{4}\right)$ | 30 | $\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^3}{27}, & \text{при } 0 \leq x \leq 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$ |

Задание 8

Найти вероятность того, что в n независимых испытаниях событие A повторится: а) ровно k раз; б) не менее k раз; в) не более k раз; г) хотя бы один раз, зная что в каждом испытании вероятность появления события A равна p .

Таблица 3

Данные для выполнения задания № 8

| Номер варианта | n | k | p | Номер варианта | n | k | p |
|----------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| 1 | 6 | 3 | 0,7 | 2 | 7 | 2 | 0,2 |
| 3 | 6 | 4 | 0,2 | 4 | 5 | 3 | 0,1 |
| 5 | 4 | 3 | 0,7 | 6 | 6 | 4 | 0,1 |
| 7 | 5 | 4 | 0,5 | 8 | 6 | 2 | 0,8 |
| 9 | 4 | 3 | 0,8 | 10 | 3 | 2 | 0,8 |
| 11 | 4 | 2 | 0,9 | 12 | 4 | 2 | 0,8 |
| 13 | 5 | 2 | 0,7 | 14 | 5 | 3 | 0,6 |
| 15 | 4 | 2 | 0,5 | 16 | 4 | 3 | 0,4 |
| 17 | 5 | 2 | 0,3 | 18 | 5 | 3 | 0,4 |

Окончание таблицы 3

| Номер варианта | n | k | p | Номер варианта | n | k | p |
|----------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| 19 | 4 | 2 | 0,3 | 20 | 4 | 3 | 0,2 |
| 21 | 5 | 2 | 0,1 | 22 | 5 | 2 | 0,2 |
| 23 | 4 | 3 | 0,3 | 24 | 3 | 2 | 0,4 |
| 25 | 5 | 3 | 0,5 | 26 | 6 | 3 | 0,6 |
| 27 | 4 | 2 | 0,7 | 28 | 5 | 4 | 0,8 |
| 29 | 6 | 4 | 0,9 | 30 | 6 | 5 | 0,1 |

Задание 9

Известны математическое ожидание a и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X . Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (α, β) .

Таблица 4

Данные для выполнения задания № 9

| Номер варианта | a | σ | α | β | Номер варианта | a | σ | α | β |
|----------------|-----|----------|----------|---------|----------------|-----|----------|----------|---------|
| 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 2 | 10 | 4 | 2 | 13 |
| 3 | 9 | 5 | 5 | 14 | 4 | 8 | 1 | 4 | 9 |
| 5 | 7 | 2 | 3 | 10 | 6 | 6 | 3 | 2 | 11 |
| 7 | 5 | 1 | 1 | 12 | 8 | 4 | 5 | 2 | 11 |
| 9 | 3 | 2 | 3 | 10 | 10 | 2 | 5 | 4 | 9 |
| 11 | 2 | 2 | 1 | 5 | 12 | 3 | 2 | 2 | 6 |
| 13 | 4 | 3 | 3 | 7 | 14 | 7 | 3 | 4 | 8 |
| 15 | 6 | 3 | 5 | 9 | 16 | 4 | 1 | 1 | 5 |
| 17 | 4 | 2 | 2 | 6 | 18 | 5 | 2 | 3 | 7 |
| 19 | 5 | 3 | 4 | 8 | 20 | 6 | 3 | 5 | 9 |

| Номер варианта | a | σ | α | β | Номер варианта | a | σ | α | β |
|----------------|-----|----------|----------|---------|----------------|-----|----------|----------|---------|
| 21 | 3 | 4 | 6 | 10 | 22 | 5 | 3 | 5 | 9 |
| 23 | 2 | 2 | 4 | 6 | 24 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| 25 | 7 | 2 | 3 | 13 | 26 | 9 | 5 | 7 | 14 |
| 27 | 6 | 2 | 2 | 12 | 28 | 2 | 2 | 4 | 7 |
| 29 | 8 | 4 | 4 | 13 | 30 | 6 | 3 | 2 | 12 |

Исходные данные к расчётным заданиям № 10 – 15 приведены в таблице 5 в конце заданий.

Задание 10

Бросаются две игральные кости. Определить вероятность того, что: а) сумма числа очков не превосходит n ; б) произведение числа очков не превосходит n ; в) произведение числа очков делится на n .

Задание 11

Среди n лотерейных билетов k выигрышных. Наудачу взяли m билетов. Определить вероятность того, что среди них l выигрышных.

Задание 12

В лифт k -этажного дома вошли n пассажиров ($n < k$). Каждый независимо от других с одинаковой вероятностью может выйти на любом (начиная со второго) этаже. Определить вероятности того, что: а) все пассажиры выйдут одновременно на одном и том же этаже; б) все вышли на разных этажах.

Задание 13

В круге радиуса R наудачу появляется точка. Определить вероятность того, что она попадает в одну из двух непересекающихся фигур, площади которых равны S_1 и S_2 .

Задание 14

Вероятность того, что цель поражена при одном выстреле первым стрелком p_1 , вторым – p_2 . Первый сделал n_1 , второй – n_2 выстрелов. Определить вероятность того, что цель не поражена.

Задание 15

Два игрока поочередно бросают монету. Выигравшим считается тот, у кого раньше выпадет герб. Первый бросок делает игрок A , второй – B , третий A и т. д.

Найти вероятность указанного ниже события.

Варианты 1 – 8. Выиграл A до k -ого броска.

Варианты 9 – 15. Выиграл A не позднее k -ого броска.

Варианты 16 – 23. Выиграл B до k -ого броска.

Варианты 24 – 30. Выиграл B не позднее k -ого броска.

Задание 16

Дана плотность распределения $f(x)$ случайной величины X . Найти параметр γ , математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X , вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Варианты 1 – 8:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\gamma - a}, & x \in [a; b], \\ 0, & x \notin [a; b]. \end{cases}$$

Варианты 9 – 16:
$$f(x) = \begin{cases} a, & x \in [\gamma; b], \\ 0, & x \notin [\gamma; b]. \end{cases}$$

Варианты 17 – 24:
$$f(x) = \begin{cases} \gamma, & x \in [a; b], \\ 0, & x \notin [a; b]. \end{cases}$$

Варианты 25 – 30:
$$f(x) = \begin{cases} a, & x \in \left[\frac{b - \gamma}{2}; \frac{b + \gamma}{2} \right], \\ 0, & x \notin \left[\frac{b - \gamma}{2}; \frac{b + \gamma}{2} \right]. \end{cases}$$

Указание

Использовать формулы равномерного распределения.

Задание 17

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $f(x) = \gamma e^{ax^2 + bx + c}$. Найти γ , математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X , вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Указание

Использовать формулы для нормального распределения.

Задание 18

Дана плотность распределения случайной величины X . Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y , которая представляет собой площадь одной из указанных ниже геометрических фигур.

$$\text{Варианты 1-15: } f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & x \in [a; b], \\ 0, & x \notin [a; b]; \end{cases}$$

в вариантах 1 – 5: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x ;

в вариантах 6 – 10: Y – площадь круга радиуса x ;

в вариантах 11 – 15: Y – площадь квадрата со стороной x .

$$\text{Варианты 16-31: } f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x \in [a; b], \\ 0, & x \notin [a; b]; \end{cases}$$

в вариантах 16 – 20: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x ;

в вариантах 21– 25: Y – площадь круга радиуса x ;

в вариантах 26 – 31: Y – площадь квадрата со стороной x .

Исходные данные к расчётным заданиям

| Номер
варианта | Задание
№ 10 | Задание № 11 | | | | Задание №
12 | | Задание № 13 | | |
|-------------------|-----------------|--------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|--------------|-------|-------|
| | n | n | l | m | k | k | n | R | S_1 | S_2 |
| 1 | 3 | 10 | 2 | 4 | 6 | 6 | 4 | 11 | 2,25 | 3,52 |
| 2 | 4 | 10 | 2 | 3 | 6 | 7 | 4 | 12 | 2,37 | 3,52 |
| 3 | 5 | 10 | 3 | 5 | 7 | 8 | 5 | 13 | 2,49 | 3,52 |
| 4 | 6 | 10 | 3 | 5 | 6 | 9 | 5 | 14 | 2,55 | 1,57 |
| 5 | 7 | 11 | 2 | 5 | 7 | 10 | 6 | 11 | 2,27 | 5,57 |
| 6 | 8 | 11 | 3 | 4 | 8 | 11 | 4 | 12 | 2,39 | 5,57 |
| 7 | 9 | 11 | 3 | 5 | 7 | 12 | 4 | 13 | 2,51 | 1,57 |
| 8 | 10 | 12 | 3 | 8 | 5 | 13 | 3 | 14 | 2,57 | 3,52 |
| 9 | 3 | 12 | 2 | 8 | 3 | 14 | 3 | 11 | 2,29 | 3,52 |
| 10 | 4 | 12 | 2 | 5 | 4 | 13 | 4 | 12 | 2,41 | 3,52 |
| 11 | 5 | 9 | 2 | 4 | 6 | 12 | 3 | 13 | 2,53 | 3,52 |
| 12 | 6 | 9 | 3 | 5 | 6 | 11 | 3 | 14 | 2,59 | 5,57 |
| 13 | 7 | 9 | 2 | 3 | 7 | 10 | 4 | 15 | 2,5 | 8,7 |
| 14 | 8 | 8 | 2 | 4 | 5 | 9 | 4 | 16 | 2,6 | 8,5 |
| 15 | 9 | 8 | 2 | 5 | 4 | 8 | 3 | 11 | 2,2 | 3,5 |
| 16 | 10 | 8 | 3 | 4 | 5 | 7 | 3 | 12 | 2,4 | 3,5 |
| 17 | 11 | 10 | 4 | 6 | 5 | 6 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |
| 18 | 12 | 10 | 5 | 7 | 7 | 7 | 4 | 14 | 2,6 | 1,8 |
| 19 | 13 | 10 | 4 | 6 | 7 | 8 | 5 | 15 | 2,7 | 7,9 |
| 20 | 14 | 12 | 4 | 8 | 6 | 9 | 5 | 16 | 2,7 | 8,2 |
| 21 | 15 | 8 | 2 | 3 | 4 | 10 | 6 | 11 | 2,3 | 3,5 |
| 22 | 16 | 8 | 2 | 3 | 5 | 11 | 4 | 12 | 2,4 | 3,5 |
| 23 | 17 | 8 | 2 | 4 | 3 | 12 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |

| номер
варианта | Задание
№ 10 | Задание № 11 | | | | Задание №
12 | | Задание № 13 | | |
|-------------------|-----------------|--------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|--------------|-------|-------|
| | n | n | l | m | K | k | n | R | S_1 | S_2 |
| 24 | 18 | 8 | 3 | 5 | 4 | 13 | 3 | 14 | 2,6 | 5,6 |
| 25 | 19 | 8 | 1 | 4 | 2 | 14 | 3 | 15 | 2,5 | 8,7 |
| 26 | 20 | 9 | 2 | 3 | 5 | 12 | 3 | 11 | 2,3 | 5,6 |
| 27 | 3 | 9 | 3 | 4 | 4 | 11 | 3 | 12 | 2,4 | 5,6 |
| 28 | 4 | 9 | 2 | 6 | 3 | 10 | 4 | 13 | 2,5 | 3,5 |
| 29 | 5 | 9 | 4 | 5 | 5 | 9 | 4 | 14 | 2,6 | 5,6 |
| 30 | 6 | 9 | 3 | 5 | 4 | 8 | 3 | 15 | 2,7 | 7,9 |

В первой горизонтальной строке указаны номера задач; в левом столбце – номера вариантов.

Таблица 6

Исходные данные к расчётным заданиям

| Но-
мер
ва-
ри-
ан-
та | Задание
№ 14 | | | | Зад.
№
15 | Задание
№ 16 | | | | Задание
№ 17 | | | | | За-
да-
ние
№ 18 | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----|-------|-------|-----------------|------|------|-------|-------|---------------------------|-----|
| | p_1 | p_2 | n_1 | n_2 | k | a | b | x_1 | x_2 | a | b | c | x_1 | x_2 | a | b |
| 1 | 0,61 | 0,55 | 2 | 3 | 4 | 2,5 | 4 | 3 | 3,3 | -2 | 8 | -2 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 2 | 0,62 | 0,54 | 3 | 2 | 5 | 1,5 | 3 | 2 | 2,6 | -2 | 4/3 | -2/3 | 1/3 | 2/3 | 1 | 2 |
| 3 | 0,63 | 0,53 | 2 | 3 | 6 | 1,5 | 2,5 | 2 | 2,3 | -2 | -8 | 2 | -3/2 | -1 | 2 | 3 |
| 4 | 0,64 | 0,52 | 3 | 2 | 7 | 1 | 3,5 | 2 | 2,8 | -4 | 6 | 2 | 0 | 3/4 | 2 | 4 |
| 5 | 0,65 | 0,51 | 2 | 3 | 8 | -1 | 2 | -0,7 | 1,1 | -3 | 3 | -2 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 6 | 0,66 | 0,49 | 3 | 2 | 9 | -2 | 1 | -1,5 | 0,3 | -4 | -6 | -2 | -3/4 | 1/4 | 0 | 2 |
| 7 | 0,67 | 0,48 | 2 | 3 | 10 | -3 | 5 | -2 | 2 | -3 | -3 | 2 | -1/2 | 3/2 | 1 | 3 |
| 8 | 0,68 | 0,43 | 3 | 2 | 11 | -1,5 | 2,5 | -1 | 0 | -3 | -4 | 2 | 1/3 | 4/3 | 2 | 4 |
| 9 | 0,69 | 0,46 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1,8 | 1,3 | 1,6 | -2 | -4/3 | 2/3 | -1/3 | 2/3 | 3 | 5 |
| 10 | 0,71 | 0,45 | 3 | 2 | 5 | 1 | 2,4 | 1,5 | 2 | -3 | 4 | -2 | -1/3 | 5/3 | 4 | 6 |

| Но-
мер
ва-
ри-
анта | Задание
№ 14 | | | | Зада-
ние
№ 15 | Задание
№ 16 | | | | Задание
№ 17 | | | | | За-
да-
ние
№ 18 | |
|----------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|----------------------|-----------------|-----|-----|-------|-----------------|------|------|------|-------|---------------------------|-----|
| | p_1 | p_2 | n_1 | n_2 | | k | a | b | x_1 | x_2 | a | b | c | x_1 | x_2 | a | $b$ |
| 11 | 0,72 | 0,44 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3,5 | 2,5 | 3 | -2 | 8 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 12 | 0,73 | 0,43 | 3 | 2 | 7 | 2 | 2,8 | 2,1 | 2,5 | -2 | 1,3 | 0 | 1/3 | 2/3 | 1 | 2 |
| 13 | 0,74 | 0,42 | 2 | 3 | 8 | 1 | 2,8 | -1 | 3 | -2 | -8 | 0 | -3/2 | -1 | 2 | 3 |
| 14 | 0,75 | 0,41 | 3 | 2 | 9 | 1 | 2,6 | 1,5 | 3 | -4 | 6 | 0 | 0 | 3/4 | 2 | 4 |
| 15 | 0,76 | 0,39 | 2 | 3 | 10 | 2 | 3 | 1 | 3 | -3 | 3 | 0 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 16 | 0,77 | 0,38 | 3 | 2 | 12 | 2 | 4,8 | 4,5 | 5 | -4 | -6 | 0 | -3/4 | 1/4 | 0 | 2 |
| 17 | 0,78 | 0,37 | 2 | 3 | 5 | -4 | -2 | -1 | 0 | -3 | -3 | 0 | -1/2 | 3/2 | 1 | 3 |
| 18 | 0,39 | 0,45 | 3 | 2 | 6 | -3 | -1 | -2 | 0 | -3 | -4 | 0 | 1/3 | 4/3 | 2 | 4 |
| 19 | 0,38 | 0,46 | 2 | 3 | 7 | 2 | 4 | 0 | 3 | -2 | -4/3 | 0 | -1/3 | 2/3 | 3 | 5 |
| 20 | 0,37 | 0,47 | 3 | 2 | 8 | 1 | 3 | 0 | 2 | -3 | 4 | 0 | -1/3 | 5/3 | 4 | 6 |
| 21 | 0,36 | 0,48 | 2 | 3 | 9 | 1 | 1,5 | 0 | 0,5 | -2 | 8 | -1 | 1 | 3 | 0 | 2 |
| 22 | 0,35 | 0,49 | 3 | 2 | 10 | -1 | 1,5 | 0 | 1 | -4 | 6 | 1 | 0 | 3/4 | 1 | 2 |
| 23 | 0,34 | 0,51 | 2 | 3 | 11 | -1,5 | -1 | -1 | 2 | -2 | -8 | -1 | -3/2 | -1 | 3 | 4 |
| 24 | 0,33 | 0,52 | 3 | 2 | 4 | -1,5 | 1 | -1 | 1 | -4 | -6 | -1 | -3/4 | 1/4 | 2 | 4 |
| 25 | 0,32 | 0,53 | 2 | 3 | 5 | 0,5 | 1 | 0 | 3 | -3 | 3 | -1 | 1/2 | 3/2 | 3 | 5 |
| 26 | 0,31 | 0,54 | 3 | 2 | 6 | 0,2 | 2 | 0 | 4 | -3 | -4 | 1 | 1/3 | 4/3 | 3 | 4 |
| 27 | 0,29 | 0,55 | 2 | 3 | 7 | 0,5 | 3 | 0 | 0,5 | -3 | -3 | 1 | -1/2 | 3/2 | 0 | 2 |
| 28 | 0,28 | 0,56 | 3 | 2 | 8 | 0,4 | 4 | 1 | 5 | -3 | 4 | -1 | -1/3 | 5/3 | 1 | 3 |
| 29 | 0,27 | 0,57 | 2 | 3 | 9 | 1/4 | 1 | 0 | 3 | -2 | -4/3 | 1/3 | -1/3 | 2/3 | 2 | 4 |
| 30 | 0,26 | 0,58 | 3 | 2 | 10 | 0,02 | 2 | 0 | 3 | -2 | 4/3 | -1/3 | 1/3 | 2/3 | 3 | 5 |

ОТВЕТЫ

Вариант № 1

- 1) $\frac{1}{144}$; 2) 0,25; 3) $\frac{91}{216}$;
4) $\approx 0,5$; $\approx 0,9599$; $\approx 0,8664$;
5)

| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 |
| P | 0,125 | 0,375 | 0,375 | 0,125 |

Вариант № 2

- 1) $\approx 0,41$; $\approx 0,43$; $\approx 0,14$;
2) 0,126; 3) $\frac{5}{8}$; 4) $\approx 0,28$; $\approx 0,27$;
5)

| | | | | | |
|-----|--------|------|-------|------|--------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,0625 | 0,25 | 0,375 | 0,25 | 0,0625 |

Вариант № 3

- 1) $\frac{2}{3}$; 2) 0,32; 3) 0,061; 4) $\approx 0,04986$;
5)

| | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,2401 | 0,4116 | 0,2646 | 0,0756 | 0,0081 |

Вариант № 4

1) 0,092; 0,398; 0,504; 2) 0,85; 3) 0,456; 4) $\approx 0,4938$;

5)

| | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P | 0,0024 | 0,0284 | 0,1323 | 0,3087 | 0,3601 | 0,1683 |

Вариант № 5

1) $\approx 0,9375 \cdot 10^{-6}$; 2) 0,729; 3) $\frac{3}{7}$; 4) 0,4; 0,4; 0,1; 0,7;

5) $M(X) = \frac{3}{4}$; $D(X) = \frac{29}{48}$.

Вариант № 6

1) 0,02525; 0,24725; 0,727; 2) 0,024; 3) 0,2; 4) $\approx 0,9768$;

5)

| | | | | | |
|-----|-----|------|-------|--------|--------|
| X | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P | 0,1 | 0,09 | 0,081 | 0,0729 | 0,6561 |

Вариант № 7

1) $\approx 0,00001$; 2) 0,08; 3) 0,00289; 4) $\frac{1}{32}$; $\frac{31}{32}$; $\frac{5}{16}$;

5)

| | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|------|
| X | 0 | 1 | 10 | 25 | 50 |
| P | 0,35 | 0,5 | 0,1 | 0,04 | 0,01 |

Вариант № 8

1) $\frac{C_{90}^3 C_{10}^2}{C_{100}^5}$; 2) $\frac{13}{84}$; 3) 0,763; 4) $\approx 0,159$;

5)

| | | | |
|-----|-----------------|----------------|----------------|
| X | 0 | 1 | 2 |
| P | $\frac{25}{36}$ | $\frac{5}{18}$ | $\frac{1}{36}$ |

Вариант № 9

1) $\approx 0,0125$; 2) $\frac{1}{3}$; 3) 0,46; 4) $\frac{1}{360}$;

5)

| | | | | | |
|-----|--------|------|-------|------|--------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,0625 | 0,25 | 0,375 | 0,25 | 0,0625 |

Вариант № 10

1) 0,85; 2) 0,8236; 3) $\frac{1}{1785}$; 4) 0,84;

5)

| | | | | | |
|-----|-----|------|-------|--------|--------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,0625 | 0,0625 |

Вариант № 11

- 1) 0,116; 2) 0,0024; 3) $\approx 0,573$; 4) $\frac{1}{e}$; $1 - \frac{1}{e}$;

5)

| | | | |
|-----|------|------|------|
| X | 0 | 1 | 2 |
| P | 0,18 | 0,54 | 0,28 |

Вариант № 12

- 1) $\approx 0,47$; 2) $\approx 0,93$; 3) 0,24; 4) 6,4; 13,04; 3,61;

5) $\approx 0,196$.

Вариант № 13

- 1) 0,7; 2) $\frac{15}{16}$; 3) 0,4536; 4) $\frac{1}{e}$;

5)

| | | | | | |
|-----|------|------|-------|-------|-------|
| X | 0 | 10 | 40 | 50 | 100 |
| P | 0,98 | 0,01 | 0,005 | 0,004 | 0,001 |

Вариант № 14

- 1) 0,77; 2) $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{6}$;; 3) 0,0425; 4) $\sigma = 2,2$;

5) $\approx 0,052$.

Вариант № 15

- 1) 0,068; 0,352; 0,576; 2) $\approx 0,0031$; 3) $\frac{1}{1296}$;
4) 5) $\approx 0,0021$.

| | | | | |
|-----|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 |
| p | $\frac{125}{216}$ | $\frac{75}{216}$ | $\frac{15}{216}$ | $\frac{1}{216}$ |

Вариант № 16

- 1) 0,384; 2) 0,002; 3) $\frac{1}{120}$; 4) C^2 ; 5) 0,1056.

Вариант № 17

- 1) 0,4096; 2) $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$; 3) $\approx 0,302$; 4) $\approx 0,0091$;
5) $\frac{25}{1092}; \frac{25}{364}$.

Вариант № 18

- 1) $\approx 0,05$; 2) 0,0336; 3) 0,87; 4) 10; 5) $\frac{38}{119}; \frac{60}{119}$.

Вариант № 19

- 1) 0,04; 2) 0,124; 3) $M(X) = 3,9; D(X) = 1,89$; 4) $\frac{5}{14}$;
5) $\frac{7}{19}; \frac{6}{19}$.

Вариант № 20

- 1) $\frac{2}{5}$; 2) 0,954; 3)

| | | | |
|-----|------|------|------|
| X | 0 | 1 | 2 |
| P | 0,42 | 0,46 | 0,12 |

- 4) $\frac{8}{315}$; 5) 0,1764.

Вариант № 21

- 1) $\approx 0,7265$; 2) 0,936; 3) $\frac{17}{30}$; 4) $\frac{8}{315}$;

5)

| | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|------|
| X | 0 | 1 | 5 | 20 | 25 |
| P | 0,64 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,01 |

Вариант № 22

- 1) $\frac{1}{288}$; 2) $\frac{741}{1470}$; $\frac{39}{98}$; 3) $\frac{15}{127}$; 4) 0,96;

5)

| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 |
| P | 0,729 | 0,243 | 0,027 | 0,001 |

Вариант № 23

- 1) 0,973; 2) $\frac{20}{29}$; $\frac{85}{87}$; 3) $\frac{ABC \cdot 3!}{(A+B+C)(A+B+C-1)(A+B+C-2)}$;

- 4) $\frac{5}{32}$; 5) 0,72.

Вариант № 24

- 1) 3; 2) $\frac{27}{16\pi^2}$; 3) $\frac{23}{45}$; 4) $\approx 0,176$;

5)

| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| X | 0 | 3 | 6 | 9 |
| P | 0,064 | 0,288 | 0,432 | 0,216 |

Вариант № 25

- 1) $\frac{11}{93}$; 2) $\approx 0,251$; 3) $\frac{6}{7}$; 4) $\approx 0,003$;

5)

| | | | | |
|-----|-----|------|-------|-------|
| X | 1 | 2 | 3 | 4 |
| P | 0,1 | 0,09 | 0,081 | 0,729 |

Вариант № 26

- 1) 0,78; 2) $\frac{1}{7}$; 3) 0,36; 4) 0,729; 0,081; 0,027; 5) 2,4; 1,44.

Вариант № 27

- 1) $\left(\frac{a}{a+b}\right)^2$; 2) 69; 229; 3) $\approx 0,033$; 4) $\frac{21}{59}$;

5)

| | | | |
|-----|------|------|------|
| X | 0 | 1 | 2 |
| P | 0,16 | 0,48 | 0,36 |

Вариант № 28

- 1) $\approx 0,06$; 2) 0,903; 9,7 %; 3) 0,6; 4) $\frac{3}{25}$; $\frac{23}{50}$; $\frac{29}{50}$; 5) 2,2.

Вариант № 29

- 1) 4; 2) 0,99; 3) 0,936; 0,288; 0,216; 0,064; 4) $\frac{13}{66}$; 5) 3,5;

$$\frac{35}{12}.$$

Вариант № 30

- 1) $\approx 0,869$; 2) $\frac{3}{4}$; 3) $\frac{5}{33}$; 4) 0,241;

5)

| | | |
|-----|-----|-----|
| X | 0 | 1 |
| P | 0,7 | 0,3 |

Ответы к заданию № 6 из таблицы 1

| Номер
варианта | X_1 | X_2 | P_1 | P_2 | Номер
варианта | X_1 | X_2 | P_1 | P_2 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 3 | 4 | 0,2 | 0,8 | 16 | 1 | 5 | 0,9 | 0,1 |
| 2 | 3 | 4 | 0,1 | 0,9 | 17 | 1 | 3 | 0,3 | 0,7 |
| 3 | 3 | 4 | 0,3 | 0,7 | 18 | 3 | 6 | 0,9 | 0,1 |
| 4 | 3 | 4 | 0,5 | 0,5 | 19 | 2 | 3 | 0,3 | 0,7 |
| 5 | 3 | 4 | 0,7 | 0,3 | 20 | 1 | 3 | 0,4 | 0,6 |
| 6 | 3 | 4 | 0,9 | 0,1 | 21 | 4 | 5 | 0,9 | 0,1 |
| 7 | 2 | 4 | 0,9 | 0,1 | 22 | 3 | 6 | 0,7 | 0,3 |
| 8 | 3 | 4 | 0,8 | 0,2 | 23 | 4 | 6 | 0,1 | 0,9 |
| 9 | 3 | 4 | 0,6 | 0,4 | 24 | 1 | 3 | 0,2 | 0,8 |
| 10 | 3 | 4 | 0,4 | 0,6 | 25 | 1 | 2 | 0,1 | 0,9 |
| 11 | 4 | 6 | 0,3 | 0,7 | 26 | 1 | 4 | 0,3 | 0,7 |
| 12 | 3 | 5 | 0,1 | 0,9 | 27 | 2 | 4 | 0,5 | 0,5 |
| 13 | 2 | 5 | 0,3 | 0,7 | 28 | 2 | 3 | 0,4 | 0,6 |
| 14 | 3 | 6 | 0,5 | 0,5 | 29 | 2 | 5 | 0,6 | 0,4 |
| 15 | 2 | 5 | 0,7 | 0,8 | 30 | 2 | 6 | 0,6 | 0,4 |

Ответы к заданию № 7 из таблицы 2

| Номер варианта | $M(X)$ | $D(X)$ | Номер варианта | $M(X)$ | $D(X)$ |
|----------------|---------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | $\pi - \frac{1}{2}$ | $\frac{\pi - 3}{4}$ | 2 | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{18}$ |
| 3 | $\frac{19}{12}$ | $\frac{11}{144}$ | 4 | $\frac{3}{4}$ | $\frac{3}{80}$ |
| 5 | $\frac{5}{27}$ | $\frac{13}{1458}$ | 6 | 3 | $\frac{1}{3}$ |
| 7 | 2 | 0,5 | 8 | $\frac{4}{3}$ | $\frac{2}{9}$ |
| 9 | 1 | $\pi - 3$ | 10 | $\frac{\pi}{6} + \sqrt{3} - 2$ | $\frac{2}{3}\pi + 4\sqrt{3} - 9$ |
| 11 | 0 | $\frac{4}{3}$ | 12 | 0 | $\frac{\pi^2}{4} - 2$ |
| 13 | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi^2}{4} - 2$ | 14 | $\frac{10}{3}$ | $\frac{25}{18}$ |
| 15 | $-\frac{1}{3}$ | $\frac{4}{27}$ | 16 | $\frac{\pi - 2}{4}$ | $\frac{\pi + 3}{4}$ |
| 17 | 1 | $\pi - 3$ | 18 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ |
| 19 | 4 | 2 | 20 | $\frac{20}{3}$ | $5\frac{5}{9}$ |
| 21 | 0 | $\frac{1}{3}$ | 22 | 2 | $\frac{1}{3}$ |
| 23 | $\frac{3}{2}$ | $\frac{3}{20}$ | 24 | 1,5 | 0,75 |

| Номер варианта | $M(X)$ | $D(X)$ | Номер варианта | $M(X)$ | $D(X)$ |
|----------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------------|
| 25 | 2 | $\frac{4}{3}$ | 26 | 2,5 | 2,08 |
| 27 | $\frac{\pi}{2}-1$ | $\pi-3$ | 28 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{\pi}{3}+\frac{1}{9}$ |
| 29 | $\pi-1$ | $\pi-3$ | 30 | $\frac{9}{4}$ | $\frac{27}{80}$ |

Ответы к заданию № 8 из таблицы 3

| Номер варианта | а) ровно k раз | б) не менее k раз | в) не более k раз | г) хотя бы один раз |
|----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 0,1852 | 0,93 | 0,256 | 0,9993 |
| 2 | 0,28 | 0,42 | 0,86 | 0,79 |
| 3 | 0,01536 | 0,01696 | 0,9984 | 0,74 |
| 4 | 0,0081 | 0,00856 | 0,99954 | 0,4095 |
| 5 | 0,4116 | 0,6517 | 0,7599 | 0,9919 |
| 6 | 0,001215 | 0,00127 | 0,99994 | 0,4686 |
| 7 | 0,15625 | 0,1875 | 0,96875 | 0,96875 |
| 8 | 0,01536 | 0,998 | 0,27904 | 0,99993 |
| 9 | 0,4096 | 0,8192 | 0,5904 | 0,9984 |
| 10 | 0,384 | 0,896 | 0,488 | 0,992 |
| 11 | 0,0486 | 0,9963 | 0,0523 | 0,9999 |
| 12 | 0,1536 | 0,9728 | 0,1808 | 0,9984 |
| 13 | 0,1323 | 0,9692 | 0,1631 | 0,9976 |
| 14 | 0,3456 | 0,6826 | 0,6630 | 0,9898 |

Окончание таблицы

| Номер варианта | а) ровно k раз | б) не менее k раз | в) не более k раз | г) хотя бы один раз |
|----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 15 | 0,375 | 0,6875 | 0,6875 | 0,9375 |
| 16 | 0,1586 | 0,1792 | 0,9744 | 0,3704 |
| 17 | 0,3087 | 0,4718 | 0,8369 | 0,8319 |
| 18 | 0,2304 | 0,3174 | 0,9133 | 0,92222 |
| 19 | 0,2646 | 0,3483 | 0,9163 | 0,7599 |
| 20 | 0,0256 | 0,0272 | 0,9984 | 0,5904 |
| 21 | 0,0729 | 0,0815 | 0,99144 | 0,4095 |
| 22 | 0,2048 | 0,2627 | 0,9421 | 0,6723 |
| 23 | 0,0756 | 0,0837 | 0,9919 | 0,7599 |
| 24 | 0,288 | 0,352 | 0,936 | 0,784 |
| 25 | 0,3125 | 0,5 | 0,8125 | 0,9675 |
| 26 | 0,2765 | 0,8208 | 0,4557 | 0,9959 |
| 27 | 0,2646 | 0,9163 | 0,3483 | 0,9919 |
| 28 | 0,4096 | 0,7373 | 0,6723 | 0,9997 |
| 29 | 0,0984 | 0,9841 | 0,1143 | 0,9999 |
| 30 | 0,000054 | 0,000055 | 0,999999 | 0,4686 |

Ответы к заданию № 9 из таблицы 4

| | | |
|---------------|---------------|---------------|
| № 1: 0,1359; | № 2: 0,7506; | № 3: 0,6294; |
| № 4: 0,8412; | № 5: 0,9104; | № 6: 0,0493; |
| № 7: 0,9998; | № 8: 0,5746; | № 9: 0,4998; |
| № 10: 0,2638; | № 11: 0,6247; | № 12: 0,6247; |
| № 13: 0,4706; | № 14: 0,4706; | № 15: 0,4706 |
| № 16: 0,8399; | № 17: 0,6826; | № 18: 0,6826; |
| № 19: 0,4706; | № 20: 0,4706; | № 21: 0,1865; |
| № 22: 0,4082; | № 2: 0,1359; | № 24: 0,6826; |
| № 25: 0,9758; | № 26: 0,4967; | № 27: 0,9758; |
| № 28: 0,1525; | № 29: 0,7357; | № 30: 0,8854. |

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 456 с.

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учебное пособие. – М.: Кнорус, 2010. – 492 с.

Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшее образование, 2009. – 403 с.

Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2009. – 480 с.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Физматгиз, 1988. – 406 с.

Соболев А. Б., Рыбалко А. Ф., Вараксин А. Н. Математика: курс лекций для технических вузов. Книга 2. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 445 с.

Чудесенко В. Ф. Сборник заданий по специальным курсам высшей математики. – М.: Высшая школа, 1983. – 110 с.