Изобретение относится к элементам горных и строительно-дорожных машин, в частности к механизмам поворота экскаваторов, отвалообразователей и других машин.

Известно поворотное устройство, включающее опорную раму, поворотную платформу, горизонтальные верхний и нижний диски, между которыми расположены силовые гидроцилиндры, взаимодействующие с зубчатым венцом [1].

Однако в известном устройстве силовые цилиндры из-за жесткого крепления штоков подвержены действию изгибающих усилий, что вызывает увеличение размеров цилиндров.

Наиболее близким по техническому решению к предлагаемому изобретению является механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых соединены шарнирно с кривошипами и имеют ролики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом [2].

Недостатками данного механизма являются сложность монтажа и низкая его ремонтопригодность, поскольку силовые цилиндры расположены внутри зубчатого венца и доступ к механизму ограничен, и большие габариты при расположении силовых цилиндров снаружи венца.

Цель изобретения – уменьшение габаритов и повышение ремонтопригодности механизма поворота платформы экскаватора.

Поставленная цель достигается тем, что зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

На рис. 1 изображен механизм поворота платформы экскаватора.

Гидравлический механизм поворота экскаватора включает опорную раму *1*, поворотную платформу *2*, установленные вертикально силовые цилиндры *3*, шарнирно закрепленные на опорной раме *7*, штоки *4* которых снабжены роликами *5* и соединены с кривошипами *6*, установленными на поворотной платформе *2*. Поворотная платформа *2* имеет зубчатый венец *7*, зубья *8* которого выполнены на его торцовой поверхности и их продольные оси *9* расположены в горизонтальной

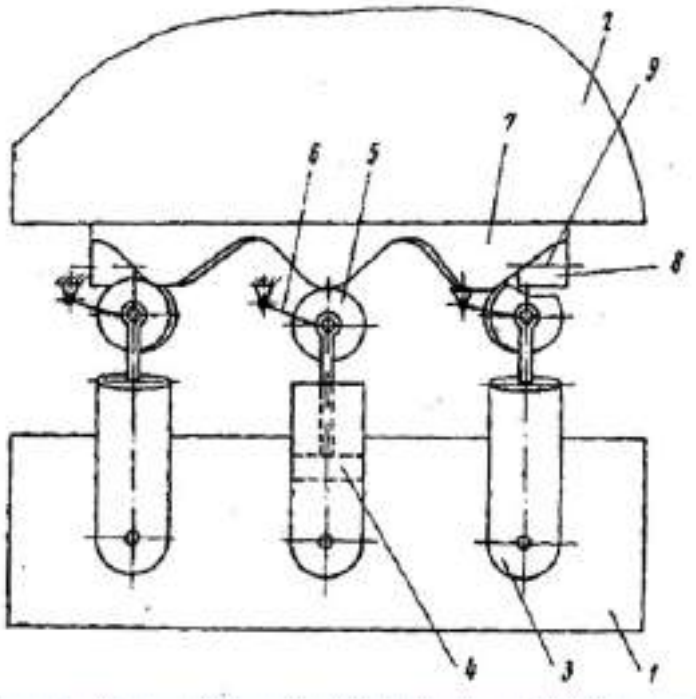


Рис. 1. Механизм поворота платформы экскаватора:
1 – опорная рама; *2* – поворотная платформа; *3* – силовой цилиндр; *4* – шток; *5* – ролик; *6* – кривошипы; *7* – зубчатый венец; *8* – зубья; *9* – продольная ось

плоскости, причем ролики *5* установлены с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом *7*.

Гидравлический механизм поворота экскаватора работает следующим образом.

При подаче рабочей жидкости в силовые цилиндры *3*, закрепленные на опорной раме *1*, происходит перемещение штоков *4*. Ролики *5* при этом упираются в поверхность зубьев *8* венца *7*. В результате возникает крутящий момент, обеспечивающий заданный закон движения поворотной платформы *2*. При этом кривошипы *6* разгружают силовые цилиндры *3* от действия изгибающих нагрузок.

Данная конструкция гидравлического механизма поворота экскаватора обеспечивает повышение ремонтопригодности, уменьшает длительность и стоимость ремонтных работ на 10-15 % и снижает габариты механизма.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. *Кузнецов В. Н.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора! Авторское свидетельство СССР № 218065, кл. Е 02 F 3/12, 1968.

2. *Закаменных Ю. Г., Комиссаров А. П., Кубачек В. Р., Филатов В. И.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора: Авторское свидетельство СССР № 619603, кл. Е 02 F 9/12, 1978 (прототип).

Формула изобретения

Механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых шарнирно соединены с кривошипами и имеют ролики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов и повышения ремонтопригодности, зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

2.2. Пример второй

МКИ[9] B66B9/06

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ
Патент на изобретение № 2069637, опубл. 27.11.96. Бюл. № 33

Описание изобретения

Изобретение относится к горнотранспортному оборудованию, в частности, к транспортированию грузов в карьерах.

Известно устройство для транспортирования грузов, включающее две пары направляющих с установленными на них грузовыми платформами, содержащими эстакаду и ходовую тележку и связанными между собой эластичным элементом, тяговый элемент, выполненный с возможностью взаимодействия с приводными

барабанами, смонтированными на грузовых платформах, и закрепленный в верхней и нижней точках пути транспортирования, систему передачи энергии от транспортируемых на грузовых платформах автосамосвалов к приводным барабанам /1/.

Недостатком указанного технического решения являются большие затраты на подготовку трассы в борту карьера и использование в качестве энергетической установки двигателей автосамосвалов с дорогостоящим топливом.

Наиболее близким техническим решением является устройство для транспортирования грузов, включающее расположенные в двух параллельных плоскостях наклонные верхний и нижний пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, огибающим блок, установленный в конце верхнего пути, и привод, при этом каждая из тележек снабжена продольными направляющими и верхняя ее поверхность выполнена с наклоном относительно горизонта под углом 2-4°, а нижняя часть верхнего пути расположена ниже верхней части нижнего пути на высоту, равную разности высот передней и задней стенок тележки /2/.

Недостатком указанного технического решения также являются большие затраты на подготовку трассы для путей, связанные с выполаживанием борта карьера.

Целью изобретения является снижение затрат на подготовку трассы для путей в борту карьера.

Это достигается тем, что в устройстве для транспортирования грузов, включающем пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, трасса соответствует профилю борта карьера, пути содержат на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными по обе стороны от тележки, а тележка имеет дополнительные колеса, установленные с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

Кроме того, для обеспечения натяжения тягового органа рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше значения коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

На рис. 1 показано устройство для транспортирования грузов; вид А на рис. 1.

Устройство для транспортирования грузов включает пути, выполненные в виде рельсов *1*, закрепленных на откосах и на площадках уступов, и содержащие на каждой площадке уступа две вертикальные стенки *2* с рельсами *3*, тележки *4*, связанные между собой гибким тяговым органом *5*, и приводной барабан *6*, причем рельс *3* состоит из двух участков – пологого (параллельного площадке) и наклонного (параллельного откосу уступа), а тележка *4* содержит нижние *7*, верхние *8* колеса и дополнительные колеса *9*, установленные соосно с верхними колесами *8* с возможностью взаимодействия с рельсами *3*.

Кроме того, пологие участки рельсов *1* и *3* имеют уклон *i* в сторону выработанного пространства, определяемый по формуле

$$i > K = \frac{P}{G},$$

где K – коэффициент сопротивления движению тележки по рельсам; P – сопротивление движению тележки по горизонтальному пути; G – сила тяжести тележки.

Этому уклону соответствует угол α, показанный на рис. 2. Соблюдение условия $i > K$ обеспечивает необходимое натяжение каната.

Устройство для транспортирования грузов работает следующим образом. Установка автосамосвалов на тележки *4* осуществляется одновременно: на нижнюю тележку *4*, например, – порожний автосамосвал, на верхнюю – груженый. Затем при вращении приводного барабана *6* нижняя тележка *4* за счет тягового органа *5* перемещается по площадке уступа, верхняя тележка *4* двигается в сторону выработанного пространства под действием собственного веса. При этом нижние колеса *7* тележки *4* катятся по рельсам *1*, а дополнительные колеса *9* – по рельсам *3*, что обеспечивает горизонтальное положение платформы тележки *4*. Далее тележки *4* двигаются по откосам уступа: нижняя – вверх, а верхняя – вниз.

При перемещении тележки *4* по откосу на расстояние, равное расстоянию между осями нижних *7* и верхних *8* колес, дополнительные колеса *9* выходят из контакта с рельсом *3* и тележка *4* двигается по рельсу *1* колесами *7* и *8*.

Предлагаемое техническое решение позволяет до минимума сократить затраты на подготовку трассы, исключить горные работы, связанные с выполаживанием борта карьера под трассу путей, обеспечивает спуск автосамосвалов в карьер по наикратчайшему пути, позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на автосамосвалы, уменьшить объем вскрышных работ за счет уменьшения ширины проезжей части автодорог, увеличить производительность автосамосвалов и, в конечном счете, уменьшить себестоимость транспортирования на 10-15 %.

Источники информации:

1. Авторское свидетельство СССР № 603411, кл. B66B9/06, 1979.

2. Авторское свидетельство СССР № 1423486, кл. B66B9/06, 1988.

Формула изобретения

1. Устройство для транспортирования грузов, содержащее пути с установленными на них с возможностью перемещения тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, *отличающееся* тем, что пути по трассе соответствуют профилю уступа карьера, при этом пути включают в себя размещенные на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными параллельно путям по обе стороны от тележки, которая снабжена дополнительными колесами, установленными с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

2. Устройство по п. 1, *отличающееся* тем, что рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке, имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

2.3. Пример третий

МКИ[9] Е 21В 10/36

БУРОВОЕ ДОЛОТО
Патент на полезную модель № 88053, опубл. 27.10.09. Бюл. № 30

Описание полезной модели

Предложение относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Известно буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде цилиндрических твердосплавных вставок (штырей), и корпус с хвостовиком.

Наиболее близким аналогом к заявляемой полезной модели по совокупности признаков является буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде призматических твердосплавных пластинок (лезвий), включающей опережающее центральное лезвие и основные элементы армировки из периферийных лезвий, и корпус с хвостовиком.

Недостатком известных буровых долот является ограниченная область применения, обусловленная их использованием для ударного бурения крепких и особо крепких пород.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Для решения поставленной задачи заявляемая полезная модель содержит следующие существенные признаки, отличительные от наиболее близкого аналога: опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

В отличие от прототипа заявляемая полезная модель позволяет за счет выполнения опережающего лезвия с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия, обеспечить возможность разрушения как крепких и особо крепких пород при ударно-вращательном бурении ввиду образования передового вруба опережающим лезвием под действием ударной нагрузки и снижения сопротивляемости породы внедрению основных элементов армировки; так и пород средней крепости при вращательно-ударном бурении под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии, а также пород низкой крепости при вращательном бурении посредством срезания слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия, и в результате расширить область применения бурового долота.

Сущность заявляемой полезной модели поясняется чертежом. На рис. 1 приведена схема бурового долота.

Буровое долото содержит головку *1*, армированную опережающим лезвием *2*, длина которого равна диаметру долота, и штырями *3*, причем величина опере-

жения лезвия *2* по отношению к штырям *3* равна глубине внедрения лезвия *2*, и корпус *4* с хвостовиком *5*.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие *2* под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей *3*. В результате обеспечивается возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии.

При бурении пород низкой крепости внедрение лезвия долота на глубину *h* осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия *2*.

Источники информации:

1. *Подэрни Р. Ю.* Механическое оборудование карьеров. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Изд. МГГУ, 2007. 680 е.: ил.

2. *Крапивин М. Г., Раков И. Я., Сысоев Н. И.* Горные инструменты. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 256 е.: ил.

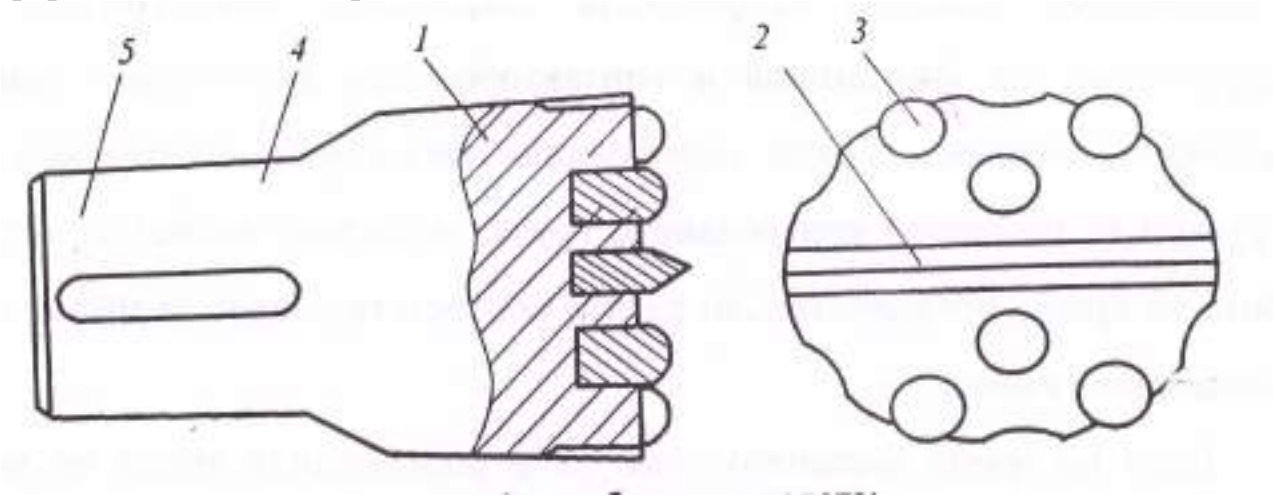


Рис. 1. Схема бурового долота:
1– головка; *2* – лезвие; *3* – штыри; *4* – корпус; *5* – хвостовик

Формула полезной модели

Буровое долото, включающее головку с армировкой, содержащей опережающее лезвие и основные элементы армировки, корпус с хвостовиком, отличающееся тем, что опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота.

Буровое долото по п. 1, *отличающееся* тем, что величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

Реферат

Буровое долото относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей и обеспечивает возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии. При бурении пород низкой крепости внедрение долота осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия.

2.4. Пример четвертый

МКИ[9] B02C 17/10

МЕЛЬНИЦА

Свидетельство на полезную модель № 57638, опубл. 27.10.06

Описание полезной модели

Полезная модель относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам я измельчительному оборудованию

Известна мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела /1/.

Недостатком известной мельницы является низкая производительность, обусловленная малой энергией мелющих тел (шаров), определяемой габаритами мельницы, и низким КПД ввиду потерь энергии при соударении мелющих тел между собой.

Наиболее близким аналогом заявляемой полезной модели по совокупности признаков является мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами /2/.

Недостатками данной мельницы являются большая металлоемкость и малая надежность ввиду передачи на барабан и цапфы значительных рабочих нагрузок, возникающих в результате воздействия механизмов на штанги, мелющие тела и измельчаемую среду.

Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы.

Поставленная цель достигается тем, что в мельнице, содержащей барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, мелю-

щее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге.

На рис. 1 показана предлагаемая мельница, общий вид; на рис. 2 – то же, разрез.

Мельница включает приводную шестерню *1*, барабан *2*, загрузочную *3* и разгрузочную *4* цапфы, мелющие тела *5*, закрепленные на штангах *6*, вмонтированных в барабан *2* посредством направляющих *7* и уплотнений *8*, выполненных с возможностью возвратно-поступательного движения и снабженных приводом, включающим рабочие механизмы, например вибратор *9* и механизм *10* перемещения, причем мелющие тела *5* состоят из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге *6*.

Мельница работает следующим образом.

При вращении барабана *2*, приводимого в движение посредством приводной шестерни *1*, измельчаемый материал, подаваемый через загрузочную цапфу *3*, поднимается на определенную высоту, а затем перемещается вниз. При этом происходит истирание и частичное разрушение измельчаемого материала за счет соударения и трения между частицами.

Измельчение материала осуществляется в основном в результате воздействия вибратора *9* на штанги *6* и мелющие тела *5*. Срабатывание вибратора *9* происходит при прохождении штанги б через измельчаемый материал. Момент срабатывания может контролироваться, например, посредством конечных выключателей известной конструкции. Контакт между мелющими телами *5* и измельчаемым материалом при ударе достигается за счет поступательного перемещения штанги *6* под действием механизма перемещения *10*. Измельченный материал разгружается через разгрузочную цапфу *4*.

Такое выполнение мельницы позволяет снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы в результате внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела и исключения передачи нагрузок на барабан и цапфы.

Источники информации:

1. *Кармазин В. И.* и др. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. С. 76.

2. Авторское свидетельство № 946657 кл. В 02 С17/10, опубликовано 30.07.82, бюл. №28.

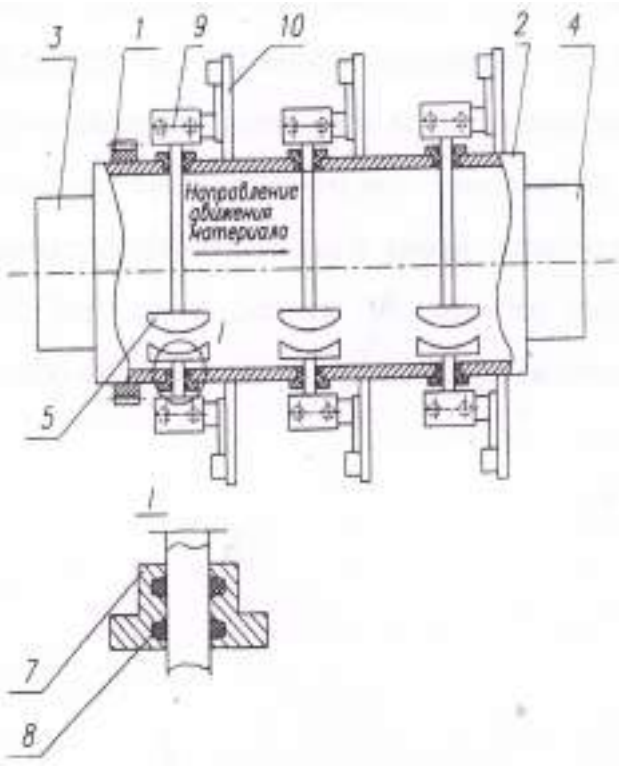


Рис. 1. Мельница:
1 – приводная шестерня; *2* – барабан; *3* – загрузочная цапфа; *4* – разгрузочная цапфа; *5* – мелющие тела; *6* – штанга; *7* – направляющие; *8* – уплотнения; *9* – вибратор; *10* – механизм перемещения

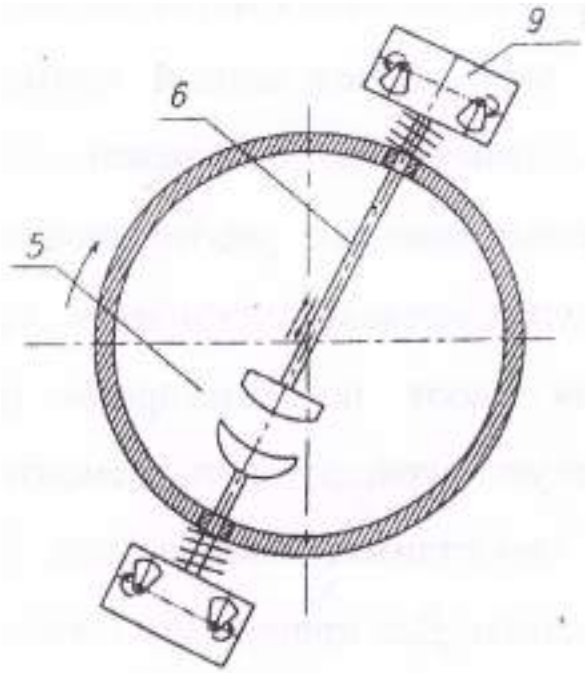


Рис. 2. Мельница в разрезе (вид сверху)

Формула полезной модели

Мельница, включающая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы, мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах,

снабженных рабочими механизмами, отличающаяся тем, что мелющее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на штангах.

Реферат

Мельница относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам и измельчительному оборудованию. Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы. Выполнение мельницы в виде барабана, привода, загрузочной и разгрузочной цапф, мелющих тел, состоящих из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, позволит снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы за счет внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела.

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 по дисциплине

Б1.О.32 ПАТЕНТОВЕДЕНИЕ

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24

Проектирование технологических машин и комплексов

Автор: Комиссаров А.П., д-р. техн. наук, профессор

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Переход России к рыночной экономике, расширение ее торгово-экономических отношений с зарубежными странами все более остро ставят на повестку дня вопросы интеллектуальной собственности, т. е. защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере.

Дисциплина «Патентоведение» подготавливает будущего специалиста к решению задач в области своей профессиональной деятельности на основе знания законодательства об интеллектуальной собственности, основных прав создателей и пользователей объектов интеллектуальной собственности, и способов их защиты.

1. ПАТЕНТНОЕ ПРАВО КАК РАЗДЕЛ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Среди объектов гражданских прав, т. е. тех материальных и духовных благ, по поводу которых субъекты гражданского права вступают между собой в правовые отношения, ст. 1225 Гражданского кодекса Российской Федерации (далее – Кодекс) называет результаты интеллектуальной деятельности. Одновременно законодатель использует для их обозначения такое собирательное понятие, как интеллектуальная собственность.

Интеллектуальная собственность – результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана.

Понятие «интеллектуальная собственность» является обобщающим по отношению к таким используемым в законодательстве и в юридической литературе понятиям, как «литературная и художественная собственность». Последние обозначают, соответственно, авторское право, действие которого распространяется также на результаты научного творчества («научная собственность»), и патентное право вместе с примыкающим к нему законодательством об охране средств индивидуализации участников гражданского оборота и производимой ими продукции (работ, услуг).

Патентное право регулирует имущественные, а также связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием и использованием объектов патентных прав (изобретений, полезных моделей и промышленных образцов), охраняемых посредством специальных свидетельств, выдаваемых правительством – патентов.

1.1. Патентные права. Двойственный характер патентных прав

На результаты интеллектуальной деятельности признаются интеллектуальные права, которые включают исключительное право, являющееся имущественным правом, а в случаях, предусмотренных ГК РФ, также личные неимущественные права.

Интеллектуальные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы являются патентными правами.

Автору изобретения, полезной модели или промышленного образца принадлежат следующие права:

– исключительное право;

– право авторства и право автора на имя;

– право на получение патента;

– право на вознаграждение за использование служебного изобретения, полезной модели или промышленного образца.

Исключительное право – это право правообладателя (гражданина или юридического лица) использовать результат интеллектуальной деятельности по своему усмотрению любым не противоречащим закону способом. Правообладатель может распоряжаться исключительным правом на результат интеллектуальной деятельности, если Кодексом не предусмотрено иное.

Правообладатель может по своему усмотрению разрешать или запрещать другим лицам использование результата интеллектуальной деятельности. Отсутствие запрета не считается согласием (разрешением).

Исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности действуют в течение определенного срока, за исключением случаев, предусмотренным Кодексом.

Право авторства – право признаваться автором результата интеллектуальной деятельности и *право автора на имя* – право использовать результат интеллектуальной деятельности под своим именем.

Право на получение патента первоначально принадлежит автору изобретения, полезной модели или промышленного образца. Данное право может перейти к другому лицу (правопреемнику) или быть ему передано, например, по трудовому договору.

Двойственный характер патентных прав. В настоящее время практически никто не ставит под сомнение двойственную природу патентных прав. С одной стороны, создателю творческого результата принадлежит право на его использование, которое носит исключительный характер и в принципе может передаваться другим лицам (предоставляется разрешение на использование результата). Данное право относится к числу имущественных прав и по целому ряду признаков действительно сходно с правом собственности. С другой стороны, автор обладает совокупностью личных неимущественных (моральных) прав, таких, как право авторства, право на авторское имя и т. д., которые не могут отчуждаться от их обладателя в силу самой их природы. При этом между имущественными и личными правами не существует непреодолимой грани, напротив, они теснейшим образом взаимосвязаны и переплетены, образуя между собой неразрывное единство.

Обозначение данной совокупности прав термином «интеллектуальная собственность», конечно, является условным и своего рода данью исторической традиции. Сейчас вряд ли кто-либо из тех, кто использует рассматриваемое понятие для обозначения совокупности прав, которыми обладают создатели творческих и иных интеллектуальных достижений и их правопреемники, допускает распро-

странение на них правового режима, применяемого к имуществу. Поэтому те критические стрелы, которые время от времени выпускаются на понятие интеллектуальной собственности, используемое в современном законодательстве и юридической литературе, как правило, летят мимо цели. Как представляется, сама живучесть термина «интеллектуальная собственность», каким бы неточным он ни был при ближайшем рассмотрении, лучше, чем что-либо другое, доказывает удачность данного названия той совокупности исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности, которая возникает у их создателей и правообладателей.

1.2. Задачи и принципы патентного права

Основной задачей патентного права является стимулирование творческой деятельности по созданию объектов патентных прав.

В этих целях оно должно способствовать созданию условий для занятия творческим трудом, обеспечивать правовое признание и охрану достигнутых творческих результатов, закрепление за авторами прав на использование созданных ими изобретений, произведений и т. д. С другой стороны, задачей законодательства считается создание условий для широкого использования творческих достижений в интересах общества. Иными словами, повышение уровня охраны прав авторов ни в коем случае не должно препятствовать использованию результатов интеллектуальной деятельности в целях образования и развития экономики страны или служить помехой в стремлении самой широкой аудитории специалистов, читателей, зрителей, слушателей ознакомиться с ними.

В качестве принципов российского патентного права, т. е. отправных идей, которые пронизывают всю систему патентно-правовых норм и служат исходной базой для ее дальнейшего развития и разрешения прямо не урегулированных законом ситуаций, могут быть названы следующие положения. Прежде всего, важнейшим отправным началом патентного права является признание за патентообладателем исключительного права на использование запатентованного объекта. Это положение, являющееся краеугольным камнем патентной системы, означает, что только патентообладатель может изготавливать, применять, ввозить, продавать и иным образом вводить в хозяйственный оборот запатентованную разработку. Напротив, все другие лица должны воздерживаться от ее использования, не санкционированного патентообладателем. Таким образом, патентообладателю принадлежит абсолютное право на разработку, а на всех других лицах лежит пассивная обязанность воздерживаться от нарушения прав патентообладателя. Любое не санкционированное договором или законом вторжение в исключительную сферу патентообладателя должно пресекаться, а нарушитель подвергаться предусмотренным законом санкциям.

Признание и всемерная охрана патентной монополии не исключают, однако, выполнения патентным правом и функции защиты общественных интересов. Более того, соблюдение разумного баланса интересов патентообладателя, с одной стороны, и интересов общества – с другой, вполне может рассматриваться в каче-

стве второго исходного начала (принципа) патентного права. Одним из конкретных его проявлений служит ограничение действия патента определенным сроком, после истечения которого разработка поступает во всеобщее пользование. Кроме того, условием предоставления патентно-правовой охраны той или иной разработке является внесение разработчиком действительного вклада в уровень техники и тем самым обогащение общественных знаний. В этих целях проводится проверка заявляемых решений, а также создание условий для ознакомления любых заинтересованных лиц с новейшими разработками. Наконец, в общественных интересах закон устанавливает случаи так называемого свободного использования запатентованных разработок. Разовое изготовление лекарств в аптеках по рецептам врача, проведение научного эксперимента и т. д. – эти и некоторые другие изъятия из сферы патентной монополии, продиктованные общественными потребностями, выражают взвешенный баланс интересов патентообладателя и общества.

Следующим принципом патентного права является предоставление охраны лишь тем разработкам, которые в официальном порядке признаны патентоспособными изобретениями, полезными моделями и промышленными образцами. Для получения охраны заинтересованное лицо должно оформит и подать в Патентное ведомство особую заявку, которая рассматривается последним с соблюдением определенной процедуры и в случае соответствия заявленного объекта требованиям закона удовлетворяется. Если заявка на выдачу патента в Патентное ведомство не подавалась, разработка, которая объективно отвечает всем критериям патентоспособности, объектом охраны со стороны патентного права не становится. В этом состоит еще одно существенное различие между патентным и авторским правами. Авторское право охраняет любые творческие произведения, находящиеся в объективной форме. Для предоставления правовой охраны произведению по российскому законодательству не требуется выполнения каких-либо формальностей. Напротив, по патентному праву формальности, связанные с официальным признанием патентоспособности разработки, являются обязательным условием охраны. Это продиктовано целым рядом причин. К ним относятся и объективная повторимость тех решений, которые охраняются патентным правом, и предоставление охраны только тем разработкам, которые обладают новизной, и необходимость раскрытия сущности решения как условие предоставления охраны и т. д. В этой связи большое значение в патентном праве имеет понятие приоритета, которое неизвестно авторскому праву. На государственное признание и охрану своих прав могут претендовать только те заявители, которые первыми подали правильно оформленную заявку на выдачу патента.

Наконец, в качестве принципа патентного права может рассматриваться положение, согласно которому законом признаются и охраняются права и интересы не только патентодателей, но и действительных создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов. Данный принцип находит отражение во многих нормах патентного права. Прежде всего, именно действительным разработчикам предоставляется возможность получить патент и стать патентообладателями. Если в соответствии с законом право на получение патента имеет иное

лицо, например, работодатель, закон гарантирует получение разработчиками вознаграждения, соразмерного выгоде, которая получена или могла бы быть получена работодателем при надлежащем использовании разработки. При подаче заявки на выдачу патента лицом, которое не является разработчиком, это лицо должно представить доказательства, подтверждающие его право на подачу заявки. За разработчиками во всех случаях признаются личные неимущественные права на созданный ими объект, которые являются бессрочными и непередаваемыми.

Названные выше принципы определяют конкретное содержание основных норм патентного права, являются его исходными началами и служат предпосылками его дальнейшего развития. Знание этих принципов помогает лучше понять содержание конкретных патентно-правовых норм, способствует их правильному применению на практике и дает определенные ориентиры для разрешения тех жизненных ситуаций, которые прямо не урегулированы действующим законодательством.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ПАТЕНТНЫХ ПРАВ

Объектами патентных прав являются результаты интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, отвечающие установленным требованиям, и результаты интеллектуальной деятельности в сфере художественного конструирования, отвечающие требованиям к промышленным образцам.

Не могут быть объектами патентных прав:

– способы клонирования человека;

– решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

2.1. Понятие изобретения и условия патентоспособности заявляемого технического решения

В качестве изобретения охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств).

Любое решение задачи, заявляемое в качестве изобретения, должно подпадать под один из названных объектов. Это позволяет, во-первых, отграничивать технические решения от нетехнических и, во-вторых, обеспечивает объективную возможность контроля за использованием охраняемых законом изобретений. Четкое разграничение объектов изобретений имеет важное правовое значение, поскольку вид объекта определяет объем прав патентообладателя, влияет на содержание описания изобретения, специфику контрафактных действий и т. п.

К устройствам как объектам изобретения относятся конструкции и изделия. Под устройством понимается система расположенных в пространстве элементов, определенным образом взаимодействующих друг с другом. Для характеристики устройств используются конструктивные средства – наличие конструктивных

элементов, наличие связи между элементами, их взаимное расположение, форма выполнения элементов или устройства в целом, параметры и другие характеристики элементов, материал, из которого выполнены элементы или устройство в целом, и т. п. К устройствам как объектам изобретений относятся всевозможные конструкции и изделия – машины, приборы, механизмы, инструменты, транспортные средства, оборудование, сооружения и т. д. По сравнению с другими видами технических решений изобретения-устройства обеспечивают наиболее действенный контроль за их фактическим использованием, что и определяет их относительную распространенность.

Вещество представляет собой искусственно созданное материальное образование, являющееся совокупностью взаимосвязанных элементов.

К способам как объектам изобретения относятся процессы выполнения действий над материальным объектом с помощью материальных объектов. Способ – это совокупность приемов, выполняемых в определенной последовательности или с соблюдением определенных правил. Как объект изобретения способ характеризуется технологическими средствами – наличием определенного действия или совокупности действий, порядком выполнения таких действий (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и т. п.), условиями осуществления действий, режимом использования веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и т. д.), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и т. д.), штаммов микроорганизмов и т. д.

Способы как процессы выполнения действий над материальными объектами обычно подразделяются на: способы, направленные на изготовление продуктов (изделий, веществ и т. д.); способы, направленные на изменение состояния предметов материального мира без получения конкретных продуктов (транспортировка, обработка, регулирование и т. д.); способы, в результате которых определяется состояние предметов материального мира (контроль, измерение, диагностика и т. д.). Специфика изобретений-способов, направленных на изготовление продуктов, заключается в том, что действие патента, выданного на такой способ, распространяется и на продукт, изготовленный непосредственно этим способом. Что касается способов третьей группы, то с принятием нового закона патенты стали выдаваться также на способы профилактики, диагностики и лечения заболеваний, которые ранее охранялись только авторскими свидетельствами.

Наряду с объектами изобретений в законе содержится перечень творческих результатов, которые не признаются патентоспособными изобретениями. К ним относятся:

– открытия;

– научные теории и математические методы;

– решения, касающиеся только внешнего вида изделий и направленные на удовлетворение эстетических потребностей;

– правила и методы игр, интеллектуальной или хозяйственной деятельности;

– программы для электронных вычислительных машин;

– решения, заключающиеся только в представлении информации;

– сорта растений, породы животных и биологические способы их получения, за исключением микробиологических способов и продуктов, полученных такими способами;

– топологии интегральных микросхем;

– решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

В соответствии со статьей 1350 ГК РФ «изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо». Подобный подход заслуживает поддержки как согласующийся с мировой патентной практикой, которая, как правило, акцентирует внимание не на любых признаках объекта охраны, а лишь на тех, наличие которых необходимо для предоставления охраны.

Новизна изобретения как первое и непременное условие его патентоспособности всегда была характерным признаком изобретений как в России, так и за рубежом. Так, в соответствии с п. 21 Положения об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях 1973 г., решение признавалось новым, если до даты приоритета заявки сущность этого или тождественного решения не была раскрыта для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осуществление. В советской юридической литературе давно и справедливо обращалось внимание на то, что такое определение новизны являлось недостаточно четким и порождало бесконечные споры в отношении правомерности противопоставления, заявке неопубликованных материалов, носящих служебный характер (отчеты о научно-исследовательских работах, конструкторская и проектная документация и т. д.), а также сведений об открытом применении изобретений.

В новом законе новизна определяется как неизвестность изобретения из сведений об уровне техники. Далее раскрывается само понятие «уровень техники»: сведения об уровне техники включают в себя любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета изобретения. Данная формулировка позволяет акцентировать внимание на четырех моментах. Во-первых, при исследовании новизны заявленного решения используются лишь общедоступные сведения. Под ними понимаются сведения, содержащиеся в источнике, с которым любое лицо имело возможность ознакомиться само либо о содержании которого могло быть ему законным образом сообщено. Всякого рода служебная, закрытая, секретная и т. п. информация во внимание не принимается. Это, пожалуй, главное изменение в понимании новизны, которое произошло с принятием нового закона. Во-вторых, в уровень техники включаются любые сведения, раскрывающие сущность изобретения, независимо от того, в какой форме (устной, письменной, официальной, неофициальной и т. д.) они стали доступными публике. В-третьих, речь идет о сведениях, ставших общедоступными не только в России, но и в зарубежных странах. Иными словами, новизна изобретения должна носить абсолютный мировой характер. В-четвертых, при определении новизны могут использоваться только те сведения, которые стали общедоступными до даты приоритета изобретения. Сведения, раскрывающие сущность изобретения, которые появились после этой даты, во внимание не принимаются.

При определении уровня техники используются удовлетворяющие условию общедоступности сведения, представленные, в частности, в следующих источниках информации:

– опубликованные описания к охранным документам, опубликованные заявки на изобретения – с даты публикации;

– российские издания – с даты подписания в печать;

– иные издания – с даты выпуска в свет, а при отсутствии возможности ее установления – с последнего дня месяца или с 31 декабря указанного в издании года, если время выпуска в свет определено соответственно лишь месяцами и (или) годами;

– депонированные рукописи статей, обзоров, монографий и других материалов – с даты депонирования;

– отчеты о научно-исследовательских работах, пояснительные записки к опытно-конструкторским работам и другая конструкторская, технологическая и проектная документация, находящаяся в органах научно-технической информации, – с даты поступления в эти органы;

– нормативно-техническая документация (ГОСТ, ТУ и т. д.) – с даты регистрации ее в уполномоченных на то органах;

– материалы диссертаций и авторефераты диссертаций, изданные на правах рукописи, – с даты поступления в библиотеку;

– принятые на конкурс работы – с даты выкладки их для ознакомления, подтвержденной документами, относящимися к проведению конкурса;

– визуально воспринимаемые источники информации (плакаты, проспекты, чертежи, схемы, фотоснимки, модели, изделия и т. п.) – с даты, когда стало возможным их обозрение при наличии подтверждения официальными документами;

– экспонаты, помещенные на выставке, – с даты начала их показа, подтвержденной официальным документом;

– устные доклады, лекции, выступления – с даты, когда был сделан доклад, прочитана лекция, состоялось выступление, если они зафиксированы аппаратами звукозаписи или стенографически в порядке, установленном действовавшими на указанную дату правилами проведения соответствующих мероприятий;

– сообщения посредством радио, телевидении, кино и т. п. – с даты такого сообщения, если оно зафиксировано на соответствующем носителе информации в установленном порядке, действовавшем на указанную дату;

– сведения о техническом средстве, ставшие известными в результате его использования в производственном процессе, в изготовляемой или эксплуатируемой продукции, в том числе в опытном образце, переданном в эксплуатацию, либо иного введения в хозяйственный оборот, – с даты, указанной в официальном документе, подтверждающем общедоступный характер таких сведений.

Как видим, при проведении патентной экспертизы заявке могут быть противопоставлены либо такие сведения об изобретении, которые почерпнуты из открыто опубликованных источников, либо сведения об открытом применении изобретения. Из этого правила есть, однако, исключение, прямо указанное в законе. При исследовании новизны изобретения в сведения об уровне техники входят

также ранее поданные неопубликованные заявки на изобретения и полезные модели других авторов, а также запатентованные в РФ изобретения и полезные модели (с даты их приоритета). Совершенно очевидно, что эти заявки не могут относиться к общедоступным сведениям. Однако едва ли нужно доказывать необходимость их учета при исследовании новизны изобретения. Патентное право не допускает выдачи двух патентов на тождественные изобретения, патент выдается лишь по заявке, обладающей приоритетом. Поэтому закон подчеркивает, что сведения о ранее поданных заявках и запатентованных объектах учитываются, но исключительно при определении новизны изобретения. При оценке изобретательского уровня они во внимание не принимаются.

Новизна изобретения устанавливается по отношению к уровню техники, который определяется на дату приоритета изобретения. По общему правилу приоритет изобретения устанавливается по дате поступления в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ) заявки, содержащей заявление о выдаче патента, описание, формулу и чертежи, если в описании на них имеется ссылка.

Определение новизны изобретения производится путем сравнения совокупности его существенных признаков с признаками, известными из уровня техники объектов того же назначения. Иными словами, при анализе уровня техники во время проверки новизны заявленного изобретения выявляются аналоги изобретения. Сравнение производится с каждым из аналогов в отдельности. При определении новизны изобретения не допускается приведение нескольких источников информации для доказательства известности совокупности признаков изобретения.

Раскрытие информации, относящейся к изобретению, автором изобретения, заявителей или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно эту информацию, в результате чего сведения о сущности изобретения стали общедоступными, не является обстоятельством, препятствующим признанию патентоспособности изобретения, при условии, что заявка на выдачу патента на изобретение подана в Федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности в течение шести месяцев со дня раскрытия информации. Бремя доказывания того, что обстоятельства, в силу которых раскрытие информации не препятствует признанию патентоспособности изобретения, имели место, лежит на заявителе.

Вторым критерием патентоспособности изобретения является изобретательский уровень. Он заменил собой признак «существенные отличия», которым оперировало ранее действовавшее в СССР законодательство. Как представляется, указанные понятия, в сущности, выражают, хотя и в разных формах, одно и то же требование к изобретению, а именно служат показателем его качественного уровня сложности решаемой им задачи. Не случайно именно по признаку наличия или отсутствия существенных отличий в техническом решений многие годы в советском праве проводилось основное разграничение между изобретениями и рационализаторскими предложениями. Заметим попутно, что эту роль

при разграничении изобретений и полезных моделей выполняет ныне признак «изобретательский уровень».

Необходимость особого критерия, позволяющего признавать патентоспособными изобретениями лишь такие разработки, которые вносят вклад в научный и технический прогресс, почти никем из специалистов не ставится под сомнение. На первый взгляд, эту функцию может выполнять признак новизны, который обычно выражает творческое начало. Однако совершенно очевидно, что далеко не всякое решение, которое с полным основанием должно быть признано новым, можно считать и вносящим вклад в уровень техники. Например, обладая некими доступными знаниями в той или иной области техники, любой средний специалист легко может составить большое количество комбинаций известных средств, каждая из которых будет новой, но едва ли в большинстве случаев это будет означать выход за уже известное науке и технике. Поэтому в патентных законах подавляющего большинства стран присутствует, хотя и под разными названиями (изобретательский уровень, неочевидность, изобретательская деятельность, изобретательский шаг (существенные отличия) критерий, с помощью которого охраноспособное изобретение отграничивается от обычных инженерных разработок или объектов, к которым не предъявляются подобные требования.

Проверка изобретательского уровня проводится в отношении изобретения, охарактеризованного в независимом пункте формулы, и включает:

– определение наиболее близкого аналога;

– выявление признаков, которыми отличается заявленное изобретение от наиболее близкого аналога;

– выявление из уровня техники решений, имеющих признаки, совпадающие с отличительными признаками рассматриваемого изобретения.

Изобретение признается соответствующим условию изобретательского уровня, если не выявлены решения, имеющие признаки, совпадающие с его отличительными признаками, или такие решения выявлены, но не подтверждена известность влияния отличительных признаков на указанный заявителем технический результат. Важно подчеркнуть, что известность влияния отличительных признаков заявленного изобретения на технический результат может быть подтверждена как одним, так и несколькими источниками информации.

При этом принимаются во внимание только общедоступные сведения. Поданные неотозванные заявки на изобретения и полезные модели, а также запатентованные в России изобретения и полезные модели, если сведения о них не опубликованы, в уровень техники при исследовании изобретательского уровня не включаются.

Завершая рассмотрение критерия «изобретательский уровень», следует отметить, что в российском законодательстве, как и в законодательстве ряда других стран, использующих аналогичный критерий патентоспособности, закреплен примерный перечень (свод) негативных и позитивных правил определения изобретательского уровня. Так, согласно Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на изобретение, не соответствуют условию изобрета-

тельского уровня решения, предписывающие, в частности, следующие преобразования:

– дополнение известного средства какой-либо известной частью (частями), присоединяемой к нему по известным правилам, для достижения технического результата, в отношении которого установлено влияние именно таких дополнений;

– исключение какой-либо части средства (элемента, действия) с одновременным исключением обусловленной ее наличием функции и достижением при этом обычного для такого исключения результата (упрощение, уменьшение массы, габаритов, материалоемкости и т. п.);

– увеличение количества однотипных элементов, действий для усиления технического результата, обусловленного наличием в средстве именно таких элементов, действий и т. д.

Напротив, требованию изобретательского уровня соответствуют, в частности:

– способ получения нового индивидуального соединения с установленной структурой, основанный на новой для данного класса или группы соединений реакции;

– композиция, состоящая, по крайней мере, из двух известных ингредиентов, обеспечивающая синергетический эффект, и т. д.

Изобретение не рассматривается как не соответствующее изобретательскому уровню из-за его кажущейся простоты и раскрытия в материалах заявки механизма достижения творческого результата, если такое раскрытие стало известно не из уровня техники, а только из материалов заявки.

Третьим критерием патентоспособности изобретения является промышленная применимость.

Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности. В ранее действовавшем законодательстве признак под таким названием отсутствовал, однако подобное требование к изобретениям выводилось из понятия «техническое решение задачи». Основная роль требования промышленной применимости заключается в проверке возможности реализации заявленного решения в виде конкретного материального средства, а также в выяснении того, действительно ли с помощью данного изобретения достигается декларированный заявителем результат. При этом следует подчеркнуть, что в понятие промышленной применимости не включается требование положительного эффекта в том его смысле, какой в него вкладывался прежним советским изобретательским правом. Промышленная применимость означает лишь принципиальную возможность использования изобретения в одной из отраслей деятельности, однако отнюдь не свидетельствует о преимуществах и достоинствах заявляемого изобретения перед известными решениями. С позиции современного российского патентного законодательства полезность и нужность изобретения должны оцениваться не на стадии проведения экспертизы, а в практической деятельности и в условиях рыночной конъюнктуры. Не входит в понятие «промышленная приме-

нимость» и требование технической прогрессивности заявленного решения, которое российским законодательством к изобретениям не предъявляется.

Оценка соответствия заявленного изобретения требованию промышленной применимости включает проверку выполнения следующей совокупности условий:

– средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, предназначено для использования в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении, других отраслях деятельности;

– для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в независимом пункте принятой к рассмотрению формулы изобретения, подтверждена возможность его осуществления с помощью описанных в заявке или известных до даты приоритета средств и методов;

– средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, способно обеспечить достижение усматриваемого заявителем технического результата.

Не является основанием для вывода о несоответствии заявленного изобретения требованию промышленной применимости несоблюдение какого-либо из этих условий для частных форм выполнения изобретения, охарактеризованных в зависимых пунктах формулы изобретения.

2.2. Понятие полезной модели и условие патентоспособности заявляемого технического решения

В качестве полезной модели охраняются новые и промышленно применимые решения, относящиеся к устройству, т. е. конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления, а также их составных частей. Полезная модель – новый для российского патентного права объект, практика охраны которого пока лишь начинает складываться. В этой связи для уяснения основных его признаков может оказаться полезным сравнительный анализ соответствующих положений российского патентного закона с законодательством о полезных моделях тех стран, которые имеют богатый опыт охраны данного объекта интеллектуальной собственности (ФРГ, Испания, Италия, Япония и др.).

Как известно, понятием «полезная модель» обычно охватываются такие технические новшества, которые по своим внешним признакам очень напоминают патентоспособные изобретения, однако являются менее значительными с точки зрения их вклада в уровень техники. Законодательство тех стран, которые предусматривают особую охрану подобных объектов, устанавливает, как правило, более упрощенный порядок выдачи на них охранных документов (иногда именуемых малыми патентами), сокращенный срок их действия, менее значительные пошлины и т. п. Что касается круга охраняемых в качестве полезных моделей объектов, то в мировой практике наметились два подхода. В одних странах, в частности в Японии, понятие полезной модели толкуется расширительно и охватывает собой практически тот же перечень объектов, которые могут быть признаны изобретениями, то есть устройства, способы, вещества и т. п. В других странах, в

частности в ФРГ, понятием «полезная модель» охватываются лишь объекты, имеющие пространственную структуру.

Закон РФ, как видно из содержащегося в нем определения, исходит из узкого понятия полезной модели. Это обусловлено рядом причин. Во-первых, такая практика существует в большинстве государств, охраняющих полезные модели. Во-вторых, подобный подход позволяет обеспечить охрану абсолютного большинства создаваемых решений, поскольку на долю конструктивных средств, если судить по статистике изобретений, приходится максимум заявок. В-третьих, распространение понятия «полезная модель» на такие объекты, как способ и вещество, делало бы сомнительным применение термина «модель» в семантическом смысле, а его изменение на другой, например «малое изобретение», порождало бы проблему появления объекта патентной охраны, отсутствующего в международном патентном праве. В-четвертых, одним из соображений сокращения круга объектов, охраняемых в качестве полезных моделей, было, безусловно, и стремление хотя бы на первых порах позаботиться об ограничении объема экспертной работы.

Таким образом, обязательным признаком полезной модели по российскому законодательству является то, что решение задачи заключается в пространственном расположении материальных объектов. В качестве полезных моделей не охраняются решения, относящиеся к способам, веществам, штаммам микроорганизмов, культур клеток растений и животных, а также к их применению по новому назначению. Кроме того, полезными моделями не признаются проекты и схемы планировки сооружений, зданий, территорий; предложения, касающиеся лишь внешнего вида изделий, направленные на удовлетворение эстетических потребностей; предложения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали, а также некоторые другие объекты, которые вообще не подпадают под понятие технических решений.

Полезная модель, как и изобретение, является техническим решением задачи. Их основные различия заключаются в двух моментах. Во-первых, в качестве полезных моделей охраняются не любые технические решения, а лишь те, которые относятся к типу устройств, то есть конструкторскому выполнению средств производства и предметов потребления. Во-вторых, к полезным моделям не предъявляется требований изобретательского уровня. Это, однако, не означает, что полезной моделью может быть признано очевидное для любого специалиста решение задачи. Полезная модель, так же, как изобретение и другие объекты интеллектуальной собственности, должна быть результатом самостоятельного изобретательского творчества. Но степень этого творчества может быть меньшей, чем это требуется для признания решения изобретением. Кроме того, наличие изобретательского творчества не проверяется при выдаче охранного документа на полезную модель.

Для признания решения полезной моделью оно должно обладать новизной и промышленной применимостью (условия патентоспособности).

Полезная модель является новой, если совокупность ее существенных признаков неизвестна из уровня техники. К существенным относятся все те признаки

полезной модели, которые влияют на достигаемый результат, то есть находятся в причинно-следственной связи с указанным результатом. Если совокупность существенных признаков, достаточных для достижения обеспечиваемого полезной моделью технического результата, не является общеизвестной, полезная модель признается новой.

Как и в отношении изобретений, новизна полезной модели устанавливается через уровень техники, то есть совокупность общедоступных в мире сведений. Однако сам этот уровень техники определяется не совсем одинаково. Если применительно к изобретениям в него включаются любые сведения, ставшие общедоступными до даты приоритета, то в отношении полезных моделей в уровень техники не входят сведения об открытом применении за пределами России средств, тождественных заявляемой полезной модели. Иными словами, к полезным моделям предъявляется требование не абсолютной, а относительной мировой новизны. Сведения об открытом применении тождественного технического средства за рубежом новизну полезной модели не порочат. Что касается опубликованных в мире сведений о средствах того же назначения, что и заявляемая полезная модель, то они должны быть общедоступными. Секретные, закрытые, служебные и т. п. сведения, с которыми не могло ознакомиться любое заинтересованное лицо, публикацией, порочащей новизну, не признаются.

Помимо общедоступных сведений в уровень техники по прямому указанию закона включаются при условии их более раннего приоритета все поданные в Российской Федерации другими лицами заявки на изобретения и полезные модели (кроме отозванных), а также запатентованные в Российской Федерации изобретения и полезные модели. Хотя указанные заявки до их публикации не относятся к общедоступным сведениям, они в обязательном порядке принимаются во внимание с целью недопущения выдачи двух или более охранных документов на тождественные объекты.

Новизна полезной модели устанавливается на дату приоритета, который определяется по тем же правилам, что и приоритет изобретения. В равной степени к полезным моделям применяются правила о конвенционном приоритете, об определении приоритета по выделенной заявке, по дате подачи дополнительных материалов и по более ранней отозванной заявке. Кроме того, в случае если заявитель воспользовался своим правом на преобразование заявки на полезную модель в заявку на изобретение, сохраняет силу приоритет первой заявки.

Наконец, не признается обстоятельством, влияющим на новизну полезной модели, публичное раскрытие информации, относящейся к полезной модели, ее заявителем, автором или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно эту информацию, если заявка на полезную модель подана не позднее шести месяцев с даты раскрытия (льгота по новизне).

Полезная модель является промышленно применимой, если она может быть практически использована в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности. Указанный критерий по отношению к полезным моделям имеет точно такое же значение, как и по отношению к изобретениям. Он свидетельствует о том, что заявленное решение является осуществимым

и заявителем разработаны и отражены в заявке конкретные средства, достаточные для его воплощения в жизнь. Ни сфера использования полезной модели, ни положительный эффект, который дает внедрение полезной модели, ни масштабы использования юридического значения для предоставления охраны заявленному решению не имеют. Однако промышленная применимость подразумевает возможность неоднократного использования полезной модели. Если предложенное решение, несмотря на его принадлежность к типу устройств и новизну, рассчитано на какие-либо уникальные условия и объективно не может быть воспроизведено, оно не считается промышленно применимым.

Не предоставляется правовая охрана в качестве полезной модели:

– решениям, касающимся только внешнего вида изделий и направленным на удовлетворение эстетических потребностей;

– топологиям интегральных микросхем.

2.3. Понятие промышленного образца и условия патентоспособности заявляемого художественно-конструкторского решения

Промышленным образцом является художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Как и изобретение, промышленный образец представляет собой нематериальное благо, результат творческой умственной деятельности, который может быть воплощен в конкретных материальных объектах. Однако если изобретение является техническим решением задачи, то промышленным образцом признается решение внешнего вида изделия. Хотя в законе и дополняющих его актах это понятие более детально не раскрывается, его анализ позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, промышленным образцом является решение задачи, содержащее указание конкретных средств и путей реализации творческого замысла дизайнера. Если задача лишь поставлена, но фактически не решена, промышленный образец как самостоятельный объект еще не создан. Во-вторых, задача, решаемая с помощью промышленного образца, состоит в определении внешнего вида изделия. Под изделиями в данном случае понимаются самые разнообразные предметы, предназначенные для удовлетворения человеческих потребностей, которые могут восприниматься визуально и способны сохранять свой внешний вид. Внешний вид изделия может включать разные признаки, но, в конечном счете, он определяется выразительностью и взаимным расположением основных композиционных элементов, формой и цветовым исполнением. В-третьих, решение внешнего вида изделия должно носить художественно-конструктивный характер. Иными словами, во внешнем виде изделия должны сочетаться художественные и конструкторские элементы. Использование одних лишь художественных средств, например, изменение цвета изделия, равно как и одних конструкторских средств, например, изменение размера изделия, для промышленного образца недостаточно. Художественные и конструкторские элементы должны гармонично сочетаться и взаимно дополнять друг друга.

Итак, промышленным образцом в широком смысле является любое художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его внешний вид. В этом смысле промышленными образцами могут считаться решения внешнего вида любых новых изделий, выпускаемых промышленно, которые в своей подавляющей массе нигде не регистрируются и никак не охраняются.

Промышленному образцу предоставляется правовая охрана, если по своим существенным признакам он является новым и оригинальным.

К существенным признакам промышленного образца относятся признаки, определяющие эстетические и (или) эргономические особенности внешнего вида изделия, в частности форма, конфигурация, орнамент и сочетание цветов.

Промышленный образец является новым, если совокупность его существенных признаков, нашедших отражение на изображениях изделия и приведенных в перечне существенных признаков промышленного образца (пункт 2 статьи 1377), не известна из сведений, ставших общедоступными в мире до даты приоритета промышленного образца.

При установлении новизны промышленного образца также учитываются при условии их более раннего приоритета все поданные в Российской Федерации другими лицами заявки на промышленные образцы, с документами которых вправе ознакомиться любое лицо в соответствии с пунктом 2 статьи 1394 настоящего Кодекса, и запатентованные в Российской Федерации промышленные образцы.

Промышленный образец является оригинальным, если его существенные признаки обусловлены творческим характером особенностей изделия.

Как видим, правовая охрана предоставляется лишь тем промышленным образцам, которые обладают абсолютной мировой новизной. По сравнению с ранее действовавшим законодательством, содержавшим указание на неизвестность промышленного образца для определенного круга лиц, ныне в законе подчеркивается, что при исследовании новизны во внимание могут приниматься лишь общедоступные в мире сведения. Круг сведений, которые могут быть противопоставлены заявке на промышленный образец, аналогичен сведениям, учитываемым при исследовании новизны изобретения. В частности, во внимание принимаются опубликованные описания к охранным документам, опубликованные заявки на промышленные образцы – с даты приоритета, российские издания – с даты выпуска в свет и т. д.

Раскрытие информации, относящейся к промышленному образцу, автором промышленного образца, заявителем или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно эту информацию, в результате чего сведения о сущности промышленного образца стали общедоступными, не является обстоятельством, препятствующим признанию патентоспособности промышленного образца, при условии, что заявка на выдачу патента на промышленный образец подана в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности в течение шести месяцев со дня раскрытия информации. Бремя доказывания того, что обстоятельства, в силу которых раскрытие информации не препятствует призна-

нию патентоспособности промышленного образца, имели место, лежит на заявителе.

Признак оригинальности выполняет применительно к промышленным образцам примерно ту же роль, которую играет относительно изобретений критерий изобретательского уровня. С его помощью охраноспособные промышленные образцы как творческие художественно-конструкторские решения отграничиваются от результатов обычной дизайнерской работы. Правовой охране подлежат лишь те решения, которые, выходя за рамки обычного проектирования, воспринимаются как неожиданные, несхожие с известными художественно- конструкторскими разработками.

Проверка оригинальности промышленного образца включает, во-первых, определение наиболее близкого аналога; во-вторых, выявление существенных признаков, которые отличают заявленный промышленный образец от наиболее близкого аналога, и, в-третьих, выявление из сведений, ставших общедоступными в мире до даты приоритета, художественно-конструкторских решений, имеющих признаки, совпадающие с отличительными признаками рассматриваемого промышленного образца.

Промышленный образец признается промышленно применимым, если он может быть многократно воспроизведен путем изготовления соответствующего изделия. Именно возможность воспроизведения, т. е. возможность изготовления копий изделия такого же внешнего вида, делает актуальной патентно-правовую форму охраны оригинального художественно-конструкторского решения. Если решение внешнего вида изделия практически не воспроизводимо, например, когда речь идет о ручной высокохудожественной работе, то необходимость в его патентной охране, как правило, отсутствует. В этом случае права создателя творческого результата в достаточной мере охраняются нормами авторского права.

Не предоставляется правовая охрана в качестве промышленного образца:

– решениям, обусловленным исключительно технической функцией изделия;

– объектам архитектуры (кроме малых архитектурных форм), промышленным, гидротехническим и другим стационарным сооружениям;

– объектам неустойчивой формы из жидких, газообразных, сыпучих или им подобных веществ.

3. СУБЪЕКТЫ ПАТЕНТНОГО ПРАВА

В отношениях, связанных с созданием, регистрацией и использованием изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, участвует большое число субъектов, представленных как гражданами, так и юридическими лицами. К их числу относятся создатели творческих решений, патентообладатели, их правопреемники, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ), патентные поверенные и некоторые другие лица, наделенные соответствующими правами и обязанностями в рассматриваемой сфере.

Одной из центральных фигур является автор технического и художественно-конструкторского решения. В соответствии с законодательством, автором изобретения, полезной модели или промышленного образца признается гражданин, творческим трудом которого создан соответствующий результат интеллектуальной деятельности. Для признания лица автором соответствующего решения не имеет значения ни его возраст, ни состояние его дееспособности. Несовершеннолетние в возрасте от 14 до 18 лет не только приобретают, но и самостоятельно осуществляют принадлежащие им права, вытекающие из факта создания разработки (ст. 26 ГК РФ). За лиц, не достигших 14 лет, а также граждан, признанных в установленном законом порядке недееспособными, все необходимые действия по осуществлению принадлежащих им прав совершают их законные представители, т. е. родители или опекуны (ст. 28-29 ГК РФ).

Патентообладателем является лицо, владеющее патентом на изобретение, полезную модель или промышленный образец и вытекающими из патента исключительными правами на использование указанных объектов. Им может быть автор разработки, его наследник или иной правопреемник. Изначально правом на получение патента на свое имя обладает автор разработки, если только законом не установлено иное. Данное право основывается на самом факте создания патентоспособного решения и является одним из основополагающих прав автора. Однако фигуры автора и патентообладателя совпадают далеко не всегда. Напротив, как показывают статистические данные, в роли патентообладателей значительно чаще выступают не создатели разработок, а иные лица.

Важный участник патентных отношений – РОСПАТЕНТ, которое является центральным органом федеральной исполнительной власти, обеспечивающим формирование и проведение единой государственной политики в области правовой охраны промышленной собственности. Роспатент является правопреемником упраздненного Государственного патентного ведомства СССР, которое после принятия Закона СССР «Об изобретениях в СССР» 1991 г. именовалось Госпатентом СССР, а ранее – Государственным комитетом СССР по делам изобретений и открытий (сокр. Госкомизобретений СССР). Главными задачами РОСПАТЕНТА являются:

1) разработка предложений по формированию единой государственной политики в области охраны промышленной собственности;

2) правовая охрана промышленной собственности на территории РФ;

3) обеспечение эффективного функционирования единой государственной патентной службы;

4) организация информационной и издательской деятельности в области охраны промышленной собственности;

5) организация подготовки специалистов в области охраны промышленной собственности;

6) содействие созданию правовых условий для развития научно-технического и художественно-конструкторского творчества в РФ;

7) осуществление международного сотрудничества в области охраны промышленной собственности.

Ведение дел о выдаче патентов на объекты промышленной собственности и решение иных патентно-правовых вопросов требуют специальных знаний как в соответствующей области науки и техники, так и в сфере патентного права.

Поэтому законодательство РФ предоставляет изобретателям и их правопреемникам право не только выступать в патентных отношениях лично, но и пользоваться услугами других лиц. Собственно говоря, такая возможность существовала всегда в связи с наличием в гражданском праве института представительства. Во многих случаях и в прежние годы заявки на изобретения и другие объекты промышленной собственности подавались не самими изобретателями, а соответствующими патентными службами предприятий и организаций, оформлялись с помощью специалистов Всесоюзной организации изобретателей и рационализаторов и т. п. Новшеством является то, что в соответствии с законодательством РФ создан особый институт патентных поверенных, призванных оказывать заявителям квалифицированную помощь по патентным делам. Ранее столь привычный для западных патентных систем элемент, как патентный поверенный, в России отсутствовал.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ПРАВ

Один из важнейших принципов, на которых основана патентная система, состоит в том, что непременным условием предоставления правовой охраны той или иной разработке является официальное признание ее объектом патентного права. Данное признание может осуществляться разными путями, быть относительно сложным или, напротив, сведенным к предельно упрощенной формальной процедуре, которая, однако, обязательна. Если изобретение, полезная модель или промышленный образец отвечают всем критериям охраноспособности, но официально данный факт не подтвержден, они патентным правом не охраняются. В этом состоит одно из важных различий, существующих между патентным и авторским правами. В отличие от авторского права, которое охраняет произведения науки, литературы и искусства с момента придания им объективной формы, допускающей возможность их восприятия другими лицами, патентное право охраняет соответствующие технические и художественно-конструкторские разработки только после официального признания их изобретениями, полезными моделями или промышленными образцами, что предполагает выполнение ряда формальностей. Указанные формальности обычно сводятся к составлению особой заявки на выдачу патента или иного охранного документа на разработку, рассмотрению данной заявки РОСПАТЕНТОМ и вынесению решения о выдаче патента. Подобный порядок действует и в России.

4.1. Составление и подача заявки на выдачу патента

Заявка на выдачу патента подается автором, работодателем или их правопреемниками в РОСПАТЕНТ РФ (конкретно – в Федеральный институт промышленной собственности – ФИПС). Заявка может быть подана как непосредственно

указанными лицами, так и через патентного поверенного, зарегистрированного в РОСПАТЕНТЕ. Физические лица, проживающие за пределами РФ, или иностранные юридические лица, либо их патентные поверенные ведут дела по получению патентов и поддержанию их в силе через патентных поверенных, если иное не предусмотрено международными договорами, участником которых является РФ. Полномочия патентного поверенного удостоверяются доверенностью заявителя, которая имеет простую письменную форму и не требует нотариального удостоверения. Физическими лицами, проживающими за пределами РФ, и иностранными юридическими лицами доверенность должна быть оформлена в порядке, предусмотренном законодательством страны, где она составляется, и легализирована в консульском учреждении РФ, кроме случаев, когда легализация не требуется на условиях взаимности.

Патентная заявка составляется по строго определенным правилам, отступление от которых недопустимо. Само понятие «заявка» является собирательным и охватывает собой ряд отдельных документов. При этом, естественно, заявки на изобретения, полезные модели и промышленные образцы несколько отличаются друг от друга по составу входящих в них документов, хотя в целом принципиальных различий между ними нет. Так, согласно закону, заявки на выдачу патента на изобретение и на полезную модель должны содержать:

1) заявление о выдаче патента;

2) описание изобретения (полезной модели), раскрывающее его (ее) с полнотой, достаточной для осуществления;

3) формулу изобретения (полезной модели), выражающую его сущность и полностью основанную на описании;

4) чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изобретения (полезной модели);

5) реферат.

Заявка на выдачу патента на промышленный образец, помимо заявления и описания промышленного образца, должна включать:

1) комплект изображений изделия, дающих полное детальное представление о внешнем виде изделия;

2) чертеж общего вида изделия, эргономическую схему, конфекционную карту, если они необходимы для раскрытия сущности промышленного образца;

3) перечень существенных признаков промышленного образца.

Как видим, в состав заявки на промышленный образец не входит реферат; формулу разработки заменяет перечень существенных признаков промышленного образца, который является составной частью описания.

Конкретные требования к содержанию и оформлению документов заявки установлены ФИПС в утвержденных им Правилах составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патентов на соответствующие объекты промышленной собственности. Заявление о выдаче патента представляется на русском языке. Прочие документы заявки представляются на русском или другом языке. Если документы заявки представлены на другом языке, к заявке прилагается их перевод на русский язык, который может быть представлен не позднее двух месяцев

после поступления заявки. Документы, входящие в состав заявок на изобретение и полезную модель, представляются в трех экземплярах, а прилагаемые к заявкам документы – в одном. Заявление о выдаче патента на промышленный образец подается в трех экземплярах; описание, чертежи общего вида – в двух экземплярах; фотографии изделия, макета или рисунка общего вида – в шести экземплярах, прочие фотографии – в двух экземплярах; остальные документы представляются в одном экземпляре.

Все документы заявки должны быть оформлены таким образом, чтобы их можно было хранить длительное время и непосредственно репродуцировать в неограниченном количестве копий. Каждый лист используется только с одной стороны с расположением строк параллельно меньшей стороне листа. Каждый документ заявки начинается на отдельном листе. Документы заявки выполняются на листах прочной, гладкой, неблестящей белой бумаги стандартного формата 210×297 мм. Размеры полей на листах, содержащих заявление, описание, формулу, реферат, следующие: верхнее – 20-40 мм, правое и нижнее – 20-30 мм, левое – 25-40 мм. В каждом документе заявки второй и последующие листы нумеруются арабскими цифрами.

Документы печатаются шрифтом черного цвета. Тексты описания, реферата и формулы печатаются через два интервала с высотой заглавных букв не менее 2,1 мм. Графические символы, латинские наименования, латинские и греческие буквы, математические и химические формулы могут быть вписаны чернилами, пастой или тушью черного цвета. Не допускается смешанное написание формул в печатном и рукописном виде. Графические материалы выполняются на прочной, белой, гладкой бумаге черными нестираемыми линиями и штрихами. Масштаб и четкость изображений выбираются такими, чтобы при репродуцировании с линейным уменьшением до 2/3 можно было различить все детали. Размеры на чертеже не указываются, при необходимости они приводятся в описании.

Переходя к характеристике отдельных документов заявки, прежде всего, отметим, что законодательством установлены конкретные требования не только к их оформлению, но и к содержанию. Заявление о выдаче патента по своему существу есть просьба заявителя, обращенная к ФИПС, о предоставлении правовой охраны разработке, сущность которой раскрыта в описании. В заявление включаются сведения о названии разработки, о предполагаемом патентообладателе, а также о заявителе и об авторе. В частности, указываются их полное имя (наименование), местожительство (местонахождение), адрес для переписки. Следует подчеркнуть, что данные об авторе (авторах) разработки приводятся в заявлении в обязательном порядке, хотя бы впоследствии автор (авторы) отказался быть упомянутым в качестве такового в публикуемых сведениях о заявке. Применяемая в российском патентном законодательстве типовая форма заявления о выдаче патента не предусматривает места для особого утверждения автора (авторов) о том, что именно он (они) является или, по крайней мере, искренне верит в то, что является первым и действительным создателем разработки, хотя это и предполагается. Кроме того, в заявлении содержатся:

а) просьба об установлении даты приоритета по конкретной дате (дате поступления заявки, дате подачи первой заявки в стране-участнице Парижской конвенции по охране промышленной собственности и т. д.);

б) сведения о патентном поверенном;

в) мнение заявителя о возможности открытой публикации сведений о разработке. Заявление подписывается заявителем или патентным поверенным, если заявка подается через последнего. Если заявитель – юридическое лицо, заявление подписывается руководителем организации или лицом, уполномоченным на это; указывается должность подписывающего лица, и подпись скрепляется печатью организации.

Центральным документом заявки является описание изобретения, полезной модели или промышленного образца. Описание должно раскрывать сущность разработки с полнотой, достаточной для ее осуществления и подтверждать формулу изобретения (полезной модели) или содержать перечень существенных признаков промышленного образца. Описание разработки составляется по определенной схеме, отступление от которой недопустимо. Описания изобретения и полезной модели имеют практически совпадающую структуру; описание промышленного образца составляется по несколько отличным правилам.

Описание изобретения (полезной модели) начинается с указания названия изобретения и индекса рубрики действующей редакции Международной патентной классификации (МПК), к которой относится заявляемое изобретение (полезная модель), и содержит следующие разделы:

– область техники, к которой относится изобретение (полезная модель);

– уровень техники;

– сущность изобретения (полезной модели);

– перечень фигур чертежей и иных материалов (если они прилагаются);

– сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения (полезной модели).

Не допускается замена какого-либо раздела описания или его части отсылкой к источнику, в котором содержатся необходимые сведения, например, к литературному источнику, описанию к ранее поданной заявке, описанию к охранному документу и т. п.

Название изобретения (полезной модели) должно быть кратким и точным, связанным с его назначением, соответствующим сущности изобретения (полезной модели) и, как правило, определенной рубрике МПК. Название излагается в единственном числе, кроме случаев, когда употребляемый термин не имеет единственного числа, либо относится к химическим соединениям, охватываемым общей структурной формулой.

В разделе описания «Область техники, к которой относится изобретение (полезная модель)», указывается область применения разработки. Если таких областей несколько, указываются те области, в которых разработка может преимущественно применяться.

Уровень техники раскрывается в описании путем характеристики аналогов изобретения (полезной модели) с выделением среди них аналога, наиболее близ-

кого к изобретению (полезной модели) по совокупности признаков (прототип). Аналог изобретения (полезной модели) – это средство такого же назначения, известное из сведений, ставших общедоступными до даты приоритета изобретения (полезной модели), и характеризующееся совокупностью признаков, сходных с совокупностью существенных признаков изобретения (полезной модели). При описании каждого из аналогов приводятся библиографические данные источника информации, в котором он раскрыт, признаки аналога с указанием тех из них, которые совпадают с существенными признаками заявляемого изобретения (полезной модели), а также указываются известные заявителю причины, препятствующие получению требуемого технического результата. Если аналогов несколько, то последним описывается прототип.

В разделе «Сущность изобретения (полезной модели)» подробно раскрывается задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение (полезная модель), а также описывается тот технический результат, который может быть получен при ее осуществлении. В этом разделе указываются все существенные признаки, характеризующие разработку, с выделением признаков, отличающих ее от прототипа. В описании должно быть показано наличие причинно-следственной связи между совокупностью существенных признаков заявляемой разработки и ее достигаемым техническим результатом. При раскрытии сущности изобретения (полезной модели) рекомендуется указывать и другие известные заявителю виды технических результатов, в том числе в частных случаях, в конкретных формах его выполнения или при особых условиях использования.

Технический результат может выражаться, в частности, в уменьшении крутящего момента, в снижении коэффициента трения, в предотвращении заклинивания, снижении вибрации, повышении противоопухолевой активности, локализации действия лекарственного препарата и т. п.

Перечень фигур чертежей и иных материалов как особый раздел описания, кроме перечня всех фигур графических изображений, должен содержать краткое указание на то, что изображено на каждой из них. Если представлены иные материалы, поясняющие сущность изобретения, приводится краткое пояснение их содержания.

В разделе «Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения (полезной модели)» обосновывается возможность получения указанного в разделе «Сущность изобретения (полезной модели)» технического результата. Возможность осуществления разработки, сущность которой характеризуется с использованием признака, выраженного общим понятием, подтверждается либо описанием непосредственно в материалах заявки средства для реализации такого признака и методов его получения, либо указанием на известность такого средства или метода его получения. При использовании для характеристики разработки количественных признаков, выраженных в виде интервала значений, показывается возможность получения технического результата в этом интервале. Для обеспечения максимального объема прав интервал значений целесообразно выбирать исходя из условия отсутствия за его пределами возможности получения указанного технического результата. Возможность осуществления изобретения, относяще-

гося к штамму микроорганизма, культуре клеток или к способу, в которых он используется, подтверждается указаниями на то, как или где может быть получен соответствующий штамм. Возможность получения штамма может быть подтверждена, в частности, представлением документа о депонировании, оформленного в установленном порядке, при этом дата депонирования должна предшествовать дате приоритета изобретения.

Структура описания промышленного образца в принципе совпадает со структурой описания изобретения (полезной модели), хотя названия отдельных разделов и не совпадают. Например, раздел, в котором приводятся общедоступные сведения о средствах того же назначения, называется не «Уровень техники», а «Аналоги промышленного образца, в том числе ближайший из них», а раздел, посвященный реализации разработки, именуется не «Сведения, подтверждающие возможность осуществления», а «Возможность многократного воспроизведения». Кроме того, описание промышленного образца завершается приведением совокупности его существенных признаков в части, определяющей объем его правовой охраны. Некоторые особые требования предъявляются и к содержанию отдельных разделов. Например, в разделе описания «Аналоги промышленного образца» могут дополнительно отражаться тенденции развития той области художественного конструирования, к которой они относятся.

Важной частью заявки на выдачу патента на изобретение (полезную модель) является формула изобретения (полезной модели), которая определяет объем правовой охраны, предоставляемой патентом на изобретение или на полезную модель. В формуле приводится характеристика разработки, выражающая ее сущность, т. е. содержащая совокупность ее существенных признаков, достаточную для достижения указанного заявителем технического результата. Формула излагается в виде логического определения изобретения (полезной модели) совокупностью всех его существенных признаков. Признаки в формуле выражаются таким образом, чтобы обеспечить возможность их идентификации.

По структуре формула может быть однозвенной, т. е. состоящей из одного пункта, или многозвенной, т. е. состоящей из нескольких пунктов, которые находятся друг с другом в определенной зависимости. Однозвенная формула применяется для характеристики одного изобретения совокупностью существенных признаков, не имеющей развития или уточнения применительно к частным случаям его выполнения или использования. Многозвенная формула применяется для характеристики одного изобретения (полезной модели) с развитием и (или) уточнением совокупности его существенных признаков применительно к частным случаям выполнения или использования изобретения (полезной модели) или для характеристики группы изобретений (полезных моделей).

Многозвенная формула, характеризующая одно изобретение (полезную модель), имеет один независимый пункт и следующий (следующие) за ним зависимый (зависимые) пункт (пункты). Многозвенная формула, характеризующая группу изобретений (полезных моделей), имеет несколько независимых пунктов, каждый из которых характеризует одну из разработок группы. При этом каждое

изобретение (полезная модель) группы может быть охарактеризовано с привлечением зависимых пунктов, подчиненных соответствующему независимому.

В независимый пункт формулы включается совокупность существенных признаков, достаточных для получения технического результата, проявляющегося во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны. Он состоит, как правило, из ограничительной части, включающей существенные признаки, совпадающие с признаками прототипа, в том числе родовое понятие, отражающее назначение изобретения (полезной модели), и отличительной части, включающей существенные признаки, которые отличают разработку от наиболее близкого аналога.

При составлении независимого пункта формулы после изложения ограничительной части вводится словосочетание «отличающийся (еся) тем, что», непосредственно после которого излагается отличительная часть. Примером может служить следующая простейшая формула: «Способ изготовления печатных схем, заключающийся в том, что на заранее заготовленную матрицу, имеющую рельефные токопроводящие дорожки, гальваническим путем наносят слой меди, который затем переносят на подложку, отличающийся тем, что перед покрытием матрицу смачивают раствором хромсодержащего соединения».

В отдельных случаях, в частности при составлении формул индивидуальных соединений, штаммов микроорганизмов, культур клеток растений и животных, применении ранее известных устройств, способов, веществ и штаммов по новому назначению, а также изобретений, не имеющих аналогов, они не подразделяются на ограничительную и отличительную части.

В зависимый пункт формулы включаются существенные признаки, характеризующие изобретение (полезную модель) в частных случаях его выполнения или использования. Зависимый пункт формулы включает в себя родовое понятие, отражающее назначение разработки, изложенное, как правило, сокращенно по сравнению с приведенным в независимом пункте, и ссылку на независимый и (или) зависимый пункт (пункты), к которому оно относится. При подчиненности зависимого пункта нескольким пунктам формулы ссылки на них указываются с использованием альтернативы. Иными словами, в качестве прототипа решений, раскрываемых в зависимых пунктах формулы, выступает то решение, которое охарактеризовано в независимом или другом предшествующем пункте формулы. Это позволяет не воспроизводить все признаки, уже отраженные в независимом или ином пункте формулы, а ограничиться общим указанием типа: «Устройство по п. 1, отличающееся тем, что матрицу смачивают раствором двухромокислого калия с концентрацией 1 г/л».

Помимо рассмотренных документов, в состав заявки на выдачу патента могут входить чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изложенного в описании. Они должны быть согласованы с текстом описания, а представляются в виде графических материалов (собственно чертежей, схем, графиков, рисунков и т. п.), фотографий, таблиц, диаграмм и т. д. Рисунки представляются в том случае, если невозможно проиллюстрировать описание разработки чертежами или схемами. Фотографии представляются как допол-

нение к другим видам графических материалов. В правом верхнем углу каждого листа графических материалов указывается название изобретения (полезной модели).

Наконец, в состав заявки на изобретение (полезную модель) входит реферат, представляющий собой сокращенное изложение содержания описания изобретения (полезной модели), включающее название, характеристику области техники, к которой относится изобретение (полезная модель), и (или) область его применения, если это не ясно из названия разработки, характеристику сущности с указанием достигаемого технического результата. Сущность изобретения (полезной модели) в реферате характеризуется путем такого свободного изложения формулы, при котором сохраняются все существенные признаки независимого пункта формулы. При необходимости в реферат включают чертеж или химическую формулу. Кроме того, реферат может содержать дополнительные сведения, в частности указание на наличие и количество зависимых пунктов формулы, графических изображений, таблиц. Средний объем текста реферата – до 1000 печатных зраков.

В состав заявки на выдачу патента на промышленный образец включается комплект фотографий изделия, макета иди рисунка, который является основным документом, содержащим изобразительную информацию о заявляемом промышленном образце и позволяющим определить объем его правовой охраны. Изделие должно быть сфотографировано полностью при равномерном освещении на нейтральном фоне, без посторонних предметов. Художественно-конструкторские решения изделий одежды и обуви должны быть сфотографированы на манекенщице (манекенщике), возрастная группа и антропометрические данные которой (размер, рост, полнота) соответствуют положенным в основу разработки данным.

Художественно-конструкторское решение, относящееся к комплекту (набору) изделий, должно быть представлено фотографией общего вида комплекта (набора), а также фотографиями отдельных изделий, входящих в комплект. Каждый вариант промышленного образца должен быть представлен отдельным комплектом фотографий. Заявка должна содержать черно-белые фотографии общего вида промышленного образца в ракурсе 3×4 см спереди, виды слева, справа, сзади, а при необходимости – снизу, сверху. Для изделий закрывающихся, складывающихся, трансформирующихся и т. д., например, холодильники, телефонные будки, пылесосы и т. п., прилагаются фотографии изделий в открытом и собранном виде. В тех случаях, когда цветовое решение изделия является одним из существенных признаков промышленного образца, должна быть приложена одна цветная фотография общего вида изделия, слайд или схема цветового решения. Фотографии представляются размером 18×24 см. Для небольших по габаритам изделий или макетов, например, наручных (карманных) часов, микрокалькуляторов и т. п., могут быть представлены фотографии размером 13×18 или 9×12 см. Фотографии изделия, макета или рисунка общего вида представляют в шести экземплярах, а остальные фотографии – в двух экземплярах.

Кроме комплекта фотографий, в состав заявки на промышленный образец при необходимости могут входить чертеж общего вида изделия или принципи-

альная компоновочная схема, конфекционная карта, т. е. образцы текстильных, трикотажных материалов, кожи, фурнитуры, отделки и т. д., рекомендуемых для изготовления изделия, эргономическая схема и т. д. Указанные документы должны содержать дополнительную информацию о заявляемом художественно-конструкторском решении, не содержащуюся в фотографиях, но относящуюся к существу художественно-конструкторского решения.

К заявке на выдачу патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец прилагается документ, подтверждающий уплату пошлины.

4.2. Экспертизы заявок

Формальная экспертиза заявки. Поступившие в ФИПС заявки регистрируются и передаются на экспертизу. Правила проведения экспертизы заявок на изобретение, полезную модель и промышленный образец существенно отличаются друг от друга. Если заявки на изобретения и промышленные образцы проверяются как с точки зрения правильности их составления, так и с точки зрения их существа, то при экспертизе заявок на полезные модели проверка соответствия заявленного решения установленным законом критериям патентоспособности не осуществляется. В свою очередь, правила экспертизы заявок на изобретения и промышленные образцы также не совпадают. Если в отношении заявок на промышленные образцы, успешно прошедших формальную экспертизу, экспертиза по существу проводится без каких-либо изъятий и дополнительных условий, то заявки на изобретения подвергаются подобной экспертизе лишь по специальному ходатайству заявителя или третьих лиц. Таким образом, закон РФ устанавливает:

а) проверочную систему экспертизы заявок на выдачу патента на промышленный образец;

б) отсроченную систему экспертизы заявок на выдачу патента на изобретение;

в) явочную (регистрационную) систему экспертизы заявок на выдачу патента на полезную модель.

Каждая из этих процедур патентования имеет свои особенности, которые будут отражены в ходе дальнейшего изложения.

Все патентные заявки, какого бы объекта промышленной собственности они ни касались, проверяются в отношении их соответствия установленным формальным требованиям. Данная экспертиза, которая носит название формальной, или предварительной, проводится по единым правилам. В ходе проведения формальной экспертизы заявки проверяется:

а) наличие необходимых документов;

б) правильность их составления;

в) относимость заявленного предложения к объектам, которые могут быть признаны соответственно изобретениями, полезными моделями или промышленными образцами;

г) соблюдение требования единства изобретения, полезной модели или промышленного образца;

д) не изменяют ли дополнительные материалы, если они представлены, сущность заявленного объекта промышленной собственности и соблюден ли установленный порядок их представления; е) правильность классифицирования изобретения или полезной модели по МПК и промышленного образца по МКПО; ж) соблюдение порядка подачи заявки через патентного поверенного, включая наличие и правильность оформления доверенности, удостоверяющей полномочия патентного поверенного.

Кроме того, в результате формальной экспертизы обычно устанавливается дата приоритета заявки, если только заявителем не испрашивается более ранний приоритет по сравнению с датой поступления основных материалов.

По общему правилу формальная экспертиза заявки проводится по истечении двух месяцев с даты ее поступления в Патентное ведомство (п. 1 ст. 21 Патентного закона). Такая отсрочка в проведении экспертизы установлена в интересах заявителей, которые в течение двух месяцев пользуются правом внесения в материалы заявки исправлений и уточнений без изменения существа заявленного изобретения, полезной модели, промышленного образца и при условии, если эти исправления или уточнения не направлены на устранение нарушения установленных требований к документам заявки. Вместе с тем по желанию заявителя, выраженному в его письменном ходатайстве ФИПС, формальная экспертиза может быть начата до истечения указанного двухмесячного срока. Однако в этом случае заявитель с момента подачи такого ходатайства по общему правилу лишается права на исправление и уточнение документов заявки по своей инициативе. Правда, в отношении заявок на изобретения у заявителей, подавших данное ходатайство, а также пропустивших двухмесячный срок на исправление и уточнение заявки, эта возможность сохраняется вплоть до вынесения решения по результатам экспертизы по существу и при условии уплаты специальной пошлины.

Если в процессе формальной экспертизы заявителем представлены дополнительные материалы по заявке, в процессе экспертизы проверяется, не изменяют ли они сущность заявленной разработки. Дополнительные материалы в части, изменяющей сущность заявленной разработки, например новые признаки, включаемые в формулу изобретения (полезной модели), или совокупность существенных признаков промышленного образца, при рассмотрении заявки во внимание не принимаются и могут быть оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки.

Конкретный срок, в течение которого должна быть завершена формальная экспертиза, законом не установлен, что следует признать упущением законодателя. На основании результатов формальной экспертизы может быть принято одно из следующих решений. Если заявка подана на разработку, относящуюся к патентоспособным объектам, в состав заявки входят все необходимые документы, и эти документы правильно оформлены, выносится положительное решение. Это означает, что заявка на изобретение и промышленный образец принимается к дальнейшему рассмотрению, а заявка на полезную модель считается удовлетворенной. Заявитель уведомляется о положительном решении формальной экспертизы и установлении приоритета в соответствии с закрепленными законом правилами. При

нарушении заявителем требования единства разработки ему предлагается в течение двух месяцев с даты получения им соответствующего уведомления сообщить, какое из содержащихся в заявке решений должно рассматриваться, и при необходимости внести уточнения в документы заявки. Другие решения, вошедшие в материалы первоначальной заявки, могут быть оформлены выделенными заявками. В случае если заявитель в течение двух месяцев после получения уведомления о нарушении требования единства не сообщит, какое из предложений необходимо рассматривать, и не представит уточненных документов, проводится рассмотрение объекта, указанного в формуле первым.

Если в результате формальной экспертизы будет установлено, что заявка оформлена на предложение, которое не относится к патентоспособным объектам, принимается решение об отказе в выдаче патента. Это новое положение в российском патентном законодательстве. Ранее данное обстоятельство служило основанием для отказа в принятии заявки к рассмотрению. На указанное решение может быть подано возражение в Апелляционную палату ФИПС в течение двух месяцев с даты его получения заявителем. За подачу возражения взимается пошлина. Возражение должно быть рассмотрено в течение двух месяцев с даты его поступления.

В процессе формальной экспертизы заявленный объект промышленной собственности может быть признан секретным. В этом случае заявитель уведомляется о невозможности предоставления ему правовой охраны в соответствии с законодательством.

По заявке, оформленной с нарушением требований к ее документам, заявителю направляется запрос с предложением в течение двух месяцев с даты его получения представить исправленные или отсутствующие документы. Основаниями для запроса могут быть:

а) отсутствие в материалах заявки каких-либо документов;

б) выявление органом, осуществляющим экспертизу, необходимости внесения в заявку уточнений. Необходимость уточнения заявки может быть, в частности, обусловлена: наличием таких недостатков в оформлении и содержании документов, которые делают невозможным использовать эти документы в соответствии с их назначением; отсутствием в документах реквизитов и подписей, предусмотренных действующими правилами; установлением, что заявка подана через патентного поверенного, не зарегистрированного в РОСПАТЕНТЕ, и т. д.

Исправление и дополнение заявки должны быть сделаны заявителем в двухмесячный срок с даты получения запроса. По ходатайству заявителя указанный срок может быть продлен при условии уплаты специальной пошлины.

Документ, подтверждающий уплату пошлины, представляется вместе с ходатайством о продлении установленного срока.

В случае если заявитель в установленный срок не представит запрашиваемые материалы или ходатайство о продлении этого срока, заявка признается отозванной. Заявитель пользуется правом отозвать свою заявку на изобретение, полезную модель или промышленный образец и по собственной инициативе. Для

этого ему достаточно подать в ФИПС письменное заявление. Заявитель уведомляется об удовлетворении просьбы, а делопроизводство по заявке прекращается.

Окончание формальной экспертизы с положительным результатом по заявкам на выдачу патентов на изобретение, полезную модель и промышленный образец имеет разные правовые последствия. Применительно к заявкам на полезную модель это служит основанием для выяснения решения о выдаче свидетельства. Заявки на промышленные образцы передаются для проведения экспертизы по существу. Что касается заявок на изобретения, то их дальнейшее прохождение осуществляется по правилам отсроченной экспертизы. Сущность этих правил сводится к следующему. По истечении 18 месяцев с даты поступления заявки, прошедшей формальную экспертизу с положительным результатом, ФИПС публикует сведения о заявке, кроме случаев, когда она отозвана. Состав публикуемых сведений определяет ФИПС. Любое лицо после опубликования сведений о заявке вправе ознакомиться с ее материалами. По ходатайству заявителя ФИПС может опубликовать сведения о заявке ранее указанного срока.

С даты публикации сведений о заявке до даты публикации сведений о выдаче патента заявленному изобретению предоставляется временная правовая охрана в объеме опубликованной формулы. Характер и содержание прав заявителя в период временной правовой охраны изобретения будут подробно рассмотрены ниже – в разделе, посвященном патентной форме охраны. Здесь лишь отметим, что предельный срок действия данной охраны составляет три года. В течение этого срока заявитель, а также любое третье лицо могут подать в ФИПС ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу. Если ходатайство о проведении экспертизы по существу не будет подано в указанный срок, заявка считается отозванной, а временная правовая охрана заявленного изобретения – прекратившейся.

Закон РФ предоставляет как заявителю, так и любым третьим лицам право ходатайствовать о проведении по заявке на изобретение, прошедшей формальную экспертизу с положительным результатом, информационного поиска для определения уровня техники, в сравнении с которым будет осуществляться оценка новизны и изобретательского уровня заявленного предложения. Введение в закон указанного права имеет двоякий смысл. С одной стороны, результаты информационного поиска облегчают заявителю решение вопроса о дальнейшей судьбе заявки, так как дают более ясное представление о перспективах ее рассмотрения. С другой стороны, третьим лицам предоставляется возможность лучше оценить патентоспособность заявленного решения и на основе этого определить свои дальнейшие действия, например, по приобретению прав на патент, заключению с заявителем соглашения об использовании разработки в период ее временной правовой охраны, ее использованию без разрешения заявителя и т. п.

Порядок проведения информационного поиска и представления отчета о нем определяются п. 22 Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на изобретение. Информационный поиск проводится на основании формулы изобретения с учетом описания и чертежей, а также с учетом возможных изменений формулы изобретения в установленном порядке. Для целей информационного

поиска уровень техники включает документы, которыми располагает ФИПС на дату окончания поиска и которые будут приняты во внимание при оценке новизны и изобретательского уровня заявленного изобретения. ФИПС гарантирует проведение информационного поиска в объеме, включающем:

– официальные бюллетени ФИПС, а также бывшего Патентного ведомства СССР;

– описание к охранным документам СССР и РФ;

– заявки на изобретение и полезные модели, доступные для ознакомления третьих лиц с их материалами; запатентованные в РФ изобретения и полезные модели;

– патентную документацию США, Великобритании, Германии, Франции, Японии (в объеме рефератов на русском и английском языках), Швейцарии (на французском и немецком языках), а также патентную документацию Европейского патентного ведомства и ВОИС;

– непатентную литературу по списку, опубликованному Международным бюро ВОИС, с ретроспективой не менее пяти лет.

Информационный поиск не прекращается и проводится до конца в полном объеме, даже если в процессе Поиска в уровне техники обнаружено средство того же назначения, характеризующееся признаками, идентичными всем признакам изобретения, по которому проводится поиск.

Информационный поиск проводится, и отчет о поиске направляется лицу, подавшему ходатайство о его проведении, в течение четырех месяцев с даты поступления ходатайства, если заявка не отозвана на дату поступления ходатайства, или до направления отчета о поиске.

За проведение информационного поиска по заявке взимается плата по тарифу. За особую плату предоставляются копии документов, указанных в отчете о поиске, за исключением копий заявок, сведения о которых не доступны для ознакомления третьих лиц. Копию отчета о поиске при условии оплаты соответствующей услуги по тарифу может получить помимо лица, подавшего ходатайство, и любое другое заинтересованное лицо.

Следует отметить, что по ходатайству заявителя и третьих лиц информационный поиск может быть проведен и по заявке на полезную модель. Для выдачи патента на полезную модель результаты данного поиска формально не имеют никакого значения, поскольку охранный документ в данном случае выдается без проверки заявки по существу. Целью данного поиска является уяснение того, отвечает ли реально полезная модель установленным законом критериям патентоспособности, т. е. насколько надежен выданный на нее охранный документ. Указанный информационный поиск проводится при условии уплаты соответствующей пошлины, осуществляется на основе п. 18 Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на полезную модель и практически совпадает с информационным поиском, проводимым по заявке на выдачу патента на изобретение.

Новым положением российского патентного законодательства является право заявителя на преобразование заявки на изобретение в заявку на полезную

модель, и наоборот. В соответствии с законодательством поданная заявка на изобретение может быть преобразована в заявку на полезную модель путем подачи соответствующего заявления до момента публикации сведений о заявке. Преобразование заявки на полезную модель в заявку на изобретение возможно до принятия по ней решения о выдаче свидетельства. При указанных преобразованиях сохраняется приоритет первой заявки.

Экспертиза заявки по существу. Патенты на изобретения и промышленные образцы выдаются лишь после проведения экспертизы заявок по существу (патентной экспертизы). Указанная экспертиза проводится по единым правилам, закрепленным законодательством и детализированным в Правилах по составлению, подаче и рассмотрению заявок на объекты промышленной собственности. Различие состоит лишь в том, что патентная экспертиза заявок на промышленные образцы проводится в обязательном порядке, а заявки на изобретения подвергаются такой экспертизе лишь при наличии особого ходатайства заявителя или третьих лиц.

При проведении экспертизы заявки по существу устанавливается приоритет изобретения (промышленного образца), если он не был установлен при проведении формальной экспертизы, и проверяется патентоспособность заявленного изобретения или промышленного образца. Установление приоритета заявленной разработки на данной стадии проведения экспертизы проводится тогда, когда заявитель испрашивает приоритет по дате подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности (конвенционный приоритет), по дате поступления дополнительных материалов, если они оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки, по дате поступления в ФИПС более ранней заявки того же заявителя, раскрывающей сущность этого изобретения или промышленного образца, и т. д. О том, как устанавливается приоритет разработки во всех этих случаях, подробно говорилось выше.

Проверка патентоспособности заявленной разработки состоит в исследовании экспертами ФИПС вопроса о том, отвечает ли разработка всем требуемым по закону признакам объекта патентной охраны. Иными словами, в ходе патентной экспертизы проверяются новизна, изобретательский уровень (применительно к промышленному образцу – оригинальность), промышленная применимость заявленной разработки, а также соответствие предложенного решения общественным интересам, принципам гуманности и морали. Срок, в течение которого ФИПС должно провести экспертизу по существу, новым законом не устанавливается. Такое решение вопроса трудно признать оптимальным, так как оно ставит заявителей в зависимость от ФИПС. Конечно, и раньше, когда законодательством срок проведения патентной экспертизы был ограничен шестью месяцами (по закону СССР «Об изобретениях в СССР» 1991 г. срок был увеличен до 12 месяцев), заявители, в сущности, были лишены возможности как-либо воздействовать на Патентное ведомство в случае нарушения им сроков проведения экспертизы. Но все же законодательством были определены временные рамки рассмотрения заявки по существу, что накладывало на экспертов хоть какие-то обязанности в этом плане.

В период проведения экспертизы заявки по существу ФИПС вправе запросить у заявителя дополнительные материалы, без которых проведение экспертизы невозможно, в том числе измененную формулу изобретения или уточненную совокупность признаков промышленного образца. Основанием для запроса может быть необходимость решения вопросов, связанных с проверкой патентоспособности заявленной разработки; необходимость уточнения формулы изобретения; необходимость решения вопросов, связанных с рассмотрением заявок на идентичные объекты промышленной собственности, имеющие одну и ту же дату приоритета, и т. д. Дополнительные материалы по запросу экспертизы должны быть представлены без изменения сущности изобретения (промышленного образца) в течение двух месяцев с даты получения заявителем запроса или копий материалов, противопоставляемых заявке. Указанные копии могут быть запрошены заявителем в течение месяца с даты получения им запроса экспертизы. В случае если заявитель в указанный срок не представит запрашиваемые материалы или просьбу о продлении установленного срока, заявка признается отозванной.

5. ПАТЕНТ КАК ФОРМА ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

С принятием патентного законодательства в России восстановлена патентная форма охраны изобретений и промышленных образцов, что является самым существенным моментом в происходящей реформе патентной системы. Патент вновь, как и 70 лет назад, стал единственным документом, с помощью которого удостоверяются права на изобретения, промышленные образцы, а также новый для российского патентного права объект – полезные модели. Хотя патент на охраноспособную разработку изобретатель мог в принципе получить и по ранее действовавшему в СССР законодательству, предусматривавшему две формы охраны – патент и авторское свидетельство (свидетельство), действительность была такова, что 99,99 % советских изобретателей подавали заявки на выдачу им именно авторских свидетельств (свидетельств), а не патентов.

Главной причиной этого было отсутствие у изобретателей фактических возможностей для извлечения реальной пользы из своего монопольного владения изобретением или промышленным образцом. Кроме того, законодательство не допускало получения патентов на служебные разработки, что сразу отсекало от патентной охраны свыше 80 % заявляемых разработок; патентообладателями не могли быть социалистические организации (а других практически не было); патент нельзя было получить на целый ряд изобретений, в частности, на вещества, полученные химическим путем, штаммы микроорганизмов и т. д. Наконец, лицам, избравшим патентную форму охраны созданных им разработок, не предоставлялись многие из тех прав и льгот, которыми пользовались владельцы авторских свидетельств (свидетельств). Все эти и некоторые другие факторы превращали патентную форму, которая допускалась советским изобретательским законодательством, в формальность, которая была нужна, с одной стороны, для создания видимости свободы выбора, а с другой – для предоставления патентной ох-

раны иностранным заявителям как условие участия СССР в международной системе охраны промышленной собственности.

Начавшийся в стране переход к рыночной экономике, в частности превращение научно-технических разработок в товар, объективно потребовал гарантировать разработчикам новой техники, а также приобретателям их продукции возможность реально распоряжаться достигнутыми результатами.

Восстановленная в России патентная форма охраны прав на объекты промышленной собственности имеет ту же сущность, которой она обладает во всем мире. Лицу, своим творческим трудом создавшему для общества новое техническое средство, гарантируется возможность извлечения выгоды из монопольного владения этим средством в течение установленного законом срока, после истечения которого оно поступает во всеобщее пользование. Предоставление такой возможности осуществляется в рамках специальной процедуры, которая включает доведение до сведения общества данных о созданном техническом новшестве (составление и подача заявки, публикация материалов заявки и т. п.), проверку компетентным государственным органом того, действительно ли заявленное новшество обогащает мировой уровень техники (экспертиза заявки) и, наконец, выдачу от имени государства особого охранного документа, гарантирующего права заявителя. Таким документом является патент на изобретение или иной объект промышленной собственности, который официально подтверждает права его обладателя и устанавливает их объем.

Права патентообладателя носят абсолютный, исключительный и срочный характер, а также ограничены территорией того государства, патентное ведомство которого его выдало. Абсолютная природа прав патентообладателя определяется тем, что в качестве лиц, обязанных воздерживаться от использования принадлежащей патентообладателю разработки, выступают все остальные члены общества, на которых распространяются законы данного государства. В этом смысле положение патентовладельца весьма схоже с положением собственника, что, как отмечалось, и служило основанием для теоретических конструкций промышленной и интеллектуальной собственности. Никто не вправе посягать на возможность патентообладателя единолично владеть и распоряжаться принадлежащей ему разработкой, если только в самом законе не установлены на этот счет определенные изъятия.

Исключительный характер субъективных патентных прав выражается в том, что в пределах одной страны права на разработку могут принадлежать лишь одному патентообладателю. Выдача двух патентов на один и тот же объект не допускается. Сфера действия этого правила, однако, ограничена национальными рамками соответствующей страны. На один и тот же объект в разных странах патент может быть выдан разным лицам. Как предусматривает ст. 4^{M}* Парижской конвенции по охране промышленной собственности, «патенты, заявки на которые поданы в разных странах Союза гражданами стран Союза, независимы от патентов, полученных на то же изобретение в других странах, входящих или не входящих в Союз». Разумеется, владеть патентом может не только одно лицо, но и несколько лиц, выступающих в качестве его совладельца.

Признак срочности выражается в том, что права, вытекающие из патента, действуют в течение определенного периода времени.

Содержание патентных прав. Патентообладателю принадлежит исключительное право на использование охраняемых патентом изобретения, полезной модели или промышленного образца по своему усмотрению, если такое использование не нарушает прав других патентообладателей. Указанное право включает также возможность запретить использование указанных объектов другим лицам, за исключением случаев, когда такое использование в соответствии с законодательством не является нарушением права патентообладателя. Под использованием понимается введение в хозяйственный оборот продукта, созданного с применением изобретения, полезной модели или промышленного образца, а также применение способа, охраняемого патентом на изобретение. Введение в хозяйственный оборот, в свою очередь, охватывает собой такие действия, как изготовление, применение, ввоз, хранение, предложение к продаже, продажа и т. д. продукта, созданного с использованием охраняемого решения, а также применение способа, охраняемого патентом на изобретение.

Права по распоряжению патентом. Патентообладатель может самостоятельно использовать принадлежащие ему изобретение, полезную модель или промышленный образец путем организации промышленного производства и реализации изделий, охраняемых патентом, либо может предоставить право на их использование другим лицам или вовсе уступить свои права, вытекающие из патента. Необходимость распоряжения патентными правами может быть обусловлена ограниченностью экономических и производственных ресурсов патентообладателя, его нежеланием или неспособностью заниматься решением производственных и коммерческих вопросов, стремлением быстрее внедрить разработку и множеством других причин. Передача патентных прав может осуществляться в различных юридических формах, однако наибольшее практическое значение имеют их уступка и выдача лицензий на использование изобретений, полезных моделей и промышленных образцов.

Уступка патентного права означает передачу патентовладельцем принадлежащего ему права другому лицу (лицам). В соответствии с законодательством патентообладатель может уступить полученный патент любому физическому или юридическому лицу.

Патентное законодательство России, как и законодательство других стран, устанавливает ряд случаев, когда действия третьих лиц по использованию разработки не являются нарушениями исключительных прав владельца патента. Эти случаи, нередко именуемые свободным использованием запатентованных объектов, являются в основном достаточно традиционными и соответствуют мировой патентной практике. Они исчерпывающим образом определены законодательством и сводятся к следующему.

Во-первых, не признается нарушением исключительного права патентообладателя применение средств, содержащих изобретения, полезные модели и промышленные образцы, защищенные патентами, в конструкции или при эксплуатации транспортных средств (морских, речных, воздушных, наземных и кос-

мических) других стран при условии, что указанные средства временно или случайно находятся на территории РФ и используются для нужд транспортного средства. Данное правило, известное законодательству подавляющего большинства государств, вытекает из ст. 51 Парижской конвенции по охране промышленной собственности. Согласно законодательству, оно применяется не только к физическим и юридическим лицам государств-участников Парижской конвенции, но и к гражданам и юридическим лицам любых стран, предоставляющих такие же права владельцам транспортных средств России.

Рассматриваемое исключение из сферы патентного права касается лишь использования запатентованных объектов непосредственно в конструкции или при эксплуатации транспортных средств, т. е. в их корпусе, в машинах, в оснастке, в механизмах, в оборудовании и т. д., при условии, что эти объекты применяются исключительно для нужд транспортного средства. Использование объекта промышленной собственности, выходящее за эти пределы, например его производство на борту судна, предложение к продаже, продажа и т. п., является нарушением патентных прав. Кроме того, данная льгота распространяется лишь на транспортные средства других стран. Она, например, не касается российских судов, даже если они приписаны к порту какой-либо другой страны и лишь временно или случайно заходят в страну своего флага.

Во-вторых, не является нарушением патентных прав проведение научного исследования или эксперимента над средством, содержащим изобретение, полезную модель или промышленный образец, защищенные патентами. Под «средством» в данном случае понимается любой объект, который в соответствии с действующим законодательством признается патентоспособным изобретением, полезной моделью или промышленным образцом, т. е. устройство, способ, вещество, художественно-конструкторское решение и т. д. Разрешенным видом использования является лишь научное исследование самой разработки или эксперимент с нею. Она может проводиться с целью проверки работоспособности и эффективности созданной разработки, в научных целях и т. п. Если разработка используется не как объект исследования или эксперимента, а как их средство, такие действия будут нарушением патентных прав.

В-третьих, разрешенным случаем использования является применение запатентованных средств при чрезвычайных обстоятельствах, т. е. при стихийных бедствиях, катастрофах, крупных авариях и т. п. В указанных ситуациях допускается лишь применение охраняемых законом изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, т. е. их производственное использование для ликвидации или предотвращения последствий названных событий. Применение разработки хотя и при наличии чрезвычайных обстоятельств, но в целях, не связанных непосредственно с их действием, является нарушением патентных прав. Иные виды использования, в частности, изготовление запатентованного объекта, его хранение, предложение к продаже и т. п., не разрешаются. Кроме того, в случае применения охраняемой разработки в данных условиях патентообладателю гарантируется последующая выплата соразмерной компенсации.

В-четвертых, запатентованные средства могут применяться в личных целях без получения дохода. Разрешенное использование разработки охватывает собой в данном случае лишь ее применение. Другие способы использования, в частности изготовление или ввоз, даже если при этом не преследуются коммерческие цели, являются нарушением патентных прав.

6. ПРАВА АВТОРОВ ИЗОБРЕТЕНИЙ, ПОЛЕЗНЫХ МДЕЛЕЙ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ И ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЕЙ. ЗАЩИТА ПРАВ АВТОРОВ И ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЕЙ

Патентное законодательство России, нормы которого регулируют в основном отношения, связанные с приобретением, осуществлением и защитой патентных прав на объекты промышленной собственности, признает и гарантирует также охрану прав действительных создателей технических новшеств. При сравнении нового законодательства с ранее действовавшими в СССР нормативными актами по изобретательству может на первый взгляд показаться, что законодатель вообще забыл о правах самих авторов новых разработок, сосредоточив все внимание на правах и обязанностях патентообладателей. Но, во-первых, выдвижение на первый план в законе фигуры патентообладателя является вполне естественным шагом и закономерно, вытекает из перехода к патентной форме охраны изобретений и других объектов промышленной собственности. Во-вторых, создателям патентоспособных технических новшеств впервые предоставлена реальная возможность самим стать патентообладателями. В-третьих, закон «помнит» об авторах, гарантируя им все основные права, которые обычно предоставляются разработчикам патентным законодательством развитых стран.

Правда, в отличие от ранее действовавших нормативных актов, в частности Положения об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях 1973 г., Закона СССР «Об изобретениях в СССР» и др., в законе отсутствует специальный раздел, посвященный правам авторов. Права реальных разработчиков рассредоточены по разным статьям закона, и, чтобы получить реальную картину защищенности интересов действительных создателей технических новшеств, необходимо проанализировать весь закон. Конечно, некоторых прав и льгот, предусмотренных прежним законодательством, изобретателям в новом законе не предоставлено. Так, законодательство не предусматривает права автора на присвоение изобретению имени автора или специального названия, не упоминает об особых правах и льготах изобретателей в трудовых, жилищных и иных отношениях. Следует лишь учесть, что названные и аналогичные им права и льготы ранее предоставлялись изобретателям в ответ на уступку ими государству самого главного – исключительного права на использование разработки. Сейчас, когда автор разработки сам распоряжается результатами своего творческого труда, его потребности и интересы должны удовлетворяться за счет умелого использования и реализации принадлежащих ему базовых прав.

Традиционно в советской юридической литературе права изобретателей подразделялись на личные неимущественные и имущественные и рас-

сматривались применительно к трем основным юридическим фактам, а именно: созданию разработки; признанию разработки объектом промышленной собственности; внедрению (использованию) разработки заинтересованными лицами. Такая схема, рассчитанная в основном на получение изобретателями авторских свидетельств на созданные ими разработки, малопригодна для восстановленной в России патентной формы охраны объектов промышленной собственности. Конечно, деление авторских прав на личные неимущественные и имущественные попрежнему сохраняется и имеет большое практическое значение. Однако деление прав изобретателей на отдельные группы применительно к различным стадиям развития изобретательских отношений едва ли уместно в связи с быстрым превращением изобретателя в патентообладателя или уступкой им своих прав правопреемнику (патентообладателю). Поэтому целесообразно просто остановиться на тех правах авторов, которые закрепляются за ними патентным законодательством.

Право на подачу заявки. Прежде всего, закон предоставляет автору изобретения, полезной модели или промышленного образца право подать заявку на выдачу патента и стать патентообладателем. Вопросы о том, что представляет собой заявка, куда она подается и т. п., были рассмотрены в предыдущей главе. Здесь же дадим характеристику самому праву на подачу заявки. Законодательство России исходит из того, что подать заявку на выдачу патента может лишь лицо, творческим трудом которого сделана соответствующая разработка, за исключением случаев, указанных в законе. При этом, в отличие, например, от патентного права США, не требуется, чтобы заявитель был «действительным и первым изобретателем». Вполне достаточно, чтобы заявитель был изобретателем, что и предполагается при подаче заявки. Иными словами, от заявителя, который называет себя изобретателем, не требуется представления каких-либо доказательств того, что именно он создал ту или иную разработку. Напротив, если в качестве заявителей выступают другие лица, являющиеся правопреемниками изобретателя, они должны доказать свое правомочие на подачу заявки.

Важнейшим личным неимущественным правом изобретателя является право авторства, которое в общем виде можно определить как возможность, предоставленную законом действительному создателю изобретения, полезной модели или промышленного образца, быть признанным единственным их творцом.

Право на вознаграждение. К числу имущественных прав создателей разработок, которые по тем или иным основаниям не становятся патентообладателями, относится право на получение вознаграждения от патентообладателя или иных лиц, использующих разработку. Такое право возникает у двух категорий авторов. Во-первых, им обладают авторы, создавшие разработку в связи с выполнением своих служебных обязанностей или полученного от работодателя конкретного задания. Как уже отмечалось, в том случае, если только соглашением между автором и работодателем не предусмотрено иное, право на получение патента принадлежит работодателю. Но автор при этом имеет право на вознаграждение, соразмерное выгоде, которая получена работодателем или могла бы быть им получена при надлежащем использовании объекта промышленной собственности.

Защита прав авторов и патентообладателей. Под защитой прав и законных интересов изобретателей и патентообладателей понимаются предусмотренные законом меры по их признанию и восстановлению, пресечению их нарушений, применению к нарушителям мер ответственности, а также механизм практической реализации этих мер. В качестве субъектов права на защиту выступают авторы разработок, патентообладатели, владельцы лицензий и их правопреемники. В новом законодательстве, в отличие от ранее действовавшего законодательства, центральное место совершенно заслуженно отводится защите прав патентообладателей. Это и понятно, так как именно они становятся главной фигурой патентных отношений в новых условиях использования запатентованных разработок. Наряду с этим законом обеспечивается защита личных прав непосредственных создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, а также их имущественных интересов во взаимоотношениях с патентообладателями и другими пользователями созданных ими разработок. Что касается лицензиатов, то защита приобретаемых ими прав либо обеспечивается патентообладателями-лицензиарами, либо в соответствии с лицензионными договорами осуществляется ими самостоятельно. В случае смерти авторов или патентообладателей принадлежавшие им права и соответственно права на их защиту переходят к их наследникам.

Защита прав, которые принадлежат нескольким лицам (соавторам, совладельцам патента, наследникам), осуществляется либо всеми ими сообща, либо каждым из них в отдельности. При этом потерпевшие могут действовать как самостоятельно, так и прибегнуть к услугам патентных поверенных.

Защита прав и законных интересов авторов, патентовладельцев и иных обладателей исключительных прав на объекты промышленной собственности осуществляется путем использования предусмотренных законом форм, средств и способов защиты. В рассматриваемой сфере защита соответствующих прав производится в основном в юрисдикционной форме, т. е. путем обращения к специальным юрисдикционным органам. Неюрисдикционная форма защиты, т. е. принятие потерпевшим мер по самозащите нарушенных прав, встречается редко и в основном сводится к отказу от совершения действий, идущих вразрез с заключенным лицензионным договором, задержке соответствующих платежей в связи с несовершением необходимых действий другой стороной, отказу от выполнения недействительного договора и т. п.

Юрисдикционная форма защиты, в свою очередь, охватывает судебный и административный порядки реализации предусмотренных законом мер защиты. При этом общим является судебный порядок, так как защита прав в административном порядке осуществляется лишь в случаях, прямо указанных в законе. Административный порядок защиты означает подачу возражений на экспертное заключение в Апелляционную палату РОСПАТЕНТА.

Гражданско-правовые способы защиты представляют собой предусмотренные законодательством меры принудительного характера, с помощью которых осуществляется восстановление (признание) нарушенных прав и интересов создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, пресечение на-

рушений, а также имущественное воздействие на нарушителей. В законодательстве РФ эти меры не названы, однако перечень возможных способов защиты субъективных гражданских прав додержится в ст. 12 ГК РФ. К ним, в частности, относятся требования о признании права, о восстановлении положения, существовавшего до нарушения права, о пресечении действий, нарушающих право или создающих угрозу его нарушения, о присуждении к исполнению обязанности в натуре, о взыскании убытков или неустойки и др.

Наряду с гражданско-правовыми санкциями российское законодательство предусматривает уголовно-правовую ответственность за некоторые нарушения прав изобретателей и патентообладателей. Так, в соответствии со ст. 147 УК РФ к числу уголовно-правовых нарушений отнесены незаконное использование изобретения, полезной модели или промышленного образца, разглашение без согласия автора или заявителя сущности изобретения, полезной модели или промышленного образца до официальной публикации сведений о них, присвоение авторства или принуждение к соавторству, если эти действия причинили крупный ущерб. Никакие другие действия, затрагивающие права на объекты промышленной собственности, состава преступления не образуют ввиду того, что в уголовном праве нормы не подлежат никакому распространительному толкованию или применению по аналогии.

7. МЕЖДУНАРОДНОЕ ПАТЕНТОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

Заинтересованность в охране промышленной собственности возникла еще в XV веке. Что касается зарубежного патентования, то в числе стран, первыми на практике осуществивших правовое регулирование вопросов, связанных с предоставлением охраны промышленной собственности иностранцам, можно выделить Англию, которая в качестве одного из путей экономического подъема использовала привлечение ремесленников из-за границы, создавая благоприятные условия для развития разных отраслей промышленности, процветавших в других странах. Для иностранцев в Англии было узаконено «открытое письмо» (Litterae patentes), обеспечивающее королевскую защиту и дающее право на привилегии, представлявшие собой ограниченное по сроку разрешение на занятие определенным ремеслом и изготовление товаров в той или иной отрасли промышленности. В это же время в Англии появился термин «патент».

На особую актуальность проблема охраны промышленной собственности за рубежом приобрела в начале 70-х гг. XIX века, когда бурное научно-техническое и экономическое развитие активизировало международную торговлю. Организация первых промышленных выставок обусловила необходимость охраны экспонируемых там образцов, и, поскольку охрана изобретений, знаков и промышленных образцов представляется в виде исключительных прав на использование, а также учитывая, что законы государства в области охраны промышленной собственности регулируют только те действия, которые были совершены или осуществлены в данном государстве, в качестве первоочередной стала задача создания

правовой базы, которая смогла бы определить правовой режим охраны нематериальных объектов и обеспечить их охрану за пределами отдельно взятого государства. Одним из путей решения возникшей проблемы было создание общих межгосударственных норм, определяющих перечень объектов, которым может быть предоставлена охрана, и объем исключительных прав, предоставляемых владельцу промышленной собственности за рубежом, а также разработка норм, обеспечивающих механизм защиты этих прав. Данная задача могла быть решена только путем создания международного договора, регулирующего вопросы в области охраны промышленной собственности за пределами отдельно взятого государства. Таким договором явилась Парижская конвенция по охране промышленной собственности, которая вступила в силу 7 июля 1884 г. и действует по сегодняшний день. Государства, подписавшие Парижскую конвенцию, образовали Международный союз по охране промышленной собственности, возможность вступления в который открыта для всех государств.

Основной целью Парижской конвенции по охране промышленной собственности, которая по праву считается главным международным соглашением в рассматриваемой области, является создание благоприятных условий для патентования изобретений, промышленных образцов и других объектов промышленной собственности гражданами и организациями одних государств в других государствах. Парижская конвенция не предусматривает выдачи какого-либо международного патента, который действовал бы на территории разных государств. Для того чтобы обеспечить охрану разработки в том или ином государстве, необходимо запатентовать ее там. Участники Парижской конвенции договорились о том, что ими не будут устанавливаться никакие дискриминационные меры в отношении иностранных заявителей. Статья 2 конвенции предусматривает предоставление им такой же охраны, какая предоставляется или будет предоставляться в будущем в соответствующей стране ее собственным гражданам и фирмам (принцип национального режима).

Этот ведущий принцип конвенции дополняется рядом материально- правовых правил. Наиболее важным из них является уже рассматривавшееся выше правило о конвенционном приоритете, в силу которого заявка, поданная в одной стране-участнице, обладает во всех других странах-участницах приоритетом в течение 12 месяцев с момента подачи заявки в первой стране. Иными словами, заявителю предоставляется возможность в течение одного года (по промышленным образцам – в течение шести месяцев) испрашивать охрану во всех других странах-участницах; при этом приоритет будет определяться датой подачи первой правильно оформленной заявки в одной из стран-участниц.

Кроме норм о конвенционном приоритете, важное практическое значение имеют такие правила конвенции, как обеспечение временной охраны разработок, помещенных на официальных международных выставках, свободное использование запатентованных объектов в транспортных средствах, временно или случайно находящихся на территории, где они пользуются правовой охраной, обязательное осуществление изобретений и выдача принудительных лицензий, независимость друг от друга патентов, выданных в разных странах, и др.

Однако Парижская конвенция не устранила территориальной ограниченности действия патента и не решила многих вопросов, возникающих при патентовании за рубежом. Наиболее важные вопросы патентного права, такие как перечень объектов, которым может быть предоставлена охрана, критерии охраноспособности, льготы по новизне, срок действия патента и т. д., остались в компетенции национальных патентных законодательств стран-участниц Парижской конвенции. Кроме того, Парижской конвенцией не были решены вопросы, касающиеся технической сферы рассмотрения заявок, такие, например, как унификация требований к оформлению заявки, а также не были решены вопросы организации патентного поиска и экспертизы, которые являются наиболее трудоемкими процедурами в любом патентном ведомстве.

Необходимость кооперации и сотрудничества в данных вопросах обусловила разработку новых договоров и соглашений в рамках Парижской конвенции.

В конце 60-х – начале 70-х гг. XX века в связи с быстрым ростом числа заявок на выдачу патентов проблема патентования встала особенно остро, идея кооперации и сотрудничества в технических вопросах рассмотрения заявок на изобретения при сохранении полного суверенитета национальных патентных ведомств над правовыми вопросами была реализована сразу в двух межгосударственных договорах. Были разработаны и практически одновременно вступили в действие региональное соглашение – Европейская патентная конвенция (ЕПК) и международный договор – Договор о патентной кооперации (PCT).

Договор о патентной кооперации (PCT) имеет своей основной задачей облегчение подачи заявок на охрану одной и той же разработки в разных странах и сокращение дублирования в работе патентных ведомств. Договор предусматривает возможность составления и подачи в национальное патентное ведомство так называемой международной заявки в тех случаях, когда заявитель хочет обеспечить охрану разработки в нескольких странах. Подача международной заявки избавляет заявителя от необходимости оформлять и подавать заявки в каждую из стран, в которых он желает получить охрану. В страны, избранные заявителем, направляются результаты рассмотрения международной заявки, на основе которых патентные ведомства соответствующих стран, как правило, без проведения повторной проверки, решают вопрос о выдаче охранных документов.

Помимо кооперации в сфере проведения патентной экспертизы договор PCT преследует цели быстрейшего распространения технической информации, а также оказания помощи тем странам, которые не в состоянии собственными силами обеспечить качественное и своевременное рассмотрение заявок.

Региональные патентные системы. Работа патентных ведомств различных стран принципиально имеет один и тот же характер, поэтому вполне логичной является идея кооперации нескольких стран с целью организации единого патентного ведомства, обеспечивающего прием и регистрацию охранных документов, которые действуют на территориях кооперирующихся стран. Впервые эта идея была реализована после второй мировой войны в Европе.

Основной особенностью региональных патентных систем является то, что патенты, выдаваемые патентным ведомством региональной системы, действи-

тельны во всех государствах, образовавших эту систему. В пределах конкретной региональной системы национальные законы и подзаконные акты по вопросам патентования объектов промышленной собственности унифицируются.

Патентная кооперация является составной частью процесса регионального экономического сближения, и в ней участвуют те государства, которые являются участниками той или иной региональной интеграционной группировки. Процедура предоставления охраны изобретениям и поддержания прав на патенты предусматривает выполнение административных функций, в сущности, одинаковых для многих стран. Получение регионального патента значительно сокращает издержки, связанные с патентованием в нескольких государствах: заявитель готовит заявку на одном языке, она подается через одного патентного поверенного, в то же время полученный патент обеспечивает охрану изобретения в нескольких государствах. За счет сокращения материальных и временных затрат облегчается процесс патентования и достигается более глубокое взаимодействие национально-правовых систем охраны. Тем самым смягчается территориальный характер прав на изобретения, способный создавать препятствия на пути достижения основных свобод общего рынка: свободы движения товаров и услуг и свободы конкуренции. Поэтому учреждение институционных механизмов для оформления прав на патенты является закономерным результатом региональной экономической интеграции.

Европейская патентная система. В 1973 г. на конференции в Мюнхене европейские государства приняли конвенцию о выдаче европейских патентов. Ее подписали 16 государств, что положило начало созданию Европейской региональной патентной системы. Главная цель этой системы – содействие интеграционным процессам в экономике Европы.

Системой управляет административный совет, работу по экспертизе заявок и выдаче патентов выполняет Европейское патентное ведомство (ЕПВ). Европейские патенты может получить любой заявитель независимо от того, проживает он на территории подписавших эти конвенции государств или нет. Патенты, выдаваемые ЕПВ, могут быть по желанию заявителя действительны на территории всех или только некоторых государств, входящих в европейскую региональную систему.

Европейская патентная конвенция, вступившая в силу в 1977 г., в настоящее время насчитывает 32 европейских государства, т. е. охрана объектов промышленной собственности в рамках Европейской патентной конвенции становится возможной практически на всей территории Европы. Однако следует заметить, что конвенция предоставляет охрану только изобретениям. В соответствии с процедурой, регламентированной Европейской патентной конвенцией, заявитель имеет возможность вместо нескольких патентных заявок на разных языках, подаваемых в различные патентные ведомства, подать только одну заявку на одном языке и проводить ее экспертизу в одном Европейском патентном ведомстве. В случае положительного решения экспертизы заявителем приобретаются патентные права, действующие независимо в тех европейских государствах, которые были указаны заявителем в заявке на выдачу европейского патента при ее подаче.

Но при этом следует учитывать, что на сегодняшний день в рамках Европейской конвенции не существует единого охранного документа – европейского патента, и, в случае принятия Европейским патентным ведомством решения о выдаче патента, заявитель получает своеобразный «букет» из национальных патентов, каждый из которых действует независимо от другого. Таким образом реализуется основополагающий принцип конвенции, согласно которому осуществление прав, возникающих вследствие выдачи европейского патента, регулируется нормами национального законодательства каждой из стран-участниц Европейской патентной конвенции. Это касается и сроков действия патента в каждой отдельной стране, и применяемых мер пресечения недобросовестной конкуренции.

Евро-Азиатская патентная организация. В 1994 г. в Москве была подписана Евро-Азиатская патентная конвенция и создана Евро-Азиатская патентная организация (ЕАПО). В нее входят 10 государств. Участие в ЕАПО обеспечивает упрощение и удешевление процедуры получения патента на Изобретение, который действует во всех государствах организации: одна заявка на одном (русском) языке – одна экспертиза – один патент. Рассматривает заявки и выдает патенты Евро-Азиатское патентное ведомство (ЕАПВ). К ЕАПО могут присоединяться любые другие государства-члены Организации объединенных наций (ООН) и Парижской конвенции по охране промышленной собственности.

Африканские региональные патентные системы. Вслед за Европой в Африке были созданы две региональные системы охраны промышленной собственности. В 1962 г. двенадцать франкоговорящих стран Африки учредили Африканское и Малагасийское ведомства по промышленной собственности. Данное соглашение было пересмотрено позднее (в 1977 г.) в соответствии с Бангийским соглашением, в котором было провозглашено создание Африканской организации интеллектуальной собственности (OAPI). Эта организация создана для регистрации таких объектов промышленной собственности, как патенты, товарные знаки и промышленные образцы. В настоящее время членами OAPI являются следующие государства: Бенин, Буркина-Фасо, Камерун, Центральноафриканская Республика, Чад, Конго, Габон, Кот-де'Ивуар, Мали, Мавритания, Нигер, Сенегал и Того. Все охранные документы, выданные OAPI, являются действительными на территории всех перечисленных стран.

С целью помощи англоговорящим странам Африки с 1973 г. ВОИС и Экономическая комиссия ООН по Африке выполнили комплекс работ, направленных на создание патентной системы англоговорящих стран. Решение о создании этой системы было принято в г. Лусака (Замбия) в декабре 1976 г. Соглашение о создании Африканской региональной организации промышленной собственности англоговорящих стран (ESARIPO) вступило в силу 15 февраля 1978 г. С декабря 1985 года ESARIPO было переименовано в Африканскую региональную организацию промышленной собственности (ARIPO). Государствами-членами этой организации являются: Ботсвана, Гамбия, Гана, Кения, Лесото, Малави, Сьерра-Леоне, Сомали, Судан, Танзания, Уганда, Замбия и Зимбабве. Эта организация ставит своей целью гармонизацию законодательств в области интеллектуальной

собственности стран-участниц ARIPO, получает и регистрирует заявки на патенты и промышленные образцы.

8. КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разработка и внедрение высоких технологий – ключевой фактор рыночного производства, научно-технического прогресса. Патентно-лицензионная политика государства во многом определяет развитие страны. От ее направленности, правильного выбора и реализации зависит решение ключевых социально-экономических задач.

В экономическом обороте патенты охраняют весь комплекс мероприятий, связанных со сбытом патентованных товаров и технической помощью, а также в виде лицензий выступают как непосредственные объекты коммерческих сделок. Кроме того, они являются ценнейшим источником технической информации. При приобретении лицензии открывается доступ к новой прогрессивной технологии производства, лицензиат экономит время и средства, которые в иных условиях пришлось бы затратить на исследовательские работы. Это особенно важно в современной конкурентной борьбе в связи с сокращением сроков морального старения товаров. Поэтому многие фирмы предпочитают не тратить средств и времени на самостоятельные исследования, а покупают лицензии на чужие, хорошо зарекомендовавшие себя изобретения. «Без зарубежных лицензий, – заявлял, например, директор японской фирмы «Явата эйрон энд стил» Т. Хираи, – наша программа развития сталелитейной промышленности растянулась бы дополнительно на десять лет». Приобретение лицензий позволяет также экономить иностранную валюту, которую в иных условиях пришлось бы расходовать на импорт товара.

Лицензии используются как средство освоения тех внешних рынков, на которые экспорт товаров или капиталов невозможен или выгоден. Кроме того, торговля лицензиями стимулируется еще и ростом международного научно-технического обмена, расширяющего по мере прогресса техники, увеличения роли науки в производстве и усиление неравномерности ее развития в отдельных странах. Коммерческий характер такого обмена требует правового обоснования в виде патентования изобретений в иностранных государствах, лицензии же служат непосредственной формой сделок по продаже таких специфических товаров, как изобретения. Именно в форму лицензионных соглашений, например, облекаются многочисленные соглашения об оказании технической помощи.

8.1. Предлицензионные договоры

При подготовке и заключении договоров о передаче технологии весьма важен начальный период. Он связан с доведением разработки до промышленного использования, ее маркетингом, загранпатентованием. В большинстве случаев изобретатель не имеет для этого собственных ресурсов и старается привлечь средства инвестора, желая при этом сохранить определенный контроль над изо-

бретением. В свою очередь инвесторы хотят иметь гарантии возврата вложенных средств и получения прибыли, если коммерческая реализация разработки будет успешной.

8.1.1. Договор об оценке технологии

Это, по сути, опционный договор, передающая сторона которого в силу своих ограниченных возможностей (финансовых или иных) не способна довести технологию до пригодного к коммерческому использованию состояния. Все необходимые для этого действия (изготовление образцов, испытания, экспертная оценка, изучение рынка и т. п.) берет на себя принимающая сторона. При этом весьма высока вероятность получить отрицательную оценку коммерческой применимости технологии. Поэтому и оплата за нее при положительном результате будет ниже, чем при нормальном опционном договоре. Как правило, ни передача имеющейся документации (зачастую это только материалы заявки на изобретение или полезную модель), ни ее оценка не сопровождаются какими-либо выплатами. Вознаграждение передающей стороне предусмотрено лишь при последующем заключении лицензионного договора, поскольку все расходы по оценке, а в ряде случаев и по доработке изобретения ложатся на принимающую сторону.

Принимающая сторона в таких договорах не идет на оговорку о возможности заключения основного договора с третьим лицом при предложении последним более выгодных условий. Кроме того, она обычно настаивает на отказе разработчика от самостоятельного распространения информации об оцениваемой технологии в период действия договора. Тем не менее, для авторов, желающих коммерциализовать свои разработки, да и для многих отечественных организаций заключение договора об оценке является единственной реальной возможностью начала маркетинга.

Услуги по оценке коммерческой применимости технологии часто предлагают посреднические фирмы, осуществляющие предварительный отбор технологий для передачи их заинтересованным компаниям. В этом случае принимающая сторона договора об оценке оговаривает себе определенный процент от платежа по будущему лицензионному договору. Срок действия договоров об оценке технологии с посредническими фирмами обычно составляет от полугода до года. Некоторые фирмы предпочитают принимать на оценку только относительно простые изобретения, требующие минимальной технологической доработки, исходя из принципа «меньший доход при меньшем риске». Встречаются ограничения по новизне изобретения. Например, на оценку принимаются изобретения, заявки на которые были поданы от трех месяцев до полугода тому назад. Минимальный срок говорит об уважении к российскому законодательству, а максимальный позволяет еще провести зарубежное патентование изобретения с использованием конвенционного приоритета.

8.1.2. Договор о сотрудничестве

Другим часто встречающимся вариантом опционного договора является договор о сотрудничестве, заключаемый между разработчиком и инвестором для совместного доведения изобретения до коммерческого использования. В отличие

от договора об оценке технологии он предполагает наличие определенных средств и возможностей у разработчика и представляет, таким образом, договор о совместной деятельности. При этом чаще всего одна сторона отвечает за технологическую, а другая – коммерческую часть продвижения изобретения на рынок.

Разработчик осуществляет подготовку технической документации, создание опытных образцов, проведение опытной проверки (с соответствующим оформлением результатов) и т. п. Инвестор отвечает за продвижение технологии на рынок, нередко оплачивает патентование в согласованных странах. Как правило, договор предусматривает предоставление инвестору права на ведение переговоров и подписание договоров и иных необходимых документов от имени разработчика. Иногда право на подписание документов ставится в зависимость от предварительного согласования и получения в каждом случае письменного подтверждения.

8.1.3. Договор о патентной чистоте

Во всех случаях, когда предлицензионные договоры предусматривают передачу внутри России материальных объектов (опытных образцов и т. п.), должны быть рассмотрены вопросы патентной чистоты. Следует определить, может ли в принципе такая передача нарушить охраняемые законом исключительные права третьих лиц, или она входит в перечень действий, не признаваемых нарушением исключительного права патентообладателя (например, это только проведение научного исследования или эксперимента). Напомним, что в России передача технической документации не считается использованием изобретения, и в таком случае вопрос о патентной чистоте не стоит. Если предусматривается передача за рубеж, то этот вопрос в отношении соответствующей страны может возникнуть и при передаче только технической документации.

Если будет выяснено, что предусмотренная предлицензионным договором передача технологии может в принципе привести к нарушению прав третьих лиц, необходимо провести поиск на патентную чистоту, руководствуясь соответствующим государственным стандартом, и принять меры к исключению возможного нарушения или достижению договоренности с владельцами таких прав. В силу разброса информации, возможных пробелов в фондах и базах данных даже самый тщательный поиск не может дать стопроцентной уверенности. Поэтому в договоре желательно определить, на ком лежит ответственность за возможное нарушение исключительных прав третьих лиц, и как в таком случае будут действовать стороны. Если это не оговорено, а впоследствии возникнет конфликт с третьими лицами, то, скорее всего, ответственной будет признана передающая сторона (разработчик технологии), поскольку в прежних типовых договорах обязанность проверки патентной чистоты возлагалась на лицензиара.

8.2. Лицензионные соглашения

Законодательство определяет три вида лицензионных договоров, подлежащих регистрации:

– договор об уступке патента, на основании которого право на патент переходит от одного патентообладателя – юридического и/или физического лица – другому;

– договор исключительной лицензии, заключив который, патентообладатель передает лицензиату исключительное право на использование изобретения, охраняемого патентом, и лишается права заключать на аналогичных условиях договоры по нему с третьими лицами;

– договор неисключительной лицензии, позволяющий патентообладателю предоставлять право на использование охраняемого патентом изобретения на аналогичных условиях неограниченному числу пользователей.

Перечисленные договоры подлежат регистрации в том случае, если они являются составной частью смешанных договоров, в частности договоров о совместной деятельности.

Незарегистрированные договоры не действительны, т. е. не производят юридического действия, как в отношении сторон договора, так и в отношении третьих лиц.

Регистрацию договоров осуществляет отдел лицензий и договорных отношений РОСПАТЕНТА. Регистрация позволяет установить правомочность лица, передающего права по патенту, выявить и устранить условия, противоречащие действующему законодательству, взаимоисключающие условия, а также иные упущения, в результате которых могут возникнуть серьезные последствия для сторон договора. Иными словами, она обеспечивает режим законности при заключении лицензионных договоров и договоров уступки патентов.

Такая опека государственной структуры способствует становлению отечественного рынка лицензий, что особенно важно при отсутствии прямого законодательного регулирования таких договоров и практики рассмотрения в судах споров, касающихся нарушения обязательств сторонами, их заключившими.

При заключении лицензионного договора возникают вопросы, связанные с предоставлением гарантий. Так, лицензиат желает иметь гарантии действительности патента, являющегося предметом соглашения, и возможности беспрепятственно использовать техническое решение, им охраняемое, а также гарантии осуществимости и качества того, что предлагает лицензиар.

В свою очередь лицензиар хочет иметь гарантию того, что передаваемая по лицензии технология не будет дискредитирована недобросовестным использованием, что лицензия принесет ему реальную выгоду, а деятельность лицензиата не нанесет ущерба его собственной коммерческой деятельности.

Наиболее важны патентно-правовые гарантии. Уже в преамбуле большей части лицензионных соглашений, поступающих на регистрацию в отдел лицензий и договорных отношений РОСПАТЕНТА, указывается, что лицензиар обладает всеми необходимыми правами на соответствующие патенты.

В лицензионные соглашения, как правило, включаются гарантии лицензиара о действительности патента и поддержании его в силе. Невыполнение патентообладателем-лицензиаром обязательств по поддержанию патента в силе

может привести к досрочному прекращению действия лицензионного договора. Такие гарантии не устраняют риск досрочного прекращения действия патента.

Необходимо помнить, что юридические последствия признания патента недействительным прямо зависят от причины аннулирования.

Если аннулирование патента произведено в виду несоответствия объекта промышленной собственности критериям патентоспособности, т. е. патентообладатель-лицензиар не мог знать об этом заранее, то лицензионный договор должен быть прекращен только с момента вынесения соответствующего решения.

Если патент аннулирован на основании неправильного указания в нем автора или патентообладателя, т. е. патентообладатель на момент заключения соглашения знал или должен был знать о незаконности предмета договора, то на основании ст. 168 ГК РФ договор должен быть признан недействительным с момента заключения со всеми вытекающими юридическими последствиями. Прецеденты принятия судами таких решений в отечественной практике уже имеются.

Лицензиат желает также получить от лицензиара гарантию об ответственности по искам третьих лиц на случай, если промышленное использование патента по лицензии нарушает патент, принадлежащий третьему лицу.

Вполне понятно, что эти гарантии, даже если они и представлены лицензиаром, не обеспечивают на практике полную безопасность лицензиата от претензий третьих лиц.

Поэтому лицензиар, действуя добросовестно, может заявить лицензиату, что на день договора права по лицензионному патенту не являлись предметом иска со стороны третьих лиц и не затрагивают их права. Однако лицензиар не может гарантировать лицензиату, что впоследствии к нему не будут предъявлены притязания третьих лиц.

Во избежание споров в лицензионных договорах предусматривается распределение обязанностей лицензиара и лицензиата по урегулированию претензий или требований, предъявляемых лицензиару со стороны третьих лиц. В случае, когда лицензиар – юридическое лицо, договоры, как правило, содержат положение о том, что лицензиат должен известить о претензиях третьих лиц лицензиара, который на свой риск и за свой счет обязан их урегулировать и принять необходимые меры для беспрепятственного использования предмета соглашения.

В лицензионных договорах предусматривается также распределение обязанностей между лицензиаром и лицензиатом по защите прав последнего в случае их нарушения третьими лицами. Здесь возможны различные варианты распределения обязанностей и расходов, связанных с защитой прав лицензиата.

При распределении между лицензиаром и лицензиатом обязанностей по ведению судебного процесса следует учитывать, что требования к нарушителю патента, а, следовательно, и иски в суд могут быть заявлены только патентообладателем, а также обладателем лицензии исключительного права, если иное не предусмотрено лицензионным договором. На практике имеет место возложение на лицензиата неисключительной лицензии обязанности предъявлять иски к нарушителю патента, что препятствует регистрации договоров, содержащих такие положения.

Практика регистрации договоров свидетельствует, что не менее чем в 90 % из них передача прав на использование запатентованных технических решений сопровождается предоставлением ноу-хау, обеспечивающего возможность их эффективного промышленного использования. В связи с этим очевидна важность технических гарантий, позволяющих лицензиату быть уверенным, что он будет в состоянии изготавливать изделия того качества, что и лицензиар.

В лицензионном договоре возможно предусмотреть, чтобы лицензиар гарантировал результат, который получит лицензиат, используя предоставленные ему права по патенту и ноу-хау. Однако при этом договор потребует и условий, которые позволят его обеспечить. Такой договор должен определять все технические параметры, которые обусловливают получение результатов, перечислять детально все условия, необходимые для действенности гарантии.

Практически наиболее полная гарантия представляется возможной при условии, что производство лицензиата в течение определенного времени будет находиться под полным контролем лицензиара, что не всегда желательно для лицензиата. Следует отметить, что на практике лишь незначительная часть зарегистрированных лицензионных договоров содержит такие положения. Однако в силу особенностей правового регулирования они в полной мере присущи договорам коммерческой концессии.

Как правило, в лицензионных договорах, в которых предоставление права на использование запатентованных изобретений, полезных моделей, промышленных образцов сопровождается передачей ноу-хау, лицензиар гарантирует, что передает лицензиату без утайки все элементы, позволяющие добиться результатов, сопоставляемых с его собственными. Такие гарантии обеспечивают договорные положения о возможности осуществления контроля и/или технических испытаний на местах, когда производство продукции по лицензии уже освоено. При этом договор может содержать положения, уточняющие условия такого технического контроля.

Названные подходы к платно-правовым и техническим гарантиям соответствуют отечественной и международной практике в этой сфере и представляются оптимальными.

8.2.1. Договор исключительной лицензии

При предоставлении простой лицензии лицензиар, разрешая лицензиату в установленных границах использовать объект соглашения, оставляет за собой право как самому эксплуатировать его, так и выдавать на тех же условиях лицензии третьим лицам. Обычно в рамках одной страны число лицензиатов редко превышает 4-5.

Выдавая исключительную лицензию, лицензиар предоставляет лицензиату уже исключительное право использования объекта соглашения в тех пределах, в которых это оговорено, отказываясь как от выдачи аналогичных лицензий третьим лицам, так и в принципе от самостоятельной эксплуатации объекта соглашения в установленных для лицензиата границах.

Однако лицензиар имеет право использовать объект соглашения самостоятельно или выдавать на его базе лицензии третьим лицам, если это не нарушает условий соглашения. Так, одной фирме исключительная лицензия предоставляется на производство продукции, другой – на ее сбыт. Несколько исключительных лицензий может быть продано фирмам из различных отраслей промышленности с запретом использовать объект соглашения где-либо вне этих отраслей.

Выбор типа лицензии – простой или исключительной – зависит, прежде всего, от объема рынка той страны или территории, на которую предоставляется лицензия, и характера изобретения.

В случае если рынок невелик, есть смысл выдать исключительную лицензию: наличие нескольких лицензиатов, получивших простые лицензии, создаст на этом небольшом рынке конкуренцию, которая в итоге собьет цены, что отразится и на объеме лицензионного вознаграждения.

Исключительная лицензия предпочтительна и при продаже изобретения с ограниченной сферой применения, так как объем сбыта товаров, произведенных на базе такой лицензии, будет невелик даже на самом обширном рынке (например, некоторых видов медикаментов).

Простые лицензии выдаются обычно на товары массового производства и спроса, а также в страны с емким внутренним рынком – США, Англию, ФРГ и др. В этих случаях несколько лицензиатов быстрее освоят рынок, чем один, и лицензиар будет гарантирован от применения лицензии в недобросовестных целях (например, для торможения производства). Кроме того, лицензиар сохраняет и за собой право выхода на данный рынок с запатентованной продукцией.

8.2.2. Договор коммерческой концессии

Основное обязательство, определяющее особенности договора, – предоставление правообладателем пользователю комплекса исключительных прав на использование объектов интеллектуальной собственности в предпринимательской деятельности.

Комплекс исключительных прав, предоставленных правообладателем пользователю, состоит из известной триады прав, присущих также и договору франшизы:

– права действовать под фирменным наименованием и/или коммерческим обозначением правообладателя;

– права на товарные знаки, знаки обслуживания;

– права использовать принадлежащие ему охраняемые объекты промышленной собственности – изобретения, промышленные образцы, а также охраняемую коммерческую информацию (ноу-хау).

Коммерческая информация и коммерческий опыт, предоставляемые пользователю по договору, включают обычно профессиональное обучение персонала, специальный инструктаж в течение всего периода действия договора по различным аспектам организации хозяйственной деятельности, таким, как управление, создание сбытовой сети, эксплуатация оборудования, ведение учета и отчетности, обслуживание клиентов, приготовление фирменных блюд.

При этом правообладатель обязан предоставить пользователю всю необходимую техническую, коммерческую и иную информацию, выдать предусмотренные договором лицензии, проинструктировать пользователя и его работников по вопросам, связанными с реализацией предоставленных исключительных прав, а также оказывать постоянное техническое и консультативное содействие в обучении и повышении квалификации работников и не вправе отступить от этих обязанностей.

Следует отметить, что предметом договора коммерческой концессии служат отчуждаемые имущественные права.

Фирменное наименование и/или коммерческое обозначение являются необходимыми составляющими комплекса исключительных прав, передаваемых по договору коммерческой концессии, его стержневым элементом.

Прекращение же иных исключительных прав, переданных по договору коммерческой концессии, например окончание срока действия патента на изобретение или промышленный образец, свидетельства на товарный знак, прекращение их действия из-за неуплаты пошлины, аннулирования, не влекут за собой прекращение самого договора.

Сторонами по договору коммерческой концессии могут быть коммерческие организации и граждане, зарегистрированные в качестве индивидуальных предпринимателей.

Правообладателем способна выступать фирма, пользующаяся добротной рыночной репутацией, высоким деловым авторитетом, мощным производственным или коммерческим потенциалом.

Пользователем может быть независимый субъект рынка, который отвечает по своим обязательствам собственным имуществом, обладатель собственного, хотя и небольшого капитала, осуществляющий коммерческую деятельность по своему усмотрению и на свой риск, несущий ответственность в пределах принятых на себя обязательств.

Главное требование правообладателя к пользователю – обеспечить качество товаров не ниже фирменного. Однако в этом заинтересован и пользователь. Контроль правообладателя над деятельностью позволяет пользователю полностью интегрироваться в распределительно-сбытовую сеть правообладателя. Другие требования касаются неразглашения секретов производства правообладателя и полученной от него конфиденциальной информации. Нарушение этой обязанности может нанести ущерб правообладателю, так как сохранение конфиденциальности служит необходимой предпосылкой коммерческой ценности информации.

Пользователь обязан информировать потребителя о том, что он использует средства индивидуализации в соответствии с договором коммерческой концессии, и не вводить его в заблуждение.

Предусматривается возможность заключения пользователем договора коммерческой субконцессии с другими лицами и передачи им на его основе всего или части комплекса исключительных прав. При этом в договоре коммерческой концессии должно быть предусмотрено право (или обязанность) предоставлять третьим лицам субконцессии и условия их предоставления.

Предоставленные на основе субконцессии исключительные права производим от прав, полученных пользователем по основному договору. Их объем не может выходить за пределы прав пользователя. Превышение этих пределов может рассматриваться как нарушение прав пользователем (именуемым вторичным правообладателем) его обязанностей по договору концессии.

Предусмотренные обязательства пользователя не конкурировать с правообладателем и обязательство правообладателя не выдавать концессию другим пользователям на той же территории обусловлены необходимостью четкого определения объема предоставляемых по договору исключительных прав, включая разграничения территориальной и иной сферы между правообладателем и пользователем. Аналогичные условия характерны для лицензионных договоров на объекты промышленной собственности.

Правообладатель также вправе возложить на пользователя обязательства по согласованию с ним места расположение своих «коммерческих точек».

Требования к оформлению договорных отношений в рамках коммерческой концессии. Договор заключается в письменной форме. Кроме того, он подлежит государственной регистрации в соответствующем органе, ведущем государственный реестр юридических лиц и граждан-предпринимателей. Необходимость этой процедуры обусловлена особенностями системы возникновения и закрепления исключительных прав на фирменное наименование и спецификой правового статуса граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

Юридическое лицо, фирменное наименование которого зарегистрировано в установленном порядке, имеет исключительное право его использования.

Лицо, неправомерно использующее чужое зарегистрированное фирменное наименование, по требованию обладателя права на фирменное наименование обязано прекратить его использование и возместить причиненные убытки.

Таким образом, исключительное право на фирменное наименование возникает с момента включения юридического лица в реестр юридических лиц. Лицо, зарегистрированное в качестве индивидуального предпринимателя, в отличие от юридического лица, использует коммерческое обозначение. Охрана коммерческого обозначения не регламентирована российским законодательством, исключительное право на использование коммерческого обозначения возникает с фактического начала его использования. Права на коммерческое обозначение могут быть защищены в России в соответствии со ст. 8 Парижской конвенции по охране промышленной собственности.

Вместе с тем гражданин вправе заниматься предпринимательской деятельностью без образования юридического лица с момента государственной регистрации в качестве индивидуального предпринимателя.

При наличии в договоре коммерческой концессии положений о передаче прав на использование охраняемых объектов промышленной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, товарных знаков) он подлежит обязательной регистрации в РОСПАТЕНТЕ. При несоблюдении этого тре-

бования договор считается ничтожным, т. е. не производит юридического действия, как в отношении сторон договора, так и в отношении третьих лиц.

Регистрация осуществляется в соответствии с Правилами рассмотрения и регистрации договоров о предоставлении права на использование изобретения, полезной модели, промышленного образца и Правилами регистрации договоров об уступке товарного знака и лицензионных договоров о предоставлении права на использование товарного знака.

Договор коммерческой концессии регламентирован как самостоятельный вид договора.

Хотя договорная деятельность пользователя близка к функциям традиционных дистрибьюторов – лицензионных агентов, дилеров, коммивояжеров, маклеров и других наемных лиц, действующих на основе договора комиссии или агентского, коммерческая концессия по своей правовой работе отличается от них.

Во-первых, по договору коммерческой концессии пользователь действует от своего имени и по собственному усмотрению. Во-вторых, за действия он несет ответственность собственным имуществом.

Кроме того, при договоре коммерческой концессии пользователь вознаграждает правообладателя, а не наоборот, как это имеет место при договоре комиссии или агентском.

Существует мнение, что договор коммерческой концессии является разновидностью лицензионных договоров. Данное мнение основано на том, что основным обязательством по нему является предоставление правообладателем пользователю исключительных прав на использование объектов интеллектуальной собственности.

У этих договоров действительно много общего. В соответствии со ст. 1234 ГК РФ по лицензионному договору патентообладатель (лицензиар) обязуется предоставить право на использование охраняемого объекта промышленной собственности в объеме, предусмотренным договором, другому лицу (лицензиату), а последний принимает на себя обязанность вносить лицензиару обусловленные договором платежи и осуществлять другие действия, предусмотренные договором».

Таким образом, речь идет о предоставлении права на использование охраняемых объектов промышленной собственности в том или ином объеме. Лицензиат, как и пользователь, по договору о коммерческой концессии выплачивает лицензиару обусловленные договором платежи за предоставленное право. Прибыль лицензиара также может зависеть от успеха деятельности лицензиата.

Стороны лицензионного договора могут находиться в тесных рабочих отношениях. Однако это не является обязательным условием, как должен предусматривать договор о коммерческой концессии.

Вместе с тем в отличие от лицензиата успех пользователя договора коммерческой концессии зависит от умения правообладателя создать прибыльную систему, обучать пользователя правилам надлежащей ее работы, совершенствования и развития, постоянного контроля пользователя и содействия ему в течение срока

договора коммерческой концессии. Отступить от этих обязанностей правообладатель не вправе.

Если предметом лицензионного договора являются исключительные права на охраняемые объекты промышленной собственности и их прекращение (окончание срока действия патента, досрочное прекращение его действия из-за неуплаты пошлины, аннулирования, утраты конфиденциальности информации, соответствующей ноу-хау) ведет к прекращению лицензионного договора, то прекращение исключительного права, пользование которым предоставлено по договору коммерческой концессии, не ведет к прекращению этого договора. Свое действие прекращают лишь положения, относящиеся к прекратившемуся праву, т. е. «лицензионная часть» договора коммерческой концессии.

8.2.3. Франшиза

В последнее время в странах с развитой экономикой значительно увеличилась продажа товаров и услуг на условиях франшизы. Эта разновидность договорно-обязательственных отношений, именуемая также «франчайзинг», рассматривается как новая, наиболее прогрессивная система организации бизнеса и этики деловых отношений.

По определению экспертов ВОИС, франшиза – это договор, по которому одно лицо (правообладатель), имеющее разработанную систему ведения определенной деятельности, разрешает другому лицу использовать эту систему согласно требованиям владельца франшизы в обмен на вознаграждение.

По договору франшизы правообладатель (франшизер) предоставляет пользователю (франшизанту) весь комплекс принадлежащих ему прав на интеллектуальную собственность (один или несколько товарных знаков, фирменное наименование, изобретения и промышленные образцы, ноу-хау, произведения, охраняемые авторским правом). При этом исключительные права одной стороной предоставляются другой стороне на льготной, привилегированной основе. Наряду с передачей права на интеллектуальную собственность, франшизер оказывает постоянную организационную техническую и коммерческую помощь, опекает франшизанта в полной риска сфере предпринимательства и рыночных отношений.

Зависимость франшизанта от исключительных прав франшизера и принятые им на себя обязательства придерживаться в своей деятельности стандартов и качества не ниже франшизера, позволяют последнему контролировать франшизинговую сеть так, как если бы она была его собственной фирменной дистрибьюторской сетью. Франшизант заинтересован в совместной деятельности не меньше. Ему не надо отвоевывать «место под солнцем» в ожесточенной борьбе с конкурентами. На отведенной «заповедной» территории он надежно защищен фирменным наименованием франшизера, его товарным знаком, пользуется его технологическими разработками, коммерческими приемами и опытом.

Главная особенность франшизы – включение пользователя в систему деловой активности правообладателя, право и обязанность пользователя действовать

под фирменным наименованием или коммерческим обозначением правообладателя, на его оборудовании и в соответствии с его инструкциями.

Основная сфера распространения франшизы – распределение товаров и услуг системы бензозаправочных станций, автомастерских, автошкол, пунктов проката, ремонтно-строительных предприятий, салонов моды и косметических услуг, аптек, центров профориентации и переподготовки рабочей силы, химчисток и прачечных, пунктов по оказанию компьютерных услуг, ремонту бытовой и электронной аппаратуры, гостиничного хозяйства и многое др.

8.3. Международная торговля лицензиями на объекты интеллектуальной собственности

Операции по продаже патентов и лицензий являются весьма специфичной формой коммерческих сделок. Они географически ограничены территориальным характером действия патента и поэтому, строго говоря, являются сделками только во внутреннем экономическом обороте страны патентования. Правда, с развитием зарубежного патентования сторонами такой сделки, касающейся сугубо локальных прав, могут выступать фирмы различных стран, и потому платежи за покупку-продажу патентов и лицензий на их базе попадают в международный платежный оборот, составляя одну из статей «невидимых операций» в платежном балансе. Но в этом случае речь идет не об «экспорте патентов», как у нас иногда говорят (патент как строго территориальное право не может «передвигаться» из страны в страну), а лишь о продаже зарубежных активов фирмы. Вместе с тем с достаточной степенью условности можно говорить об «экспорте лицензий», когда фирма выдает их на базе патентов, полученных за рубежом, ибо продажа лицензий обычно не ограничивается допуском к использованию прав патентовладельца и предполагает передачу «ноу-хау», то есть реальную пересылку документации, образцов, моделей, узлов, оборудования, командировки специалистов и т. д., а иногда и основывается исключительно на такой передаче. Вообще же в обоих случаях правильнее говорить об экспорте технологии или экспорте научно-технической мысли.

Необходимость торговли лицензиями диктуется особенностями самого прогресса техники, заключенного в рамки патентной системы. Как уже указывалось, подавляющее большинство изобретений возникают не на пустом месте, а имеют какой-то прототип. Даже отличаясь от него существенной новизной, изобретения все же содержат в себе наряду с новыми уже известные элементы техники, которые, в свою очередь, могут оказаться предметами ранее выданных и еще сохраняющих силу патентов. Поэтому вновь выданный патент оказывается связанным и не может быть использован без нарушения ранее выданного кому-то патента, а, следовательно, без приобретения лицензии на этот последний. В свою очередь, владелец старого патента бывает заинтересован в приобретении более передовой технологии, так что дело кончается обычно обменом лицензиями («перекрестной лицензией») между владельцами связанных патентов.

Далее, при современном уровне развития техники создание нового производства редко базируется на одном патенте, а гораздо чаще на совокупности, «блоке» патентов, которые могут принадлежать многим владельцам. Поэтому организовать выпуск нового товара бывает обычно невозможно до тех пор, пока какой-нибудь предприниматель не скупит весь «блок» патентов или лицензии на них. При этом в сфере международной торговли эта задача многократно усложняется, ибо в силу строго территориального характера патентного права он должен собрать такой «блок» в каждой стране, где намечаются коммерческие операции с данной новинкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт развития человечества показывает, что даже страны с развитой рыночной моделью экономики и свободного предпринимательства идут не только по пути поддержки частных инвесторов, но и прямого государственного финансирования инновационных проектов, реализуемых как мелкими фирмами, так и университетами. При этом инновационная деятельность декларируется «как объективно возникающий процесс, в котором главная роль принадлежит не деньгам, а трансформации знаний в пригодную для продажи технологию или продукцию». Целенаправленное финансирование было бы не столь эффективно без совершенствования системы поддержки и охраны интеллектуальной собственности, без надежного механизма реализации законов, особенно в части, позволяющей правообладателям отстаивать свои права против нарушителей, тем самым реализуя легальную возможность монополизировать свое дело в течение срока действия объекта интеллектуальной собственности. Есть две основные взаимосвязанные причины, по которым страны принимают законы, направленные на охрану интеллектуальной собственности. Одна из них – необходимость оформить законным образом моральные и экономические права авторов произведений интеллектуального творчества, а другая – стремление стимулировать в рамках спланированной правительственной политики творческую активность людей и распространение и применение ее результатов, а также поощрять честную торговлю. Все это способствует экономическому и социальному развитию.

В современных экономических и политических условиях развития России все большую роль играют процессы, происходящие в ключевой сфере – интеллектуальной. Как известно, эта сфера относится к главнейшему ресурсу государства – его научно-техническому потенциалу.

От того, насколько значителен интеллектуальный потенциал общества и уровень его культурного развития, зависит, в конечном счете, и успех решения стоящих перед ним экономических проблем. В свою очередь наука, культура и техника могут динамично развиваться только при наличии соответствующих условий, включая необходимую правовую защиту и оценку интеллектуальной собственности.

Принято считать, что «знание – сила». Следует добавить, что в современном мире знание это еще и богатство.

Интеллектуальная собственность занимает все более прочные позиции и становится фундаментом экономики, основанной на знаниях.

Фундаментальные изменения в экономике и социальной структуре общества, крупнейшие прорывы на ключевых направлениях научно-технического прогресса ведут к переосмыслению места и роли интеллектуальной собственности в развитии общества.

Глобальная информационно-коммуникационная система кардинально изменила условия для экономического обмена и взаимодействия, образования, науки, бизнеса, межличностного общения, устраняя пространственные, временные, социальные, языковые и иные барьеры, формируя единое информационное пространство. Именно эти тенденции по всей вероятности и будут определять развитие института интеллектуальной собственности в будущем, открывая новые возможности и предъявляя новые требования к творческому потенциалу, как отдельной личности, так и общества в целом.

ТЕРМИНЫ

Гражданское право – отрасль права, регулирующая имущественные и личные неимущественные отношения участников гражданского оборота: граждан между собой, граждан и организаций между собой.

Интеллект (лат. Intellectus – познание, понимание, рассудок) – способность мышления, рационального познания.

Концессия (коммерческая) – договор о передаче в эксплуатацию (пользование) на определенный срок объекта.

Лицензия – разрешение на использование изобретения или объекта.

Патент (лат. Patens (patentis) – открытый, явный) – свидетельство, выдаваемое правительством изобретателю на право исключительного пользования сделанным изобретением.

Право совокупность общеобязательных правил поведения (норм), установленных или санкционированных государством.

Приоритет (лат. Prior – первый, старший) – первенство по времени в осуществлении какой-либо деятельности; необходимое условие выдачи патента на изобретение.

Экспертиза – исследование специалистом вопросов, решение которых требует специальных знаний.

Юриспруденция (лат. jurus-prudentia – правоведение) – юридическая наука, правовая система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белов В. В., Виталиев Г. В., Денисов Г. М.* Интеллектуальная собственность. Законодательство и практика его применения: учеб. пособие. М.: Юристъ, 1999. 288 с.

2. *Гражданский кодекс Российской Федерации*. М.: Издательство «ЭКСМО», 2011. 654 с.

3. *Григорьев А. Н.* Евразийское патентное законодательство в действии. Патенты и лицензии. 12-99, С. 28-29.

4. *Еременко В. И.* Европейское патентное законодательство. М., 1989.

5. *Земляков Д. Я., Макашев М. О.* Франчайзинг. Интегрированные формы организации бизнеса: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2003. 142 с.

6. *Как защитить ИС в России.* Правовое и экономическое регулирование: справ, пособие. М.: Высшая школа, 1989. 237 с.

7. *Калятин В. О.* Интеллектуальная собственность (исключительные права). М.: Юрист, 2005.

8. *Макагонова Н. В.* Патентное право. М.: Юрист, 2004.

9. *Макагонова Н. В.* Авторское право: учеб. пособие / под ред. Э. П. Гаврилова. М.: Юридическая литература, 1999. 86 с.

10. *Сергеев А. П.* Право интеллектуальной собственности в Российской Федерации: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ТК Велби, 2004. 752 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Примеры изобретений (механизм поворота платформы экскаватора, устройство для транспортирования грузов)

МКИ[9] E02F9/12

МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА ПЛАТФОРМЫ ЭКСКАВАТОРА
Авторское свидетельство № 905394, опубл. 15.02.82. Бюл. № 6

Описание изобретения

Изобретение относится к элементам горных и строительно-дорожных машин, в частности к механизмам поворота экскаваторов, отвалообразователей и других машин.

Известно поворотное устройство, включающее опорную раму, поворотную платформу, горизонтальные верхний и нижний диски, между которыми расположены силовые гидроцилиндры, взаимодействующие с зубчатым венцом [1].

Однако в известном устройстве силовые цилиндры из-за жесткого крепления штоков подвержены действию изгибающих усилий, что вызывает увеличение размеров цилиндров.

Наиболее близким по техническому решению к предлагаемому изобретению является механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых соединены шарнирно с кривошипами и имеют ролики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом [2].

Недостатками данного механизма являются сложность монтажа и низкая его ремонтопригодность, поскольку силовые цилиндры расположены внутри зубчатого венца и доступ к механизму ограничен, и большие габариты при расположении силовых цилиндров снаружи венца.

Цель изобретения – уменьшение габаритов и повышение ремонтопригодности механизма поворота платформы экскаватора.

Поставленная цель достигается тем, что зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

На рис. 1 изображен механизм поворота платформы экскаватора.

Гидравлический механизм поворота экскаватора включает опорную раму *1*, поворотную платформу *2*, установленные вертикально силовые цилиндры *3*, шарнирно закрепленные на опорной раме *7*, штоки *4* которых снабжены роликами *5* и соединены с кривошипами *6*, установленными на поворотной платформе *2*. Поворотная платформа *2* имеет зубчатый венец *7*, зубья *8* которого выполнены на его торцовой поверхности и их продольные оси *9* расположены в горизонтальной

плоскости, причем ролики *5* установлены с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом *7*.

Гидравлический механизм поворота экскаватора работает следующим образом.

При подаче рабочей жидкости в силовые цилиндры *3*, закрепленные на опорной раме *1*, происходит перемещение штоков *4*. Ролики *5* при этом упираются в поверхность зубьев *8* венца *7*. В результате возникает крутящий момент, обеспечивающий заданный закон движения поворотной платформы *2*. При этом кривошипы *6* разгружают силовые цилиндры *3* от действия изгибающих нагрузок.

Данная конструкция гидравлического механизма поворота экскаватора обеспечивает повышение ремонтопригодности, уменьшает длительность и стоимость ремонтных работ на 10-15 % и снижает габариты механизма.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. *Кузнецов В. Н.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора! Авторское свидетельство СССР № 218065, кл. Е 02 F 3/12, 1968.

2. *Закаменных Ю. Г., Комиссаров А. П., Кубачек В. Р., Филатов В. И.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора: Авторское свидетельство СССР № 619603, кл. Е 02 F 9/12, 1978 (прототип).

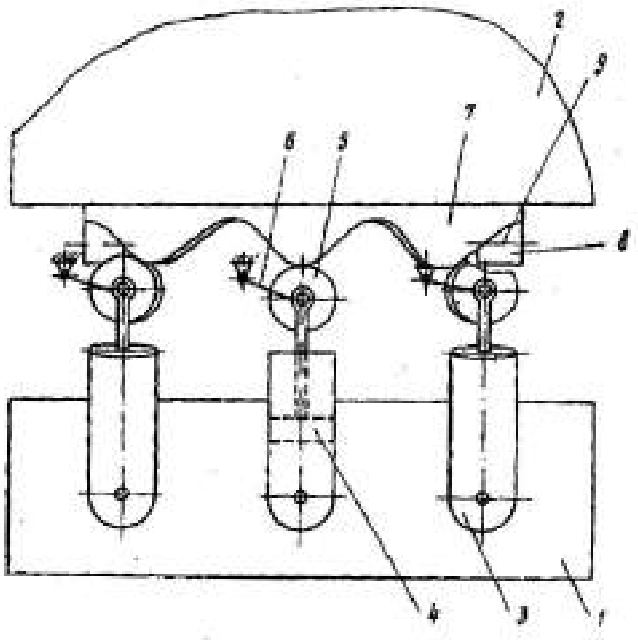


Рис. 1. Механизм поворота платформы экскаватора:
1 – опорная рама; *2* – поворотная платформа; *3* – силовой цилиндр; *4* – шток; *5* – ролик; *6* – кривошип; *7* – зубчатый венец; *8* – зубья; *9* – продольная ось

Формула изобретения

Механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых шарнирно соединены с кривошипами и имеют ро-

лики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов и повышения ремонтопригодности, зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

МКИ[9] B66B9/06

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ
Патент на изобретение № 2069637, опубл. 27.11.96. Бюл. № 33

Описание изобретения

Изобретение относится к горнотранспортному оборудованию, в частности, к транспортированию грузов в карьерах.

Известно устройство для транспортирования грузов, включающее две пары направляющих с установленными на них грузовыми платформами, содержащими эстакаду и ходовую тележку и связанными между собой эластичным элементом, тяговый элемент, выполненный с возможностью взаимодействия с приводными барабанами, смонтированными на грузовых платформах, и закрепленный в верхней и нижней точках пути транспортирования, систему передачи энергии от транспортируемых на грузовых платформах автосамосвалов к приводным барабанам /1/.

Недостатком указанного технического решения являются большие затраты на подготовку трассы в борту карьера и использование в качестве энергетической установки двигателей автосамосвалов с дорогостоящим топливом.

Наиболее близким техническим решением является устройство для транспортирования грузов, включающее расположенные в двух параллельных плоскостях наклонные верхний и нижний пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, огибающим блок, установленный в конце верхнего пути, и привод, при этом каждая из тележек снабжена продольными направляющими и верхняя ее поверхность выполнена с наклоном относительно горизонта под углом 2-4°, а нижняя часть верхнего пути расположена ниже верхней части нижнего пути на высоту, равную разности высот передней и задней стенок тележки /2/.

Недостатком указанного технического решения также являются большие затраты на подготовку трассы для путей, связанные с выполаживанием борта карьера.

Целью изобретения является снижение затрат на подготовку трассы для путей в борту карьера.

Это достигается тем, что в устройстве для транспортирования грузов, включающем пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, трасса соответствует профилю борта карьера, пути содержат на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными по обе стороны от тележки, а тележка имеет дополнительные колеса, установленные с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

Кроме того, для обеспечения натяжения тягового органа рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше значения коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

На рис. 1 показано устройство для транспортирования грузов; вид А на рис. 1.

Устройство для транспортирования грузов включает пути, выполненные в виде рельсов *1*, закрепленных на откосах и на площадках уступов, и содержащие на каждой площадке уступа две вертикальные стенки *2* с рельсами *3*, тележки *4*, связанные между собой гибким тяговым органом *5*, и приводной барабан *6*, причем рельс *3* состоит из двух участков – пологого (параллельного площадке) и наклонного (параллельного откосу уступа), а тележка *4* содержит нижние *7*, верхние *8* колеса и дополнительные колеса *9*, установленные соосно с верхними колесами *8* с возможностью взаимодействия с рельсами *3*.

Кроме того, пологие участки рельсов *1* и *3* имеют уклон *i* в сторону выработанного пространства, определяемый по формуле

$$i > K = \frac{P}{G},$$

где *K* – коэффициент сопротивления движению тележки по рельсам; *P* – сопротивление движению тележки по горизонтальному пути; *G* – сила тяжести тележки.

Этому уклону соответствует угол α, показанный на рис. 2. Соблюдение условия $i > K$ обеспечивает необходимое натяжение каната.

Устройство для транспортирования грузов работает следующим образом. Установка автосамосвалов на тележки *4* осуществляется одновременно: на нижнюю тележку *4*, например, – порожний автосамосвал, на верхнюю – груженый. Затем при вращении приводного барабана *6* нижняя тележка *4* за счет тягового органа *5* перемещается по площадке уступа, верхняя тележка *4* двигается в сторону выработанного пространства под действием собственного веса. При этом нижние колеса *7* тележки *4* катятся по рельсам *1*, а дополнительные колеса *9* – по рельсам *3*, что обеспечивает горизонтальное положение платформы тележки *4*. Далее тележки *4* двигаются по откосам уступа: нижняя – вверх, а верхняя – вниз.

При перемещении тележки *4* по откосу на расстояние, равное расстоянию между осями нижних *7* и верхних *8* колес, дополнительные колеса *9* выходят из контакта с рельсом *3* и тележка *4* двигается по рельсу *1* колесами *7* и *8*.

Предлагаемое техническое решение позволяет до минимума сократить затраты на подготовку трассы, исключить горные работы, связанные с выпо- лаживанием борта карьера под трассу путей, обеспечивает спуск автосамосвалов в карьер по наикратчайшему пути, позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на автосамосвалы, уменьшить объем вскрышных работ за счет уменьшения ширины проезжей части автодорог, увеличить производительность автосамосвалов и, в конечном счете, уменьшить себестоимость транспортирования на 10-15 %.

Источники информации:

1. Авторское свидетельство СССР № 603411, кл. B66B9/06, 1979.
2. Авторское свидетельство СССР № 1423486, кл. B66B9/06, 1988.

Формула изобретения

1. Устройство для транспортирования грузов, содержащее пути с установленными на них с возможностью перемещения тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, *отличающееся* тем, что пути по трассе соответствуют профилю уступа карьера, при этом пути включают в себя размещенные на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными параллельно путям по обе стороны от тележки, которая снабжена дополнительными колесами, установленными с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

2. Устройство по п. 1, *отличающееся* тем, что рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке, имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

Приложение 2

Примеры полезных моделей (буровое долото, мельница)

МКИ[9] Е 21В 10/36

БУРОВОЕ ДОЛОТО

Патент на полезную модель № 88053, опубл. 27.10.09. Бюл. № 30

Описание полезной модели

Предложение относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Известно буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде цилиндрических твердосплавных вставок (штырей), и корпус с хвостовиком.

Наиболее близким аналогом к заявляемой полезной модели по совокупности признаков является буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде призматических твердосплавных пластинок (лезвий), включающей опережающее центральное лезвие и основные элементы армировки из периферийных лезвий, и корпус с хвостовиком.

Недостатком известных буровых долот является ограниченная область применения, обусловленная их использованием для ударного бурения крепких и особо крепких пород.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Для решения поставленной задачи заявляемая полезная модель содержит следующие существенные признаки, отличительные от наиболее близкого аналога: опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

В отличие от прототипа заявляемая полезная модель позволяет за счет выполнения опережающего лезвия с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия, обеспечить возможность разрушения как крепких и особо крепких пород при ударно-вращательном бурении ввиду образования передового вруба опережающим лезвием под действием ударной нагрузки и снижения сопротивляемости породы внедрению основных элементов армировки; так и пород средней крепости при вращательно-ударном бурении под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии, а также пород низкой крепости при вращательном бурении посредством срезания слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия, и в результате расширить область применения бурового долота.

Сущность заявляемой полезной модели поясняется чертежом. На рис. 1 приведена схема бурового долота.

Буровое долото содержит головку *1*, армированную опережающим лезвием *2*, длина которого равна диаметру долота, и штырями *3*, причем величина опережения лезвия *2* по отношению к штырям *3* равна глубине внедрения лезвия *2*, и корпус *4* с хвостовиком *5*.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие *2* под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей *3*. В результате обеспечивается возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии.

При бурении пород низкой крепости внедрение лезвия долота на глубину *h* осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия *2*.

Источники информации:

1. *Подэрни Р. Ю.* Механическое оборудование карьеров. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Изд. МГГУ, 2007. 680 е.: ил.

2. *Крапивин М. Г., Раков И. Я., Сысоев Н. И.* Горные инструменты. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 256 е.: ил.

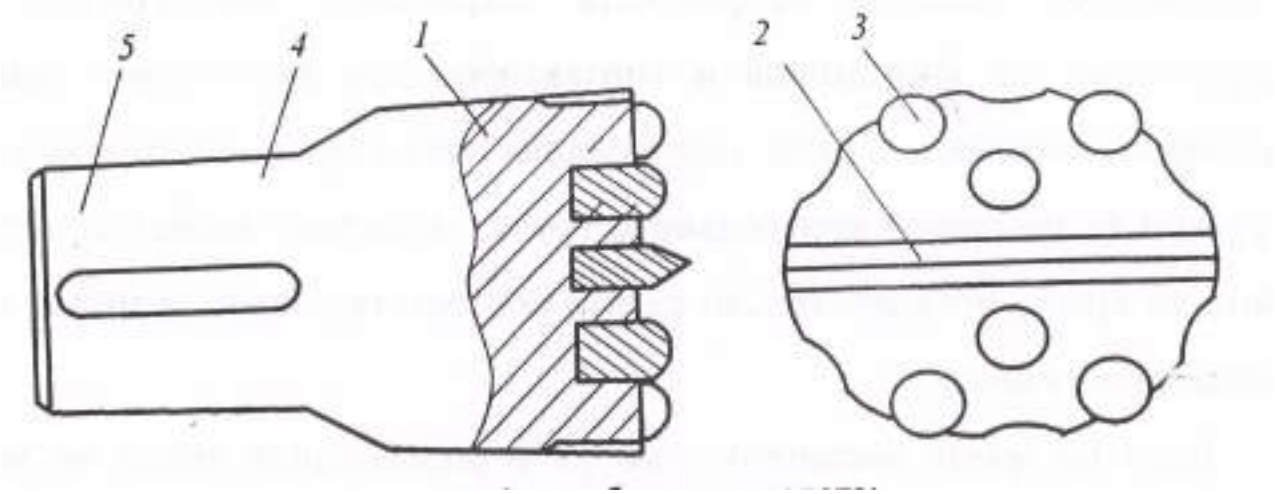


Рис. 1. Схема бурового долота:
1– головка; *2* – лезвие; *3* – штыри; *4* – корпус; *5* – хвостовик

Формула полезной модели

Буровое долото, включающее головку с армировкой, содержащей опережающее лезвие и основные элементы армировки, корпус с хвостовиком, отличающееся тем, что опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота.

Буровое долото по п. 1, *отличающееся* тем, что величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

Реферат

Буровое долото относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей и обеспечивает возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии. При бурении пород низкой крепости внедрение долота осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента-при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия.

МКИ[9] B02C 17/10

МЕЛЬНИЦА

Свидетельство на полезную модель № 57638, опубл. 27.10.06

Описание полезной модели

Полезная модель относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам я измельчительному оборудованию

Известна мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела /1/.

Недостатком известной мельницы является низкая производительность, обусловленная малой энергией мелющих тел (шаров), определяемой габаритами мельницы, и низким КПД ввиду потерь энергии при соударении мелющих тел между собой.

Наиболее близким аналогом заявляемой полезной модели по совокупности признаков является мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами /2/.

Недостатками данной мельницы являются большая металлоемкость и малая надежность ввиду передачи на барабан и цапфы значительных рабочих нагрузок, возникающих в результате воздействия механизмов на штанги, мелющие тела и измельчаемую среду.

Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы.

Поставленная цель достигается тем, что в мельнице, содержащей барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, мелющее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге.

На рис. 1 показана предлагаемая мельница, общий вид; на рис. 2 – то же, разрез.

Мельница включает приводную шестерню *1*, барабан *2*, загрузочную *3* и разгрузочную *4* цапфы, мелющие тела *5*, закрепленные на штангах *6*, вмонтированных в барабан *2* посредством направляющих *7* и уплотнений *8*, выполненных с возможностью возвратно-поступательного движения и снабженных приводом, включающим рабочие механизмы, например вибратор *9* и механизм *10* перемещения, причем мелющие тела *5* состоят из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге *6*.

Мельница работает следующим образом.

При вращении барабана *2*, приводимого в движение посредством приводной шестерни *1*, измельчаемый материал, подаваемый через загрузочную цапфу *3*, поднимается на определенную высоту, а затем перемещается вниз. При этом происходит истирание и частичное разрушение измельчаемого материала за счет соударения и трения между частицами.

Измельчение материала осуществляется в основном в результате воздействия вибратора *9* на штанги *6* и мелющие тела *5*. Срабатывание вибратора *9* происходит при прохождении штанги б через измельчаемый материал. Момент срабатывания может контролироваться, например, посредством конечных выключателей известной конструкции. Контакт между мелющими телами *5* и измельчаемым материалом при ударе достигается за счет поступательного перемещения штанги *6* под действием механизма перемещения *10*. Измельченный материал разгружается через разгрузочную цапфу *4*.

Такое выполнение мельницы позволяет снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы в результате внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела и исключения передачи нагрузок на барабан и цапфы.

Источники информации:

1. *Кармазин В. И.* и др. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. С. 76.

2. Авторское свидетельство № 946657 кл. В 02 С17/10, опубликовано 30.07.82, бюл. №28.

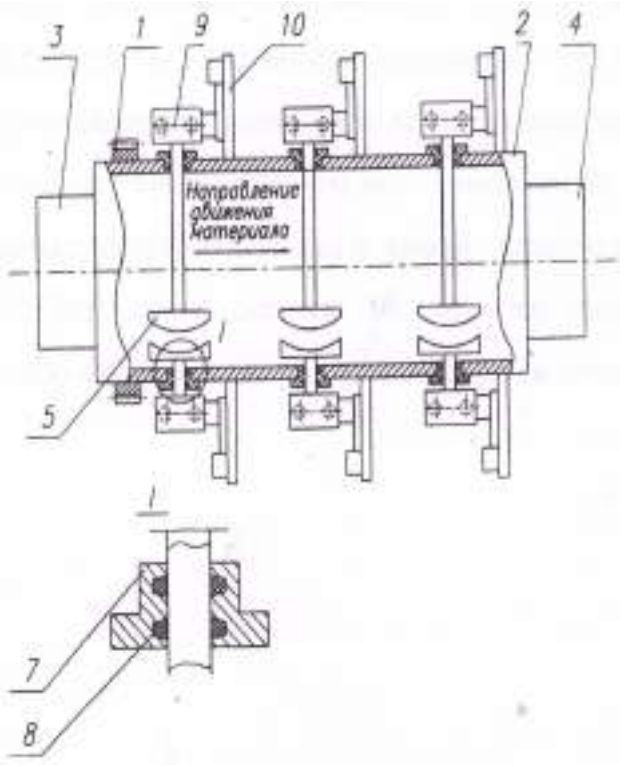


Рис. 1. Мельница:
1 – приводная шестерня; *2* – барабан; *3* – загрузочная цапфа; *4* – разгрузочная цапфа; *5* – мелющие тела; *6* – штанга; *7* – направляющие; *8* – уплотнения; *9* – вибратор; *10* – механизм перемещения

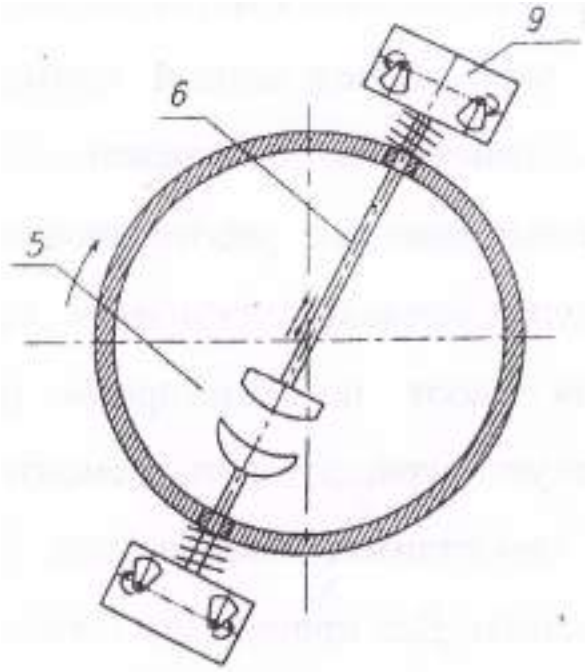


Рис. 2. Мельница в разрезе (вид сверху)

Формула полезной модели

Мельница, включающая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы, мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, отличающаяся тем, что мелющее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на штангах.

Реферат

Мельница относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам и измельчительному оборудованию. Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы. Выполнение мельницы в виде барабана, привода, загрузочной и разгрузочной цапф, мелющих тел, состоящих из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, позволит снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы за счет внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела.

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Какими личными правами обладает автор произведения? Укажите неправильный ответ.	1) право авторства 2) право на авторское имя 3) право на обнародование произведения 4) право на защиту 5) право на защиту репутации автора
2	Какие способы защиты прав авторов Вы знаете? Укажите неправильный ответ.	1) признание авторских прав 2) возмещение убытков 3) уголовная ответственность 4) защита тиража произведений 5) принуждение к исполнению обязанности в натуре
3	Что включает понятие "интеллектуальная собственность? Укажите неправильный ответ.	1) литературную собственность 2) художественную собственность 3) промышленную собственность 4) научные идеи 5) законодательство о средствах индивидуализации юридического лица
4	Что включает понятие "промышленная собственность"?	1) средства производства 2) собственность предприятия 3) исключительные права, реализуемые в сферах производства, торгового обращения и т.п. 4) фонд развития предприятия 5) производительные силы
5	1 13 1 Укажите, что из перечисленного не является способом защиты интеллектуальной собственности?	1) признание авторских прав 2) уголовная ответственность 3) принуждение к исполнению обязанности в натуре 4) охрана автора 5) требование о взыскании неустойки
6	Что такое произведение науки?	1) произведение, содержание которого состоит в выработке и систематизации объективных знаний о действительности 2) диссертация на соискание ученой степени 3) дипломная работа студента 4) ' научная статья

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		5) научная теория
7	Может ли произведение при наличии ошибок пользоваться правовой охраной?	1) может 2) не может 3) может в случае исправления ошибок 4) может при разрешении редакции 5) не может без разрешения редакции
8	Какими личными правами обладает автор произведения? Укажите неправильный ответ.	1) право авторства 2) право на авторское имя 3) право на обнародование произведения 4) право на защиту 5) право на защиту репутации автора
9	Какие способы защиты прав авторов Вы знаете? Укажите неправильный ответ.	1) признание авторских прав 2) возмещение убытков 3) уголовная ответственность 4) защита тиража произведений 5) принуждение к исполнению обязанности в натуре
9	Что в приведенном перечне является способом защиты интеллектуальной собственности? Укажите неправильный ответ.	1) требование о признании права авторства 2) требование о восстановлении нарушенного права автора 3) уголовная ответственность 4) товарищеский суд 5) прекращение правоотношения
10	Что такое полезная модель?	1) новое и промышленно применимое решение, относящееся к конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления, а также их составных частей 2) новое техническое решение 3) полезное вещество 4) новый архитектурный проект, от-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		носящийся к конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления 5) художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его внешний вид

Вариант 2

1. Объектами_____являются технические решения в любой области, относящиеся к продукту (устройство, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных); к способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств).

1. изобретений,
2. товарных знаков,
3. промышленных образцов,
4. полезных моделей.

2. Заявка на изобретение должна содержать: заявление о выдаче патента;_____изображения; формулу изобретения; чертежи; реферат и квитанцию об уплате пошлин.

1. динамику,
2. описание,
3. статику,
4. макет.

3. Препятствует ли авторское право переводчиков и авторов других производных произведений иным лицам осуществлять свои переводы и переработки тех же произведений?

1. Нет.
2. Да.
3. Нет, если есть согласие автора.

4. Основными нормативными актами, регулирующими отношения в сфере авторского права, являются законы РФ:

1. ГК РФ.
2. Закон «Об авторском и смежных правах».
3. Закон «О промышленных образцах».
4. Закон «О правовой охране программ для ЭВМ ...».

5. Право использовать произведение под своим именем, вымышленным именем (псевдонимом) или анонимно, называют:

1. право на отзыв;
2. право на защиту репутации;
3. право на обнародование;
4. право на имя.

6. Под_____понимают объективную форму представления и организации совокупности данных (например, статей, расчетов, патентов), систематизированных таким образом, чтобы могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ.

1. алгоритмом данных,

2. списком,
3. программой,
4. базой данной.

7. Для оповещения о своих правах может использоваться_____, помещаемый(-ая)(-ое) на экземпляре или футляре фонограммы и состоящий(-ая)(-ое) из: латинской буквы «С» в окружности; наименования обладателя исключительных смежных прав; года первого опубликования фоно- граммы.

1. год опубликования фонограммы;
2. наименование обладателя;
3. знак охраны;
4. латинская буква «С».

8. С момента опубликования сведений о заявке по письменному ходатайству заявителя или треть- их лиц проводится:

1. информационно-поисковая экспертиза;
2. формальная экспертиза;
3. предварительная экспертиза;
4. экспертиза заявки по существу.

9. Действие патента ограничено определенными временными рамками, а именно:

1. 5 годами;
2. 15 годами;
3. 10 годами;
4. сроками действия патента.

10. Лицензия, по которой лицензиар (патентообладатель) после заключения договора не вправе передавать права в том же объеме третьим лицам, называется:

1. неисключительной,
2. исключительной,
3. принудительной,
4. открытой.

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

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

и задания к контрольной работе
для обучающихся по дисциплине

Б1.О.33 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Контрольная работа по темам 1-10

Вариант 1

Определить изменение состояния агрегата ГПА-Ц-6,3 в результате проведенной очистки осевого компрессора "на ходу", если агрегат до чистки компрессора работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, t_1 = 10 °С; $Q_{\text{п}}$ = 30 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, Q = 4,0 МПа, ΔP = 5,12 МПа; частота вращения вала нагнетателя n = 7000 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху Δ = 0,575. Температура газов перед ТВД t_z = 646 °С определена при помощи графических зависимостей по температуре перед СТ. Температура и давление воздуха на входе осевого компрессора совпадают с номинальными ($T_{\text{а}} = T_{\text{ао}}, P_{\text{а}} = P_{\text{ао}}$).

После чистки осевого компрессора агрегат работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, t_1 = 18 °С, t_2 = 40 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, P_1 = 4,2 МПа, P_2 = 5,4 МПа. Частота вращения вала нагнетателя n = 7500 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху Δ = 0,575. Температура газа перед ТВД t_z = 680 °С.

Вариант 2

Определить запас устойчивой работы нагнетателя ГПА-Ц-6,3/56М-1,45, имеющего следующие параметры рабочего режима: давление газа на входе нагнетателя $P_{\text{вх}}$ = 3,9 МПа, давление газа на выходе нагнетателя $P_{\text{вых}}$ = 5,3 МПа, температура газа на входе t_1 = 16 °С, частота вращения нагнетателя n_0 = 8100 об/мин, производительность нагнетателя $Q_{\text{комм}}$ = 475 тыс.н·м^3/ч, плотность газа ρ_0 = 0,676 кг/м^3.

Вариант 3 в периоде

Задание: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_{\text{р}}$ = 1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м.

Расчет при *H*=0,25*D*, *R*=*D*.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление *p*, МПа	Диаметр эллиптического днища *D*, м	Марка стали	Расчетная температура стенки *T*, °С
1	2,0	1,6	ВСт3	20
2	2,3	1,7	16ГС	100
3	2,4	1,8	09Г2С	20
4	2,6	1,9	20К	150
5	2,8	2,0	10Г2С	200
6	3,0	2,1	10	250
7	3,2	2,2	09Г2	300
8	3,4	2,3	17ГС	350
9	3,8	2,4	17Г1С	375
10	4,0	2,5	10Г2С1	400

11	4,2	2,6	10	20
12	4,4	2,7	09Г2	100
13	4,6	2,8	17ГС	150
14	4,8	2,9	17Г1С	200
15	5,0	3,0	10Г2С1	300
16	5,2	3,1	ВСт3	350
17	5,4	3,2	16ГС	375
18	5,6	3,4	09Г2С	400

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1.

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – δ_i = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К ρ_{293} ; $\nu_{293} = 28{,}8 \cdot 10^{-4}$ м^2/с; коэффициент крутизны вискограммы u = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень i_0 = 200 Вт/м^2.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3	Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3
1	РВС-1000	700-709	9	РВС-1000	990-999
2	РВС-2000	710-719	10	РВС-2000	720-729
3	РВС-3000	720-729	11	РВС-3000	710-719
4	РВС-5000	740-749	12	РВС-5000	900-909
5	РВС-10000	890-899	13	РВС-10000	930-939
6	РВС-15000	900-909	14	РВС-15000	740-749
7	РВС-20000	930-939	15	РВС-20000	890-899
8	РВС-30000	990-999	16	РВС-30000	700-709

Задание 2.

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов Na_2CO_3 от маточного раствора плотностью ρ_2 =1000 кг/м^3.

Исходные данные

Вариант	Объемная концентрация твердого вещества в суспензии C_υ, %	Плотность кристаллов Na_2CO_3 ρ_1, кг/м^3	Динамическая вязкость раствора μ, Па·с	Минимальный размер улавливаемых твердых частиц d, мкм	Частота вращения ротора n, об/мин	Индекс производительности $\Sigma_т$, м^2	Емкость шламового пространства ротора $V_{шл}$, м^3	Пропускная способность по воде, м^3/ч
1	10	2700	0,001	1	4700	8000	0,007	до 10
2	11	2500	0,002	0,8	4000	7000	0,006	до 20
3	12	2300	0,001	1,1	4500	7500	0,005	до 15
4	13	2100	0,002	1,2	4300	7250	0,004	до 17
5	14	2000	0,003	1,3	4200	7700	0,008	до 18

6	15	1800	0,004	1,4	4100	7950	0,009	до 19
7	10	1850	0,001	0,9	3600	8000	0,007	до 10
8	11	2010	0,002	0,85	3770	7000	0,006	до 20
9	12	2200	0,001	0,88	3550	7500	0,005	до 15
10	13	2500	0,002	0,95	3350	7250	0,004	до 17
11	14	2250	0,003	0,97	3370	7700	0,008	до 18
12	15	2350	0,004	0,96	3250	7950	0,009	до 19
13	10	2390	0,001	1.11	3270	8000	0,007	до 10
14	11	2450	0,002	1,12	3125	7000	0,006	до 20
15	12	2550	0,001	1,23	3100	7500	0,005	до 15
16	13	2600	0,002	1,25	3050	7250	0,004	до 17
17	14	2650	0,003	1,27	3000	7700	0,008	до 18
18	15	2750	0,004	1,3	2900	7950	0,009	до 19
19	16	2730	0,006	1,32	2950	8100	0,008	до 15
20	17	2580	0,007	1,35	2800	7900	0,005	до 17

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 и задания для обучающихся по дисциплине

Б1.О.33 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А..	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Процессы и агрегаты» является одним из ведущих разделов цикла общепрофессиональных дисциплин. Эта дисциплина является основной на всех этапах ведения технологических процессов нефтяных и газовых промыслов – от изучения рабочих процессов машин и агрегатов при добыче, сборе, подготовке и транспортировании нефти и газа в целом, до самых детальных работ по проектированию, производству и эксплуатации технологического оборудования.

Промышленное производство характеризуется разнообразием технологических **процессов** – результатом целенаправленной деятельности человека для получения определенных продуктов, предметов и материалов. **Агрегаты** – технические объекты для осуществления технологических процессов.

Поэтому дисциплина «Процессы и агрегаты» строится на основе выявления аналогии между различными стадиями того или иного процесса и функциями агрегатов для осуществления этих стадий в технологическом процессе нефтегазопромысловой отрасли.

Таким образом, предметом дисциплины являются процессы и агрегаты нефтегазовых производств.

Задачей дисциплины является изучение:

теории основных технологических процессов в нефтегазовой промышленности;

принципов устройства и работы агрегатов и машин для осуществления технологических процессов;

методов расчета основных параметров и характеристик агрегатов и машин;

проблем и закономерностей перехода от лабораторных процессов и моделей к промышленным процессам и агрегатам (моделирование).

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) является одной из основ экономики России. В этот комплекс входят такие технологические процессы как добыча, переработка, транспортирование и хранение нефти, газа и нефтепродуктов. Поэтому в нашем учебном пособии рассматриваются общие вопросы гидромеханических процессов и агрегатов, разделения и перемешивания жидких и газовых сред, тепловых процессов и агрегатов, массообменных процессов и агрегатов, адсорбации, механических процессов и агрегатов, сбора и подготовки нефти и газа, транспортирования и хранения нефти и газа.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Нефть и газ в жизни человека

Человеку необходимы различные источники энергии. Различают возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. К возобновляемым

относятся солнце, ветер, геотермальные источники, приливы и отливы, реки. Невозобновляемыми источниками энергии являются уголь, нефть и газ.

Преимущества нефти и газа перед другими источниками энергии заключаются в относительно высокой теплоте сгорания и простоте использования с технологической точки зрения.

Так, при полном сгорании 1 кг нефти выделяется 46 МДж тепла; 1 $м^3$ природного газа – 36 МДж; 1 кг антрацита – 34 МДж; 1 кг бурого угля – 9,3 МДж; 1 кг дров – 10,5 МДж [1].

С технологической точки зрения нефть и газ выгодны, потому что удобны и экономичны в процессе транспортирования. Ведь нефть и газ транспортируются в основном по трубопроводам, которые работают в любое время года и суток. Чтобы транспортировать нефть или газ, затем подать их в топку, достаточно включить насос или компрессор, а порой просто открыть задвижку или кран. Транспортировка же твердого топлива требует обязательного проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Применение газа вместо угля обусловливает большую экономию времени и средств, улучшает условия труда, а также санитарное состояние городов, жилых домов и предприятий.

Кроме того, нефть и газ являются ценным сырьем для переработки. В настоящее время из нефти производят не только топливо (бензин, керосин, дизтопливо), но также *масла и смазки*, столь необходимые любому механизму.

Синтетический каучук, вырабатываемый из нефти, является основой для изготовления всевозможных резиновых изделий, например, на шины самосвала «БелАЗ-542» требуется 2 т каучука.

Продуктами переработки нефти являются и *пластмассы*, которые широко применяются в автомобилестроении, авиа- и ракетостроении, машиностроении и в быту. Например, в самолетах гражданской авиации из пластмассы изготовлено около 60 тысяч деталей.

Нефть является основой для производства *синтетических волокон*, которые широко используются и в легкой, и в тяжелой промышленности, например, как электроизоляционный и облицовочный материал.

Из нефти получают также самые различные моющие средства, спирты, гербициды, взрывчатые вещества, медицинские препараты, серную кислоту и многое другое.

Углеводородные газы также являются сырьем для производства широкой гаммы продуктов. Из метана, например, сначала получают *метанол* и далее *формальдегид*, используемый для производства пластмасс, обработки семян, дезинфекции. Кроме того, из метана получают *хлороформ* для медицины и *четыреххлористый углерод* для сельского хозяйства.

Современная нефтехимия – это *полиэтилен*. Из этилена вырабатывают *уксусную кислоту*, *этиленгликоль*, *поливинилхлорид* и др. Из *этана* получают *этиловый спирт*. *Сероводород* – это сырье для извлечения *серы* и *серной кислоты*.

Еще одно направление переработки нефти и газа – это получение *белковой биомассы*. Получаемые белки безвредны для животных и человека, употребляющего мясо этих животных.

Газ является также моторным топливом.

1.2. Происхождение нефти и газа

1.2.1. Происхождение нефти

Существует 4 этапа происхождения нефти: донаучный; этап научных догадок; период формирования научных гипотез, связанный со становлением нефтяной промышленности; современный период.

Ярким примером донаучных представлений о происхождении нефти являются взгляды польского натуралиста XVIII века каноника К. Клюка. Он считал, что нефть образовалась в раю и является остатком той благодатной жирной почвы, на которой цвели райские сады. Но после грехопадения Бог решил наказать человечество и уменьшил урожайность земли, удалив из нее жирное вещество и спрятав его в глубь Земли, где и образовались скопления нефти.

Примером взглядов периода научных догадок является мысль М. В. Ломоносова о том, что нефть образовалась из каменного угля под воздействием высоких температур.

С началом развития нефтяной промышленности вопрос о происхождении нефти приобрел прикладное значение. Это дало мощный толчок к появлению различных научных гипотез. Так, в 1866 г. французский химик М. Бертло высказал предположение, что нефть образовалась в недрах Земли при воздействии углекислоты на щелочные металлы. Другой химик, Г. Биассон, в 1871 г. выступил с идеей о происхождении нефти в результате взаимодействия воды, углекислого газа и сероводорода с раскаленным железом. Кроме того, в 1888 г. немецкий химик К. Энглер выдвинул гипотезу о происхождении нефти из животного жира, т. е. из органического вещества.

В настоящее время сформировались две теории происхождения нефти – органическая и неорганическая.

Сторонники *органической теории* утверждают, что исходным материалом для образования нефти стало органическое вещество, а процесс нефтеобразования делится на три этапа:

- накопление органического материала и его преобразование в диффузно рассеянную нефть;
- выжимание рассеянной нефти из нефтематеринских пород в коллекторы;
- движение нефти по коллекторам и ее накопление в залежах.

Сторонники *неорганической теории* считают, что нефть образовалась из минеральных веществ. Это «карбидная» гипотеза Д. И. Менделеева, «космическая» гипотеза В. Д. Соколова и «магматическая» гипотеза Н. А. Кудрявцева.

1.2.2. Происхождение газа

Метан широко распространен в природе. На сегодня известно несколько процессов, приводящих к образованию метана: биохимический, термокаталитический, радиационно-химический, механохимический, метаморфический, космогенный.

Биохимический процесс образования метана происходит в илах, почве, осадочных горных породах и гидросфере. Известно более десятка бактерий, в результате жизнедеятельности которых из органических соединений (белков, клетчатки, жирных кислот) образуется метан.

Термокаталитический процесс образования метана заключается в преобразовании органического вещества осадочных пород в газ под действием повышенных температур и давления в присутствии глинистых минералов, играющих роль катализатора.

Радиационно-химический процесс образования метана протекает при воздействии радиоактивного излучения на различные углеродистые соединения. Под воздействием радиоактивного излучения органическое вещество распадается с образованием метана, водорода и окиси углерода. Затем окись углерода распадается на углерод и кислород, после чего углерод соединяется с водородом, образуя метан.

Механохимический процесс образования метана заключается в образовании углеводородов из органического вещества (углей) под воздействием постоянных и переменных механических нагрузок. В этом случае на контактах зерен минеральных пород образуются высокие напряжения, энергия которых участвует в преобразовании органического вещества.

Метаморфический процесс образования метана связан с преобразованием угля в углерод под воздействием высоких температур (свыше 500 °С).

Космогенный процесс основан на возникновении углеводородов в коре нашей планеты. По мнению В. Д. Соколова, углеводороды изначально присутствовали в газопылевом облаке, из которого сформировалась Земля. Впоследствии они стали выделяться из магмы и подниматься в газообразном состоянии по трещинам в верхние слои земной коры, где конденсировались, образуя месторождения нефти и газа.

1.3. Физико-химические характеристики нефти и газа

Нефть и *газ* – это тоже горные породы, но не твердые, а жидкие и газообразные. Вместе с другими горючими осадочными породами (торф, бурый и каменный уголь, антрацит) они образуют семейство *каустобиолитов*, т. е. горючих органических пород.

1.3.1. Состав и характеристика нефти

Состав нефти подразделяют на элементный, фракционный и групповой.

Основными элементами нефти являются *углерод* (83…87 %) и *водород* (11…14 %). Наиболее часто встречающаяся примесь – сера (до 7 %), хотя во многих нефтях серы практически нет. *Сера* содержится в нефти в чистом виде (самородная), в виде сероводорода или меркаптанов. Она усиливает коррозию металлов. *Азота* в нефти не больше 1,7 %, он совершенно безвреден в силу своей инертности. *Кислород* в нефти (не более 3,6 %) встречается не в чистом виде, а в различных соединениях (кислота, фенол, эфир и др.). В нефти присутствуют и *металлы*: железо, магний, алюминий, медь, натрий, олово, кобальт, хром, германий, ванадий, никель, ртуть и др. Содержание металлов столь мало, что они обнаруживаются лишь в золе, остающейся после сжигания нефти.

Фракционный состав нефти определяется при разделении соединений по температуре кипения. Фракцией (дистиллятом) называется доля нефти, выкипающая в определенном интервале температур. Началом кипения фракции считают температуру падения первой капли сконденсировавшихся паров; концом кипения – температуру, при которой испарение фракции прекращается.

Групповой состав нефти – это количественное соотношение в ней отдельных групп углеводородов и соединений. *Углеводороды* – это химические соединения углерода и водорода. Они бывают парафиновые, нафтеновые и ароматические.

Парафиновые углеводороды (метан, этан, пропан и т. д.) имеют химическую формулу C_nH_{2n+2} (n – число атомов углерода). При $n = 1…4$ парафиновые углеводороды являются газами, при $n = 5…15$ – жидкостями, при $n \geq 16$ при обычных температурах – твердыми веществами. Твердые углеводороды метанового ряда называют парафинами. Температура их плавления составляет 52…62 °С. В пластовых условиях парафины находятся в растворенном состоянии. Однако при снижении температуры, давления и выделении растворенного газа парафин выделяется из нефти в виде кристаллов, создавая проблемы для ее фильтрации в пласте и движения в трубопроводах.

Нафтеновые углеводороды (цикланы) имеют химическую формулу C_nH_{2n}. В отличие от парафиновых углеводородов они имеют циклическое строение. Нафтеновые углеводороды присутствуют во всех фракциях нефти.

Ароматические углеводороды (арены) имеют химическую формулу C_nH_{2n-6} (при $n \geq 6$). Циклическое строение ароматических углеводородов в отличие от нафтеновых характеризуется наличием двойных связей. Они также встречаются во всех фракциях, обладают хорошей растворяющей способностью по отношению к органическим веществам, но высокотоксичны.

В нефти содержатся кислородные, сернистые и азотистые соединения.

Кислородные соединения содержат нафтеновые кислоты и асфальто-смолистые вещества. Нафтеновые кислоты вызывают коррозию металлов. Асфальто-смолистые вещества – это сложные высокомолекулярные соединения, содержащие кроме углерода и водорода кислород (2 %), серу (7 %) и азот (1 %). При обычных температурах они представляют собой малотекучее

или твердое вещество с плотностью, превышающей плотность воды. Часть асфальто-смолистых веществ, которая растворяется в бензине, называется смолой, а нерастворимая часть – асфальтом.

Содержание *сернистых соединений* в нефти составляет 6 %.

Азотистые соединения – это порфирины, которые образовались из хлорофилла растений и гемоглобина животных.

1.3.2. Состав и физико-химические свойства углеводородных газов

По способу получения и физико-химическим свойствам газы подразделяют на природные и искусственные.

Природные газы представляют химическую смесь отдельных газов (компонентов), химически инертных между собой (т. е. не действующих друг на друга) и состоят преимущественно из отдельных углеводородов (алканов). Основная часть природного газа – метан (98 %), остальная часть смеси состоит из предельных углеводородов – этана C_2H_4, пропана C_3H_8, бутана C_4H_{10} и пентана C_5H_{12}. Кроме того, в состав природного газа в небольших количествах входят: азот N_2, углекислый газ CO_2, сероводород H_2S, водород H_2 и др. В зависимости от содержания тяжелых углеводородов, природные газы делятся на сухие газы (тощие), промежуточной категории и жирные.

Искусственные горючие газы подразделяют на две группы. К первой группе относятся газы, получаемые в результате нагревания твердого или жидкого топлива без доступа воздуха при температуре перегонки 500…1000 °С, ко второй группе – газы без остаточной газификации, получаемые при частичном сжигании топлива в потоке воздуха, кислорода или их смесей с водяным паром, а также путем подземной газификации углей. Эти газы состоят из окиси углерода, водорода и азота.

Сжиженные углеводородные газы представляют собой смесь углеводородов – пропана, пропилена, бутана, бутилена и небольших количеств метана, этана и пентана. Эта смесь при нормальных атмосферных условиях (0,1 МПа = 760 мм рт. ст. и 0 °С) находится в газообразном состоянии, а при повышенном давлении и пониженной температуре превращается в жидкость.

К основным параметрам газа относятся: молекулярная масса, плотность, сжимаемость, вязкость, а также упругость насыщенных паров и пр.

Молекулярная масса газа представляет собой сумму молекулярных масс атомов, входящих в молекулу газов. Масса газа в граммах, численно равная его молекулярной массе, называется молем. Если известен мольный, т. е. объемный, состав смеси газа в процентах, то его средняя молекулярная масса

$$M_{ср} = (V_1M_1 + V_2M_2 + \ldots + V_nM_n) / 100,$$

где $V_1 \ldots V_n$ – мольные (объемные) концентрации компонентов; $M_1 \ldots M_n$ – молекулярные массы компонентов.

Плотность газа (кг/м^3) определяется отношением массы к объему:

$$\rho = m / V,$$

где m – масса газа, кг; V – объем данной массы газа, м^3.

Относительная плотность газа – это отношение массовой единицы объема газа к массе такой же единицы объема сухого воздуха при одинаковых условиях (температура и давление):

$$\Delta = \rho / 1{,}293 = 0{,}773\rho,$$

где 1,293 кг/м^3 – плотность сухого воздуха.

Поскольку плотность ρ зависит от давления, температуры и сжимаемости газа, плотность ρ_1 соответствует давлению P_1 и температуре T_1, то пересчет ее на другие давления P_2 и температуру T_2 производится по формуле

$$\rho_2 = \rho_1 P_2 \, T_1 z_1 / (P_1 T_2 z_2),$$

где z_1 и z_2 – коэффициенты сжимаемости газа.

Так как объем одного моля газа при данных значениях температуры и давления является величиной постоянной для всех газов (закон Авогадро), то плотности их прямо пропорциональны молекулярным массам:

$$\rho_1 / \rho_2 = M_1 / M_2.$$

Плотность газа при 0 °С и определенном значении молекулярной массы определяют из выражения

$$\rho_0 = M / 22{,}414 = 0{,}0446M,$$

где 22,414 м^3 – объем 1 кмоля любого газа (0 °С и 760 мм рт. ст.).

Смеси газов. Плотность газовых смесей определяют по правилу смешения, согласно которому свойства смеси складываются пропорционально из свойств компонентов, входящих в смесь:

$$\rho_{см} = a_1\rho_1 + a_2\rho_2 + \ldots + a_n\rho_n,$$

где $\rho_{см}$ – плотность смеси газов, кг/м^3; $a_1 \ldots a_n$ – объемные концентрации (в долях единицы) компонентов смеси; $\rho_1 \ldots \rho_n$ – плотность компонентов.

Сжимаемость газов характеризуется коэффициентом, учитывающим отклонение реальных газов от законов идеального газа. Коэффициент сжимаемости z газов определяют экспериментально, а при отсутствии этих данных – по номограммам.

Критической температурой называют температуру, выше которой газ не переходит в жидкое состояние, как бы ни повысили его давление (например, бутан – 152 °С, воздух – 142 °С, метан – 82 °С).

Критическое давление – это давление, ниже которого газ не переходит в жидкое состояние, как бы ни понизили его температуру (например, воздух – 3,8 МПа, бутан – 3,5 МПа).

Среднекритические параметры газовой смеси определяют по правилам смешения:

- для среднекритической температуры (в К)

$$T_{кр.см} = a_1 T_{кр1} + a_2 T_{кр2} + \ldots + a_n T_{кр.n};$$

- для среднекритического давления (в Па)

$$P_{\text{кр.см}} = a_1 P_{\text{кр1}} + a_2 P_{\text{кр 2}} + \ldots + a_n P_{\text{кр } n}.$$

Вязкость газа характеризует свойство газа оказывать сопротивление сдвигающим усилиям, возникающим в результате сил трения между слоями движущегося газа. Коэффициент, учитывающий это свойство реальных газов и характеризующий пропорциональное отношение действующей силы сдвига, отнесенной к единице поверхности соприкасающихся слоев, называется коэффициентом *динамической вязкости* (Па·с):

$$\mu = \tau \, (dn / dw) \, ,$$

где τ – напряжение внутреннего трения, Па; n – расстояние по нормали к направлению линейной скорости газа, м; w – линейная скорость газа, м/с.

При гидравлических расчетах используется *кинематическая вязкость* ($м^2/с$).

1.4. Классификация основных процессов и агрегатов

По общепринятой классификации, основанной на кинетической (скоростной) закономерности процессов, различают следующие их типы.

Гидромеханические процессы, скорость $j_г$ которых определяется законами гидродинамики:

$$j_г = dV / (Fd\tau) = \Delta p / R_1 = K_1 \Delta p, \qquad (1.1)$$

где V – объем перемещаемой среды; F – площадь сечения агрегата; τ – время; Δp – перепад давлений (движущая сила процесса); K_1 – коэффициент скорости процесса (величина, обратная гидравлическому сопротивлению R_1).

К гидромеханическим относятся процессы перемещения жидкостей и газов, осаждения, фильтрования, центрифугирования, псевдоожижения, перемешивания в жидких средах, транспортирования и др.

Тепловые процессы, скорость $j_т$ которых определяется законами теплопередачи:

$$j_т = dQ / (Fd\tau) = \Delta t / R_2 = K_2 \Delta t, \qquad (1.2)$$

где Q – количество переданной теплоты; F – поверхность теплообмена; K_2 – коэффициент теплопередачи (величина, обратная термическому сопротивлению R_2); Δt – разность температур между обменивающимися теплотой материалами (движущая сила процесса).

К тепловым относятся процессы нагревания, охлаждения, кипения, конденсации, выпаривания и др.

Массообменные (диффузионные) процессы, скорость $j_м$ которых определяется скоростью перехода вещества из одной фазы в другую:

$$j_м = dM / (Fd\tau) = \Delta c / R_3 = K_3 \Delta c, \qquad (1.3)$$

где M – количество вещества, перенесенного из одной фазы в другую; F – поверхность контакта фаз; K_3 – коэффициент массопередачи (величина, об-

ратная диффузионному сопротивлению R_3); Δc – разность между равновесной и рабочей концентрациями вещества в фазах (движущая сила процесса).

К массообменным относятся процессы абсорбации, ректификации, экстракции, адсорбции, сушки, кристаллизации и др.

Механические процессы, скорость которых определяется законами физики твердого тела. К механическим относятся процессы измельчения, классификации, дозирования, смешивания твердых материалов, их перемещения и др.

Химические процессы, связанные с превращением веществ и изменением их химических свойств. Скорость $j_х$ этих процессов определяется закономерностями химической кинетики:

$$j_х = dM / (V_р d\tau) = K_4 f(c), \qquad (1.4)$$

где M – количество прореагировавшего в химическом процессе вещества; $V_р$ – объем реактора; K_4 – коэффициент скорости химического процесса; $f(c)$ – движущая сила процесса, которая является функцией концентраций реагирующих веществ.

1.5. Принципы анализа и расчета

Анализ процесса начинается с определения условий равновесия системы с учетом законов гидродинамики, термодинамики и массообмена. Наибольшее число параметров, которое можно изменять, не нарушая равновесия, определяют с помощью правила фаз Гиббса для различных систем:

$$Ф + С = К + 2, \qquad (1.5)$$

где Ф – число фаз; С – число степеней свободы, т. е. число независимых переменных, значение которых можно произвольно изменять без нарушения числа или состава фаз в системе; К – число компонентов системы.

По характерным равновесным и рабочим параметрам определяют движущую силу процесса, используемую для расчета основных размеров проектируемого агрегата.

По данным о равновесии составляют материальный баланс прихода и расхода веществ в рассматриваемом процессе:

$$\Sigma M_н = \Sigma M_к, \qquad (1.6)$$

где $\Sigma M_н$ и $\Sigma M_к$ – число исходных (начальных) и конечных веществ.

Изменение тепловой энергии системы можно описать уравнением теплового баланса

$$\Sigma Q_н + Q_р = \Sigma Q_к + Q_п,$$

где $\Sigma Q_н$ и $\Sigma Q_к$ – теплота, поступающая в агрегат с исходными материалами и отводимая из агрегата с конечными продуктами; $Q_р$ – тепловой эффект процесса (реакция); $Q_п$ – потери теплоты в окружающую среду.

По полученным в результате изучения статики и кинетики данным, используя, например, соотношения (1.1)…(1.4), определяем основной размер соответствующего агрегата (площадь поперечного сечения, поверхность теплопередачи, диаметр и высоту массообменного агрегата), являющийся целью осуществляемого технологического расчета.

Большую роль при анализе и расчете процессов и агрегатов имеют их математические модели, которые позволяют целенаправленно исследовать механизм процесса в целом, изучать его отдельные стороны и явления, влияние начальных параметров и факторов на его конечные результаты, а также определить такое сочетание режимов функционирования, которое обеспечит оптимальные условия его проведения.

Однако в ряде случаев математические модели, учитывающие максимальное число влияющих на процесс величин, настолько усложняются, что их точное решение становится затруднительным, а иногда и вообще невозможным.

Практика инженерной деятельности привела к созданию научно обоснованного метода, формирующего условия проведения экспериментов, а также обработки опытных данных с возможностью распространения результатов на группу подобных явлений, – теории подобия.

1.6. Основы теории подобия

При разработке новых технологических процессов и агрегатов для их осуществления очень часто необходимо использовать экспериментальные данные, характеризующие конкретное производство. Исследователю при этом необходимо решить ряд задач:

1. Каким образом от лабораторных результатов и размеров моделирующего стенда перейти к промышленному процессу и установке?

2. Какое минимальное число величин, характеризующих процесс, необходимо измерять в ходе лабораторного эксперимента, не теряя при этом его физической достоверности?

3. Какое минимальное число экспериментов необходимо провести для получения реальной физической картины осуществляемого процесса?

На все эти вопросы помогает ответить теория подобия, которая устанавливает связь между группами подобных явлений. Выводы теории подобия строятся на основании анализа дифференциальных уравнений, описывающих исследуемый процесс.

Однако одни и те же дифференциальные уравнения, как правило, описывают целый класс различных по своему характеру процессов. Для того чтобы рассмотреть математическую модель изучаемого явления, необходимо дополнить ее параметрами, конкретизирующими условия осуществления процесса, отличающего его от других (сходных) процессов.

Эти параметры называются *условиями однозначности*, в них входят:

- *геометрические условия*, характеризующие размеры и формы агрегата, в котором осуществляется процесс;

- *физические свойства сред*, взаимодействующих в процессе;

- *граничные условия*, характеризующие взаимодействие сред с телами, ограничивающими объем протекающего процесса;

- параметры, характеризующие *начальное состояние* рассматриваемой системы.

В соответствии с теоремой Кирпичева-Гухмана, *подобны явления, описываемые одной и той же системой дифференциальных уравнений, у которых соблюдается подобие условий однозначности*.

Отсюда следует, что подобные явления повторяют себя в различных масштабах, включающих геометрическое подобие систем, временное подобие, подобие физических величин, характеризующих процесс, подобие граничных и начальных условий.

Таким образом, в подобных процессах должны выполняться следующие условия:

1) геометрическое подобие:

$$l_1 / L_1 = l_2 / L_2 = l_3 / L_3 = \ldots = K_l,$$

где l_1 , l_2 , l_3 – характерные размеры первого агрегата; L_1 , L_2 , L_3 – характерные размеры второго агрегата, сходные с размерами первого агрегата; K_l – коэффициент подобия линейных размеров;

2) временное подобие:

$$\tau_1'' / \tau_1' = \tau_2'' / \tau_2' = \tau_3'' / \tau_3' = \ldots = K_\tau,$$

где τ_1', τ_2', τ_3' – интервалы времени, характеризующие стадии первого процесса; τ_1'', τ_2'', τ_3'' – интервалы времени, характеризующие сходные стадии подобного процесса; K_τ – коэффициент временного подобия (гомохронности), при $K_\tau = 1$ процессы называются синхронными;

3) подобие физических величин:

$$j_1'' / j_1' = j_2'' / j_2' = j_3'' / j_3' = \ldots = K_j,$$

где j_1', j_2', j_3' – характерные физические величины в первом процессе (плотность, вязкость, теплоемкость и т. д.); j_1'', j_2'', j_3'' – сходные физические величины во втором процессе; K_j – коэффициент подобия физических величин;

4) подобие начальных и граничных условий предполагает постоянство отношения основных параметров в начале и на границе реального процесса и модели, т. е. соблюдение геометрического, временного и физического подобия.

Отношение двух одноименных физических величин называется *параметрическими критериями,* или *симплексами*.

Выбор критериев для подобных процессов не является произвольным. Покажем это на примере второго закона механики

$$f = m\,(dw / d\tau), \qquad (1.7)$$

где f – сила; m – масса; w – скорость; τ – время.

В случае рассмотрения двух подобных процессов оба они описываются уравнением (1.7), но с разными характерными параметрами:

$$f' = m' (dw'/ d\tau') \quad \text{и} \quad f' = m'' (dw'' / d\tau''). \tag{1.8}$$

Выраженные в безразмерном виде уравнения (1.8) запишутся

$$f'd\tau' / (m'dw') = 1 \quad \text{и} \quad f'd\tau'' / (m''dw'') = 1. \tag{1.9}$$

Входящие в них основные переменные в этом случае могут быть выражены в соответствии с подобием условий однозначности как

$$f'' = K_f f'; \quad m'' = K_m m'; \quad w'' = K_w w'; \quad \tau'' = K_\tau \tau'.$$

После подстановки их в соответствующее безразмерное выражение получим:

$$[K_f K_\tau / (K_m K_w)] [f'd\tau' / (m'dw')] = 1.$$

Поскольку второй сомножитель равен единице (1.9), для подобных процессов должно выполняться условие:

$$[K_f K_\tau / (K_m K_w)] = 1. \tag{1.10}$$

Если заменить в выражении (1.10) коэффициенты подобия отношением самих величин, то получим:

$$[(f'' / f') (\tau'' / \tau')] / [(m''/ m') (w'' / w')] = 1$$

или

$$[(f'\tau') / (m'w')] = [(f''\tau'') (m''w'')]. \tag{1.11}$$

Данные безразмерные комплексы носят название *критериев подобия* и обычно обозначаются первыми двумя буквами фамилий ученых, получивших их. Так, безразмерный комплекс (1.11) называется критерием Ньютона

$$Ne = f\tau / (mw). \tag{1.12}$$

При этом следует помнить, что для подобных процессов сами параметры, входящие в критерии, могут меняться во времени и пространстве, но в сходных точках объема и времени они принимают одно и то же значение.

При применении теории подобия различают определяемые и определяющие критерии. Первые нельзя определить, используя величины, входящие в условия однозначности, вторые можно определить с помощью этих величин.

Целью проведения и обработки экспериментальных исследований является установление функциональной зависимости между определяемыми и определяющими критериями.

Критерии подобия обычно получают следующим образом:

1) записывают дифференциальное уравнение, описывающее рассматриваемый процесс (1.7);

2) приводят его к безразмерному виду путем деления одной части уравнения на другую, либо всех слагаемых на одно из выбранных (1.9);

3) опускают символы дифференцирования, причем степени дифференциалов при переменных сохраняются (1.12).

Таким образом, анализ процесса с позиций теории подобия позволяет:

- определять влияющие на процесс параметры, которые следует измерять в ходе эксперимента;
- планировать и проводить эксперимент, варьируя критерии подобия;
- распространять результаты экспериментальных исследований на подобные процессы.

При этом следует помнить, что теорию подобия можно применять только к процессам, для которых известны описывающие их дифференциальные уравнения. В противном случае необходимо использовать другие методы обработки результатов эксперимента (методы анализа размерностей, регрессионный и т. д.).

Вопросы по дисциплине "Процессы и агрегаты»

1. Какова теория движения жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои?
2. Каковы особенности процесса перемешивания в жидких средах, способы перемешивания?
3. От чего зависит длина каналов в зернистом слое?
4. Что такое эффективность перемешивающего устройства и интенсивность перемешивания?
5. Каковы достоинства и недостатки агрегатов с псевдоожиженным слоем?
6. Каковы основные типы мешалок, их характеристики?
7. Какова характеристика псевдоожиженного слоя?
8. Теория тепловых процессов.
9. Из каких фаз состоят гетерогенные системы?
10. Каковы особенности стационарных и нестационарных теплообменных процессов?
11. Какова классификация процессов и агрегатов для разделения гетерогенных систем?
12. Каковы характеристики тепловых балансов?
13. Какие типы отсадочного оборудования Вы знаете, его основные характеристики?
14. Каковы механизмы передачи теплоты?
15. Что такое процесс фильтрования, его характеристика?
16. Каковы основные критерии теплового подобия?
17. Какие существуют типы агрегатов фильтрования, их достоинства и недостатки?
18. Какие требования предъявляют к теплообменным агрегатам?
19. Каковы особенности процессов центрифугирования и циклонного?
20. Как теплообменные агрегаты разделяют по принципу действия?
21. Какие агрегаты выполняют процессы центрифугирования, их характеристики?
22. По каким конструктивным признакам различают теплообменники смешения?
23. Какие агрегаты выполняют циклонные процессы, их характеристики?
24. Что включает в себя расчёт поверхности теплообменных агрегатов?
25. Теория разделения неоднородных смесей под действием электрического поля.
26. Каковы способы и методы выпаривания, агрегаты выпаривания?
27. На чём основан процесс мокрой очистки газов?
28. Что относится к массообменным процессам и агрегатам?
28. Что такое абсорбция, теория процесса?
29. В чем особенности материального баланса процесса экстракции?
30. Какие существуют способы защиты труб от внутренней коррозии?
31. Какие существуют постоянные нагрузки на трубопровод и, каковы пути их снижения?

КОМПЛЕКТ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

№№	***Вопросы***	Ответы
1	Сколько этапов происхождения нефти Вы знаете?	1) 3 2) 5 **3) 4** 4) 2 5) 6
2	Из каких двух элементов состоит нефть?	1) углерод и азот **2) углерод и водород** 3) кислород и углерод 4) азот и кислород 5) кислород и метан
3	Что является характеристикой псевдоожиженного слоя?	1) зависимость между его плотностью и скоростью ожижающего агента 2) зависимость между его сопротивлением и критической скоростью ожижающего агента 3) зависимость перемещения 4) зависимость между его плотностью и массой ожижающего агента **5) зависимость между его гидравлическим сопротивлением и фиктивной скоростью ожижающего агента**
4	Чему равна сила Архимеда, действующая на частицу в слое?	**1) $G_A = (\pi d_ч^3 / 6)\ \rho_c\ g$** 2) $G_A = (\pi d_ч^2 / 6)\ \rho_c\ g$ 3) $G_A = (\pi d_ч^2 / 4)\ \rho_c\ g$ 4) $G_A = m\ (\pi d_ч^3 / 4)$ 5) $G_A = \rho_c\ g / (\pi d_ч^3 / 6)$
5	Что является основным параметром центрифуг?	1) скорость вращения **2) центробежный критерий Фруда** 3) нагрузка на ролики 4) критерий ускорения 5) скорость рабочих движений
6	В чем заключается принцип электроосаждения частиц?	1) ионизации воды 2) деэлектризации слоя 3) сопротивление потока **4) ионизация газового потока** 5) сопротивление слоя
7	Каковы качественные характеристики процесса перемешивания?	**1) эффективность и интенсивность** 2) производительность и скорость 3) плотность и масса 4) эффективность и сухость 5) скорость и влажность
8	Что такое конвекция?	1) перенос теплоты в виде электромагнитных волн, излучаемых нагретым теплом 2) перенос теплоты вследствие движения и колебаний микрочастиц **3) перенос теплоты путем перемещения макрообъектов жидкости или газов** 4) перенос теплоты через стенку 5) перенос теплоты через жидкость
9	При каком кипении теплоотдача выше?	1) пленочном 2) агрегатном 3) насыщенном **4) пузырьковом** 5) парообразном
10	Что такое температурная депрессия?	**1) разность между температурой кипения раствора и растворителя**

		2) разность между температурой остывания раствора и растворителя 3) разность между температурой стенки и растворителя 4) разность между температурой раствора и растворителя 5) разность между температурой растворителя и крышкой
11	Что является движущей силой массообменных процессов?	1) масса и плотность **2) разность концентраций** 3) разность скоростей 4) сумма скоростей 5) сумма концентраций
12	Что такое абсорбция?	1) процесс разделения однородных жидких смесей, не находящихся в термодинамическом равновесии, на компоненты в зависимости от их летучести при противоточном взаимодействии жидкости и пара 2) процесс извлечения вещества, растворенного в одной жидкости, другой жидкостью, не растворимой и не смешивающейся с первой 3) процесс извлечения компонента из твердого в-ва с помощью растворителя **4) процесс избирательного поглощения компонентов из газовых или парогазовых смесей жидкими поглотителями** 5) процесс удаления влаги из материалов путем её испарения и отвода образовавшихся паров
13	Каково назначение насадки в абсорберах?	1) размывом напорной струей или самотечным потоком 2) снижение поверхности контакта жидкости со стенками абсорбера 3) смачивание и разжижение 4) разбухание или разжижение **5) распределение пленки жидкости по всей поверхности для создания развитой поверхности межфазового контакта**
14	Чему соответствует материальный баланс процесса экстракции?	1) $G(Y_1 + Y_2) = L(X_1 + X_2)$ 2) $G(Y_1 – Y_2) / L(X_1 – X_2)$ **3) $G(Y_1 – Y_2) = L(X_1 – X_2)$** 4) $G(Y_1 + Y_2) = L(X_1 – X_2)$ 5) $G(Y_1 + Y_2) / L(X_1 + X_2)$
15	Относительная плотность газа при расчетах трубопровода?	1) $m = G/t$ **2)** $\Delta = \rho_г / \rho_в$ 3) $\varphi = \rho_п / \rho_s = P_п / P_s$ 4) $r_i = P_i / P_m$ 5) $\rho_в = \frac{P_н \cdot 10^6}{zRT}$

ЗАДАНИЕ 1. ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ

1.1. Расчет выпуклых днищ

Задание: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_р = 1$; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м.

Расчет при H=0,25D, R=D.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление p, МПа	Диаметр эллиптического днища D, м	Марка стали	Расчетная температура стенки T, °С
1	2,0	1,6	ВСт3	20
2	2,3	1,7	16ГС	100
3	2,4	1,8	09Г2С	20
4	2,6	1,9	20К	150
5	2,8	2,0	10Г2С	200
6	3,0	2,1	10	250
7	3,2	2,2	09Г2	300
8	3,4	2,3	17ГС	350
9	3,8	2,4	17Г1С	375
10	4,0	2,5	10Г2С1	400
11	4,2	2,6	10	20
12	4,4	2,7	09Г2	100
13	4,6	2,8	17ГС	150
14	4,8	2,9	17Г1С	200
15	5,0	3,0	10Г2С1	300
16	5,2	3,1	ВСт3	350
17	5,4	3,2	16ГС	375
18	5,6	3,4	09Г2С	400

1.2. Расчет плоских круглых днищ и крышек

Задание: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при T °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм и до 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % φ_p=1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление p, МПа	Диаметр днища D, м	Марка стали	Расчетная температура стенки T, °С
1	4,0	3,1	ВСт3	400
2	4,2	3,2	16ГС	20
3	4,4	3,4	09Г2С	100
4	4,6	2,8	20К	150
5	4,8	2,9	10Г2С	200

6	5,0	3,0	10	300
7	5,2	1,9	09Г2	350
8	5,4	2,0	17ГС	375
9	5,6	2,1	17Г1С	400
10	2,0	2,2	10Г2С1	20
11	2,3	2,3	10	100
12	2,4	2,4	09Г2	20
13	2,6	1,6	17ГС	150
14	2,8	1,7	17Г1С	200
15	3,0	1,8	10Г2С1	250
16	3,2	2,5	ВСт3	300
17	3,4	2,6	16ГС	350
18	3,8	2,7	09Г2С	375

1.3. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных внутренним избыточным давлением

Задание: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при T °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм и до 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем по табл. 6.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % φ_p=1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м; угол α_1=45°; толщина стенки сосуда S_1=0,019.

Таблица 6.1

Коэффициенты прочности сварных швов

Вариант	Вид сварного шва	Длина контролируемых швов от общей длины	
		100 %	От 10 до 50 %
1	Стыковой или тавровый шов с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый автоматической или полуавтоматической сваркой	1,0	0,9
2	Стыковой шов с проваркой корня шва или тавровый с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый вручную	1,0	0,9
3	Стыковой шов, доступный сварке только с одной стороны и имеющий в процессе сварки металлическую подкладку со стороны корня шва, прилегающую ко всей длине шва к основному металлу	0,9	0,8
4	В тавр с конструктивным зазором свариваемых деталей	0,8	0,65
5	Стыковой шов, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой с одной стороны с флюсовой или керамической подкладкой	0,9	0,8
6	Стыковой шов, выполняемый вручную с одной стороны	0,9	0,65

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление p, МПа	Вариант шва	Диаметр D, м	Марка стали	Расчетная температура стенки T, °С
1	4,0	1	0,1	ВСт3	400
2	4,2	2	0,2	16ГС	20
3	4,4	3	0,4	09Г2С	100

4	4,6	4	0,5	20К	150
5	4,8	5	0,6	10Г2С	200
6	5,0	6	0,7	10	300
7	5,2	1	0,9	09Г2	350
8	5,4	2	0,8	17ГС	375
9	5,6	3	1,1	17Г1С	400
10	2,0	4	1,2	10Г2С1	20
11	2,3	5	1,3	10	100
12	2,4	6	1,4	09Г2	20
13	2,6	1	1,0	17ГС	150
14	2,8	2	1,5	17Г1С	200
15	3,0	3	0,32	10Г2С1	250
16	3,2	4	0,42	Вст3	300
17	3,4	5	0,6	16ГС	350
18	3,8	6	0,9	09Г2С	375

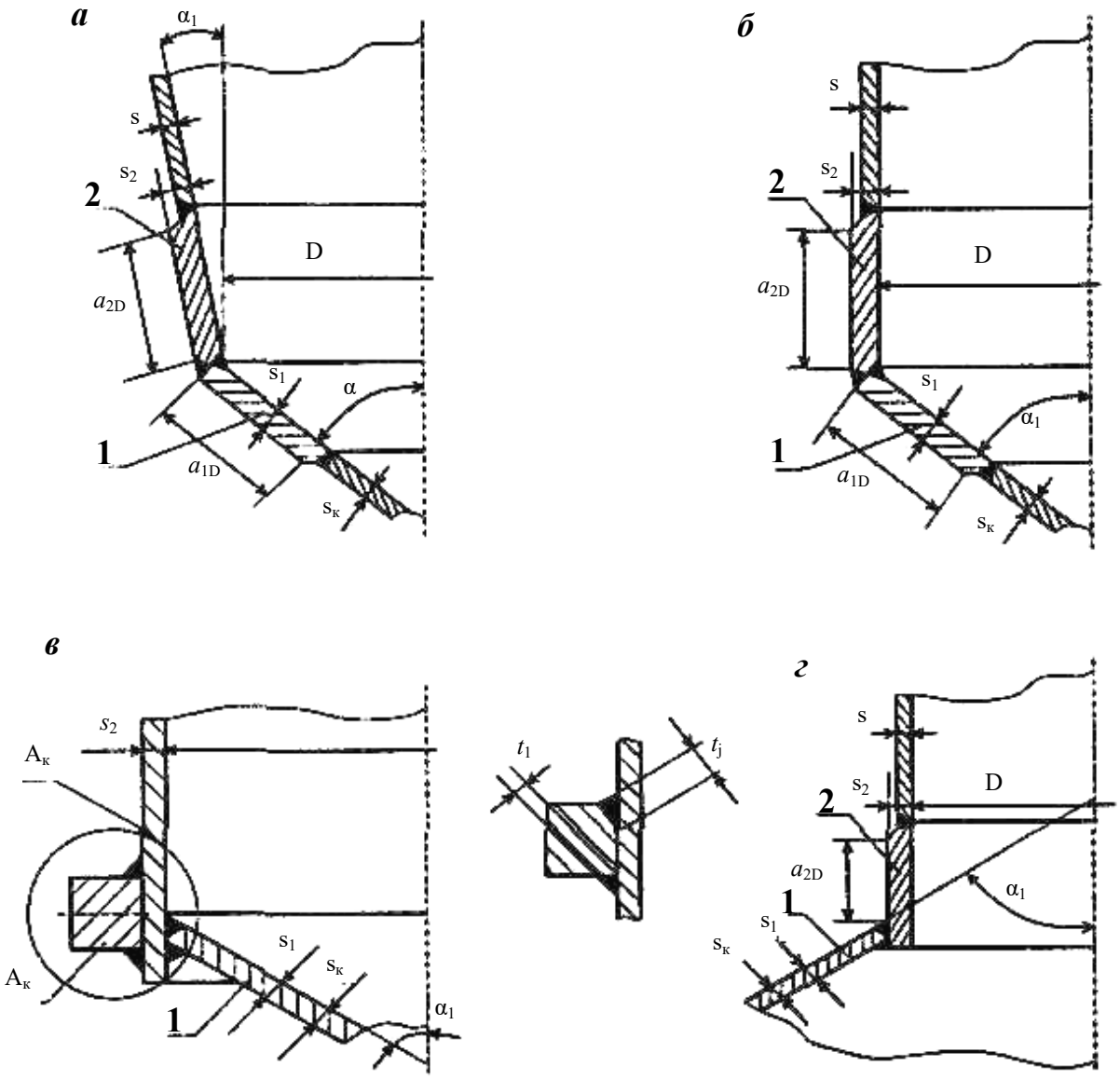


Рис. 6.1. Соединение без тороидального перехода:
а — двух конических обечаек; *б* — конической и цилиндрической обечаек; *в* — конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим концом; *г* — конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра

1.4. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных наружным давлением

Задание: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при T °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм; модуль упругости стали; коэффициент прочности сварного шва выбираем по табл. 6.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % φ_p=1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; при-

бавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м; угол α_1=45°; толщина стенки сосуда S_1=0,019; фактическое значение толщины стенки присоединенных обечаек $S_к$=0,045.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление p, МПа	Вариант шва	Диаметр D, м	Марка стали	Расчетная температура стенки T, °С
1	4,0	1	0,1	ВСт3	400
2	4,2	2	0,2	16ГС	20
3	4,4	3	0,4	09Г2С	100
4	4,6	4	0,5	20К	150
5	4,8	5	0,6	10Г2С	200
6	5,0	6	0,7	10	300
7	5,2	1	0,9	09Г2	350
8	5,4	2	0,8	17ГС	375
9	5,6	3	1,1	17Г1С	400
10	2,0	4	1,2	10Г2С1	20
11	2,3	5	1,3	10	100
12	2,4	6	1,4	09Г2	20
13	2,6	1	1,0	17ГС	150
14	2,8	2	1,5	17Г1С	200
15	3,0	3	0,32	10Г2С1	250
16	3,2	4	0,42	ВСт3	300
17	3,4	5	0,6	16ГС	350
18	3,8	6	0,9	09Г2С	375

1.5. Расчет на прочность укрепления отверстий

Задание: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при T °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм; внутренний диаметр цилиндрической обечайки D=1,4 м; внутренний диаметр штуцера (отверстия) d=0,064 м; толщина стенки обечайки S=0,012 м; сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки c=0,002 м; коэффициент прочности сварных соединений φ=1, φ_1=1; расчетное давление p=2 МПа; сумма прибавок к расчетной толщине стенки c_S=0,002 м; прибавка на коррозию к расчетной толщине стенки c_{S1}=0,002 м; исполнительная толщина стенки штуцера S_1=0,01 м; исполнительная толщина внутренней стенки штуцера S_3=0,012 м.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление p, МПа	Вариант шва	Диаметр D, м	Марка стали	Расчетная температура стенки T, °С
1	4,0	1	0,1	ВСт3	400
2	4,2	2	0,2	16ГС	20

3	4,4	3	0,4	09Г2С	100
4	4,6	4	0,5	20К	150
5	4,8	5	0,6	10Г2С	200
6	5,0	6	0,7	10	300
7	5,2	1	0,9	09Г2	350
8	5,4	2	0,8	17ГС	375
9	5,6	3	1,1	17Г1С	400
10	2,0	4	1,2	10Г2С1	20
11	2,3	5	1,3	10	100
12	2,4	6	1,4	09Г2	20
13	2,6	1	1,0	17ГС	150
14	2,8	2	1,5	17Г1С	200
15	3,0	3	0,32	10Г2С1	250
16	3,2	4	0,42	ВСт3	300
17	3,4	5	0,6	16ГС	350
18	3,8	6	0,9	09Г2С	375

2. **ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

ЗАДАЧА

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – δ_i = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К ρ_{293} ; ν_{293} = 28,8·10^{-4} м^2/с; коэффициент крутизны вискограммы u = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень i_0 = 200 Вт/м^2.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3	Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3
1	РВС-1000	700-709	9	РВС-1000	990-999
2	РВС-2000	710-719	10	РВС-2000	720-729
3	РВС-3000	720-729	11	РВС-3000	710-719
4	РВС-5000	740-749	12	РВС-5000	900-909

5	РВС-10000	890-899	13	РВС-10000	930-939
6	РВС-15000	900-909	14	РВС-15000	740-749
7	РВС-20000	930-939	15	РВС-20000	890-899
8	РВС-30000	990-999	16	РВС-30000	700-709

3. **МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

Задание 3. Рассчитать основные параметры противоточного абсорбера насадочного типа для поглощения водой диоксида углерода из смеси его с водородом и азотом.

Исходные данные.

№ п/п	Состав поступающей смеси, $y_н$, %			Расход газа на входе в абсорбер, G, кмоль/ч	Рабочее давление, Р, МПа	Температура воды, °С	Требуемая степень извлечения диоксида углерода, η, %
	H_2	CO_2	N_2				
1	62	18	20	1000	2,0	20	90
2	60	16	24	1010	1,8	22	85
3	58	18	24	1020	1,9	23	93
4	64	16	20	1030	1,7	24	92
5	55	23	22	1040	2,1	25	91
6	18	62	20	1000	2,0	20	90
7	16	60	24	1010	1,8	22	85
8	18	58	24	1020	1,9	23	93
9	16	64	20	1030	1,7	24	92
10	23	55	22	1040	2,1	25	91
11	60	18	22	1050	2,2	20	90
12	63	16	21	1060	1,8	22	85
13	58	20	22	1070	1,9	23	93
14	59	18	24	1080	1,7	24	92
15	52	25	23	1090	2,1	25	91
16	61	20	19	1050	2,2	20	90
17	65	17	18	1060	1,8	22	85
18	54	20	26	1070	1,9	23	93
19	52	18	30	1080	1,7	24	92
20	62	21	17	1090	2,1	25	91

Технологический расчет абсорбционной колонны. Составим материальный баланс и определим расход воды (рис. 1). Мольная доля диоксида углерода в поступающем газе γ_H, а его расход:

$$G_1\gamma_H = кмоль/ч,$$

где G_1 – количество поступающей смеси, кмоль/ч.

Определим последовательно: количество поглощенного диоксида углерода

$$M = G_1 y_{\text{Н}} \acute{\eta} = кмоль/ч,$$

где ή – степень извлечения CO_2;
количество уходящего газа

$$G_2 = G_1 - M = кмоль/ч;$$

Содержание диоксида углерода в уходящем газе

$$G_1 \gamma_H - M = кмоль/ч;$$

мольную долю диоксида углерода в уходящем газе

$$\gamma_к = \frac{G_1 \gamma_H - M}{G_2} =$$

Минимальный расход воды при противотоке находим, полагая, что концентрация диоксида углерода в воде на выходе достигает равновесной:

$$L_{\min} = \frac{M}{x_H^*} = кмоль/ч,$$

где x_H^* – равновесная концентрация CO_2 в воде, для заданных условий процесса $x_H^* = 0{,}0027$, $x_H = 0$.

Увеличиваем расход воды на 30 %

$$L_p = 1{,}3 L_{\min} = кмоль/ч$$

и с учетом растворившегося диоксида углерода находим:

$$L_1 = L_p + M = кмоль/ч.$$

Для перехода из кмоль/ч в м^3/ч:

$$\overline{L_1} = L_1 M_1 \frac{1}{\rho} = м^3/ч,$$

где $\overline{L_1}$ - объемный расход воды, м^3/ч; M_1 - молярная масса воды, кг/кмоль ($M_{H_2O} = 18 кг/кмоль$); $\rho_{H_2O} = 1000 кг/м^3$ - плотность воды.

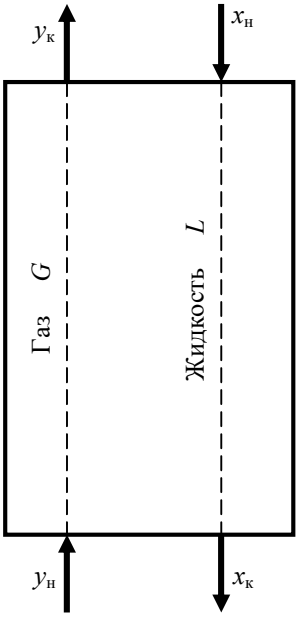


Рис.1. Схема материального баланса

Содержание диоксида углерода в уходящей воде:

$$x_k = \frac{M}{L_1} =$$

Определим число единиц переноса.

Константу фазового равновесия при растворении диоксида углерода в воде под давлением определяем по эмпирическому уравнению

$$m_{p-x} = \frac{124{,}5}{a - b p_{пар}},$$

где $p_{\text{пар}}$ – парциальное давление диоксида углерода в поступающем газе, МПа; *a, b* – коэффициенты, зависящие от температуры:

T	20	21	22	23	24	25
a	0,972	0,974	0,976	0,978	0,980	0,982

b	0,087	0,088	0,089	0,090	0,091	0,092

Парциальное давление диоксида углерода в смеси газов:

$$p_{пар} = Py_H = МПа,$$

где P – давление в аппарате, МПа.

Найдем равновесную концентрацию диоксида углерода в жидкости, соответствующую условиям газа в аппарате:

$$x_H^* = \frac{P_{пар}}{m_{p-x}} =$$

и равновесные концентрации в газовой фазе на входе в аппарат и выходе из него:

$$y_H^* = \frac{m_{p-x} x_K}{P} =;$$

$$y_K^* = \frac{m_{p-x} x_H}{P} =$$

Вычислим число единиц переноса:

$$\Delta y_{ср} = \frac{(y_H - y_H^*) - (y_K - y_K^*)}{\ln \frac{y_H - y_H^*}{y_K - y_K^*}} =;$$

$$N_{ог} = \frac{y_H - y_K}{\Delta y_{ср}} = .$$

Определим диаметр абсорбера.

Предварительно оценим скорость захлебывания аппарата:

$$\lg\left[\frac{\omega_{пр}^2 a \rho_г}{g\varepsilon^3 \rho_ж} \mu_ж^{0,16}\right] = A - B\left(\frac{L}{G}\right)^{0.25}\left(\frac{\rho_г}{\rho_ж}\right)0,125 .$$

Выбираем в качестве насадки стальные кольца Палля 50х50х1,0 как наиболее перспективные со следующими характеристиками: $a = 108 м^2/м^3; \varepsilon = 0,9 м^3/м^3; d_э = 0,033 м; \rho = 415 кг/м^3;$ число колец 6400 1/м^3, где $d_э$ – эквивалентный диаметр; ρ - насыпная плотность.

В нашем случае $\rho_г$ - плотность газовой смеси, состояние которой отлично от стандартных, поэтому вычисляем ее по формуле

$$\rho_г = \rho_{см}\frac{T_o P}{T P_o} = \sum_{i=1}^{3}(x_i \rho_i)\frac{T_o P}{T P_o} = (x_{H_2}\rho_{H_2} + x_{CO_2}\rho_{CO_2} + x_{N_2}\rho_{N_2})\frac{T_o P}{T P_o} =$$

$$= кг/м^3,$$

Если x_i – мольная доля i-го компонента смеси; p_i – плотность i –компонента смеси, кг/м^3; T, P, T_o, P_o – температура и давление для процесса и нормальных условий соответственно; плотности газов $\rho_{H_2}, \rho_{CO_2}, \rho_{N_2}$ взяты для нормальных условий; $\rho_ж = 1000 кг/м^3$ - плотность воды при 20°С; $\mu_ж = 1 МПа \cdot с$ -

вязкость воды при 20°С; А=0,022; В=1,75 для колец Палля в навал; $\overline{L}, \overline{G}$ - массовые расходы соответственно жидкости и смеси газов, кг/ч; принимаем $a = 108 м^2/м^3, \varepsilon = 0{,}9 м^3/м^3$.

Для перехода из мольного расхода в массовый умножаем его на молярную массу соответственно воды $M_{H_2O} = 18 кг/кмоль$ и смеси газов

$$M_{см} = \sum M_i \gamma_i = \gamma_{H_2} M_{H_2} + \gamma_{CO_2} M_{CO_2} + \gamma_{N_2} M_{N_2} = кг/кмоль,$$

где M_i – молярная масса *i*-го компонента смеси; y_i – мольная доля *i*-го компонента смеси, и получаем массовые расходы жидкости и газа

$$\overline{L} = L_i M_{H_2O} = кг/ч;$$

$$\overline{G} = G_i M_{см} = кг/ч.$$

Составим равенство, например, в таком виде:

$$\lg\left[\frac{108\omega_{пр}^2}{92 \cdot 0{,}9^3}\frac{12{,}3}{1000}1^{0{,}16}\right] = 0{,}022 - 1{,}75\left(\frac{1404000}{14760}\right)^{0{,}25}\left(\frac{12{,}3}{1000}\right)^{0{,}125}$$

И решив его, получим скорость захлебывания: $\omega_{пр} = м/с$.

Рабочую скорость газа принимаем на 20 % меньше

$$\omega = 0{,}8\omega_{пр} = м/с$$

И находим объемный расход газа на входе в аппарат при рабочих условиях:

$$V_г = \frac{G \cdot 22.4}{3600}\frac{P_o T}{P T_o} = м^3/с.$$

Диаметр абсорбера определяем:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4V_г}{\pi\omega}} = м.$$

Принимаем диаметр аппарата *D*=3,0 м.

Проверим, обеспечивается ли нормальное орошение насадки при выбранном диаметре аппарата. Для этого рассчитаем плотность орошения в аппарате

$$\upsilon = \frac{4L_p M_{H_2O}}{\rho_{ж}\pi D^2} = м^3/(м^2 \cdot с)$$

и сравним ее значение с минимальной плотностью орошения для абсорбентов с нерегулярной насадкой

$\upsilon_{\min} = a\, q_{эф}$.

Здесь $q_{эф}$ – эффективная линейная плотность орошения, так, для колец Паалля принимаем $q_{эф} = 0{,}022 \cdot 10^{-3} м^2/с$. Тогда

$\upsilon_{\min} = м^3/(м^2 \cdot с)$.

Так как $\upsilon > \upsilon_{\min}$, то насадка орошается нормально.

Определим высоту единицы переноса для газовой фазы, для чего используем формулу:

$$h_г = 0{,}615 d_э \, \mathrm{Re}_г^{0{,}345} \left(\mathrm{Pr}'_г\right)^{0{,}667},$$

Где

$\mathrm{Re}_г = \frac{4W_г}{\alpha\mu_г}; W_г = \frac{\overline{G}}{S} = \frac{4G}{\pi D^2} = кг/\left(м^2 \cdot с\right);$ $\mu_г = \mu_{см}$ - вязкость газовой смеси;

$$\frac{M_{см}}{\mu_{см}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{y_i M_i}{\mu_i} = \frac{y_{H_2} M_{H_2}}{\mu_{H_2}} + \frac{y_{CO_2} M_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{y_{N_2} M_{N_2}}{\mu_{N_2}}.$$

$M_{см}$ = кг/кмоль – молярная масса смеси; μ_i - вязкость *i*-го компонента смеси, Па$\cdot c$. При подстановке численных значений

Откуда $\mu_{см} = Па \cdot с$ и $Re_г = .$

Далее определим число Прандтля

$$\mathrm{Pr}'_г = \frac{\mu_г}{\rho_г D_г},$$

где $\rho_г = кг/м^3$ - плотность газовой смеси; $D_г$ – коэффициент диффузии, м^2/с, равный

$$D_г = D_o \frac{P_o}{P} \left(\frac{T}{T_o}\right)^{3/2},$$

Где $D_o = 13{,}8 \cdot 10^{-6} м^2/с$ - коэффициент диффузии диоксида углерода в воздухе при нормальных условиях; P, P_o – давление в аппарате и при нормальных условиях, МПа; T, T_o – температура рабочая (273+20) и при нормальных (273) условиях, К. Подстановка численных значений дает

$$D_г = м^2/с$$

и

$$Pr'_г = .$$

Таким образом, высота единицы переноса газовой фазы:

$$h_г = м.$$

Определим высоту единицы переноса для жидкой фазы :

$$h_{ж} = 1198 \delta_{пр} \, \mathrm{Re}_{ж}^{0{,}25} \left(Pr'_{ж}\right)^{0{,}5}.$$

Здесь

$$\delta_{пр} = \left(\frac{\mu_{ж}^2}{\rho_{ж}^2 g} \right)^{1/3} = м;$$

$$\omega_{ж} = \frac{\overline{L}}{S} = \frac{4\overline{L}}{\pi D^2} = кг/\left(м^2 \cdot с\right);$$

$$\mathrm{Re}_{ж} = \frac{4\omega_{ж}}{\alpha \mu_{ж}};;$$

$$\mathrm{Pr}'_{ж} = \frac{\mu_{ж}}{\rho_{ж} D_{ж}} =$$

где $D_{ж}$ – коэффициент диффузии газа в воде (для диоксида углерода $D_{ж} = 1{,}8 \cdot 10^{-9}$ м^2/с).

$$h_{ж} = м.$$

Далее определим:

♦ общую высоту единицы переноса

$$h_{ог} = h_{г} + \frac{m_{ух} G}{L} h_{ж},$$

где

$$m_{ух} = \frac{m_{рх}}{P} =$$

Константа фазового равновесия, в которой состав равновесной фазы выражен в мольных долях; тогда

$$h_{ог} = м;$$

♦ высота насадки

$$H_{раб} = N_{ог} h_{ог} = м.$$

При коэффициенте запаса, равном 1,4 получаем

$$H_{раб} = м.$$

Проверим, нужно ли устанавливать перераспределительные устройства для уменьшения пристенного эффекта. Максимальная высота пакета насадки, не требующая перераспределительной тарелки:

$$H_{\max} = м.$$

В нашем случае $H_{раб} < H_{max}$, следовательно, установка перераспределительных устройств не требуется;

♦ общую высоту колонны

$H_к = H_{раб} + H_{сеп} + H_{куб} =$ м;

принимаем $H_{сеп} =$ м; $H_{куб} =$ м.

Определим гидравлическое сопротивление:

♦ слоя сухой насадки

$$\Delta P_{сух} = \xi \frac{H_{раб} \alpha \omega^2}{8 \cdot \varepsilon^3} \rho_г,$$

где $\xi = \frac{16}{\mathrm{Re}_u^{0.2}} =$, тогда

$$\Delta P_{сух} = \quad Па;$$

♦ орошаемой насадки

$$\Delta P_{ор} = \Delta P_{сух} 10^{bo},$$

для колец Палля $b=35$ (по справочным таблицам)

$\Delta P_{ор} = Па.$

Механический расчет абсорбционной колонны. Толщину цилиндрической обечайки, работающей под внутренним давлением, рассчитываем по:

$$S = \frac{D_B P}{2[\sigma]\varphi - P} + C = м.$$

Учитывая минусовой допуск, равный, например, 0,9 мм для стали Х18Н9Т толщиной δ = 28 мм, получаем

$S = \quad м.$

Окончательно округляем в большую сторону $S = \ мм$.

Выбираем эллиптическое отбортованное днище; его толщина определяется по:

$$S_Д = \frac{PR}{2[\sigma]\varphi - 0.5P} + C,$$

где

$R = \frac{D^2}{4H_Д} = м;$ $\quad H_Д = м$ - высота днища без отбортовки. Тогда

$S_Д = мм.$

Округляя, примем толщину днища равной толщине обечайки, т.е. $S_Д =$ *мм.*

Расчет опоры аппарата. Абсорбер расположен внутри помещения, так как абсорбция идет с водой, следовательно, температура должна быть положительной.

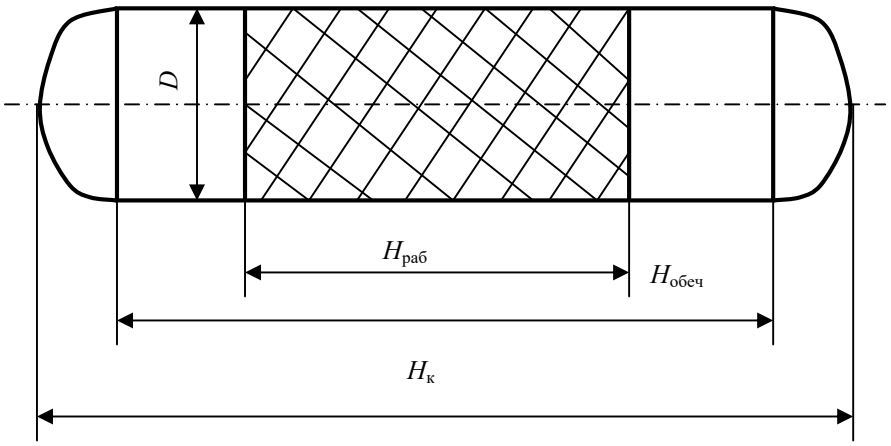


Рис. 2. Схема к расчету абсорбера
(аппарат условно показан горизонтально)

Прежде чем начать расчет опоры, найдем максимальный вес аппарата, соответствующий условиям его гидроиспытания (рис.2):

$G_{max} = G_{обеч} + G_Д + G_{нас} + G_{H_2O}$,

Где $G_{обеч} = V_{обеч}\rho_{CT}$ g –сила тяжести обечайки, МН;

$V_{обеч} = \pi D H_{обеч} S$ - объем листа обечайки; $\rho_{CT} = 7900 кг/м^3$ - плотность стали – листа обечайки; $H_{обеч}$ – высота обечайки.

Итак:

$G_{обеч} = \pi D H_{обеч} S \rho_{CT} g =$ $H =$ $MH.$

Далее определяем:

♦ сила тяжести днища

$G_Д = MH;$

♦ сила тяжести насадки

$$G_{нас} = V_{нас}\rho_{нас} g = \frac{\pi D^2}{4} H_{раб}\rho_{нас} g = H = MH,$$

где $V_{нас}$ – объем насадки, $м^3$; $\rho_{нас}$ – плотность насадки, $кг/м^3$.

Рассчитаем вес воды при гидроиспытании

$$G_{H_2O} = V_{H_2O}\rho_{H_2O} g,$$

где ρ_{H_2O} - плотность воды, $кг/м^3$; V_{H_2O} - объем воды, $м^3$, определяемый как сумма трех составляющих:

$$V_{H_2O} = V'_{H_2O} + V''_{H_2O} + V'''_{H_2O};$$

$$V'_{H_2O} = \frac{(H_{обеч} - H_{нас})\pi D^2}{4} = м^3$$

- объем воды в свободном объеме насадки,

где $V_{нас}$ – объем насадки, $м^3$; ε – свободный объем насадки, $м^3/м^3$;

$V''_{H_2O} = м^3$ - объем воды в днищах.

Следовательно,

$$G_{H_2O} = H = MH.$$

Итак:

$G_{max} = MH.$

Выбираем аппарат, установленный на лапы и подвешенный между перекрытиями. Выберем опорную лапу, показанную на рис. 3, с допускаемой нагрузкой на опору $25 \cdot 10^{-2}\, MH$.

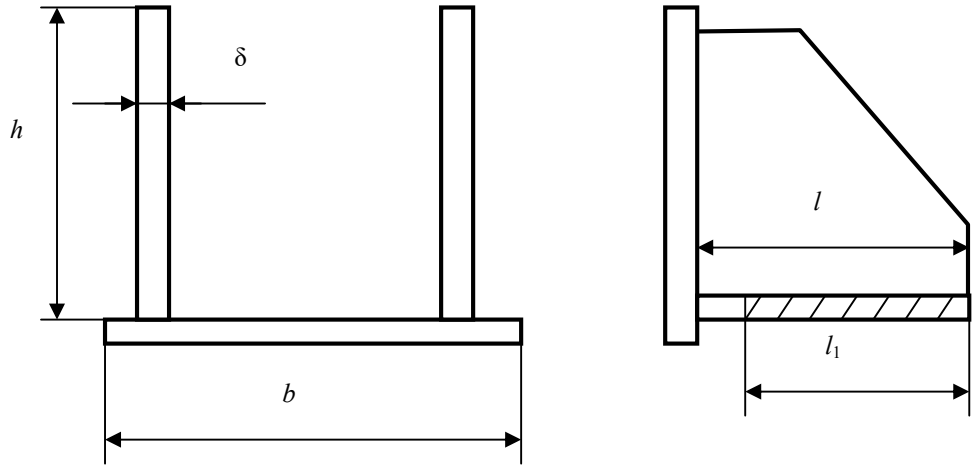


Рис. 3. Опорная лапа

Определим число опор:

$$n \geq \frac{G_{\max}}{G_{on}} =$$

Примем *n=4*. Так как аппарат устанавливается в помещении, будем считать, что нагрузка на лапы распределяется равномерно. Тогда требуемую толщину ребра определим , задавшись *K=0,6* :

$$\delta = \frac{2{,}24G}{KnZl[\sigma]} + C = м.$$

Так как отношение $\frac{l}{13} = м$ >δ=0,011*м*, уменьшим значение *K* до 0,275 и получим

$$\delta = м.$$

Поскольку $\frac{l}{21{,}5} = м$ <δ= *м*, примем толщину ребра δ= *мм.*

Принимаем отношение вылета лапы *l* к высоте ребра *h* равным *l/h = 0.5*. Тогда *h = м.*

Проверим прочность сварных швов, используя:

$$G / n \leq 0{,}7 L_ш h_ш [\tau]_ш,$$

где $h_ш = м; \quad [\tau]_ш = МПа; \quad L_ш = 4(h + \delta) = м;$

$$\frac{G}{n} = \quad MH.$$

Второй член в уравнении

MH.

Так как, например, *1,74 МН > 0,25 МН*, то прочность сварных швов обеспечена.

Принимая ширину опорной плиты лапы $b = 0{,}4$ *м;* длину $l_1 = 0{,}43$ *м*, проверим прочность фундамента из бетона марки 200 - $[\sigma]_ф = 14 МПа.$ Условие прочности

$$F_1 \geq \frac{G}{4[\sigma]_ф} = м^2.$$

Площадь поверхности нашей опоры

$$F_1 = l_1 b = м^2;$$

$$F_1 = м^2 > м^2.$$

ЗАДАНИЕ 4.

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов Na_2CO_3 от маточного раствора плотностью $\rho_2 = 1000$ кг/м^3.

Исходные данные

Вариант	Объемная концентрация твердого вещества в суспензии $C_υ$, %	Плотность кристаллов Na_2CO_3 ρ_1, кг/м^3	Динамическая вязкость раствора μ, Па·с	Минимальный размер улавливаемых твердых частиц d, мкм	Частота вращения ротора n, об/мин	Индекс производительности $\Sigma_т$, м^2	Емкость шламового пространства ротора $V_{шл}$, м^3	Пропускная способность по воде, м^3/ч
1	10	2700	0,001	1	4700	8000	0,007	до 10
2	11	2500	0,002	0,8	4000	7000	0,006	до 20
3	12	2300	0,001	1,1	4500	7500	0,005	до 15
4	13	2100	0,002	1,2	4300	7250	0,004	до 17
5	14	2000	0,003	1,3	4200	7700	0,008	до 18
6	15	1800	0,004	1,4	4100	7950	0,009	до 19
7	10	1850	0,001	0,9	3600	8000	0,007	до 10
8	11	2010	0,002	0,85	3770	7000	0,006	до 20
9	12	2200	0,001	0,88	3550	7500	0,005	до 15
10	13	2500	0,002	0,95	3350	7250	0,004	до 17
11	14	2250	0,003	0,97	3370	7700	0,008	до 18
12	15	2350	0,004	0,96	3250	7950	0,009	до 19
13	10	2390	0,001	1.11	3270	8000	0,007	до 10
14	11	2450	0,002	1,12	3125	7000	0,006	до 20

15	12	2550	0,001	1,23	3100	7500	0,005	до 15
16	13	2600	0,002	1,25	3050	7250	0,004	до 17
17	14	2650	0,003	1,27	3000	7700	0,008	до 18
18	15	2750	0,004	1,3	2900	7950	0,009	до 19
19	16	2730	0,006	1,32	2950	8100	0,008	до 15
20	17	2580	0,007	1,35	2800	7900	0,005	до 17

Критический диаметр частицы, определяющий стоксовский режим осаждения, находим:

$$d_{кр} = 2{,}62\left(\frac{\mu^2}{\omega^2 r \Delta\rho\rho_2}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad мкм,$$

где $\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad рад/с$ - угловая скорость вращения ротора сепаратора $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$, кг/м^3 – разность плотностей фаз; r = 0,3 м – средний радиус ротора.

Предельный размер частицы, выделяемой в сепараторе:

$$r_{пред} = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \sqrt[4]{\frac{T}{\Delta\rho\omega^2 r}}, \quad мкм,$$

где $T = 293\ К$ – температура процесса.

Поскольку, по условиям задачи, минимальный размер улавливаемых частиц составляет 1 мкм, то применение данного сепаратора представляется целесообразным, так как $d_{пр} < d < d_{кр}$.

Объемная производительность сепаратора при этом

$$Q_{сп} = \zeta_{эф} \frac{2}{3} \pi\omega^2 z_T ctg\alpha \left(r_{\max}^3 - r_{\min}^3\right) \frac{\Delta\rho}{18\mu} d^2 = \zeta_{эф} \sum_T \frac{\Delta\rho g d^2}{18\mu}.$$

$$\zeta_{эф} \sum_T \frac{\Delta\rho g d^2}{18\mu}, \quad м^3/ч.$$

Степень снижения производительности при изменении концентрации суспензии учитывается в расчете коэффициентом стеснения $K_{СТ}$:

$$K_{СТ} = \frac{(1 - C_v)^2}{10^{1{,}82 C_v}}.$$

Окончательно получаем: $Q_{СП} = K_{СТ} Q_{СП}, \quad м^3/ч.$

При этой производительности время непрерывной работы сепаратора между периодическими разгрузками ротора от осадка, составит

$$\tau_3 = \frac{V_{шл}}{Q_{СП} C_V}, \quad с.$$

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Уметь: проводить расчеты основных параметров технологического оборудования, определять его производительность;

осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ;

осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

оформлять информацию в доступном для других виде; владеть:навыками самостоятельного овладения новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные и интерактивные методы обучения;

Владеть: профессиональной терминологией;

методами проведения расчетов рабочих нагрузок, основных параметров и производительности нефтегазовых агрегатов с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных;

разработкой рабочей проектной и технической документации, оформлением законченных проектно-конструкторских работ.

Контрольная работа по темам 1-10

Вариант 1

Определить изменение состояния агрегата ГПА-Ц-6,3 в результате проведенной очистки осевого компрессора "на ходу", если агрегат до чистки компрессора работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, t_1 = 10 °С; Q_{m} = 30 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, Q = 4,0 МПа, ΔP = 5,12 МПа; частота вращения вала нагнетателя n = 7000 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху Δ = 0,575. Температура газов перед ТВД t_z = 646 °С определена при помощи графических зависимостей по температуре перед СТ. Температура и давление воздуха на входе осевого компрессора совпадают с номинальными ($T_{\text{а}} = T_{\text{ао}}, P_{\text{а}} = P_{\text{ао}}$).

После чистки осевого компрессора агрегат работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, t_1 = 18 °С, t_2 = 40 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, P_1 = 4,2 МПа, P_2 = 5,4 МПа. Частота вращения вала нагнетателя n = 7500 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху Δ = 0,575. Температура газа перед ТВД t_z = 680 °С.

Вариант 2

Определить запас устойчивой работы нагнетателя ГПА-Ц-6,3/56М-1,45, имеющего следующие параметры рабочего режима: давление газа на входе нагнетателя $P_{\text{вх}}$ = 3,9 МПа, давление газа на выходе нагнетателя $P_{\text{вых}}$ = 5,3 МПа, температура газа на входе t_1 = 16 °С, частота вращения нагнетателя n_0 = 8100 об/мин, производительность нагнетателя $Q_{\text{комм}}$ = 475 тыс.н·м^3/ч, плотность газа ρ_0 = 0,676 кг/м^3.

Вариант 3 в периоде

Задание: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_{\text{р}}$ = 1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии c_1=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку c_2=0,002 м.

Расчет при *H*=0,25*D*, *R*=*D*.

Исходные данные:

Вариант	Внутреннее давление *p*, МПа	Диаметр эллиптического днища *D*, м	Марка стали	Расчетная температура стенки *T*,

				°С
1	2,0	1,6	ВСт3	20
2	2,3	1,7	16ГС	100
3	2,4	1,8	09Г2С	20
4	2,6	1,9	20К	150
5	2,8	2,0	10Г2С	200
6	3,0	2,1	10	250
7	3,2	2,2	09Г2	300
8	3,4	2,3	17ГС	350
9	3,8	2,4	17Г1С	375
10	4,0	2,5	10Г2С1	400
11	4,2	2,6	10	20
12	4,4	2,7	09Г2	100
13	4,6	2,8	17ГС	150
14	4,8	2,9	17Г1С	200
15	5,0	3,0	10Г2С1	300
16	5,2	3,1	ВСт3	350
17	5,4	3,2	16ГС	375
18	5,6	3,4	09Г2С	400

Критерии оценивания: оформление работы в соответствии с предъявляемыми требованиями – 1 балл; обоснование выбора методики решения задачи.. – 1 балл; точность в расчетах при определении – 1 балл…; полнота ответа на вопросы задания, наличие обоснования, вывода – 3 балл, использование профессиональной терминологии – 1 балл, логичность изложения материала- 1 балл

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа оформлена аккуратно, в соответствии с требованиями; методика решения задач правильная и все действия обоснованы; все расчеты выполнены верно; ответ полный, имеется вывод по задаче, материал изложен профессиональным языком, логично – 7-8 баллов.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работа оформлена аккуратно, с незначительными замечаниями (отступлениями от требований); методика решения задач правильная и все действия обоснованы; в расчетах имеются ошибки; ответ полный, имеется, вывод по задаче или его нет, материал изложен профессиональным языком, логично – 5-6 баллов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа оформлена с существенными замечаниями (отступлениями от установленных требований); методика решения задач правильная, однако действия не обоснованы; в расчетах имеются ошибки; ответ неполный, не имеет вывода по задаче, материал изложен без использования профессиональной терминологии, логично – 3-4 балла.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа оформлена неаккуратно, со значительными отступлениями от требований; методика решения задач не правильная и (или) действия не обоснованы; ответ полный или неполный, нет вывода по задаче, материал изложен без использования профессиональной терминологии, нелогично – 0-2 балла.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1.

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – δ_i = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К ρ_{293} ; $\nu_{293} = 28{,}8 \cdot 10^{-4}$ м^2/с; коэффициент крутизны вискограммы u = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень i_0 = 200 Вт/м^2.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3	Вариант	Р	ρ_{293}, кг/м^3
1	РВС-1000	700-709	9	РВС-1000	990-999
2	РВС-2000	710-719	10	РВС-2000	720-729
3	РВС-3000	720-729	11	РВС-3000	710-719
4	РВС-5000	740-749	12	РВС-5000	900-909
5	РВС-10000	890-899	13	РВС-10000	930-939
6	РВС-15000	900-909	14	РВС-15000	740-749
7	РВС-20000	930-939	15	РВС-20000	890-899
8	РВС-30000	990-999	16	РВС-30000	700-709

Задание 2.

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов Na_2CO_3 от маточного раствора плотностью ρ_2 =1000 кг/м^3.

Исходные данные

Вариант	Объемная концентрация твердого вещества в суспензии C_υ, %	Плотность кристаллов Na_2CO_3 ρ_1, кг/м^3	Динамическая вязкость раствора μ, Па·с	Минимальный размер улавливаемых твердых частиц d, мкм	Частота вращения ротора n, об/мин	Индекс производительности $\Sigma_т$, м^2	Емкость шламового пространства ротора $V_{шл}$, м^3	Пропускная способность по воде, м^3/ч
1	10	2700	0,001	1	4700	8000	0,007	до 10
2	11	2500	0,002	0,8	4000	7000	0,006	до 20
3	12	2300	0,001	1,1	4500	7500	0,005	до 15
4	13	2100	0,002	1,2	4300	7250	0,004	до 17
5	14	2000	0,003	1,3	4200	7700	0,008	до 18
6	15	1800	0,004	1,4	4100	7950	0,009	до 19
7	10	1850	0,001	0,9	3600	8000	0,007	до 10
8	11	2010	0,002	0,85	3770	7000	0,006	до 20
9	12	2200	0,001	0,88	3550	7500	0,005	до 15
10	13	2500	0,002	0,95	3350	7250	0,004	до 17
11	14	2250	0,003	0,97	3370	7700	0,008	до 18
12	15	2350	0,004	0,96	3250	7950	0,009	до 19
13	10	2390	0,001	1.11	3270	8000	0,007	до 10
14	11	2450	0,002	1,12	3125	7000	0,006	до 20

15	12	2550	0,001	1,23	3100	7500	0,005	до 15
16	13	2600	0,002	1,25	3050	7250	0,004	до 17
17	14	2650	0,003	1,27	3000	7700	0,008	до 18
18	15	2750	0,004	1,3	2900	7950	0,009	до 19
19	16	2730	0,006	1,32	2950	8100	0,008	до 15
20	17	2580	0,007	1,35	2800	7900	0,005	до 17

Критерии оценивания: правильность и качество решения – 2 балла, полнота ответа – 1 балл, точность и обоснованность расчетов – 2 балла.

Критерии оценки:

Полный, правильный ответ с развернутым пояснением, с применением понятийного аппарата, профессиональной терминологии, расчеты точные и обоснованные – 5 баллов.

Ответ в целом правильный с развернутым пояснением, с применением понятийного аппарата, профессиональной терминологии, однако ответ неполон или неточен, имеются замечания по расчетам – 4 балла.

Ответ правильный, но неполный (без развернутого пояснения), без использования понятийного аппарата, профессиональной терминологии, имеются ошибки в расчетах и обоснованиях – 3 балла.

Ответ неправильный, неполный (без развернутого пояснения), без использования понятийного аппарата, профессиональной терминологии, расчеты не верны, нет необходимого обоснования – 1-2 балла.

Правила оценивания:

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 5 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4 балла;

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

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 1-2 балла.

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 и практические задания для обучающихся по дисциплине

Б1.О.34 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОРИВОД

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Автор: Суслов Н. М., д-р техн. наук, профессор

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить современное оборудование, применяемое в горной промышленности, на нефтяных и газовых промыслах, в транспорте без гидравлических и пневматических приводов. Гидравлический и пневматический приводы позволяют повысить производительность, мощность и энергоэффективность технологических машин, сохраняя при этом малые габариты. Выпускники университета должны уметь рассчитывать, проектировать и обслуживать гидравлические и пневматические системы, применяемые на производстве.

Цель самостоятельной работы: обучение студентов проектированию и расчетам гидравлического и пневматического приводов для технологических машин и комплексов в горном деле. Умение рассчитывать и проектировать гидравлические и пневматические системы приводов позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

В методических указаниях приведены задачи типовых заданий для самостоятельной работы, практикуется применение индивидуальных заданий, соответствующих выбранному студентом направлению будущей работы. Такими заданиями являются выполнение расчетов для отдельных механизмов и узлов экскаваторов, дробилок, буровых установок и т.п.

Результат изучения дисциплины:

Знать:

- проблемы создания горных машин из различных типов и назначений;
- конструктивные схемы приводов основных механизмов горных машин;
- технические характеристики и конструктивные особенности гидравлических машин и гидроаппаратов гидроприводов горных машин;
- теоретические основы, устройство и методики расчета гидравлических и пневматических приводов;

Уметь:

- проводить расчеты гидропневмоприводов горных машин, выбирать гидроаппараты и гидравлические машины для конкретной гидравлической схемы привода;
- анализировать, синтезировать и критически резюмировать полученную информацию, работать с технической документацией;
- работать с диагностическими приборами для мониторинга технического состояния гидравлических машин и гидроаппаратов;

Владеть:

- методами расчета геометрических, кинематических, силовых, прочностных и энергетических параметров гидравлических и пневматических машин и аппаратов для конкретной гидравлической схемы;
- методами и навыками организации технических мероприятий по обеспечению постоянной работоспособности гидравлических машин с заданными технико-экономическими параметрами эксплуатации;
- методами решения инженерно-технических и прикладных экономических задач с применением вычислительной техники и основных нормативных документов.

1. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Тема 1: Гидростатика

Жидкость. Сжимаемость. Вязкость. Давление – абсолютное, избыточное, вакуумметрическое. Основное уравнение гидростатики. Сила давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки. Относительный покой жидкости. Уравнение поверхности уровня.

Тема 2: Гидродинамика

Движение идеальной жидкости. Реальная жидкость. Уравнение расхода. Уравнение Бернулли. Гидравлические потери напора. Число Рейнольдса. Ламинарный, турбулентный и переходный режимы течения жидкости.

Тема 3: Общие сведения о гидроприводах горных машин общие. Объемные гидромашины

Рабочие жидкости гидропривода. Основные свойства рабочей жидкости. Структурная и принципиальная схема гидропривода. Основные термины и определения. Использование объемных гидромашин в нефтегазовых машинах Основные рабочие параметры объемных гидромашин. Принцип действия объемных гидромашин. Расчет основных параметров объемных гидромашин. Механическая и регулирующая характеристика горых машин. Особенности рабочих процессов объемных гидромашин. Потери энергии в объемных гидромашинах. Расчет основных параметров объемных гидромашин.

Тема 4: Гидроцилиндры

Использование гидроцилиндров в нефтегазовых машинах. Конструктивные схемы гидроцилиндров. Применяемые типы гидравлических уплотнений. Расчет основных параметров гидроцилиндров.

Тема 5: Аппараты управления и регулирования приводов

Клапаны предохранительные. Гидродроссели. Регуляторы потока. Распределители. Основные параметры аппаратов управления и регулирования.

Тема 6: Гидродинамические передачи

Применение гидродинамических передач в нефтегазовых машинах. Преобразование механической энергии в гидродинамическую передачу. Гидромуфты гидротрансформаторы. Регулирование передач.

Тема 7: Система автоматики в гидравлических схемах

Пропорциональные золотниковые распределители. Пропорциональные распределители. Гидравлические и электрогидравлические усилители. Электропривод в системе контроля и управления гидравлических систем.

Тема 8: Проектирование гидросхем на стенде-тренажере. Смазочные системы

Условные обозначения гидромашин и гидроаппаратов в гидросхемах приводов. Способы регулирования приводов. Реализация на стенде-тренажере разработанной гидросхемы привода. Снятие характеристики разработанной схемы. Анализ полученных результатов. Основные подвижные соединения в нефтегазовом оборудовании. Системы смазки подвижных соединений. Подбор необходимого оборудования при проектировании смазочных систем и средств смазки.

Тема 9. Выполнение курсового проекта. Основные положения курсового проектирования. Рекомендации по использованию справочных материалов.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГИДРОАППАРАТУРЫ

Гидроаппаратами называются устройства для управления потоками жидкости. Они изменяют или поддерживают, заданные давления или расходы, наменяют направления потока жидкости, перекрывают гидромагистрали.

По выполняемым функциям среди всей массы гидроаппаратов можно выделить два наиболее характерных типа: направляющие и регулирующие.

Направляющие гидроаппараты - устройства, обеспечивающие изменение направления движения потоков жидкости в нескольких гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействий. С помощью направляющих гидроаппаратов осуществляют пуск, изменение направления движения и остановку исполнительных механизмов горных машин, обеспечивают определенную последовательность выполнения технологических операций.

Регулирующие гидроаппараты - устройства, обеспечивающие изменение давления или расхода жидкости путем заданного перекрытия проходного сечения гидроаппарата.

Часто гидроаппараты совмещают функции перечисленных типов.

Основной деталью всякого гидроаппарата является запорно-регулирующий элемент (рабочий элемент), который конструктивно выполняется в виде крана, клапана или золотника.

2.1. НАПРАВЛЯЮЩАЯ ГИДРОАППАРАТУРА

К направляющей гидроаппаратуре относятся: распределители жидкости, обратные клапаны, гидрозамки, клапаны выдержки времени, клапаны последовательности и логические клапаны.

2.1.1. Распределители жидкости

По типу запорно-регулирующих элементов гидрораспределители разделяют на крановые, клапанные и золотниковые. В первых распределение жидкости осуществляется поворотом крана вокруг своей оси (рис. 1.1, *б*, *в*, *г*), во вторых – путем последовательного открытия и закрытия проходного сечения канала с помощью клапанов (рис. 1.1, *ж*), в третьих – путем перемещения цилиндрического или плоского золотника **(**рис. 1.1, *а*, *д*, *е***).** Краны, клапаны и золотники могут быть представлены в гидроприводе также в качестве функциональных гидроаппаратов.

Кран – вентиль трубопроводный или устройство для регулирования потока жидкости в трубопроводах.

Клапан – деталь (крышка, заслонка) или устройство для управления расходом жидкости.

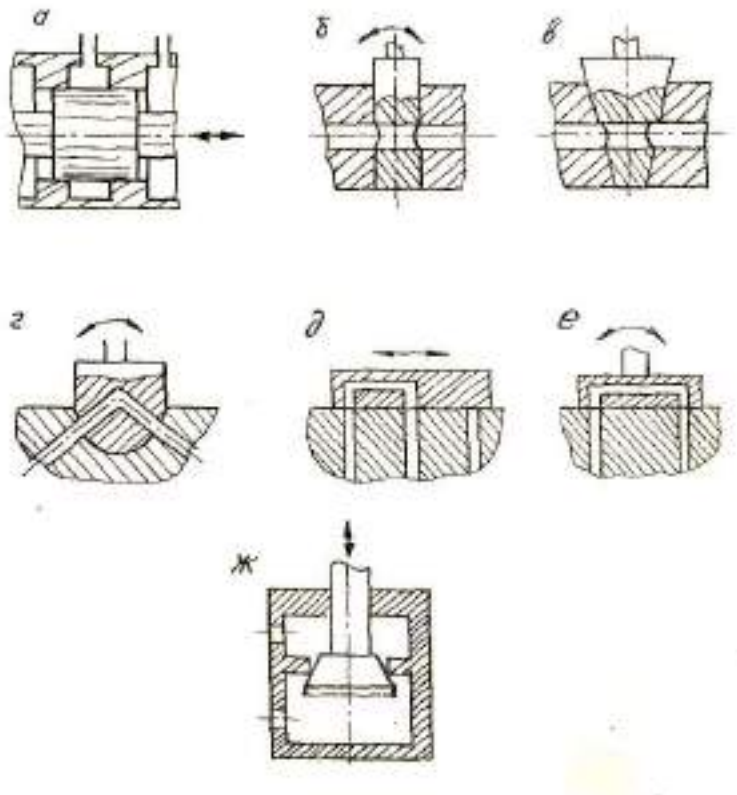


Рис. 1.1. Схематическое изображение гидрораспределителей

Золотник – подвижный элемент системы управления, направляющий поток жидкости в нужный канал через отверстия (окна) в поверхности, по которой он скользит.

Распределители жидкости классифицируются по линейности, по позиционности и по виду управления.

Линейность распределителя оценивается числом внешних линий связи.

По числу подключенных внешних линий связи, по которым жидкость подводится к распределителю и отводятся от него, распределители разделяются на двухлинейные, трехли-

нейные, четырехлинейные и многолинейные. Применимость таких распределителей во многом однозначна.

Так, двухлинейный распределитель чаще всего используется для запирания потока жидкости или свободного пропуска его от источника к потребителю, т.е. только в одной гидролинии. Им нельзя изменять направление потока.

Трехлинейный распределитель используется чаще всего для управления нереверсивным гидродвигателем.

Наибольшее распространение в гидроприводах горных машин получили распределители четырехлинейные. Ими управляются реверсивные гидродвигатели.

Многолинейный распределитель применяется для управления несколькими гидродвигателями, работающими в определенной последовательности. В горном машиностроении примером могут служить гидросистемы механизированных крепей.

Позиционность распределителя оценивается числом фиксированных положений (позиций) его запорно-регулирующего элемента. По этому признаку распределители делятся на двухпозиционные, трехпозиционные и многопозиционные.

Запорно-регулирующий (рабочий) элемент фиксируется в заданном положении с помощью стопора или центрирующей пружины. В первом случае рабочий элемент устанавливается в любое возможное положение управляющим воздействием оператора, а во втором случае в нейтральное положение рабочий элемент возвращает пружина.

Вид управления характеризуется типом привода перемещения рабочего элемента распределителя.

Различают распределители с ручным, механическим, гидравлическим, электрическим, пневматическим и комбинированным управлением. Схематическое изображение золотниковых гидрораспределителей различных типов управления представлено на рис. 1.2.

Крановые распределители

В крановых распределителях рабочим элементом является или плоский золотник. При управлении крановым распределителем рабочий элемент совершает поворотные движения.

По своему назначению краны могут быть запорного и распределительного типов. Краны запорного типа являются наиболее простыми. Они выполняют в гидросистемах вспомогательные функции: запирание магистральных и соединительных трубопроводов, подсоединение контролирующей и измерительной аппаратуры и т. п. По конструкции рабочего элемента они могут быть с цилиндрической, конической, шаровой пробкой и с плоским золотником. В крановом распределителе пробкового типа (рис. 1.3) пробка должна быть уравновешена от статических сил давления жидкости. В противном случае она будет прижата к одной стороне, вследствие чего при управлении могут развиваться большие силы трения. Уравновешивания пробки достигают диаметрально противоположным действием равного давления жидкости на пробку (рис. 1.3, *а*). Герметичность обеспечивается тщательной притиркой пробки к корпусу (зазор 0,01-0,02 мм). Для обеспечения постоянства зазора между пробкой и корпусом и уменьшения сил трения в этой зоне пробки часто центрируются на подшипниках качения, например, игольчатых (рис. 1.3, *б*). Эти краны отличаются малым моментом трения, величина которого при давлении жидкости 20 МПа обычно не превышает $1 \cdot 10^{-4}$ Н·м. Утечки жидкости благодаря малым гарантированным зазорам (4-6 мкм) между рабочими поверхностями крана не превышают 0,02 л/мин. Необходимо, однако, помнить, что подшипники имеют определенные допуски на размеры и изнашиваются в процессе эксплуатации, что в совокупности приводит к возрастанию утечек жидкости. Крановые распределители этого типа многолинейные и многопозиционные используются в гидравлических системах приводов механизированных крепей.

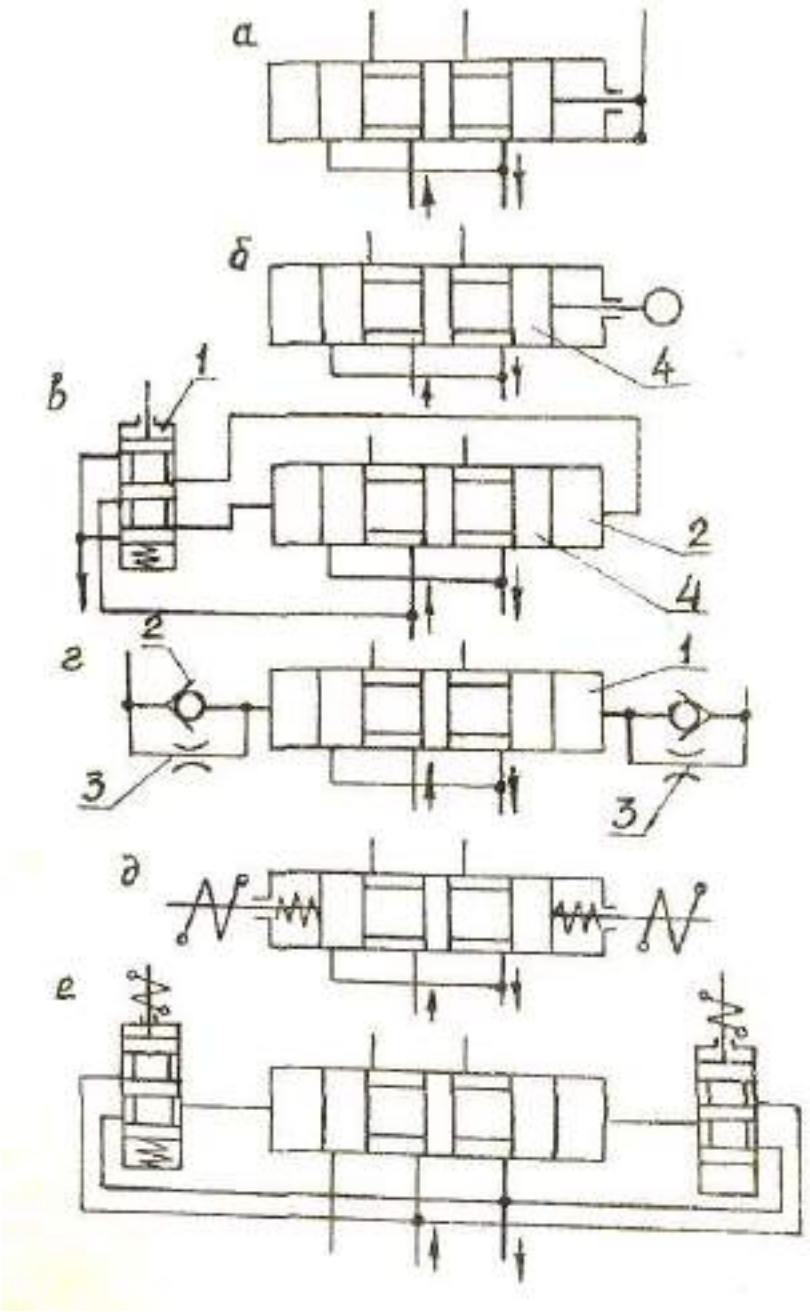


Рис. 1.2. Типы управления золотниковыми гидрораспределителями:
а – ручной; *б* – механический; *в*, *г* – гидравличеекия; *д* – электрический; *е* – электро-гидравлический
1 – гидрораспределитель, *2* – обратный клапан, *3* – дросселъ, *4* – золотник

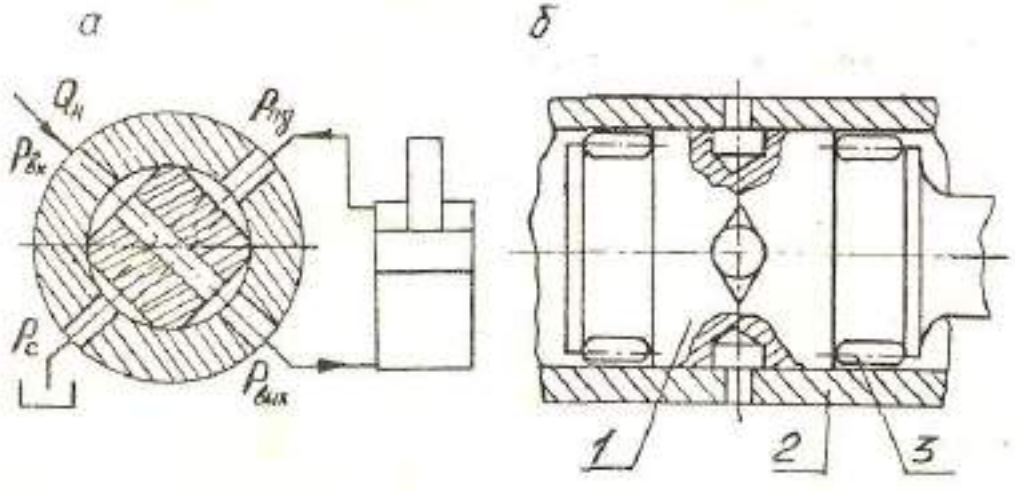


Рис. 1.3. Крановые распределители с цилиндрической пробкой:

1 – цилиндрическая пробка; 2 – корпус распределителя;
3 – игольчатые подшипники

Плотность герметизирующего контакта в кранах с конической пробкой обеспечивается с помощью пружины. При этом ее усилие должно превышать противодействие давления жидкости, которое стремится вытолкнуть кран из гнезда. Если кран рассчитан на высокие давления, то при малом и нулевом давлениях для поворота крана требуются значительные усилия. Это объясняется тем обстоятельством, что регулировка пружины крана осуществляется на максимальное рабочее давление жидкости в кране. Такие крановые распределители применяются при давлении не более 10 МПа в неответственных случаях и при ограничении размеров гидрораспределителя в случаях позиционного переключения.

Крановые распределители с шаровой пробкой предназначены для запирания магистральных и соединительных трубопроводов гидросистем горных машин. Необходимость в использовании таких распределителей возникает при эксплуатации гидросистем в особых случаях: для предотвращения потерь рабочей жидкости при повреждении трубопроводов или каких-либо гидроаппаратов гидросистемы; для ремонта и замены поврежденных элементов гидросистему; для выполнения вспомогательных операций при управлении гидросистемой, необходимость которых периодически возникает. По классификации это двухлинейный двухпозиционный распределитель с ручным управлением. Запорно-регулирующий элемент (шаровой клапан) выполнен плавающим со сквозным отверстием и зажат между двумя пластмассовыми седлами. Управление потоками жидкости осуществляется поворотом на угол 90° шаровой пробки.

Крановые распределители с плоским краном широко применяются в более ответственных случаях при требовании малых размеров распределителя, но при высоких давлениях и герметичности подвижных соединений, в частности, в гидроприводах механизированных крепей. Здесь в полной мере реализуются их основные достоинства: многопозиционность при малых размерах, высокая герметичность и ее возрастание с увеличением давления, устойчивость против загрязнения рабочей жидкости. Конструктивная схема гидростатически уравновешенного кранового гидрораспределителя с плоским поворотным краном представлена на рис. 1.4.

Кран *13* представлен в виде двусторонней гидростатической опоры на плоскостях *11* и *12*. Гидростатический элемент (клапан *13*) центрируется кольцом *14* и уплотняется элементами *15*. Жидкость от питающей установки подводится по каналу *1* к дуговому пазу *5*, который обеспечивает через каналы *7* и отверстие *4* подвод жидкости к гидродвигателю. В то же время отвод жидкости из неработающих полостей гидродвигателя на слив осуществляется через отверстие *3* корпуса распределителя, дуговой паз *6* и канал *2*. Поворот крана на угол 90° позволит осуществить реверс гидродвигателя, а поворот крана на угол 45° осуществляет блокировку гидродвигателя. Благодаря идентичности торцевых поверхностей крана *7* и *8* кран полностью гидростатически уравновешен, т.е. силы давления жидкости на него сверху и снизу одинаковы. При этом силы трения, которые приходится преодолевать при управлении, минимальны, и кран легко управляется при высоких давлениях. Эти гидрораспределители относятся к числу наиболее чувствительных управляющих устройств.

1.1.2. Клапанные гидрораспределители

В гидросистемах некоторых горных машин нашли распространение клапанные распределители. Они просты в изготовлении, надежны в эксплуатации, особенно в случаях удерживания гидродвигателя под нагрузкой в неподвижном состоянии. Здесь клапанные распределители предпочтительны для позиционного переключения, т.к. позволяют герметически перекрывать гидролинии.

Основными элементами клапанного распределителя являются клапан, прижимаемый пружиной к седлу, и толкатель, управляющий клапаном.

Клапаны гидросистем в отличие от насосных систем соприкасаются с седлом по достаточно острой кромке. При таком контакте и в случае ограниченного числа рабочих циклов обеспечивается хорошая герметичность клапана. Это их качество очень важно в случаях по-

зиционного переключения, т.к. эти распределители позволяют удерживать гидродвигатель под нагрузкой в неподвижном состоянии. Кроме того, клапанные распределители используют в следящих гидроприводах, где высокая чувствительность системы обеспечивается благодаря нулевому перекрытию расходных окон и возможности получения малых, близких к нулю зазоров между клапаном и приводным устройством клапана.

По конструктивному исполнению клапанные распределители бывают с шариковыми, коническими и плоскими запорно-регулирующий элементами. Конструктивная схема гидростатически уравновешенного клапанного гидрораспределителя с коническим запорно-регулирующим элементом представлена на рис. 1.5.

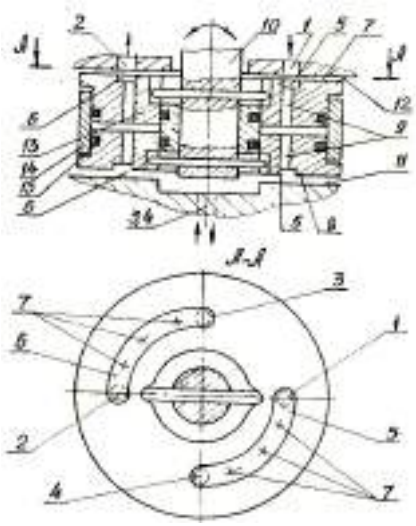


Рис. 1.4. Крановый гидрораспределитель с плоским поворотным краном:
1- канал подвода жидкости от источника гидравлической энергия; *2* - канал отвода жидкости на слив; *3*, *4* - каналы подвода жидкости к потребителю (гидродвигателю); *5*, *6* - дуговые пазы, выполненные на поверхностях; *7*, *8*, *9* - отверстия, соединяющие дуговые пазы; *10* - механизм управления распределителем; *11*, *12* -плоские поверхности корпуса распределителя; *13* - плоский кран; *14* - кольцо; *15* - уплотнительный элемент герметичность клапана

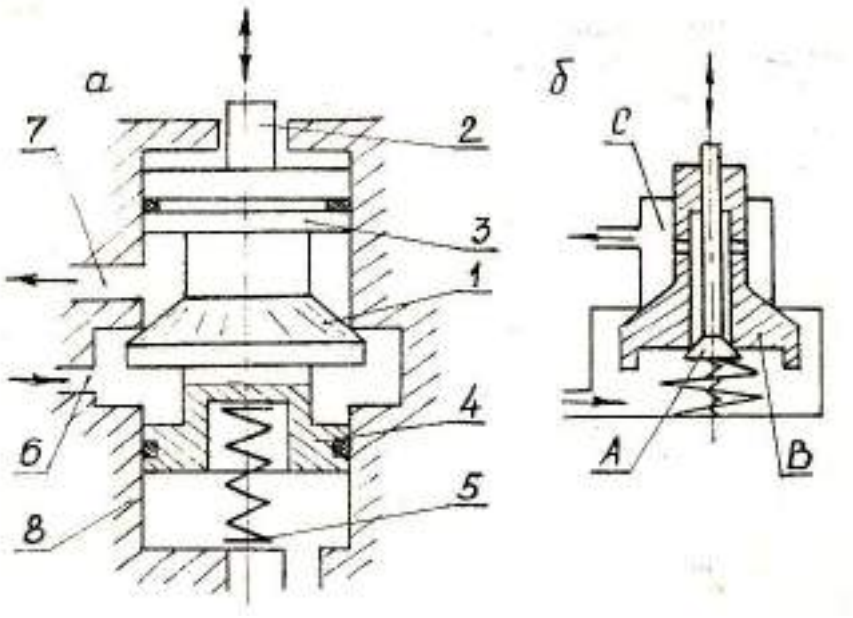


Рис. 1.5. Клапанный гидрораспределитель:
1 – запорно-регулирующий элемент (конический клапан); *2* – толкатель; *3*, *4* – разгруэочные поршни; *5* – пружина; *6* – канал подвода жидкости; *7* – канал подачи жидкости потребителю; *8* – корпус *А* - вспомогательный клапан; *В* - основной клапан

Гидрораспределитель состоит из корпуса *8* с каналами подвода *6* и отвода *7* жидкости, толкателя *2*, запорно-регулирующего элемента конического типа *1*, пружины *5*, разгрузочных поршней *3*, *4*. При перемещении каким-либо механизмом толкателя *2* последний перемещает конический клапан *1* вниз. Между конусом и седлом клапана образуется кольцевая щель, которая обеспечивает проход жидкости из канала *6* в канал *7* и к потребителю. В закрытом положении клапан *1* удерживается пружиной *5*. Для уменьшения усилий, необходимых для открывания клапана, запирающий элемент *1* размещен между разгрузочными поршнями *3* и *4*. Клаланы приводят в действие ручными и различными механическими и электротехническими устройствами, из ручных устройств наиболее простым и распространенным является качающийся рычаг. Из механических устройств распространение получил кулачковый привод. В отдельных случаях используется электромагнитный привод.

Существенным недостатком большинства клапанных гидрораспределителей, ограничивающим их использование, являются большие усилия, требующиеся для преодоления усилия пружины и давления жидкости на поверхность клапана. Это особенно актуально при работе с высокими давлениями, когда на механизме управления возникают большие усилия, требующиеся для перемещения запорно-регулирующего элемента. Это обстоятельство затрудняет также автоматизацию процесса управления. По этой причине большое практическое значение имеет разгрузка клапана от сил давления жидкости. Известно несколько способов разгрузки клапанов от этих сил, базирующихся на применении различных конструктивных средств. Одним из таких средств является уравновешивание этих сил. Схема гидростатически уравновешенного клапанного гидрораспределителя была представлена на рис. 1.5, *а*. На рис. 1.5, *б* представлена схема клапанного гидрораспределителя с частичной разгрузкой. Разгрузка достигается тем, что при утапливании вспомогательного клапана *A* давление жидкости в полости *C* основного клапанного гидрораспределителя *B*, связанной с потребителем гидравлической энергии, повысится. Благодаря этому понизится усилие, необходимое для управления основным клапаном гидрораспределителя.

Золотниковые гидрораспределители

Из всего множества гидрораспределителей в гидравлических объемных приводах горных машин наибольшее распространение получили гидрораспределители золотникового типа. Объясняется это простотой их изготовления, т. к. основные рабочие элементы распределителя такого типа являются телами вращения, компактностью и высокой надежностью в работе. Здесь проще обеспечивается минимальный гарантированный зазор в сопряжении гильзы и запорно-регулирующего элемента этим ограничиваются утечки жидкости в распределителе. Такие распределители могут работать при весьма высоких давлениях жидкости в гидросистеме. Конструктивная схема четырехлинеиного трехпозицкон-ного золотникового гидрораспределителя с цилиндрическим золотником представлена на рис. 1.6.

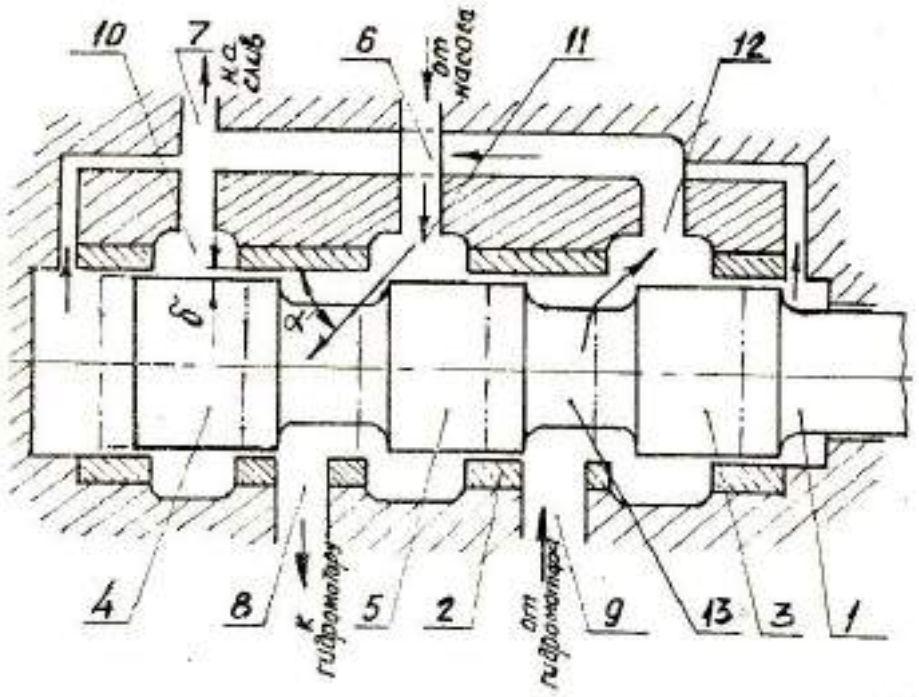


Рис. 1.6. Конструктивная схема четырехлинейного трехпозиционного золотникового гидрораспределителя:
1 – золотник (плунжер); *2* – гильза; *3*, *4*, *5* – запорно-регулирующие звенья золотника; *6* – подводящая линия; *7* – отводящая линия; *8*, *9* – линии управления (линии связи с гидродвигателем);
10, *11*, *12* – расходные окна; *13* – кольцевые проточки

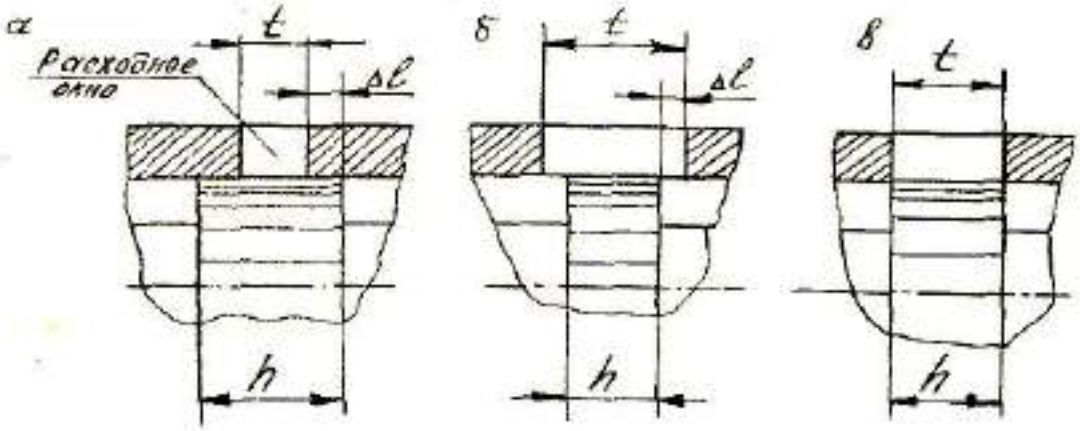


Рис. 1.7. Схемы перекрытий расходных окон распределителя:
а – положительное, *б* – отрицательное, *в* – нулевое перекрытие

Рабочим органом распределителен этого типа является перемещающийся в осевом направлении во втулке *2* (гильзе) цилиндрический золотник *1* (плунжер), имеющий несколько кольцевых проточек *13* на поверхности. Обычно в таких гидрораспределителях подвод жидкости от питающей установки осуществляется по линии *6* к среднему окну *11*, а отвод жидкости на слив по отводящей линии *7*. В среднем положении золотника *7* (см. рис. 1.6 показано пунктиром) подвод жидкости заперт. При смещении золотника *7* вправо жидкость от насосной установки по каналу *11* и по линии связи *8* поступает в рабочую полость гидродвигателя. Одновременно из его нерабочей полости по линии *9*, каналу *12* и линии связи *7* жидкость идет в сливной бак. При смещении золотника влево осуществляется реверсирование гидродвигателя за счет смены направления потока жидкости в линиях управления *8* и *9*.

Такая схема золотникового гидрораспределителя используется для управления двусторонним движением выходного звена гидродвигателя.

В гидравлических распределителях золотникового типа Солее сложной конструкции, помимо осевых, используются также поворотные движения золотника вокруг его оси, что повышает его позиционность**.** Основным преимуществом гидрораспределителей золотникового типа с цилиндрическим золотником перед крановыми и клапанными является то, что их золотники уравновешены от статических сил давления жидкости, действующих в осевом направлении. Здесь рабочее давление жидкости действует на запорно-регулирующие звенья золотника в противоположных направлениях.

Линейные размеры пояска золотника и расходного окна находятся в определенных отношениях, обеспечивающих различную степень перекрытия окна запорно-регулирующим элементом. По величине этого перекрытия, когда золотник находится в исходной позиции, различают гидрораспределители с положительным, отрицательным и нулевым перекрытием (рис. 1.7). В гидрораспределителях с положительным перекрытием длина *h* рабочей поверхности пояска золотника больше длины t расходного окна. Поясок золотника при симметричном его положении по отношению к расточке корпуса перекрывает проходкой канал на длине $\Delta l = (h - t)/2$ **(**рис. 1.7, *а***).**

В гидрораспределителях с отрицательным перекрытием (рис. 1.7, *б*) длина h пояска золотника меньше длины расточки t в корпусе гильзы, в результате в нейтральной позиции запорно-регулирующего элемента по его обеим сторонам образуется зазор – $\Delta l = (h - t)/2$.

В золотниковом гидрораспределитйле с нулевым перекрытием ширина пояска равна ширине расходного окна гильзы (рис. 1.7, *в*). Здесь $\Delta l = t – h = 0$**.**

Влияние величины перемещения золотника на расход жидкости золотникового распределителя $Q = f(l)$ отражает его регулировочная характеристика (рис. 1.8, *а*).

Как правило, регулировочную характеристику строят для нескольких перепадов давления ΔP на кромках золотника. Крутизна наклона характеристики оценивается коэффициентом усиления по расходу $K_Q = \Delta Q/\Delta l$. Коэффициент усиления характеризует быстродействие распределительного устройства.

Величина перекрытия расходного окна пояском золотника характеризует зону нечувствительности распределителя. При положительном перекрытии распределитель имеет регулировочную характеристику (линия 1, рис. 1.8, *а*) с наибольшей зоной нечувствительности $+\Delta l$. Такое исполнение распределителя обеспечивает минимальные утечки жидкости или при выбранных допустимых утечках позволяет увеличить зазор между золотником и гильзой, т.е. снизить трудоемкость изготовления и износ золотника. Такие гидрораспределители широко применяют в гидросистемах мобильных горных машин и в автоматических системах регулирования с высокой динамической устойчивостью. Предпочтительно их использование в случаях, когда утечки жидкости в золотниковом распределителе при нейтральном положении золотника или в начале его перемещена должны быть минимальными**,** а жесткость (чувствительность к нагрузке) должна быть высокой.

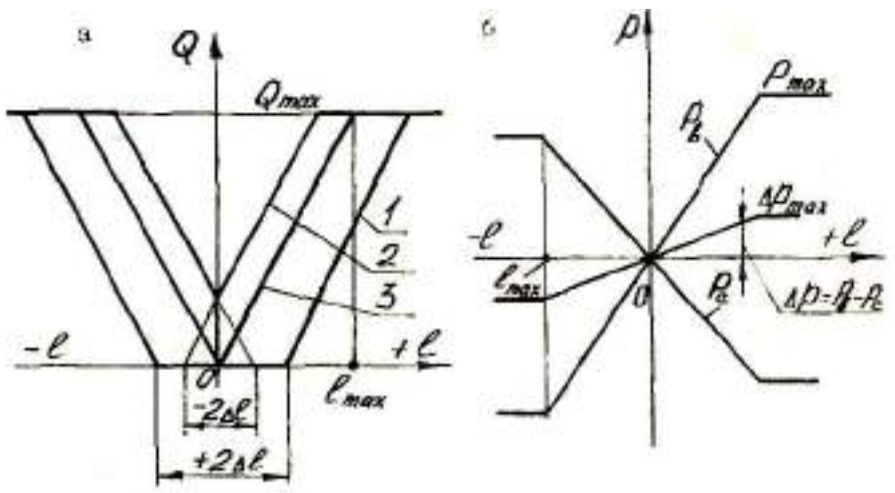


Рис. 1.8. Регулировочная и гидравлическая характеристики двухлинейного гидрораспределителя:
1 – при положительном перекрытии; *2* – при отрицательном перекрытии; *3* – при нулевом перекрытии P_B – давление на входе в распределитель, P_C – давление на выходе из распределителя (сливе)

Наиболее благоприятно для регулируемых гидравлических систем нулевое перекрытие (регулировочная характеристик - линия *3*, рис. 1.8, *а*) которое допускает отсутствие зоны нечувствительности, такое исполнение обладает высоким быстродействием, имеет линейную зависимость расхода жидкости через распределитель от величины размещения золотника. Это важное свойство золотниковых распределителей используется в следящих гидроприводах и в средствах гидроавтоматики. На практике по причине технологических ограничений и изготовлении обеспечить нулевое перекрытие невозможно. Поэтому для регулирующих золотниковых распределителей используют малое положительное перекрытие или применяют плоские золотники.

Золотниковые распределители с отрицательным перекрытием применяют в гидросистемах, для которых максимальные утечки жидкости не являются определяющими факторами. Например, обеспечение "плавающего" положения исполнительного органа машины под действием внешней нагрузки. Регулировочные характеристики системы при этом нелинейны.

Величину потерь удельной энергии в золотниковом гидрораспределителе при прохождении через него жидкости в зависимости от положения запорно-регулирующего элемента золотника отражает гидравлическая характеристика (рис.1.8, *б*). Это, в сущности, зависимость потерь энергии в распределителе от его расхода жидкости.

Важным параметром пары "золотник-гильза", определяющим ее качество, является трение при страгивании золотника с места и трение при движении. Главными причинами возникновения трения являются давление жидкости, правильность геометрических форм поясков золотника и гильзы, соосность их расположения, величина зазора между ними (см. рис. 1.7).

Усилие, которое необходимо приложить к золотнику для его страгивания, не является постоянным, а повышается с течением времени нахождения его в покое под давлением жидкости. При длительном нахождении в покое золотника под давлением происходит отложение и слеживание в зазоре между пояском и гильзой мелко дисперсных составляющих загрязнителя жидкости. Это приводит к резкому возрастанию сил для страгивания золотника. Так, при трехминутной выдержке золотника под давлением 20 МПа усилие страгивания при загрязнении жидкости твердыми частицами размером 5...8 мкм в допустимом количестве для стандартно чистой жидкости (менее 0,005% по весу) в 15...20 раз превышает усилие без выдержки по времени (рис. 1.9, *а*).

Кроме того, загрязнение жидкости твердыми частицами является причиной интенсивного износа пары трения "золотник-гильза", вызванного микрорезанием поверхностей пары твердыми частицами загрязнителя.

Загрязнение жидкости не является единственной и главной причиной роста сил трения при страгивании золотника. Усилие страгивания золотника во многом зависит от физико-молекулярных свойств рабочей жидкости *и* связано с явлением заращивания зазора между золотником и гильзой адсорбированными на их поверхностях полярными молекулами жидкости. Это явление носит название "облитерация". Рабочая жидкость в своем составе содержит активно-полярные молекулы, а стенки щели обладают поверхностной энергией в виде внешнего электрического поля, интенсивность которого растет с уменьшением размера щели (размера δ). Протекание жидкости через такую малую щель сопровождается процессом отложения на наружных поверхностях поясков золотника и внутренних поверхностях гильзы, образующих зазор δ, поляризованных молекул жидкости. Толщина слоя может достигать 10 мкм. Этот слой по своим физическим свойствам отличается от жидкости, он обладает свойствами квазитвердого тела. Для разрушения такого слоя порой требуются довольно большие нагрузки. Вместе с тем явление облитерации является фактором нарушения ста-

бильности пропускной способности щелей. Если ширина щели очень мала (0,01, 0,02 мм) и стенки, образующие щель, неподвижны продолжительное время, то может произойти полное заращивание щели поляризованными молекулами жидкости. В этом случае протекание жидкости через щель прекратится, а для смещения плунжера с места потребуется приложить довольно большое усилие с целью разрушения создавшегося цементирующего слоя поляризованных молекул жидкости (см. рис. 1.9, *б*). Общепринятым методом борьбы с облитерацией является сообщение одной из поверхностей щели осцилляции в виде возвратно-поступательного или возвратно-поворотного движений с высокой частотой (300...1800 1/с) и малой амплитудой, которую выбирают в пределах 3...10 % величины максимального смещения золотника. Иногда эти колебания имеют амплитуду 0,01...0,1 мм и частоту 50 гц. Эти движения осуществляются с помощью механических и электротехнических средств. Снижение усилий страгивания при этом весьма существенно. Так, при осевых осциллирующих движениях усилие для страгиванин золотника с места составляет 3...4 % от усилия при отсутствии таких движений.

Большие силы трения при страгивании золотника обусловлены также схватыванием металлов золотника и гильзы. Как известно, детали трущейся пары контактируют на весьма ограниченных участках поверхности, в результате на последних создаются высокие удельные давления. Они приводят к взаимному внедрению микронеровностей поверхностей, образованию царапин из-за схватывания на микроконтактах. Поскольку схватыванию больше сопротивляются твердые и легко окисляющиеся материалы, то от твердости сопрягаемых поверхностей зависит и сила трения золотниковой пары, которая уменьшается с увеличением твердости материалов. На контактирующие поверхности золотника и гильзы с целью снижения трения рекомендуется наносить покрытия, препятствующие схватыванию материалов.

Следует отметить, что силы облитерации и силы контактного трения трудно различимы, т.к. с увеличением Бремени выдержки золотника в покое они также растут по закону экспоненты. Использование новых технологических методов обработки поверхностей гильз и золотников и конструктивных мер позволяет свести эти силы практически к нулю.

При работе золотниковых распределителей, когда в качестве рабочих жидкостей используются минеральные масла, силы вязкого трения незначительны и ими пренебрегают. Так поступают, в частности, когда золотники управляются гидроусилителями. Если управление золотником осуществляется устройством ограниченной мощности и пренебрегать силами трения нельзя, силу трения в этом случае определяют экспериментально. Использование средств, связанных с относительным перемещением золотника, для уменьшения сил контактного трения целесообразно в тех случаях, когда неприемлемы другие методы. Осцилляция золотника приводит к интенсивному износу контактирующих поверхностей и выделению тепла в точках их контакта, изменяющего в этих точках структуру материала с потерей твердости поверхности. Это, в свою очередь, ведет к возникновению задиров, увеличений сил трения. В итоге может даже наступить момент, когда усилие осциллятора окажется недостаточным для перемещения золотника.

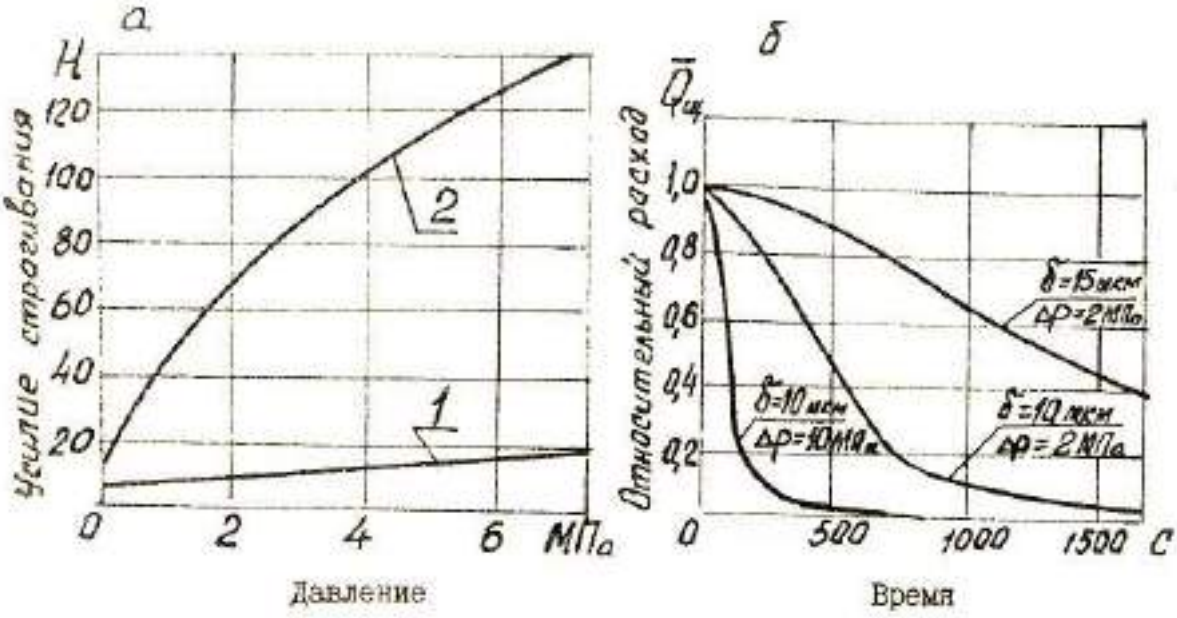


Рис. 1.9. Зависимость усилия страгивания от давления (а)
и относительного расхода жидкости $O_{щ}$ - $O_{щ}/O_{щ\ max}$ от времени (5):
1 - для чистого масла; *2* - для масла, загрязненного частицами размером 1...13 мкм
при концентрации 40 мг/л

На величину сил трений при страгивании золотника с места большое влияние оказывают давление жидкости, правильность геометрических форм гильзы и золотника и соосность их взаимного расположения. На практике обычно невозможно изготовить золотник и гильзу **с** идеальной геометрией форм. Как правило, имеет место бочкообразность, конусность, овальность и перекос элементов пары трения. Вследствие этого из-за неравномерного распределения давления жидкости в радиальном кольцевом зазоре между золотником и гильзой возникает неуравновешенная вертикальная сила, поджимающая золотник *к* одной стороне гильзы. Характерные расположения пояска золотника в гильзе приведены на рис. 1.10.

Во всех рассматриваемых случаях давление слева P_1 больше давления справа P_2.

В первом случае (рис. 1.10, *а*) поясок золотника и гильза имеют идеальную цилиндрическую поверхность. Давление жидкости в зазоре сверху и снизу уменьшается одинаково по линейному закону. При любом значении эксцентриситета e радиальная сила будет равна нулю.

Однако при искажении цилиндричности поверхностей золотника к гильзы при эксцентричном расположении осей последних равновесие радиальных сил нарушится. В результате этого от действия давления в радиальном направлении возникают силы и моменты, смещающие золотник к той или иной стороне поверхности гильзы.

Так, во втором случае (см. рис. 1.10, *б*) гильза имеет идеальную цилиндрическую поверхность, а поясок золотника имеет коническую форму, при этом основание конуса обращено в сторону высокого давления жидкости P_1. В этом случае эпюра распределения радиальных давлений будет криволинейной (параболической). Вогнутость эпюры в верхней части зазора будет меньшей, чем в нижней его части. В результате равнодействующая радиальная сила будет направлена вниз, увеличивая тем самым эксцентриситет и прижимая золотник к нижней стороне гильзы. Очевидно, что отклонение параболической зависимости от линейной определяется величиной относительной конусности пояска золотника $(d_1\text{-}d_2)/2l$, т.е. зависит от значения отношения величин зазоров по концам пояска золотника.

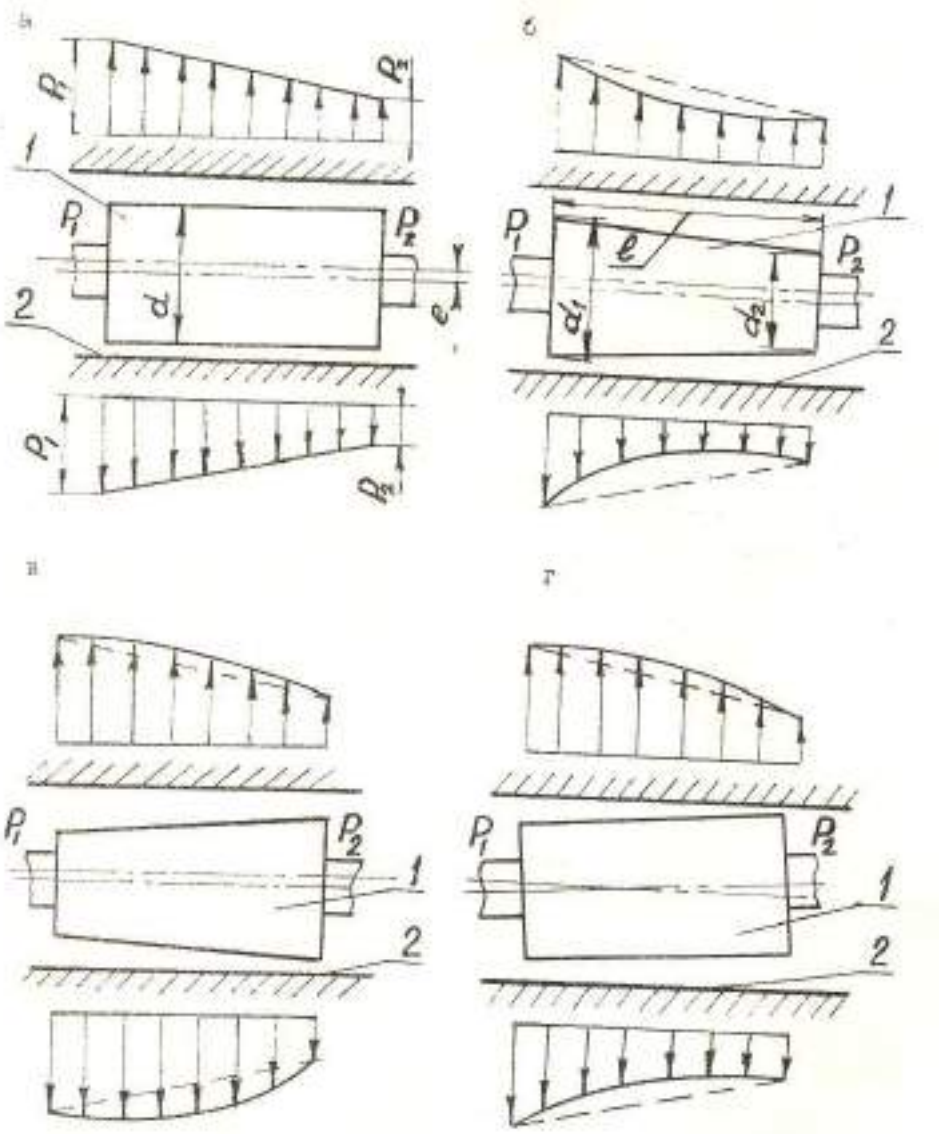


Рис. 1.10. Зазоры золотниковых пар и эпюры распределения давления:
1-поясок золотника, *2*-гильза

Третий случай (рис. 1.10, *в*) аналогичен второму, но основание конуса пояска обращено в сторону низкого давления P_2. В этом случае верхняя эпюра давлений менее выпукла. Радиальная сила направлена вверх в сторону уменьшения эксцентриситета, при этом золотник стремится под действием радиальной силы занять положение, соосное гильзе.

В четвертом случае (рис. 1.10, *г*) рассматривается перекос золотника и гильзу при идеальной их цилиндрической поверхности. Здесь выпуклость нижней эпюры давлений по сравнению с верхней эпюрой значительно большая. Радиальная сила будет прижимать золотник к нижней поверхности гильзы.

Избавиться от неуравновешенных радиальных сил можно путем устранения вызывающих их факторов. Наиболее простым и приемлемым способом снижения указанных сил является выравнивание давлений жидкости в диаметрально противоположных точках зазора между пояском золотника и гильзой. С этой целью на поверхности пояска золотника выполняют кольцевые канавки *3* (рис. 1.11, *а*).

Сечение канавки выбирают таким, чтобы она обеспечивала минимальное сопротивление потоку жидкости. Ширину канавки принимают минимально возможной, исходя из технологии изготовления. Практически это менее 1 мм, глубина канавки 0,8...1 мм. Расстояние между осями канавок не более 1 мм, а число канавок должно быть возможно большим.

Выполнение таких канавок вызывает ничтожно малое сопротивление движению жидкости по сравнению с сопротивлением щели, а давление жидкости в канавке, обусловленное утечками жидкости, одинаково во всех точках. Этими канавками давление в радиальном за-

зоре выравнивается, уменьшается неуравновешенность радиальных сил давления жидкости на поясок золотника, сокращается существенно сила трения. Так, при семи канавках сила трения со 100 % снижается до 3 %.

Для выравниваний радиальных сил применяют гидростатическое центрирование золотника (см. рис. 1.11, *б*). В этом случае в поясках золотника выполняют шесть симметрично расположенных радиальных отверстий *4*, соединенных осевым каналом с магистралью подвода жидкости. Диаметр отверстий 6...8 мм. Отверстия перекрыты пробками *5* с дроссельными каналами малого сечения (d_2 = 0,2...0,3 мм), через которые жидкость подводится в камеры *6*. Центрирование пояска золотника происходит следующим образом. При радиальном смещении золотника в какую-либо сторону зазор между золотником *1* и гильзой *2* с этой стороны уменьшится, а с противоположной стороны в равной степени увеличится. Вследствие этого давление жидкости в камере *б* со стороны уменьшенного зазора увеличится, а со стороны увеличенного зазора понизится. Равновесие золотника нарушится, результирующая радиальная сила будет стремиться вернуть золотник вновь в соосное с гильзой положение. Трение при движении золотника будет обусловлено в основном чисто жидкостным трением в зазоре между золотником и гильзой. Для центрирования золотника используют техническое решение, представленное на рис.1.11, *в*. В поясках 1 золотника выполнено несколько глухих камер-отверстий S, соединенных узкой кольцевой канавкой 7 (сечение канавки 0,6...1 мм^2). Размер глухой камеры выбирается в зависимости от длины пояска золотника 1. Обычно принимают d = (0,3...0,4)l. Процесс центрирования пояска золотника в этом случае подобен рассмотренному выше.

Выравнивание радиальных сил, действующих на золотник, модет быть обеспечено, если из поверхности пояска золотника выполнить несколько аксиальных пазов 9 (см. рис. 1.11, *г*), соединенных *с* каналами подвода жидкости. Эффективность центрирования в этом случае выше, чем в предыдущее благодаря большим линейным размерам пазов, в частности, их длинам.

Каждый гидравлический аппарат на гидросхемах имеет свое условное обозначение, регламентированное ГОСТ 2.781-68 "Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая". Направляющие гидроаппараты изображают на схемах в виде нескольких рядом стоящих квадратов или прямоугольников, число которых соответствует числу позиций запорно-регулирующего элемента. Внутри каждого квадрата наносят линии связи, обеспечивающие соединение или перекрытие проходных каналов в этой позиции. Линии трубопроводов подводятся к контуру исходной позиции. При чтении гидравлической схемы, когда необходимо представить варианты соединения каналов в другой позиции, необходимо мысленно передвинуть соответствующий контур на место исходного (рис. 1.12).

Порядок построения условного обозначения распределителя следующий. Определяется число рабочих позиций золотника распределителя (число прямоугольников) и число гидролиний, подводящих и отводящих жидкость. Гидролинии присоединяются к нейтральной позиции. В каждой рабочей позиции линии подвода и отвода жидкости соединяются соответствующим образом (рис. 1.12).

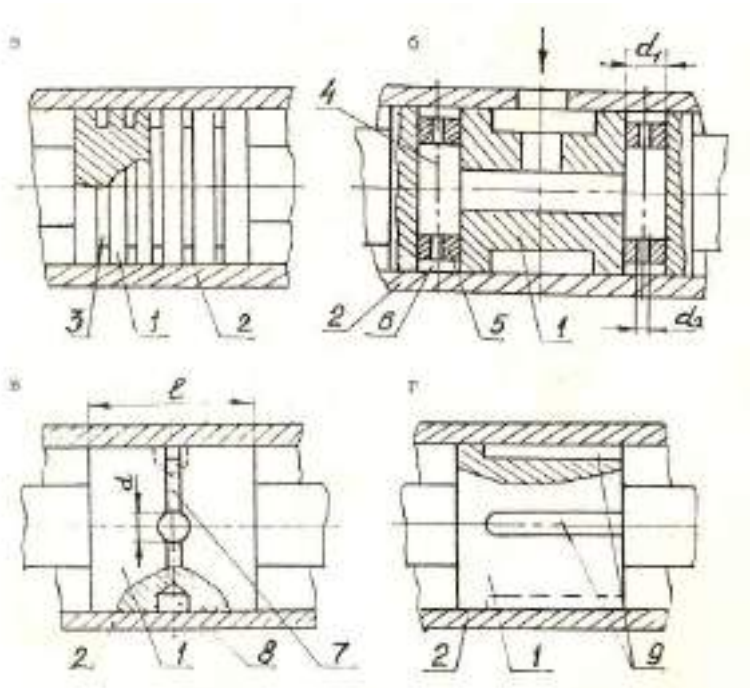


Рис. 1.11. Схемы элементов золотников с разгрузкой от радиальных сил;
1-поясок золотника; *2*-гильза; *3*-кольцевые канавки; *4*-радиальные отверстия; *5*-пробка; *6*-камера; *7*-кольцевая канавка; *8*-камера; *9*-аксиальные пазы

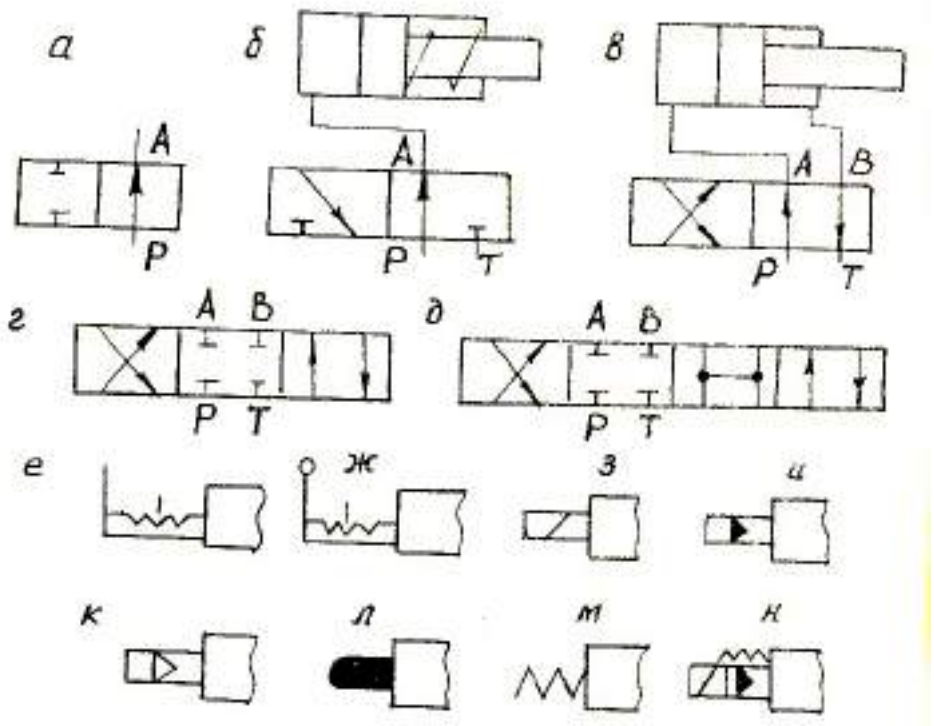


Рис. 1.12. Схемы гидрораспределителей и способы управления:
а - двухлинейный двухпозиционный; *б* - трехлинейный двухпозиционный; *в* - четырехлинейный двухпозиционный; *г* - четырехлиней-ный трехпозиционный; *д* - четырехлинейный четырекпозициовный (две позиции рабочие, одна нейтральная, одна плавающая); *е* - ручное управление кранового распределителя с тремя фиксированными положениями; *ж* - ручное управление клапанного или золотникового гидрораспределителя; *з* - управление электромагнитом; *и* - гидравлическое управление; *к* - пневматическое управление; *л* - механическое управление; *м* - пружинный возврат золотника; *н* - комбинированное электрогидравлическое управление с пружинным возвратом; Р - отверстие для подвода рабочей жидкости от источника энергии; Т - отверстие для выхода жидкости в бак; А и В - отверстий для присоединения потребителя гидравлической энергии

Построение условного обозначения крановых и клапанных распределителей принципиального отличия не имеет. Ниже приведена структура условного обозначения гидрорас-

пределителей типа Р, предназначенных для изменения направления или пуска и остановки потоков жидкости в гидросистемах с давлением до 32 МШ при различных видах управления.

Схемы распределения потоков жидкости распределителями типа Р приведены в таблице 1.1.

Усилие, прилагаемое к рукоятке управления гидрораспределителя с ручным управлением, согласна "Общим техническим требованиям к эксплуатационным качествам строительных машин" не должно превышать 30 Н при ходе рукояти 150 мм.

Гидрораспредедители типа Р для снижения командного (управляющего) усилия, необходимого для перемещения золотника, снабжаются гидрораспределителями управления (пилотами). Схема такого гидрораспределителя приведена на рис. 1.13.

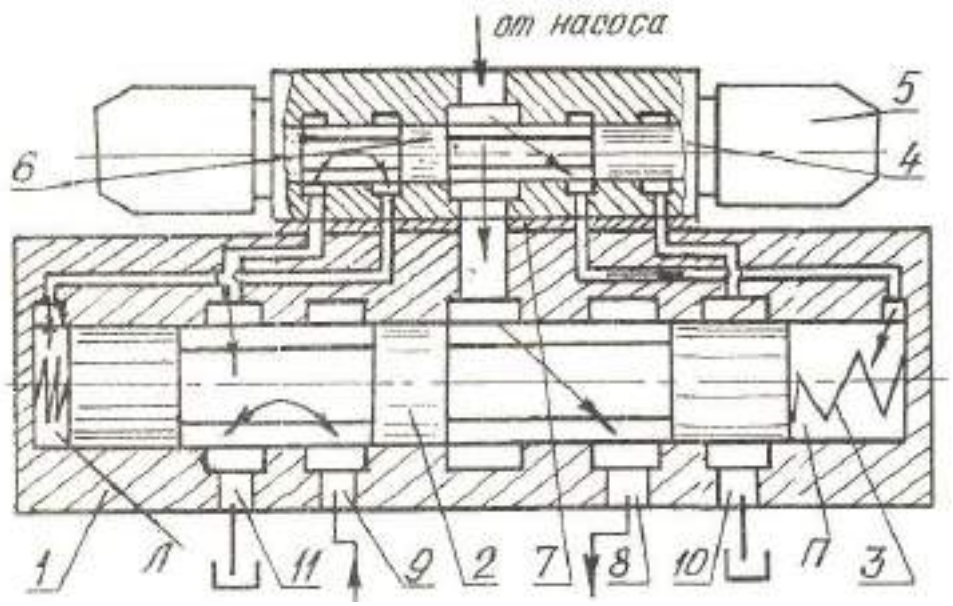


Рис. 1.13. Схема двухступенчатого золотникового распределителя:
1 - корпус гидрораспределителн; *2* - золотник; *3* - пружина; *4* - гидрораспределитель управления; *5* - магнит;
6 - золотник; *7* - дроссельная плита; *8*, *9* - линии управления гидродвигателеи; *10*, *11* - линии слива

Золотник *2* основного золотникового гидрораспределителя *1*, обеспечивающего подвод жидкости к гидродвигателю, управляется с помощью вспомогательного золотникового распределителя *4*. В нейтральное положение золотник *2* устанавливается пружинами *3*.

Вспомогательные гидрораспределители управления изготавливаются с обеспечением энергией от основного потока (рис. 1.13), а также могут обеспечиваться энергией от вспомогательного потока управления, например, от дополнительного насоса малой мощности. Золотник 6 вспомогательного распределителя имеет значительно меньшие размеры по сравнению с золотником основного распределителя. Диаметр золотник зачастую доводится до 2...2,5 мм (не более 10 мм).

Перемещение золотника б вспомогательного распределителя, например, влево (см. рис. 1.13) обеспечивает поступление жидкости от насоса к правой полости П корпуса основного распределителя и отвод ее из полости Л по каналу *11* на слив. Золотник *2*, перемещаясь под давлением жидкости влево, открывает доступ жидкости к расходному окну *8* и к гидродвигателю. Из отводящих камер гидродвигателв жидкость по каналам *9* и *11* идет на слив. При перемещении золотника *6* вправо обеспечивается реверсирование потока жидкости, поступающей к гидродвигателю.

У гидрораспределителей типа Р между корпусами основного и вспомогательного распределителей установлена дроссельная плита *7*, в которой размещены регулируемые дроссели. С помощью настройки этих дросселей осуществляется регулирование времени срабатывания гидрораспределителя, которое при номинальном режиме может составлять 0,15...3,0 с.

В одноступенчатых золотниковых гидрораспределителях с электромагнитным управлением золотников время срабатывания находится в пределах 0,02...0,1 с.

Гидрораспределители золотникового типа могут быть Выполнены секционными, т.е. состоящими из отдельных унифицированных секций, соединенных болтами в общий блок, и моноблочными, когда все золотники гидрораспределителя размещены в общем кованом или литом корпусе. Такое исполнение позволяет сократить число гидролиния связи и их длину, обеспечить унификацию секций я организовать различные схемы управления гидродвигателями. Моноблочные гидрораспределители имеют жесткую конструкцию корпуса, не допускающую его деформаций под действием высокого давления жидкости и тем самым исключающую возможность заклинивания золотника.

Одним из основных требований, предъявляемых к гидрораспределителям, является обеспечение высокой герметичности (минимальных утечек жидкости), что достигается выполнением соответствующего зазора в сопрягаемой паре "золотник-гильза". Практически этот зазор не должен превышать 3,5...5 мкм на каждые 20...25 мм диаметра золотника.

Основная трудность обеспечения высокой герметичности в золотниковых распределителях обусловлена сложностью обработки и контроля качества внутренней рабочей поверхности гильзы в связи с трудностью доступа к поверхности.

Гарантированный зазор *в* паре трения "золотник-корпус" может быть обеспечен в гидрораспределителе с плоским запорно-регулирующим элементом (золотником), схема которого представлена на рис. 1.14.

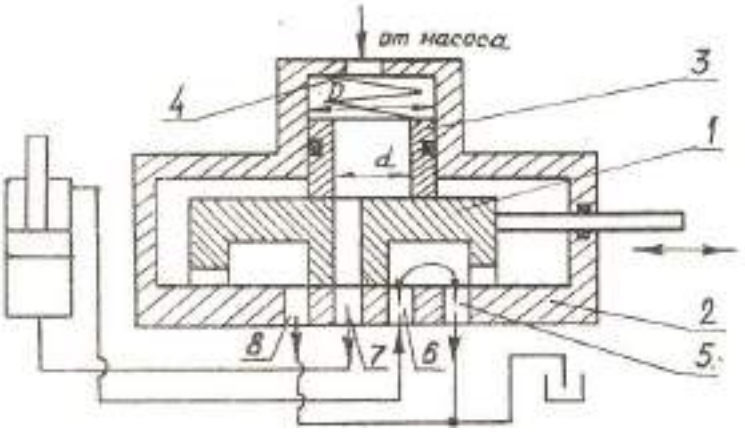


Рис 1.14. Схема гидрораспределителя с плоским золотником:
1-плоский золотник; *2*-корпус; *3*-втулка; *4*-пружина; *5*, *8*-каналы отвода жидкости; *6*, *7*-каналы питания гидродвигателя

Гидрораспределители с плоским золотником нашли широкое применение в гидроприводах горных машин благодаря высокой плотности контакта между запорно-регулирующим элементом и корпусом, самоуплотнению по мере роста давления, устойчивости против загрязнения рабочей жидкости.

Управляющее воздействие в виде возвратно-поступательного движения сообщается плоскому золотнику *1*. При смещении его, например, влево (см. рис. 1.14**)** жидкость от насоса по центральному каналу золотника и окну *7* поступаем к гидродвигателю, а через окна *6* и *8* корпуса *2* распределителя жидкость идет на слив в бак. При смещении золотника *1* вправо произойдет реверсирование потока жидкости, поступающей к гидродвигателю.

Плоский золотник при скольжении по плоскому основанию в корпусе распределителя прижимается к основанию пружиной *4*, передающей свое усилие через втулку *3*, и давлением жидкости в верхней полости корпуса распределителя. Вероятность заклинивания плоского золотника в этом случае отсутствует благодаря его свободной ориентации. Проникновение твердых частиц загрязнителя в зазор между плоским золотником и корпусом чрезвычайно затруднено, поскольку этот зазор равен толщине масляной пленки, обеспечиваемой постоянным поджимом золотника к корпусу пружиной и давлением жидкости.

Для управления последовательностью работы исполнительных механизмов горных машин гидрораспределители могут иметь различные схемы соединения каналов; параллель-

ную, индивидуальную и последовательную. Золотниковые распределители в зависимости от реализуемой схемы разгрузки насоса при нейтральном положении золотников используются двух типов - с открытым центром (проточная схема), когда напорная и сливная линии гидрораспределителя соединены внутри распределителя каналом, и с закрытым центром, когда канал подвода жидкости внутри распределителя закрыт, а разгрузка насоса осуществляется посредством подключенного к напорной гидролинии переливного клапана.

На рис. 1.15 приведена гидросхема, обесдечивают параллельное подключение исполнительных органов машин (гидродвигателей).

При параллельной схеме соединения каналов гидрораспределителей поступающая от насоса *1* жидкость через обратный клапан и напорный канал Н может быть одновременно подведена к нескольким гидродвигателям, в частности, к двум гидродвигателям $Д_1$ и $Д_2$. Отводящие линии гидродвигателя $С_1$, $С_2$ и сливной канал $С_3$ соединены между собой и с отверстием Т для выхода жидкости в сливной бак. Подводимая от насоса к напорному каналу Н гидрораспределителя жидкость делится между гидродвигателями $Д_1$ и $Д_2$ в отношении, обратно пропорциональном внешним нагрузкам на выходных звеньях гидродвигателей. Этими обстоятельствами будут обусловлены и скорости движения выходных звеньев гидродвигателей при известных их геометрических параметрах.

Приведенная схема соединения золотниковых гидрораспределителей выполнена с открытым центром (проточная схема). Здесь при нейтральном положении золотников (позиции В, $В_1$ отверстие входа жидкости Р связано напрямую с отверстием Т для выхода жидкости в бак. Так осуществляется разгрузка насоса. Установка золотников гидрораспределителей в позиции *а* и a_1 обеспечивает подвод жидкости от напорного канала Н к отверстиям А и $А_1$ и подачу её в поршневые полости гидродвигателей $Д_1$ и $Д_2$. Этим обеспечивается выдвижение штоков. В это же время из штоковых полостей гидроцилиндров жидкость через каналы В и $В_1$ и отводящую линию $С_1$ поступает к отверстию Г выхода жидкости в бак. Возврат штоков гидроцилиндров осуществляется путем установки золотников гидрораспределителей в позиции С и $С_1$ соответственно.

На рис. 1.16 представлена гидравлическая схема, обеспечивающая последовательное подключение гидродвигателей. При последовательной схеме соединения каналов гидрораспределителей жидкость от насоса 1 через напорный канал Н поступает к отверстиям А или В и к гидродвигатель $Д_1$. Сливная линия гидродвигателя $Д_1$ обеспечивает поступление жидкости через промежуточную секцию 6 в напорную гидролинию Н второго гидродвигателя $Д_2$. При такой схеме соединения гидродвигателей рабочее давление в каждом последующем гидродвигателе равно давлению на входе из предыдущего гидродвигателя. Давление жидкости, подводимой отверстию Р, будет определяться суммой сопротивлений всех включенных последовательно гидродвигателей. При этом во всех отводах рабочих секций, расположенных за промежуточной секцией, должны быть установлены предохранительные клапаны. Расход рабочей жидкости каждым гидродвигателем при такой схеме соединения будет неизменным, тем самым обеспечивается работа с одинаковой скоростью нескольких потребителей.

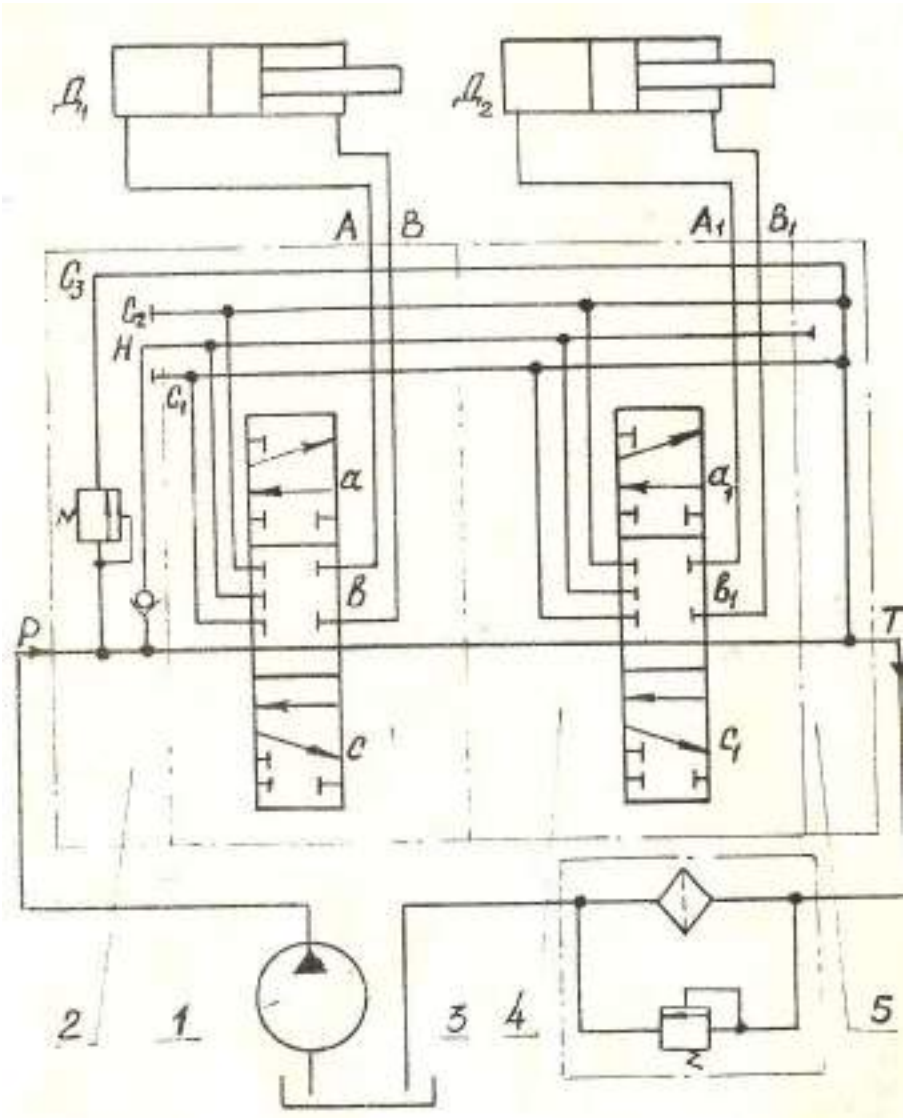


Рис. 1.15. Схема параллельного соединения двух потребителей:
1-насос; *2*-напорная секция; *3*, *4*-рабочие секции; 5-сливная секция;
$Д_1$, $Д_2$-гидродвитатели; Р-отверстие для входа рабочей жидкости под давлением;
Т-отверстие для выхода жидкости в бак; А, В отверстия для присоединения к потребителям; Н-напорный канал; $С_1$, $С_2$-отводящие линии гидродвигателей; $С_з$-сливной канал

Установка золотников распределителей в позицию *а* и a_1, обеспечивает подвод жидкости от насоса *1* по напорному каналу Н в поршневую полость гидродвигателя $Д_1$. Из его штоковой полости жидкость одновременно поступает по отводящей линии $С_1$, напорному каналу Н в поршневую полость гидродвигателя $Д_2$, а из его штоковой полости жидкость идет на слив. Возврат штоков осуществляется установкой золотников распределителей в положение С и $С_1$ соответственно.

При индивидуальной схеме соединения (рис. 1.17) гидрораспределитель осуществляет подвод всего потока жидкости от насоса к одному потребителю. Все каналы подвода жидкости к другим потребнтелям в это время закрыты. Для включения в работу другого потребителя необходимо отключить предыдущий потребитель, т.е. потребители работают по этой схеме поочередно.

Установка золотника первого распределителя в позицию *а* обеспечивает поступление жидкости от насоса *1* в поршневую полость потребителя $Д_1$ и отвод жидкости из его штоковой полости по гидролинии $С_1$ на слив. Вследствие этого ввдвигаются поршень и шток этого гидродвигателя. Подвод жидкости ко второму потребителю $Д_2$ закрыт. Для управления работой гидродвигателя $Д_2$ необходимо золотник первого гидрораспределителя оставить в нейтральном положении, т.е. отключить гидродвигатель $Д_1$. Основные параметры гидродвигателя приведены в таблице 1.1.

Основные параметры гидрораспределителя

Номер	Модель	Номинальное давление, МПа	Номинальный поток, л/мин	Потери давления, МПа	Масса, кг	Цена, руб.	ΔQ, л/мин
1	Р102-АИ14	20	40	0,3			0,2
2	Р102-АИ24	20	40	0,3			0,2
3	Р102-АИ34	20	40	0,3			0,2
4	Р102-АИ44	20	40	0,3			0,2
5	Р102-АИ54	20	40	0,3			0,2
6	Р102-АИ64	20	40	0,3			0,2
7	Р102-АИ74	20	40	0,3			0,2
8	Р102-АИ84	20	40	0,3			0,2
9	Р102-АИ15	20	40	0,3			0,2
10	Р102-АИ25	20	40	0,3			0,2
11	Р102-АИ35	20	40	0,3			0,2
12	Р102-АИ45	20	40	0,3			0,2
13	Р102-АИ55	20	40	0,3			0,2
14	Р102-АИ65	20	40	0,3			0,2
15	Р102-АИ75	20	40	0,3			0,2
16	Р102-АИ85	20	40	0,3			0,2
17	Р102-ЕИ574А	20	40	0,3			0,2
18	Р102-ЕИ574Б	20	40	0,3			0,2
19	Р203-АИ14	32	160	0,3	15,0	75	0,42
20	Р323-АИ14	32	400	0,3	47,5	149	0,66
21	Р503-АИ14	32	800	0,3	80,0		0,80
22	Р803-АИ14	32	2000	0,3	250,0		1,30
23	Р803-АИ14	20	40	0,3	4,9	50	0,20
24	Р102-ЕЛ575	20	40	0,3	5,6	75	0,20
25	Р102-ФЛ575	20	40	0,3	4,6	35	0,20
26	Р102-АЛ	32	160	0,3	16,6	105	0,42
27	Р323-АЛ	32	400	0,3	45,1	149	0,66
28	Р503-АЛ	32	800	0,3	88,0	300	0,80
29	Р803-АЛ	32	2000	0,3	250,0	565	1,30

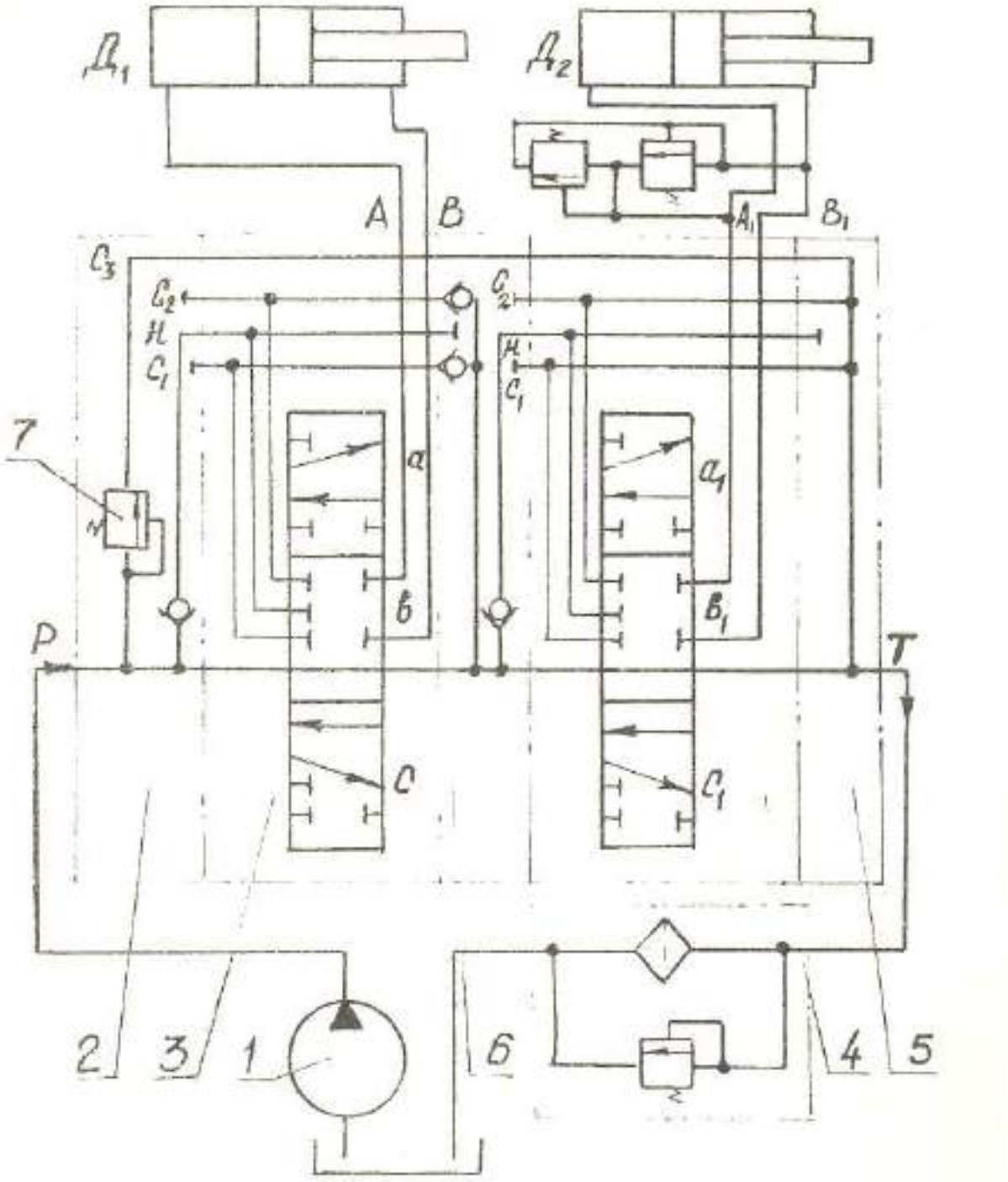


Рис. 1.16. Схема последовательного соединения двух потребителей:
1 – насос; 2 – напорная станция; 3, 4 – рабочие секции; 5 – сливная секция; 6 – промежуточная секция; 7 – предохранительный клапан; $Л_1$.$Д_2$ – гидродвигатели; Р – отверстие для входа рабочей жидкости под давлением; Т – отверстие для выхода жидкости в бак; Д, Е – отверстия для присоединения к потребителям; Н – напорный канал; C_1,C_2 – отводящие линии гидродвигателей; Сз – сливной канал

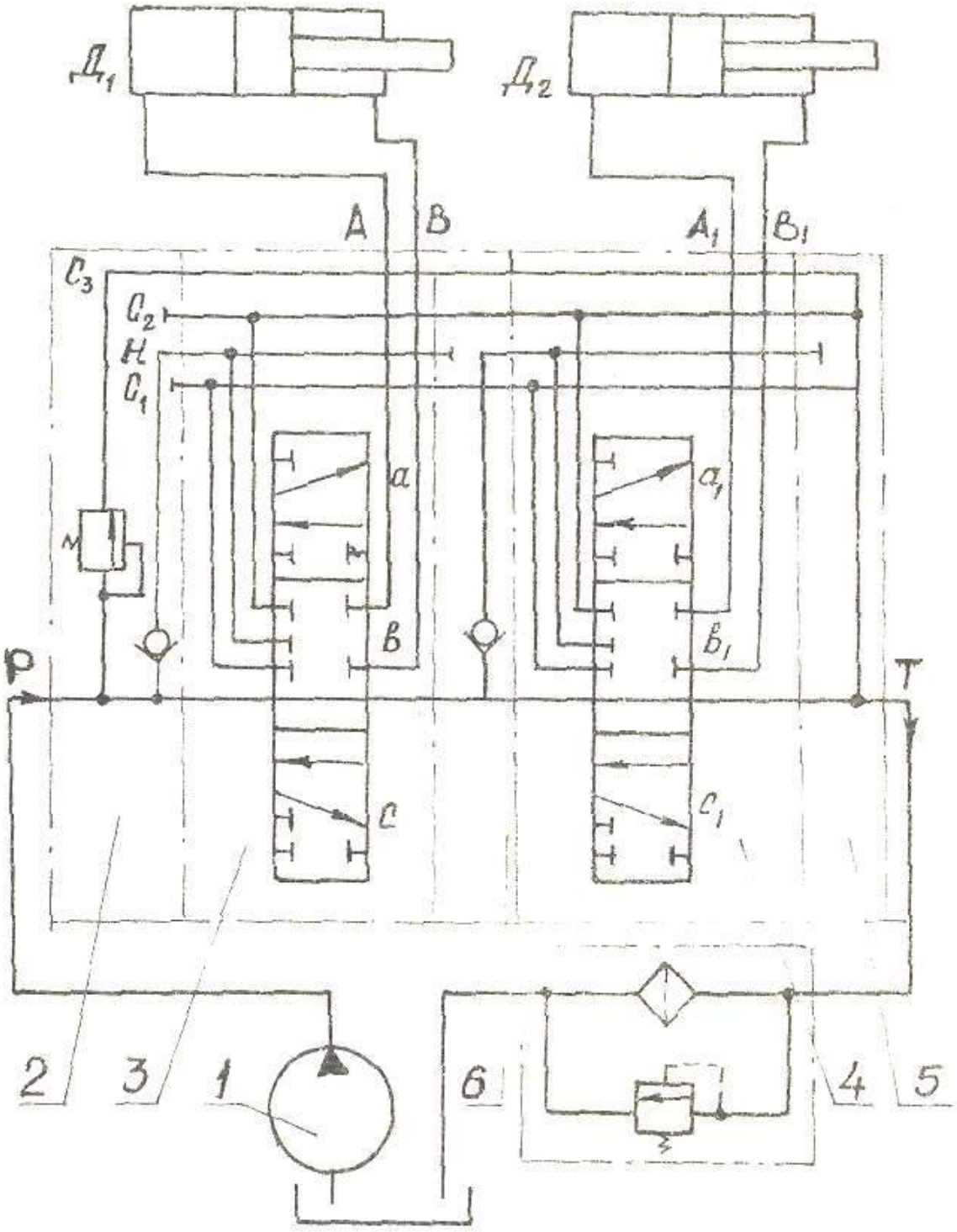


Рис. 1.17. Индивидуальная схема подключения потребителей:
1-насос; *2*-напорная секция; *3*, *4*-рабочие секции; *5*-сливная секция, *6*-промежуточная секция; Р-отверстие для входа рабочей жидкости; Т-отверстие для выхода жидкости в бак; А, В-отверстия для присоединения к потребителям; C_1, C_2- отводящие гидролики; Сз-сливная гидролиния

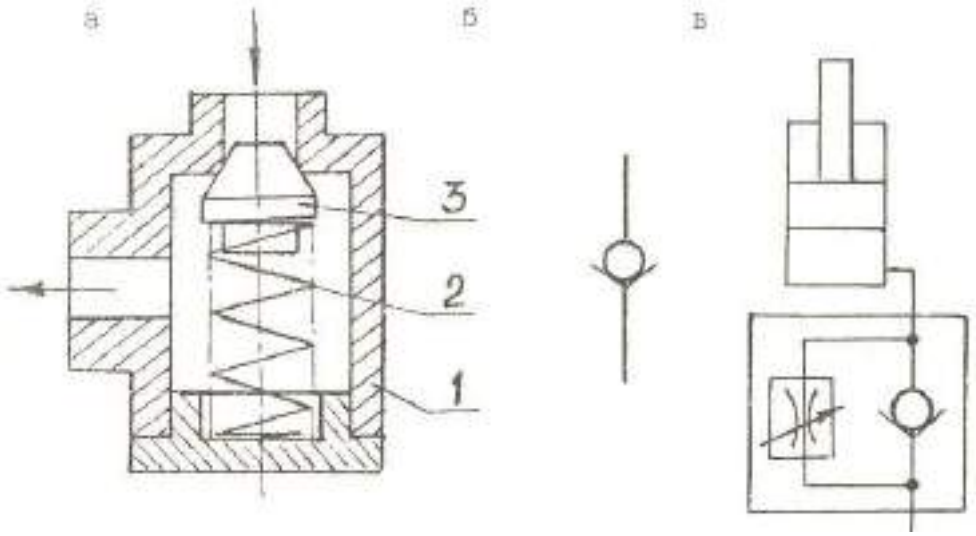


Рис. 1.18. Обратный клапан:
а – схема обратного клапана; *б* – графическое изображение; *в* – пример применения;
1 – корпус; *2* – пружина; *3* – запорно-регулирующий элемент

2.1.2. Обратные клапаны

Обратный гидроклапан - это направляющий гидроаппарат, предназначенный для пропускания рабочей жидкости только в одном направлении. Схема клапана и его условное графическое обозначение приведены на рис. 1.18.

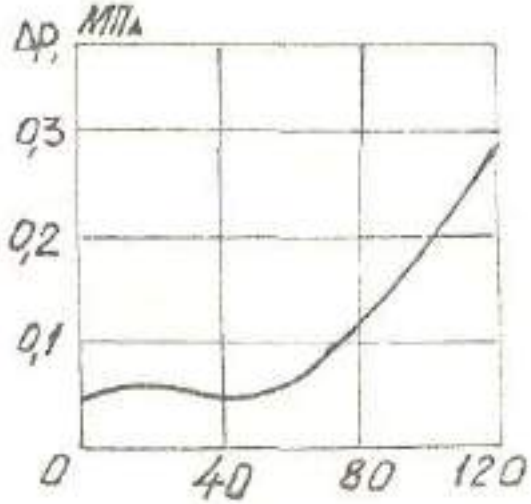


Рис. 1.19. Гидравлическая характеристика обратного клапана типа 61

Рабочим органом обратного клапана является запорно-регулирующий элемент типа плоского, шарового, тарельчатого или конусного клапана. Клапан удерживается в седле пружиной *2*, обеспечивающей усилие прижатия, достаточное для надежной посадки клапана. Рабочая жидкость поступает в гидроклапан, преодолевая усилие пружины *2*, и через боковое отверстие по гидролиниям направляется к рабочим полостям гидродвигателя. С прекращением подачи жидкости гидроклапан закрывается и предохраняет гидросистему от обратного движения жидкости, а нагрузку - от самопроизвольного перемещения. Наличие обратного клапана (см. рис. 1.18, *в*) позволяет свободно перемещать поршень с нагрузкой вверх, управлять с помощью регулируемого дросселя скоростью опускания нагрузки. Обратный клапан увеличивает сопротивление движению жидкости по гидролинии. Сопротивление зависит от формы проходного сечения клапана и его рабочей поверхности. Так, конусные клапаны оказывают меньшее сопротивление, чем плоские и шаровые. Вместе с тем выполнение последних проще, так как они допускают небольшое боковое смещение без нарушения герметичности соединения. Конусные клапаны требуют точного совпадения геометрических осей и ко-

нусности клапана и седла. Гидравлическая характеристика обратного клапана типа 61, имеющего конусный запорно-регулирующий элемент с пружиной, и обеспечивающего номинальный расход жидкости 63 л/мин, представлена на рис. 1.19. При номинальном расходе жидкости пружина создает сопротивление потоку не более 0,05 МПа.

Для обеспечения быстрого срабатывания клапана при открывании и закрывании он оснащен пружиной. Пружина ускоряет посадку клапана в седло в момент закрывания и создает упругое ограничение перемещению клапана при открывании. При вертикальном расположении клапана и подводе жидкости снизу посадка клапана в седло осуществляется силой тяжести клапана, пружина может отсутствовать.

При эксплуатации обратного клапана опорная поверхность седла деформируется, поэтому с течением времени снижается герметичность клапана. С целью замены седла оно выполняется съемным. Основные параметры клапанов приведена в табл. 1.2.

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг	Стоимость, руб.	ΔQ, л/мин
М-КО-10/320	32	32	0,25			0,005
М-КО20/320	125	32	0,25			0,008
М-КО-32/320	320	32	0,25			0,008
М-КО-50/320	500	32	0,25			0,008
М-КО-80/320	1250	32	0,25			0,009
КО-103	32	32	0,25			0,005
КО-203	125	32	0,25			0,008
КО-323	250	32	0,25			0,008
КОС-103	32	32	0,25			0,005
КОС-203	125	32	0,25			0,008
КОС-323	250	32	0,25			0,008
КОЛ-103	32	32	0,25			0,005
КОЛ-203	126	32	0,25			0,008
КОЛ-323	250	32	0,25			0,008
КО-12	32	32	0,25	4,9	9,8	0,005
КО-20	80	32	0,25	7,2	14,4	0,005
КО-32	200	32	0,25	11,4	23,0	0,008
КО-40	320	32	0,25	25,3	50,0	0,008
КО-50	500	32	0,25	41,0	82,0	0,008
КО-63	800	32	0,25	107,0	220,0	0,008
КО-80	1250	32	0,25	163,0	320,0	0,009
Г51-31	8	20	0,25	1,2		0,002
Г51-32	20	20	0,25	1,2		0,002
Г51-33	40	20	0,25	1,6		0,003
Г51-34	80	20	0,25	1,6		0,003
Г51-35	160	20	0,25	5,45		0,003
Г51-36	320	20	0,25	14		0,004
Г51-37	630	20	0,25	33		0,004

2.3. Гидравлические замки

Гидравлический замок (гидрозамок) - это управляемый обратный клапан, предназначенный для аапирания полостей гидроцилиндра в заданном положении поршня. Гидрозамок пропускает жидкость *я* обоих направлениях при наличии гидравлического управляющего сигнала, а при отсутствии сигнала убавления - в одном направлении. Для запирания одной

полости гидроцилиндра используют односторонние гидрозамки. Схема гидрозамка одностороннего действия и его обозначение на гидравлических схемах приведены на рис. 1.20. Очевидно, что самопроизвольное движение рабочего органа горной машины, например, опускание стрелы гидравлического экскаватора во время передвижения может привести к аварии.

Запирание полостей гидроцилиндра исключает неуправляемое движение нагрузки.

Подача жидкости в рабочую полость потребителя осуществляется через отверстие *5*. Жидкость поступает в штоковую полость цилиндра управления, перемещает шарик *1*, сжимая пружину *3* и поступает через канал *4* к потребителю (гидроцилиндру). С прекращением подачи жидкости шарик *1* под действием пружина *3* прижимается к седлу и отключает поршневую полость гидроцилиндра от гидросистемы. Для слива жидкости из поршневой полости гидроцилиндра (потребителя) жидкость подается в поршневую полость цилиндра управления через отверстие *7*. Жидкость перемещает поршень *2*, толкатель *6* которого, преодолевая усилие пружины, перемешает шарик и открывает проход жидкости из канала *4* в канал *5* и далее на слив.

Для запирания обеих полостей гидроцилиндра применяют гидрозамки двустороннего действия (см. рис. 1.20, *в*). Здесь гидролинии *5* и *9* подключены к гидрораспределителю, а гидролинии *4* и *11* соединены с рабочими полостями гидроцилиндра. При подаче жидкости в правую полость цилиндра управления через окно *9* поршень *2* переместится влево и толкателем *6* откроет левый шариковый клапан *1*. Одновременно под давлением поступающей рабочей жидкости откроется правый шариковый клапан *12*, и жидкость будет поступать в рабочую полость. Гидродвигателя через расходное окно *11*. При этом из его нерабочей полости жидкость будет сливаться через окно *4*, полость *8*, открытый клапан *1* и окно *5*. При подаче жидкости в левую полость гидрозамка процесс будет протекать в обратном направлении. При прекращении подачи жидкости оба клапана будут закрыты, жидкость будет заперта в обеих полостях гидродвигателя.

В гидросистемах горных машин используются разгруженные и неразгруженные гидрозамки.

В неразгруженном гидрозамке (см. рис. 1.20, *а*) штоковая полость Ш гидроцалиндра управления соединена с подклапанной полостью. В разгруженном гидрозамке эти полости разобщены, и изолированная штоковая полость гидроцилиндра управления соединена с дренажной гидролиннией. Это обстоятельство необходимо учитывать при установке гидрозамка в конкретной гидросхеме, особенно в случаях использования гидропривода в грузоподъемных механизмах, которые имеются у большинства горных машин. В реальных условиях при опускании нагрузки часто приходится ограничивать скорость перемещения штока. Для этой цели устанавливают в гидросистему дроссель с обратным клапаном. При отсутствии дросселя с обратным клапаном в процессе опускания нагрузки происходит ее прерывистое движение. Причины этого следующие. При установке золотника гидрораспределителя 1 в позицию 2 будет обеспечена возможность опускания нагрузки (рис. 1.21, *а*).

Поступающая в поршневую полость гидроцилиндра *3* жидкость создает в гидроцилиндре управления гидрозамка *1* давление, достаточное для открытия гидрозамка. В результате этого жидкость из штоковой полости гидроцилиндра *3* пойдет на слив, вытесняясь движущимся вниз поршнем под действием внешней нагрузки R. Скорость спускания поршня, возрастал, может достигнута такой величины, что поршневая полость гидроцилиндра *3* не будет успевать заполняться жидкостью, поступающей от насоса. Это вызовет снижение давления в этой полости и в гидролинии управления гидрозамком, в результате чего запорный элемент гидрозамка сработает, слив жидкости прекратится, поршень *8* и нагрузка также прекратят движение. По мере заполнения жидкостью поршневой полости давление в линии управления вновь возрастает, гидрозамок вновь откроется, обеспечивая слив жидкости из штоковой полости гидроцилиндра. Такая схема включения гидрозамка создает пульсацию давления жидкости в линии управлений и прерывистое движение нагрузки. С целью обеспечения плавности опускания нагрузки и стабилизации давления жидкости в линии управления между неразгруженным гидрозамком и гидроцилиндром часто устанавливают дроссель с обратным клапаном (см. рис. 1.21, *б*). Дроссель обеспечивает заданный расход жидкости, стабилизирующий давление управления и скорость опускания нагрузки.

В тех случаях, когда дросселирование, приходится осуществлять за гидрозамком, например, с помощью дросселирующего гидрораспределителя, следует использовать разгруженные гидрозамки. Здесь исключается влияние давления дросселирования на поршень цилиндра управления.

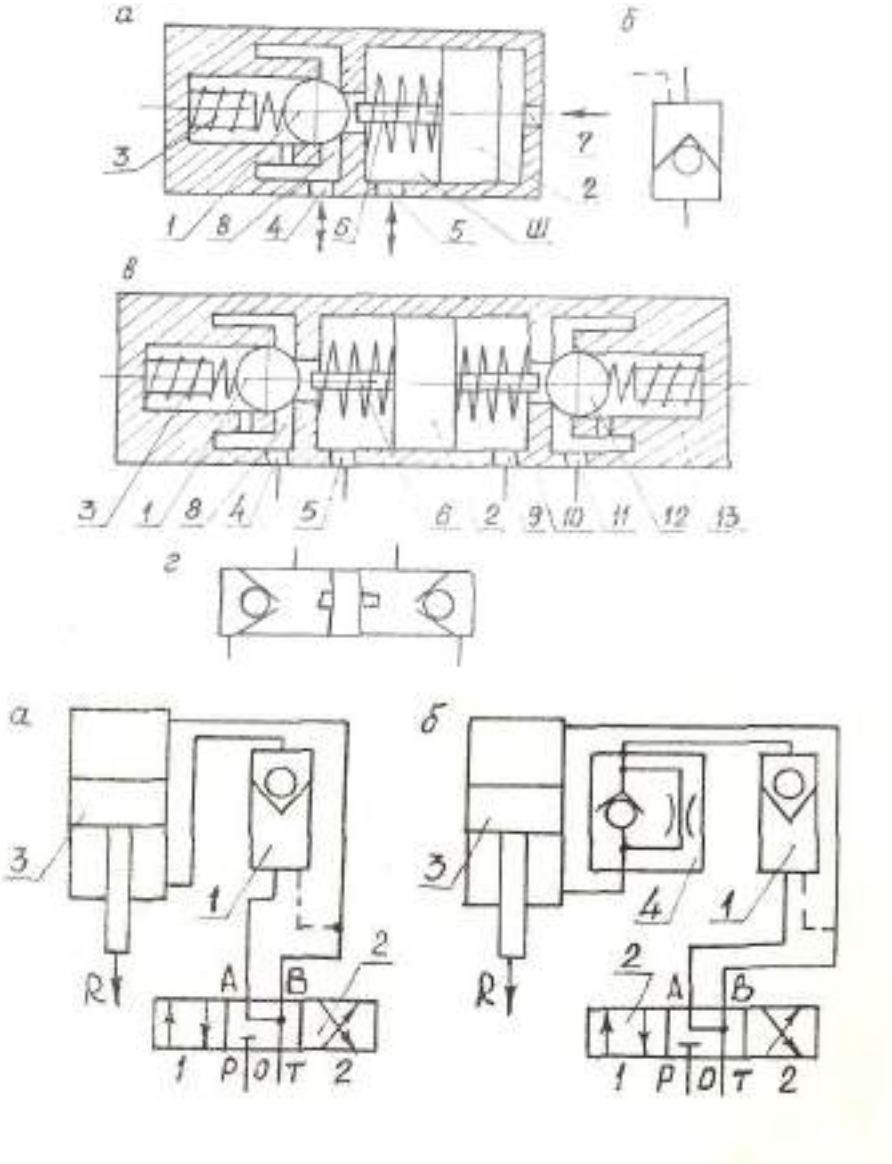


Рис. 1.20. Гидравлические замки:
а-односторонний гидрозамок; *б*-обозначение на гидросхемах; *в*-двусторонний гидрозамок; *г*-обозначение на схемах; *1*, *12*-шарики; *2*-поршень; *3*, *13*-пружины; *4*, *5*, *9*,*11*-расходные окна; *6*,*10*-толкатели; *V*-отверстие подвода гидролинии управления; *8*-подклапанная полость

На рис. 1.22 представлена конструктивная схема одностороннего гидрозамка гидропривода погрузочной машины 2ПНБ2, аналогичного гидрозамку типа ЭКОР гидростоек.

Гидрозамок работает следующим образом. Для обеспечения рабочего хода гидроцилиндра (потребителя), питаемого через гидрозамок, жидкость подается в штуцер В. Давлением жидкости открывается шариковый клапан *4*, сжимая пружину *6*. Затем давлением жидкости сжимается пружина *9,* открывается клапан *8*, и жидкость поступает потребителю.

Для обеспечения обратного хода жидкость от насоса подается в штуцер Б, давит на поршень-толкатель *3*, который открывает клапан *4*. Жидкость из гидроцилиндра через центральное отверстие клапана *8*, отверстия в седле *5* и открытый клапан *4* идет в штуцер В и далее на слив. Благодаря тому, что центральное отверстие в клапане *8* небольшое (к 1мм), поршень гидроцилиндра опускается плавно. При аварии (обрыв шлангов, маслопроводов,

отключение электроэнергии и т. д.) давление в штуцер Б и В равно нулю, и пружина *6* закрывает клапан А, вследствие этого полость гидроцилиндра блокируется.

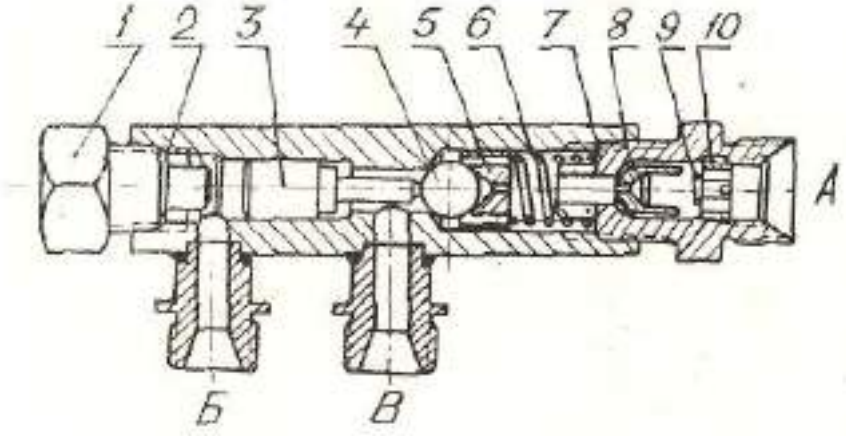


Рис. 1.22. Односторонний гидрозамок:
1-заглушка; *2*-корпус; *3* - поршень-толкатель; *4* - шариковый клапан; *5*-седлс; *6*-пружина; *7*-штуцер; *8*-клапан; *9*-пружина; *10*-гайка

Основные параметры гидрозамков приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Основные параметры гидрозамков

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг	ΔQ, л/мин
ІКУ-50/320	500	32	0,4	82,5	0,02
2КУ-50/320	500	32	0,4	82,5	0,02
М-ІКУ-12/320	40	32	0,4	11,8	0,005
М-ІКУ-20/320	100	32	0,4	19,8	0,005
М-ІКУ-32/320	250	32	0,4	39,4	0,015
Т-ІКУ-12/320	40	32	0,4	11,8	0,005
Т-ІКУ-20/320	100	32	0,4	19,8	0,008
Т-ІКУ-32/320	250	32	0,4	39,4	0,015

1.4. Клапаны выдержки времени, последовательности, реле давления

Клапан выдержки времени - направляющий гидроаппарат для пуска или остановки потока рабочей жидкости через заданный промежуток времени после подачи управляющего сигнала. Обычно такие клапаны используются для осуществления выдержки времени между включениями двух гидродвигателей. Заданный интервал времени реле может регулироваться либо временем наполнения жидкостью специального гидроцилиндра, либо величиной пути движения поршня, либо величиной скорости движения поршня.

Схема клапана выдержки времени представлена на рис. 1.23. Клапан позволяет осуществлять пуск и остановку потока жидкости в одной из отводящих гидролиний *6* и *7* с помощью золотника *2*.

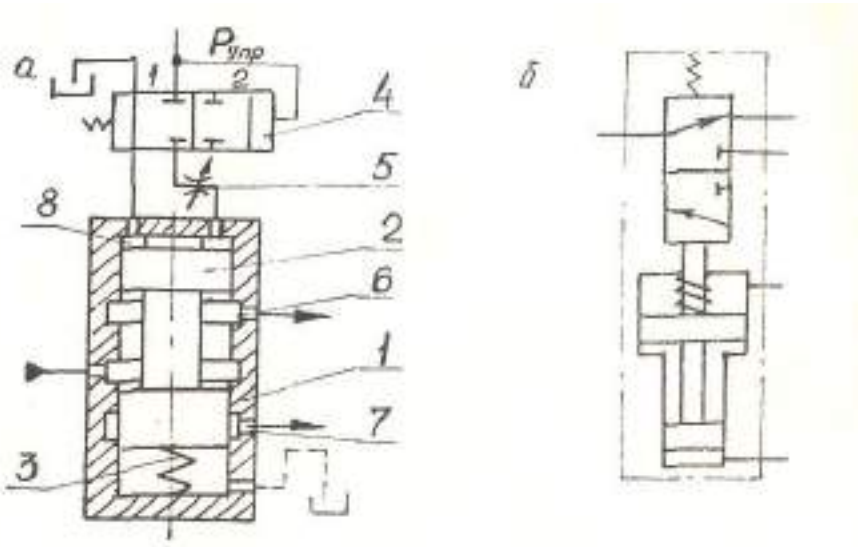


Рис. 1.23. Гидроклапан выдержки времени:
а-схема клапана; *б*-условное обозначение;
1-корпус; *2*-золотник; *3*-пружина; *4*-гидрораспределитель; *5*-регулируемый дроссель;
6, *7*-отводящие линии; *8*-верхняя полость клапана

В исходном положении гидрораспределителя *4* (позиция *1*)золотник *2* усилием пружины *3* перемещен в верхнее положение. Основной поток жидкости поступает через отводящий канал *6* к потребителю. В это время из верхней полости *8* клапана жидкость поступает через гидрораспределитель *4* на слив.

При подаче управляющего сигнала $P_{упр}$ на пораспределитель *4* его золотник устанавливается в позицию *2* и через регулируемый дроссель обеспечивает подвод жидкости из системы управления в полость *8* клапана. Золотник *2* перемешается вниз, сжимая пружину *3*. Скорость перемещения, а вместе с этим и время перемещения золотника *2* в крайнее нижнее положение, когда обеспечивается направление основного потока через отводящую линию *7*, регулируется дросселем *5*. После снятия управляющего сигнала $P_{упр}$ золотник распределителя *4* вновь устанавливается в позицию *1*, а золотник *2* клапана *1* усилием пружины перемещается в исходное верхнее положение. Основной поток жидкости направляется к отводящей линии *6*, гидроклапан готов к работе.

Время срабатывания гидроклапанов выдержки времени такого типа 0.5...300 с и задается оно регулируемым дросселем. На точность времени срабатывания у подобных клапанов влияет непостоянство температуры жидкости, усилия пружины и сим контактного трения в сопряжении "золотник-корпус". Наибольшее влияние на снижение точности срабатывания оказывает сжатие пружины, вызывающее повышение давления в полости *8*. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению расхода жидкости через дроссель и уменьшению скорости перемещения золотника *2.*

Гидравлические реле давления – устройства передающие сигналы в виде механического или электрического перемещения выходного звена при достижении в рабочих камерах реле заданного давления жидкости. Обычно это миниатюрные гидродвигатели (гидроцилиндр, мембрана, сильфон). Схема реле давления представлена на рис. 1.24.

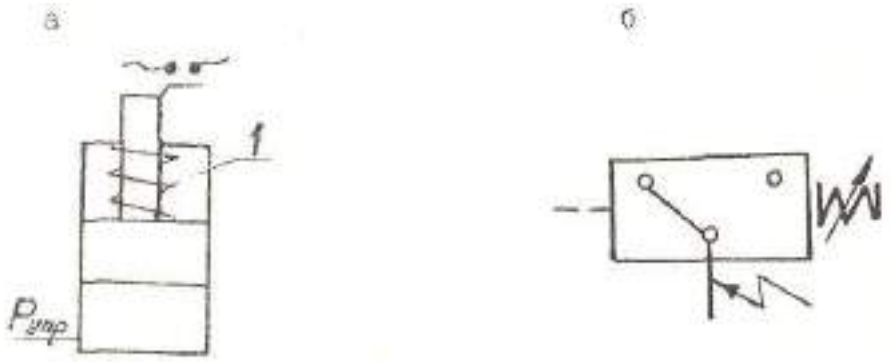


Рис. 1.24. Реле давления:
а - схема; *б* - условное обозначение

При подаче управляющего сигнала в виде давления $P_{УПР}$ поршневую полость миниатюрного гидроцилиндра его шток перемещается вверх, при этом сжимается пружина *1*, а давление жидкости в поршневой полости возрастает. Когда давление достигнет заданного значения шток переместится на определенную величину и замкнет контакты электрической цепи, установленные в конце хода штока, в цепь управления будет передан электрический сигнал. Можно этим штоком обеспечить, например, перемещение золотника гидрораспределителя непосредственно их через передаточные механизмы и передать таким образом механический сигнал.

Основные параметры гидроклапанов давления приведены в табл. 1.4.

Гидроклапан последовательности – гидроаппарат, пропускающий поток жидкости при достижении в нем заданной величины давления. Иными словами, это реле давления гидравлическим выходом. Обычно это направляющий гидрораспределитель золотник которого управляется с одной стороны пружиной, с другой – давлением жидкости. Схема клапана представлена на рис. 1.25, *а*.

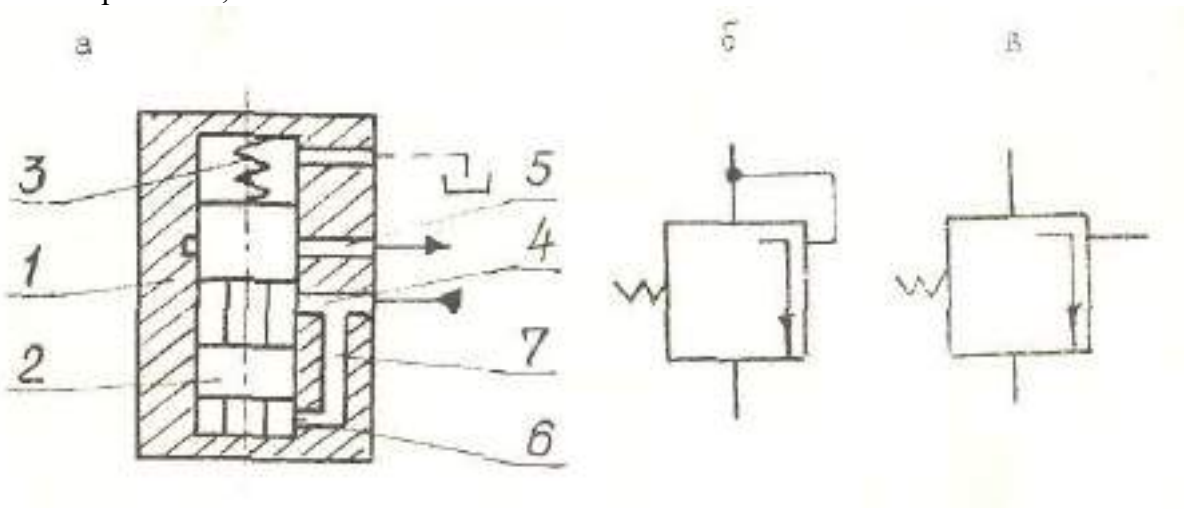


Рис. 1.25. Гидроклапан последовательности:
а - схема; *б*, *в* - условное обозначение;
1-корпус; *2*-золотник; *3*-пружина; *4*-подводшдее окно; *5*-рабочее окно;
6-окно управления; *7*-канал управления

Жидкость поступает к окну *4* и через канал управления *7* и окно *6* - к торцу золотника. С увеличением давления жидкости золотник поднимается вверх, сжимая пружину *3*. При определенном положении золотника открывается рабочее окно *5*, жидкость поступает к потребителю по отводящей гидролинии. Условное обозначение такого клапана приведено на рис. 1.25, *б*.

Существуют гидроклапаны последовательности, у которых отсутствует канал управления *7*, соединяющий подводящее окно и окно управления. У таких клапанов к окну управления *5* подводится внешний управляющий сигнал. Обозначение таких клапанов приведено на рис. 1.25, *в*.

Таблица 1.4

Основные параметры гидроклапанов давления

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг
Г54-32М	32	2,5	0,2	2,3
БГ54-32М	32	6,3	0,2	2,55
ВГ54-32М	32	10,0	0,2	2,3

ПГ54-32М	32	2,5	0,2	2,55
ПБГ54-32М	32	6,3	0,2	2,3
ПВГ54-32М	32	10,0	0,2	2,55
Г54-34М	125	2,5	0,65	3,1
БГ54-34М	125	6,3	0,65	3,1
ВГ54-34М	125	10,0	0,65	3,1
ПГ54-34М	125	2,5	0,65	3,1
ПБГ54-34М	125	6,3	0,65	4,0
ПВГ54-34М	125	10,0	0,65	4,0
Г54-35М	125	2,5	0,55	6,4
БГ54-35М	200	6,3	0,55	6,4
ВГ54-35М	200	10,0	0,55	6,4
ПГ54-35М	200	2,5	0,55	6,4
ПБГ54-35М	200	6,3	0,55	6,4
ПВГ54-35М	200	10,0	0,55	6,4
Г66-32М	200	2,5	0,2	6,4
БГ66-32М	32	6,3	0,2	2,3
ВГ66-32М	32	10,0	0,2	2,3
ПГ66-32М	32	2,5	0,2	2,3
ПБГ66-32М	32	6,3	0,2	2,3
ПВГ66-32М	32	10,0	0,2	2,3
Г66-34М	125	2,5	0,65	3,1
БГ66-34М	125	6,3	0,65	3,1
ВГ66-34М	125	10,0	0,65	3,1
ПГ66-34М	125	2,5	0,65	3,1
ПБГ66-34М	125	6,3	0,65	3,1
ПВГ66-34М	125	10,0	0,65	3,1

1.5. Логические клапаны «И» и «ИЛИ»

Гидроклапаны "И" и "ИЛИ" относятся к дискретным логическим устройствам. Они используются в схемах автоматики для выполнения соответствующих логических операций. Гидроклапан "И" - логический гидроклапан, пропускающий поток рабочей жидкости только при наличии давления во всех подводящих гидролиниях. Если давление (сигнал) в одной из гидролиний будет отсутствовать, то на выходе сигнал такие будет отсутствовать. Схема клапана представлена на рис. 1. 26.

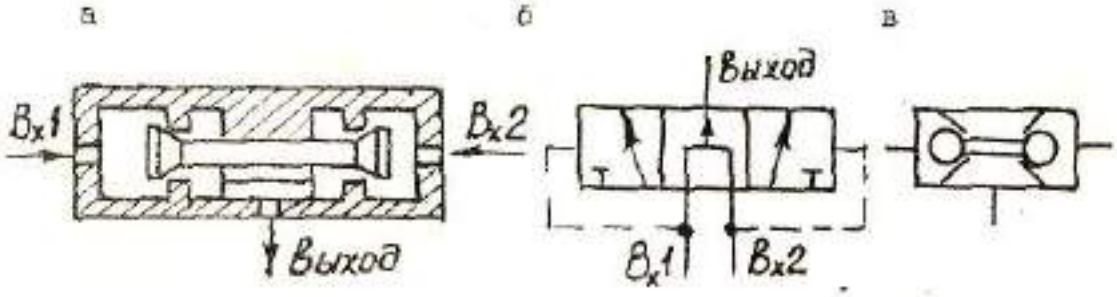


Рис. 1. 26. Логический клапан «И»:
а - схема; *б* - пример реализации; *в* - условное обозначение

Операция «И» может быть реализована, например, с помощью трехлинейного трехпозиционного золотникового гидрораспределителя (см. рис. 1.26, *б*). Среднее положение, соответствующее наличию выходного сигнала, золотник занимает в том случае, когда сигналы на Bxl и Bx2 одинаковы. Если это условие не выполняется, золотник занимает правое или левое положение, выходной сигнал отсутствует.

Гидроклапан «ИЛИ» - логический гидроклапан, пропускающий поток рабочей жидкости при наличии давления в одной из подводящих гидролиний с одновременным запиранием другой подводящей гидролинии. Схема клапана представлена на рис. 1.27.

Наличие давления, например, во входной линии Bxl обеспечивает закрытие входного канала Bx2 и открывает выход жидкости к потребителю из канала Bxl. Таким образом, операция "ИЛИ" обеспечивает на выходе сигнал, если на входе появляется один из двух сигналов управления.

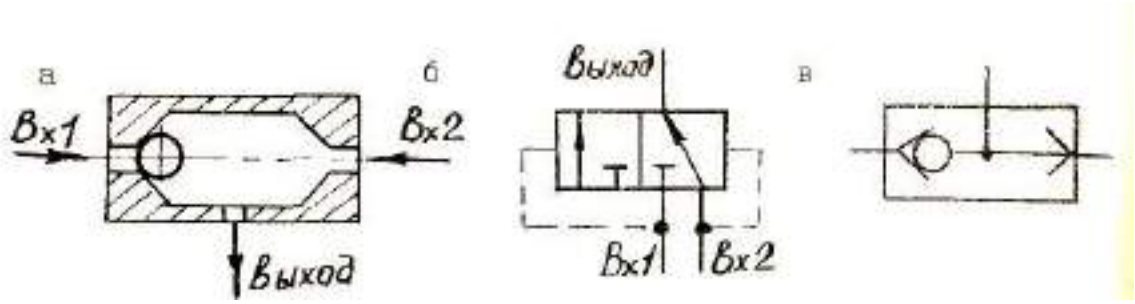


Рис. 1.27. Логический гидроклапан "ИЛИ":
а - схема; *б* - пример реализации; *в* - условное обозначение

3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

Основными параметрами, характеризующими направляюще гидроап-параты, являются номинальный расход жидкости, номинальное давление, потеря давления при номинальном расходе, усилие управления. С учетом этих параметров выбирается соответствующий гидроаппарат для конкретной гидравлической схемы.

3.1. Выбор крановых гидрораспределителей

В крановых гидрораспределителях запорно-регулирующий элемент совершает поворотные движения в процессе управления потоками жидкости (рис. 2.1).

Перепад давления на входе и выходе кранового распределителя $\Delta P_к$ может быть определен по формуле

$$\Delta P_к = P_1 - P_2 = \varepsilon \cdot Q^2 \cdot \rho / 2S^2,$$

где ε - коэффициент местного сопротивления; Q - расход жидкости кранового распределителя; ρ - плотность жидкости; S - площадь сечения расходного окна крана.

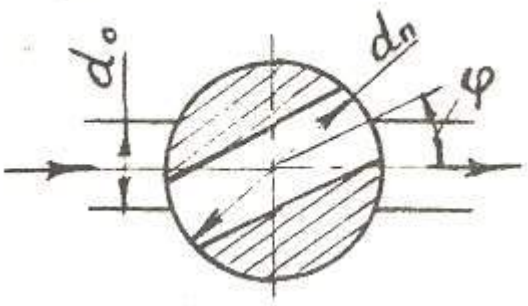


Рис. 2.1. Схема кранового гидрораспределителя

Значения коэффициента местного сопротивления зависят от площади проходного сечения крана. Площадь сечения расходного окна, в свою очередь, определяется углом поворота запорно-регулирующего элемента φ и диаметром подводящего канала. Значения ε, для кранового распределителя приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициент местного сопротивления

φ	5	10	15	25	30	35	40	45	50	55	67
ε	0,05	0,31	1,84	3,45	6,15	11,2	20,7	41,0	95,3	275	~

Площадь сечения расходного окна кранового гидрораспределителя с достаточной для практических расчетов точностью может быть определена по формуле

$$S = (r - R \cdot \sin\varphi) \cdot [12 \cdot (R^2 \cdot r \cdot \sin\varphi - R^2 \cdot \sin^2\varphi))^{1/2} + 8 \cdot (r^2 - r \cdot R \cdot \sin\varphi)^{1/2}]/15,$$

где $r = d_0/2$ - радиус подводящего канала гидрораспределителя; $R = d_п/2$ - радиус запорно-регулирующего элемента (пробки) кранового гидрораспределителя; d_0 - диаметр подводящего канала; $d_п$ - диаметр пробки кранового распределителя.

3.2. Определение основных параметров клапанных гидрораспределителей

В клапанную гидрораспределителях в качестве запорно-регулирующего элемента используют шариковый, конический или плоский клапаны (рис. 2.2).

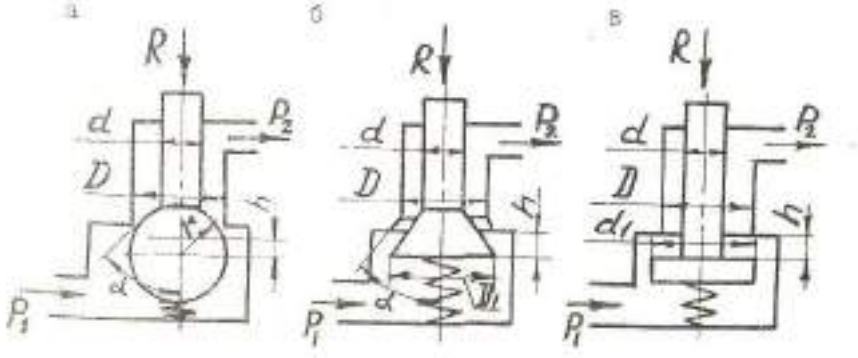


Рис. 2.2. Расчетные схемы клапанных распределителей:
а-шарикового; *б*-конического; *в*-плоского

Диаметр канала D, образующего расходное окно, определится по формуле

$$D = (4 \cdot Q/\pi \cdot \upsilon + d^2)^{1/2},$$

где Q - максимальный расход жидкости клапана; υ - максимальная скорость течения жидкости в расходном окне клапана; $\upsilon \le 12$ м/с; d - диаметр толкателя.

Максимальное значение величины перемещения клапана, соответствующее принятому значению размера канала h, определится:

для шарикового клапана

$$h = ([r^2 + (D^2-d^2)\text{-}\sin\alpha/2\sin2\alpha]^{1/2} - r)/\sin2\alpha,$$

где α - угол между касательной в точке контакта шарика с седлом и осью отверстия, r - радиус шарика; для конического клапана

$$h = (D\text{-}[D^2 - (D^2-d^2)\text{-}\sin2\alpha/2\sin2\alpha]^{1/2} - r)/\sin2\alpha,$$

где α - угол конусности клапана;

для плоского клапана

$$h = (D^2 - d^2)/4D.$$

Величину усилия управления R, необходимую для удержания клапана в открытом положении (без учета реактивных сил потока жидкости, можно определить по формуле

$$R = F_1 + F_2 + F_3 - F_4 ,$$

где $F_1 = P_1\text{-}S_1$ – усилие на запорно-регулирующий элемент от давления в полости подвода жидкости; P_1 – давление жидкости в полости подвода (под клапаном); S_1 – площадь контакта клапана с седлом; $S_1 = \pi D^2/4$; для плоского клапана $S_1 = \pi d_1^2/4$; $F_2 = c \cdot h_1$ – усилие предварительной затяжки; c – жесткость пружины; h_1 – начальная деформация пружины; F_3 – сила трения покоя, она составляет не более $0{,}1R$; $F_4 = P_2\pi\,(D^2 - d^2)/4$ – усилие от действия P_2 в полости отвода жидкости.

3.2.3. Определение основных параметров золотниковых гидрораспределителей

Необходимая площадь сечения рабочего окна, обеспечивающая максимальный расход жидкости, определится из выражения, описывающего истечение жидкости через отверстие в тонкой стенке

$$S = Q_{max}/\mu(2\cdot\Delta P/\rho)^{1/2},$$

где Q_{max} - максимальный расход жидкости через рабочее окно распределителя; μ - коэффициент расхода, он определяется как частное от деления действительного (измеренного) расхода жидкости на теоретический расход, вычисленный по предложенной формуле при $\mu = 1$.

Коэффициент расхода зависит от режима течения жидкости и для ламинарного потока является функцией числа Рейнольдса. В золотниковых распределителях преобладающим является турбулентный режим течения жидкости, т. к. скорость жидкости в рабочем окне принимается в 2...2,5 раза больше скорости жидкости в трубопроводах с целью уменьшения габаритов распределителя. Для этого режима коэффициент расхода можно принять постоянным $\mu = 0{,}65$, когда расходная щель имеет острые кромки, в случае закругленных кромок $\mu = 0{,}75...0{,}8$; ρ - плотность рабочей жидкости; ΔP – перепад давления в расходном окне распределителя. С достаточной для практических целей точностью ΔP можно определить по формуле

$$\Delta P = \varepsilon\rho Q^2/2S^2 = P_1 - P_2,$$

где ε - коэффициент местного сопротивления. Для золотниковых распределителей $\varepsilon = 2...4$; P_1, P_2 - давление рабочей жидкости на входе в распределитель и на выходе из него, соответственно; $S = \pi d_3 h$ - площадь сечения проходного канала распределителя; d_3 - диаметр пояска золотника; h - ход золотника.

Диаметр пояска золотника d_3 определяется величиной расхода жидкости и скоростью течения жидкости.

$$d_3 = 1{,}04[(Q_{max}/1 - d_ш/d_3)\upsilon]^{1/2},$$

где $d_ш$ - диаметр шейки золотника. Конструктивно принимают $d_ш = 0{,}6\ d_3$; υ - скорость течения жидкости в рабочем окне распределители.

Скорость течения рабочей жидкости в рабочем окне распределителя с учетом создаваемых струей потока гидродинамических сил определится

$$\upsilon = \mu(2/\rho)^{1/2}(\Delta P)^{1/2}.$$

Управление гидрораспределителем заключается в дискретном возвратно-поступательном перемещении золотника. Суммарное усилие, потребное для перемещения золотника, определится по формуле

$$F_З = F_Т + F_Г + F_П + F_И,$$

где $F_т$ - сила трения; $F_Г$ – осевая гидродинамическая сила; $F_П$ – сила сжатия пружины; $F_И$ – сила инерции.

Сила трения золотниковой пары зависит от правильности геометрических форм золотника и гильзы, чистоты обработки их поверхностей, свойств жидкости и может быть определена по формуле

$$F_т = F_{ТП} + F_{ВТ},$$

где $F_{тп}$ - сила трения покоя; $F_{вт}$ - сила вязкого трения при движении золотника.

Сила трения покоя зависит от времени нахождения золотника в покое, зазора между золотником и гильзой и может составлять $0{,}2F_3$. Способы снижения этой силы рассмотрены на стр. 19-25.

Величина силы вязкого трения определится из уравнения, выражающего закон жидкостного трения Ньютона

$$F_{ВТ} = \nu\rho\upsilon_3 S_щ/\delta,$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости; υ_3 - скорость поступательного перемещения золотника; δ - радиальный зазор между золотником и гильзой; $\delta \geq d_3/2{,}5$ в мк (в мкм); $З_щ$ - площадь дроссельной щели распределителя, перекрываемой поясками золотника.

Осевая гидродинамическая сила $F_г$, создаваемая потоком жидкости, действует на пояски золотника в сторону закрытия расходного окна (см. рис. 1.6.).

Гидродинамическая (реактивная) сила возникает при движении потока жидкости через расходную щель распределителя. Поток направлен под некоторым углом α к оси золот-

ника, величина которого зависит от отношения h/δ. При $h/\delta \geq 1$, что практически имеет место в большинстве случаев, значение угла, характеризующего направление потока, $\alpha = 69°$.

Осевая гидродинамическая сила определится по формуле

$$F_г = F\cos\alpha = Q\rho\upsilon_3\cos\alpha,$$

где F - газодинамическая (реактивная) силе потека жидкости. Для четырехлинейного золотникового распределителя, когда поток будет действовать на пояски золотника в рабочей и сливной камерах, осевая гидродинамическая сила определится

$$F_г = = 2Q\cos\alpha(\Delta P\rho)^{1/2}.$$

В случаях, когда золотник в нейтральном положении удерживается усилием пружины, открывание расходного окна распределителя сопровождается сжатием пружины. Это усилие определится по формуле

$$F_п = k_з\, l_з\, d_з pf,$$

где $k_з$ = 0,13...0,15 - коэффициент, учитывающий точность изготовления золотника; $l_з$ - максимальная длина контактирующей с гильзой поверхности золотника, на которой возможно неуравновешенное давление; f - коэффициент трения золотника о гильзу.

Сила инерции $F_и$ определяется приведенной массой m золотника и движущихся с ним деталей и ускорением движения золотника a.

$$F_и = ma.$$

ПРИМЕР.

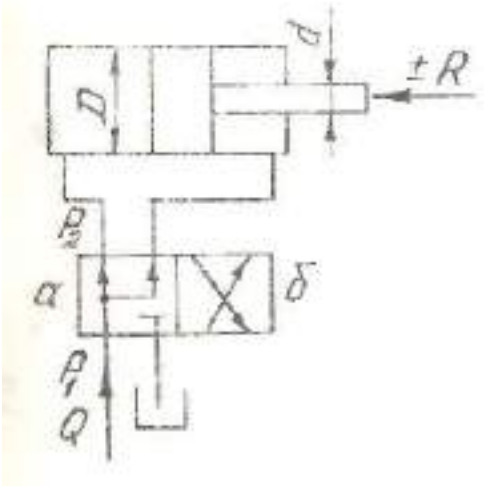


Рис. 2.3. Расчетная схема

Определить величину усилия R, реализуемого на выходном звене объемного гидропривода (рис. 2.3.), где управление потоком жидкости осуществляется золотниковым распределителем, имеющим диаметр золотника $d_з$ = 15 мм, величина смещения золотника (открытия расходного окна) h = 1 мм, коэффициент расхода $\mu = 0{,}65$. Привод имеет расход жидкости Q = 0,6 л/с, давление рабочей жидкости перед распределителем P_1 = 15 МПа, диаметр цилиндра D = 50 мм, диаметр штока d = 25 мм, плотность рабочей жидкости p = 890 кг/м^3. Трением, утечками жидкости и потерями энергии пренебречь.

РЕШЕНИЕ.

При известном расходе жидкости перепад давления в золотниковом распределителе определится

$$\Delta P = (Q/\mu\cdot S_3)\rho/2 = (Q/\mu\cdot\pi\cdot d_3\cdot h)\rho/2.$$

$$\Delta P = (0{,}6\cdot10^{-3}/0{,}65\cdot3{,}14\cdot15\cdot10^{-3}\cdot10^{-3})^2\cdot890/2\cdot10^6 = 0{,}17 \text{ МПа}.$$

Давление рабочей жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра (на выходе распределителя) определится

$$\Delta P_2 = P_1 - \Delta P = 15 - 0{,}17 = 14{,}83 \text{ МПа}.$$

Усилие К при установке золотника распределителя в позицию "а" (жидкость подается в обе полости гидроцилиндра) определится

$$R_1 = P_2 \cdot \pi \cdot d^2/4 = 14{,}83 \cdot 10^6 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}025^2/4 \cdot 1000 = 7{,}3 \text{ кН}.$$

Усилие R на штоке при подаче жидкости в штоковую полость определится

$$R_2 = P_2 \cdot (D^2 - d^2)\pi/4 = 14{,}83 \cdot 10^6 \cdot (0{,}05^2 - 0{,}025^2)3{,}14/4 \cdot 1000 = 21{,}8 \text{ кН}.$$

4. РЕГУЛИРУЩАЯ ГИДРОАППАРАТУРА

К регулирующей гидроаппаратуре относятся: предохранительный гидроклапан, переливной гидроклапан, редукционный гидроклапан, делитель потока, сумматор потоков, гидродроссель, регулятор потока, дросселирующий гидрораспределитель.

Гидроклапаны, в свою очередь, бывают прямого и непрямого действия,

Гидроклапан прямого действия - гидроклапан, в котором площадь проходного окна изменяется ппд непосредственным воздействием потока рабочей жидкости на запорно-регулирующий элемент.

Гидроклапан непрямого действия - гидроклапан, в котором изменение величины проходного окна вызывается воздействием потока рабочей жидкости на вспомогательный запорно-регулирующий элемент.

4.1. Предохранительные клапаны

Предохранительный гидроклапан напорный гидроклалан, предназначенный для предохранения объемного гидропривода от давления, превышающего установленное, путем отвода жидкости на слив в моменты увеличения этого давления. Предохранительный клапан подключается к напорной гидролики гидросистемы параллельно гидродвигателю. При повышении в ней давлений до уровня выше настроечного, клапан открывает рабочее окно и отводит жидкость из гидросистемы на сливе. Нормальное положение клапана - рабочее окно закрыто.

По конструкции запорно-регулирующего элемента предохранительные клапаны разделяют на шариковые, конические, тарельчатые, золотниковые, плунжерные. Схемы простейших клапанов прямого действия приведены на рис. 3.1.

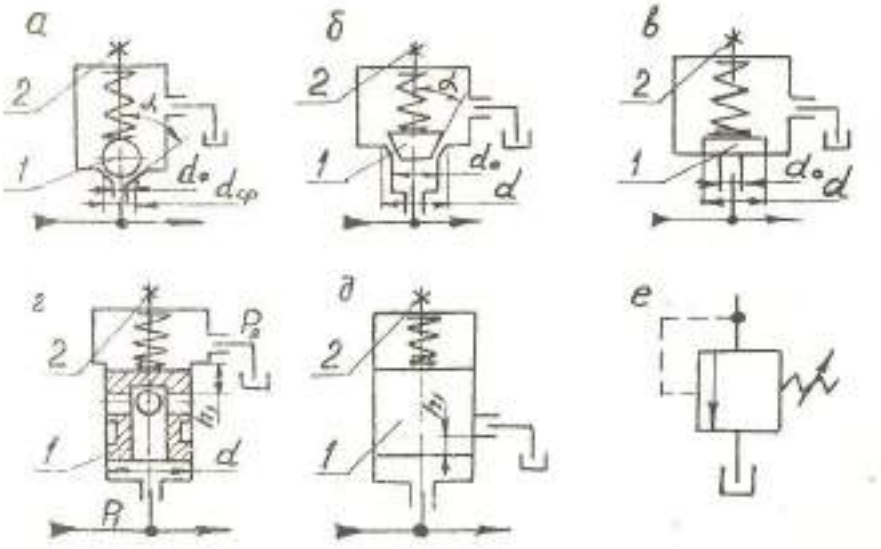


Рис. 3.1. Схемы предохранительных клапанов прямого действия:
а - с шариковым запорно-регулирующим элементом; *б* - с коническим; *в* - с тарельчатым;
г - с золотниковым; *д* - с плунжерным запорно-регулирующим элементом; *е* - условное обозначение;

1 - запорно-регулирующий элемент; *2* - регулирующий винт

Предохранительные клапаны должны удовлетворять следующим требованиям: безотказность в работе, динамическая устойчивость, минимальное запаздывание, независимость давления срабатывания от расхода жидкости. Шариковые клапаны устанавливают в системах с малыми расходами жидкости при редких и непродолжительных перегрузках. Эти клапаны малочувствительны к загрязнению рабочей жидкости, но при работе они вибрируют, плохо центрируются в седле, что приводит к утечкам жидкости через клапан.

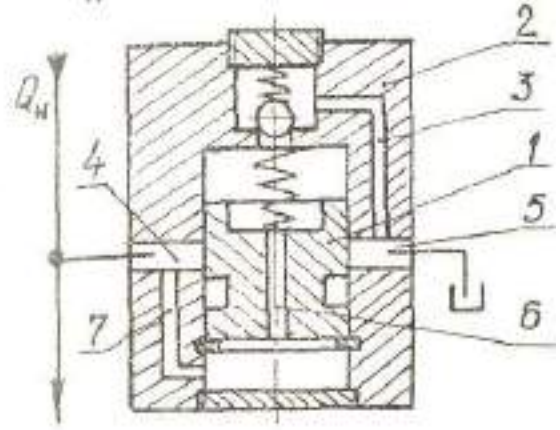


Рис. 3.2. Двухступенчатый предохранительный клапан непрямого действия:
1, 2 – основной и дополнительный запорно-регулирующие элементы; 3 – канал отвода жидкости; 4 – входной канал; 5 – канал слива жидкости; 6 – дроссельное отверстие (жиклер); 7 – канал управления

Конические клапаны обеспечивает лучшее центрирование в седле, чем шариковые, но вибрации не устраняют. Кроме того, у этих клапанов давление зависит от расхода жидкости. Целесообразно их использовать при кратковременных режимах работу, как и шариковые, так как при длительной работе вибрации являются причиной их быстрого выхода из строя.

Клапаны золотникового типа являются более долговечными и чаще всего используются в качестве переливных. Недостаток клапанов золотникового типа - утечки жидкости через радиальный зазор между золотником и гнездом под действием высокого давления рабочей жидкости. При больших настроечных давлениях и расходах жидкости существенно возрастают размеры пружин и габариты клапана в целом.

Гидроклапаны тарельчатого типа (с плоским или фигурным седлом) для обеспечения герметичности требуют притирки клапана к седлу. Кроме того, величина давления жидкости Б расходном окне открытого клапана зависит от её расхода. С целью снижения этой зависимости сопрягаемым поверхностям клапана и седла придают такую фигурную форму, которая обеспечивает за счет силы реакции струи компенсацию уменьшения давления.

Причиной вибрации клапанов являются динамические процессы, протекающие в момент срабатывания клапана. В начальный период срабатывания клапана действующая на запорный элемент сила со стороны жидкости больше силы упругости пружины на величину силы трения в зоне контакта подвижных элементов и силы инерции. В это время клапан движется ускоренно. В момент прекращения подъёма клапана силы трения и инерции исчезают, а давление жидкости в расходной щели, согласно уравнению Бернулли, уменьшается. Клапан перемещается в обратном направлении и может закрыть расходное окно. Если причина повышения давления в гидросистеме не устранена, то процесс повторяется, т.е. возникает колебательный процесс, который отражается на работе всего гидропривода. Поэтому клапаны прямого действия используются для эпизодической работы при выполнении функций аварийного устройства. Они обладают большим быстродействием вследствие небольшой массы подвижных элементов. При больших расходах и давлениях рабочей жидкости размера расходных окон резко возрастает. Размеры пружин и их жесткость становятся настолько значительными, что конструкция клапана приобретает громоздкие размеры, а работа

клана становится неустойчивой. В этом случае используют предохранительные клапаны двухступенчатые непрямого действия.

Основным отличительным признаком этих клапанов является наличие основного *1* и дополнительного *2* запорно-регулирующих элементов, на повышенное давление потока жидкости в канале *4* через канал управления и жиклер 6 реагирует шариковый клапан прямого действия *2*.

Открываясь, он обеспечивает мгновенный слив жидкости из верхней полости основного клапана *1* через канал *3* в бак. Создавшийся перепад давления в верхней и нижней полостях основного клапана обеспечивает перемещение вверх клапана *1* и слив основного потока жидкости через расходное окно основного клапана из канала *4* в канал в бак.

Эти клапаны обладают жесткими статическими характеристиками $P = f(Q)$. Давление на входе в клапан поддерживается практически постоянным благодаря малому расходу жидкости через вспомогательный клапан *2*, определяемому размерами жиклера *6* в золотнике *1*. Гидравлические сопротивления каналов *6* и *3* исключают колебательные явления в клапане и делают работу его устойчивой.

К особой группе следует отнести предохранительные клапаны гидростоек механизированных крепей в силу специфических условий их работы.

Рабочей средой гидропривода механизированных крепей являются маловязкие эмульсии, а гидросистема за все время работы крепи остается замкнутой без компенсаторов утечек жидкости, нарушение герметичности предохранительного клапана недопустимо, т. к. приводит, в конечном счете, к опусканию кровли выработки и созданию аварийной ситуации в рабочем пространстве горной выработки. Это предопределяет целый ряд специфических требований к предохранительным клапанам: абсолютная герметичность, безотказность работы, минимальный перепад давления в клапане, малая зависимость перепада давления от расхода жидкости.

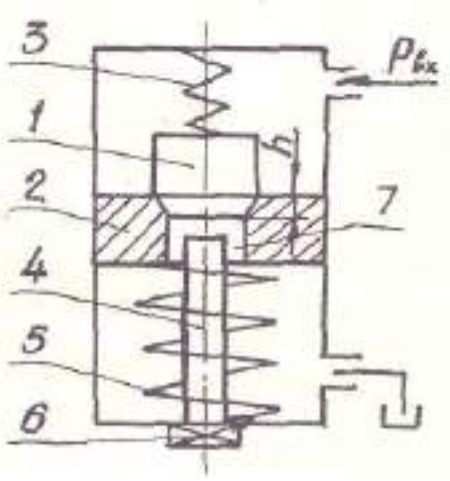


Рис. 3.3. Предохранительный клапан с подвижном седлом:
1-запирающий элемент; *2*-подвижное седло; *3*, *5*-пружины; *4*-упор; *6*-регулирующее устройство; *7*-расходное окно

Из существующих конструктивных схем предохранительных клапанов наиболее отвечают предъявляемым требованиям схемы обратного действия с подвижным седлом (рис. 3.3.).

В такой конструкции клапана рабочая жидкость подводится в полость над запирающим элементом *1* и совместно с пружиной *3* герметично прижимает элемент *1* к седлу *2*. Когда давление в гидростойке не превышает допускаемое, вся система гидроклапана находится в равновесии, выход жидкости через окно *7* закрыт. Возрастание давления $P_{вых}$ вызовет перемещение седла *2* с запирающим элементом *1*, который, переместившись на величину h . откроет проход жидкости на слив.

Запирающий элемент *1* зафиксируется упором *4*, а седло *2* будет перемещаться вниз до наступления нового равновесного положения системы гидроклапана.

В некоторых случаях используют газовое клапаны, где в качестве чувствительного элемента (пружины) используют газ. Основные параметры предохранительных клапанов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Основные параметры предохранительных клапанов

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	ΔQ, л/мин
10-100-1-11 (М-КП-12)	40	10		0,20
10-200-1-11	40	20		0,25
10-320-1-11	40	32		0,30
10-100-2-11	40	10		0,20
10-200-2-11	40	20		0,20
10-320-2-11	40	32		0,30
20-100-1-11	100	10		0,20
20-200-1-11	100	20		0,20
20-320-1-11	100	32		0,30
20-100-2-11	100	10		0,20
20-200-2-11	100	20		0,20
20-320-2-11	100	32		0,30
32-100-1-11	250	10		0,20
32-200-1-11	250	20		0,25
32-320-1-11	250	32		0,30
32-100-2-11	250	10		0,20
32-200-2-11	250	20		0,20
32-320-2-11	250	32		0,30
40-100-3-11	400	10		0,30

Переливной гидроклапан – напорный гидроклапан, предназначенный для поддержания заданного давления путем непрерывного слива рабочей жидкости во время работы. В сущности, это постоянно действующий предохранительный клапан. Такого рода гидроклапаны устанавливаются часто в напорных гидролиниях подпи-точных насосов, а также в напорных гидролиниях основных насосав, в частности, при дроссельном регулировании скорости выходного звена гидродвигателя для отвода части жидкости на слив с целью поддержания в гидролинии постоянного давления. Объем отводимой жидкости зависит от расхода гидродвигателя и в общем случае может быть достаточно большим. Поэтому для стабилизации давления используются гидроклапаны непрямого действия с запорно-регулирующим элементом золотникового типа. Условное обозначение гидроклапана и пример использования показаны на рис. 3.4. Насос *4* обеспечивает подпор во всасывающей гидролинии основного насоса *2*. Основной насос поддерживает на заданном уровне давление перед дросселем *3* путем переливания излишков жидкости на слив черев переливной клапан *1*.

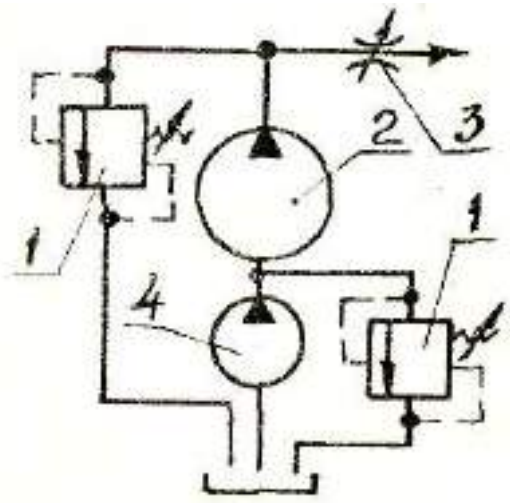


Рис. 3.4. Схема включения переливных клапанов:
1 - переливной клапан; 2, 4 - насосы; 3-регулируемый дроссель

4.3. Редукционные клапаны

Редукционные гидроклапан - гидроклапан давления, предназначенный для поддержания постоянного давления отводимом от него потоке рабочей жидкости, более низкого, чем давление в подводимом потоке. По сути рабочего процесса редукционные клапаны являются автоматически действующими регулируемыми дросселями. Величина рабочего окна клапана в рассматриваемый момент определяется разностью между переменным давлением жидкости во входном канале гидроклапана и редуцированным давлением в отводящей гидролинии, которое поддерживается постоянным.

В гидравлическую схему редукционный клапан устанавливается последовательно гидродвигателю и при работе расходное окно постоянно открыто.

В большинстве случаев расход жидкости через гидроклапан бывает значительным. В этой ситуации для редуцирования давления в основном используются гидроклапаны непрямого действия, способные обеспечить с наибольшей стабильностью параметры отводящего потока жидкости. Схема такого гидроклапана представлена на рис. 3.5.

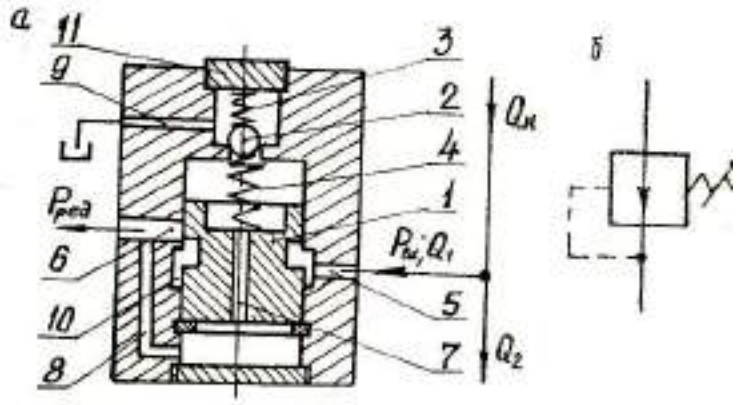


Рис. 3.5. Редукционный гидроклапан:
а - схема; *б* - условное обозначение на гидросхемах;
1, *2*-основной и дополнительный запорно-регулирующие элементы; *3*, *4*-пружины;
5-входной канал; *6*-отводяимй канал; *7*-дроссельное отверстие; *8*-канал управления;
9-сливное отнятие; *10*-кольцевая полость в корпусе клапана;
11-регулировочное устройство

Редукционный клапан работает следующим образом. Основной запорно-регулирующий элемент (золотник) *1* усилием пружины *4* постоянно отжимается вниз и открывает проход рабочей жидкости из входного канала *5* в кольцевую полость *10*. Далее через щелевой дроссель, образованный верхней кромкой кольцевой полости *10* и кромкой нижнего пояска золотника *1*, жидкость поступает в отводящий канал *6* и к потребителю. За счет перепада давления в дросселе жидкости на входе понижается от значения $P_{вх}$ до величины $P_{ред}$. Одновременно рабочая жидкость из отводящего канала 6 по каналу управления *8* поступает в нижнюю полость корпуса клапана и через дроссельное отверстие *7* подводится в верхнюю полость, воздействуют на шариковый клапан *2*. Клапан *2* прижимается к седлу пружиной *3*. Величина усилия пружины адекватна действию редуцированного давления на шарик *2* и обеспечивается регулировочным устройством *11*. Стабильность редуцированного давления обеспечивается соответствующей гидравлической обратной связью редуцированного давления и щелевого дросселя. При увеличении давления $P_{ред}$ на выходе оно возрастает и в полости под шариком *2*. Шарик открывает расходное окно и обеспечивает некоторый небольшой расход жидкости через сливное отверстие *9* в сливной бак. Благодаря дроссельному отверстию *7* давление в верхней полости основного гидроклапана окажется ниже давление жидкости в нижней полости этого клапана. Золотник *1*, преодолевая усилие пружины *4*, поднимается, уменьшив размер расходного окна щелевого дросселя, образованного верхней кромкой нижнего пояска золотника *1*. Это увеличивает сопротивление протеканию жидкости, из-за чего давление жидкости на выходе упадет до величины, определяемой настройкой пружины *3*, т. е. до $P_{ред}$. Напротив, если редуцированное давление уменьшится, золотник *1* под действием пружины *4* опустится, увеличив размер расходного окна щелевого дросселя. Перепад давления в этом дросселе уменьшится, тем самым увеличится давление жидкости на выходе до величины, определяемой настройкой пружины *3*. Таким образом, давление рабочей жид-

кости на выходе из редукционного клапана понижается до определенной величины и поддерживается постоянным независимо от изменения давления на входе в гидродвигатель и его расхода.

Редукционные гидроклапаны гидролинию параллельно гидролинии поддержания пониженного давления и включают в гидросхеме в высокого давления для осуществления равномерной подачи жидкости в этой гидролинии. Широкое применение они нашли в гидросхемах, когда от одного источника гидроэнергии питается несколько потребителей, требующих разных значений входного давления жидкости. Используются они и в гидросхемах с дроссельным Регулированием скорости выходного звена привода. Основные параметры редукционных клапанов приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Основные параметры редукционных клапанов

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления при номинальном расходе, МПа	Масса, кг	ΔQ, л/мин
10-100-1	40	10	0,2	4,6	0,005
10-200-1	40	20	0,2	4,6	0,005
10-320-1	40	32	0,2	4,6	0,005
10-100-2	40	10	0,2	5,0	0,005
10-200-2	40	20	0,2	5,0	0,005
10-320-2	40	32	0,2	5,0	0,005
20-100-1	100	10	0,2	7,2	0,008
20-200-1	100	20	0,2	7,2	0,008
20-320-1	100	32	0,2	7,2	0,008
20-100-2	100	10	0,2	8,0	0,008
20-200-2	100	20	0,2	8,0	0,008
20-320-2	100	32	0,2	8,0	0,008
32-100-1	250	10	0,2	13,0	0,01
32-200-1	250	20	0,2	13,0	0,01
32-320-1	250	32	0,2	13,0	0,01
32-100-2	250	10	0,2	14,0	0,01
32-200-2	250	20	0,2	14,0	0,01
32-320-2	250	32	0,2	14,0	0,01

3.4. Гидроклапаны разности давлений

Гидроклапан разности давлений – гидроклапан давления, предназначенный для поддержания заданной разности давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости или в одном из этих потоков и постороннем потоке. Гидраклапаны разности давлений иногда называют дифференциальными клапанами или напорными золотниками.

Схема гидроклапана разности давлений обеспечивающего поддержание постоянной разности давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости, представлена на рис. 3.6.

Необходимая разность давлений в двух гидролиниях устанавливается регулировочным устройством и обеспечивается дросселированием жидкости в щели между кромкой верхнего пояска золотника *1* и кромкой расходного окна 9 при прохождении жидкости через клапан.

Подводимый к окну *6* поток жидкости через канал *8* воздействует на нижние торцевую поверхность золотника *1*, а отводимый поток, в свою очередь, через канал *7* воздействует, наряду с пружиной *2*, на верхнюю торцевую полость золотника *1*.

Эти обстоятельства обеспечивают фиксированное положение золотника *1* при стабильных параметрах подводимого к каналу *6* и отводимого от канала *5* потоков рабочей жидкости. Дроссельной щелью создается необходимая разность между входным $P_{вх}$ и выходным $P_{вых}$ давлениями жидкости. Возрастание давления жидкости, например, на входе, вызовет подъем золотника *1* на некоторую величину, дроссельная щель увеличится. Следовательно, уменьшится потеря давления в дроссельной щели, а давление на выходе увеличится настолько, что разность давлений на входе и выходе установится на прежнем уровне.

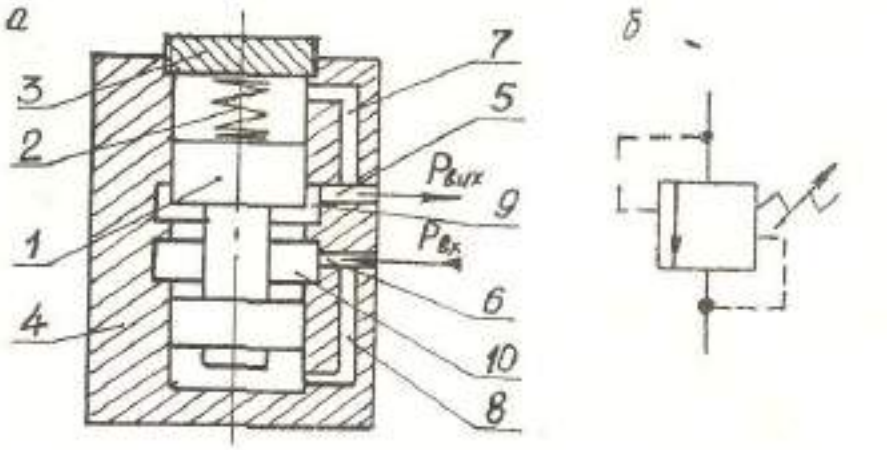


Рис. 3.6. Гидроклапан разности давлений:
а - схема клапана; *б* - условное обозначение на гидросхемах;
1-золотниковый дросселирующий гидрораспределитель; *2*-пружина; *3*-регулировочное устройство; *4*-корпус; *5*-отводящий канал; *6*-подводящий канал; *7*, *8*-каналы управления; *9*, *10*-расходные окна

Например, повышение давления на выходе окажет дополнительное воздействие на верхний торец золотника *1* и переместит, золотник вниз пропорционально поступившему сигналу. Дроссельная щель между кромкой верхнего пояска золотника *1* и кромкой расходного окна *9* уменьшится, а давление со стороны входа увеличится вследствие возросшего сопротивления дроссельной щели. Разность давлений рабочей жидкости на входе и на выходе вновь установится на прежнем настроечном уровне.

Настройка гидроклапана на заданную разность давлений между входом и выходом производится регулировочным устройством *3*, обеспечивающим необходимое предварительное сжатие пружины *2*.

3.5. Гидроклапаны соотношения давлений

Гидроклапан соотношения давлений - гидроклапан давления, предназначенный для поддержания заданного соотношения давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости или в одном из этих потоков и постороннем потоке.

Схема такого клапана представлена на рис. 3.7.

В корпусе гидроклапана *2* размещен золотник *1*, кромка правого пояска которого и кромка кольцевой полости *4* образуют расходное окно. Соотношение перепадов давлений задается в такой конструкции гидроклапана соответствующим отношением эффективных площадей торцевых поверхностей золотника. Требуемая величина соотношения площадей достигается за счет установки толкателя *5*. Отношение площадей торцевых поверхностей толкателя *5* и золотника *1* обратно пропорционально соотношению давлений в подводящем и отводящем потоках. Давление жидкости подводимого потока посредством канала *6* воздействует на торцевую поверхность толкателя *5*, а давление жидкости отводимого потока через канал *7* воздействует на торцевую поверхность золотника *1*. Изменение величины давления жидкости в подводящей или отводящей поток гидролиниях вызовет перемещение золотника *1* и стабилизацию соотношения давлений в гидролиниях.

3.6. Гидроклапаны соотношения расходов

В объемном гидроприводе скорость выходного звена гидродвигателя формируется его геометрическими параметрами и расходом жидкости. В многодвигательном приводе нередко возникает необходимость разделить поток жидкости от насоса на два потока и направить эти потоки к двум гидродвигателям таким образом, чтобы скорости выходных звеньев гидродвигателей были равны или находились в определенном соотношении. Эту функцию выполняют гидроклапаны соотношения расходов. К ним относятся делители потока и сумматоры потока.

Делитель потока – гидроклапан соотношения расходов, предназначенный для разделения одного потока рабочей жидкости на два или более и поддержания расходов в этих потоках в определенном соотношении.

Сумматор потоков выполняет обратную функцию.

Необходимость синхронной работы двух или более гидродвигателей возникает при создании самых разнообразных технических устройств. В определенных случаях синхронизация работы двух гидродвигателей может быть обеспечена за счет механических связей между ними. Чаще всего для достижения этих целей приходится использовать делители потока.

Существует большое разнообразие схем делителей потока, выбор которых для конкретноггоо случая зависит от тербований к точности поддержания синхронной работы потребителей. Схемы некотрых делителей потока представлены на рис. 3.8.

Дроссельный делитель потока (рис. 3.8, *а*) используется в схемах с неизменными нагрузками на выходных звеньях гидродвигателей. В этом случае дроссели обеспечивают постоянные расходы жидкости.

Если к абсолютной величине расходов Q_1 и Q_2 предъявляются жесткие требования, для деления потока используются два гидромотора, преимущественно аксиально-поршневые, валы которых жестко связаны.При равных рабочих объемах гидромоторов поток жидкости между двумя потребителями будет делиться поровну. В случае регулируемых рабочих объемов гидромоторов (см. рис. 3.8, *б*) можно обеспечить деление потока на два потока и поддержание расходов в разделительных потоках Q_1 и Q_2 в заданном соотношении.

На рис. 3.8, *г* представлена схема дроссельного делителя потока, обладающего высокой точностью деления. Поток разделяется с помощью двух дросселей *3* и *4*, которые обычно бывают вмонтированы в корпус *2* и выполняются в виде пакетов дроссельных шайб, и регулируемых дросселей в виде щелей между корпусом и торцевыми поверхностями плавающего плунжера 1.

При равных давлениях в отводящих гидролиниях P_1 и P_2 плунжер *1* будет находиться в среднем положении между расходными окнами *7* и *8*. В этом случае в камерах *5* и *6* давления будут одинаковы. А с учетом того, что перепады давлений в нерегулируемых дросселях *3* и *4*, будет обеспечено равенство расходов в отводящих гидролиниях *7* и *8*.

В случае изменения расхода одного из отводящих потоков, например, через расходное окно 7, изменится и давление в камере 5. Под действием создавшегося перепада давлений в камерах 5 и 6 плунжер 1 переместиться в сторону камеры с меньшим давлением. Тем самым давления в камерах вновь выровняются, в чего будет вновь обеспечено равенство расходов жидкости в отводящих гидролиниях.

С целью получения постоянного заданного соотношения расходов через окна *7* и *8* устанавливают дроссели *3* и *4* с различными гидравлическими сопротивлениями. Отношение этих сопротивлений обратно пропорционально отношению расходов в отводимых потоках.

Основные параметры делителей потока приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Основные параметры делителей потока

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг	ΔQ, л/мин

КД-12/20	25	20	1	4,4	0,10
КД-20/20	63	20	1	5,3	0,10
КД-32/20	160	20	1	8,0	0,15
КД-С-12/20	25	20	1	6,3	0,10
КД-С-20/20	63	20	1	9,0	0,10
КД-С-32/20	160	20	1	13,5	0,15

3.7. Гидродроссели

Гидродроссель – регулирующий гидроаппарат, ограничивающий расход жидкости в зависимости от величины перепада давлений в подводимосм и отводимом потоках рабочей жидкости. По сути это местное регулируемое и нерегулируемое гидравлическое сопротивление, устанавливаемое на пути течения жидкости, обеспечивающее желаемую связь между расходом и перепадом давления в дросселе.

Все дроссели разделяют на нерегулируемые и регулируемые. В нерегулируемых дросселях число рабочих окон и их геометрические размеры неизменны. В регулируемых дросселях геометрические размеры рабочих окон можно изменять.

По функциональному признаку дроссели разделяют на линейные и нелинейные.

В линейных дросселях потеря давления обусловлена преимущественно вязкостным сопротивлением дроссельного рабочего окна потоку жидкости. Эти дроссели характеризуются малым сечением рабочих окон и большой их длиной, ламинарным режимом течения жидкости. Потеря давления в таких дросселях пропорциональна скорости течения жидкости в первой степени.

В нелинейных дросселях потеря давления обусловлена деформацией потока жидкости и вихреобразованием, вызванными малыми длинами каналов, образующих рабочие окна. В такого типа дросселях потери давления пропорциональны квадрату скорости потока жидкости, поэтому эти дроссели называют иногда квадратичными. Режим течения падкости в них турбулентный.

Схемы наиболее распространенных типов дросселей представлены на рис. 3.9.

Дроссели, представленные на рис.3.9, *а*, *б*, *в*, *г*, относятся к нерегулируемым. Они широко используются в гидроаппаратах в качестве функционально необходимых элементов, например, в двухступенчатых предохранительных клапанах, а также в гидросхемах, в частности, при установке манометров и другой измерительной техники. Шайбы и втулки являются наиболее простыми дросселями и характеризуются, как правило, квадратичной зависимостью расхода от величины противодавления. Размеры расходных окон значительно превышают их длину, при этом наилучшими характеристиками обладают дроссели, имеющие максимальное значение гидравлического радиуса. Кроме того, дроссели с короткими каналами менее подвержены засорению и облитерации.

Дроссели с набором шайб (пакетные дроссели) используются в гидросистемах с изменяющейся в широком диапазоне температурой. В этом случае потери напора от трения жидкости минимальны.

С целью обеспечения линейной зависимости между расходом в дросселе и перепадом давления в нем используются втулочные дроссели с малыми проходными сечениями рабочих окон (капилляры). Такие дроссели имеют длину рабочего окна, значительно превышающую диаметр капилляра, а потери энергии в них обусловлены; в основном, вязкостным сопротивлением жидкости.

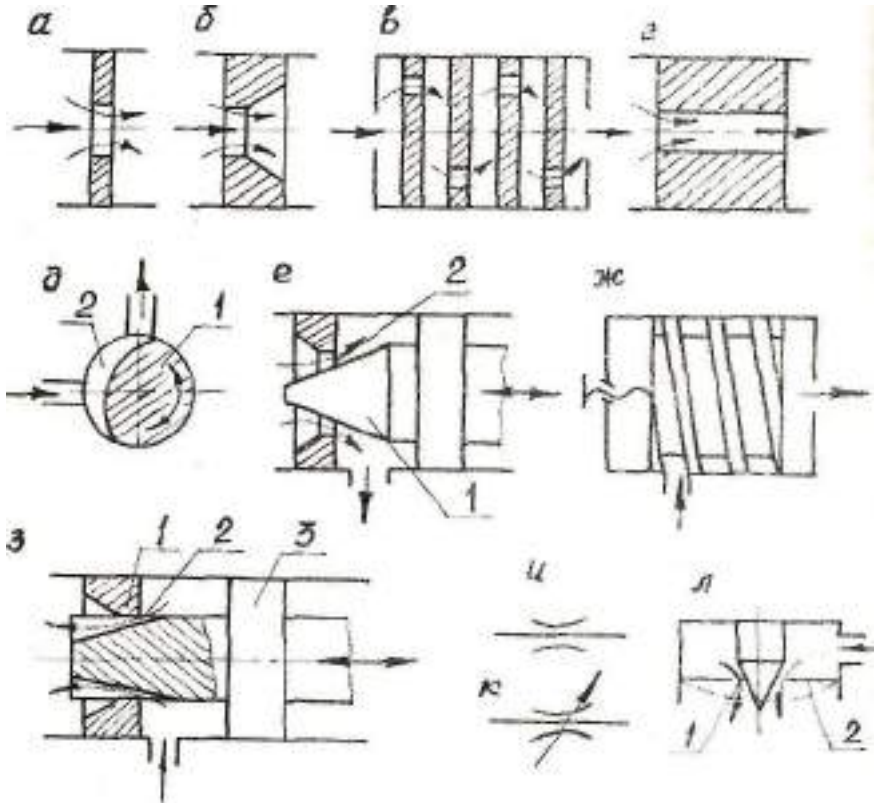


Рис. 3.9. Схемы дросселей:
а, *б* - одношайбовые; *в* - пакетный; *г* - втулочный; *д* - щелевой; *е* - игольчатый; *ж* - винтовой; *з* - канавочный; *и*, *к* - изображение на гидросхемах нерегулируемого и регулируемого дросселей, соответственно;
л - линейный турбулентный дроссель

В случаях надобности изменения расхода жидкости используются регулируемые дроссели (см. рис. 3.9, *д*, *е*, *ж*, *з*).

Наиболее распространены в горном машиностроении щелевые дроссели (рис. 3.9, *д*) и игольчатые дроссели (рис. 3.8, *е*). В щелевом дросселе расходное окно *2* изменяется поворотом запорно-регулирующего элемента *1* типа поворотного крана. В игольчатом дросселе расходное окно *2* изменяется путем возвратно-поступательного перемещения иглы *1*.

Недостатками названных дросселей являются зависимость расхода жидкости от ее температуры и возможность засорения расходного окна, в частности, при малых его размерах в процессе регулирования расхода жидкости.

Возможность засорения резко снижается в дросселях винтового типа (рис.3.9, *ж*). Регулировка расхода жидкости здесь достигается изменением рабочей длины канала дросселя путем возвратно-поступательного перемещения винта в корпусе дросселя, при этом поперечный размер канавки остается постоянным.

Диафрагменный (канавочный) дроссель (рис. 3.9, *з*) относится к дросселям тонкой настройки. Расходными окнами *2* у таких дросселей являются поперечные сечения прямоугольных или угловых канавок, ограниченные диафрагмой *1*. Изменение расходного окна осуществляется возвратно-поступательным перемещением плунжера *3*.

Практически все рассмотренные типы регулируемых дросселей имеют квадратичную зависимость между расходом жидкости и перепадом давления в дросселе.

Вместе с тем существуют постоянные дроссели с турбулентным режимом течения жидкости, в которых квадратичная зависимость между Расходом жидкости и перепадом давления в дросселе компенсируется, в частности, нелинейной жесткостью мембраны *2* и переменностью проходного сечения *1*, выполненного в мембране, при ее деформации.

Здесь достигается линейная зависимость между расходом и перепадом давления в дросселе. Основные параметры дросселей приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Основные параметры дросселей

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг	ΔQ, л/мин
МДО-103	40	32	0,25		С механическим управлением
МДО-103К	40	32	0,25		
МДО-103ДК	40	32	0,25		
МДО-203	200	32	0,25		
МДО-203К	200	32	0,25		
МДО-203ДК	200	32	0,25		Щелевой
МДО-С323	320	32	0,25		
ДР-12/320	25	32	0,25	2,8	
ДР-С12/320	25	32	0,25	3,5	
ДР-20/320	63	32	0,25	3,2	
ДР-С20/320	63	32	0,25	4,6	
ДР-32/320	160	32	0,25	5,9	
ДР-С32/320	160	32	0,25	6,9	Щелевой с обратным клапаном
ДК-12/320	25	32	0,25		
ДК-С12/320	25	32	0,25		
ДК-20/320	63	32	0,25		
ДК-С20/320	63	32	0,25		

4.8. Регуляторы потока

Регулятор потока – регулирующий гидроаппарат, предназначенный для поддержания заданного расхода жидкости вне зависимости от величины перепада давления в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости.

Регулятор потока используется в гидроприводах горных машин для поддержания постоянной скорости выходного звена гидродвигателя независимой от изменения нагрузки на нем.

Схема регулятора потока представлена на рис. 3.10.

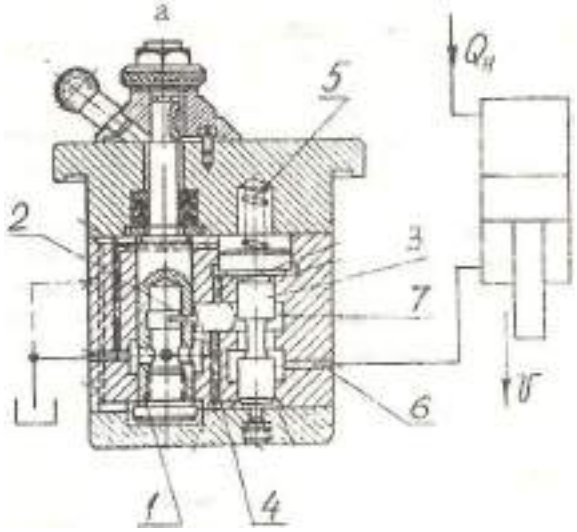


Рис. 3.10. Регулятор потока:
а - схема; *б* - условное обозначение на гидросхемах;
1 - щелевой гидродроссель; *2* - расходное окно дросселя (щель); *3* - редукционный клапан; *4* - окно входа жидкости в дроссель; 5 - пружина; *6* - входное отверстие; *7* - расходное окно редукционного клапана

Регулятор потока состоит из щелевого дросселя *1* и редукционного клапана *3*, объединенных единым корпусом. Уровень схода жидкости устанавливается дросселем, а постоянство перепада давления в дросселе обеспечивается редукционным клапаном.

Рабочая жидкость из гидродвигателя поступает через отверстие *5* канал *7,* полость *4* в щель *2* дросселя *1* и далее на слив. Клапан *3* находится в равновесии под действием усилия пружины *5* и павления жидкости на клапан . Усилие предварительного сжатия пружины *5* выбирается таким, чтобы клапан, дросселируя жидкость в полость *7*, обеспечивал постоянное давление жидкости на входе в дроссель в окне *4*. Поскольку на выходе из дросселя существует атмосферное давление, в результате на дросселе поддерживается постоянный перепад давления независимо от действующей нагрузки на выходном звене гидродвигателя.

Если сечение проходного канала дросселя не изменяется, то расход жидкости через регулятор потока остается также постоянным, постоянной поддерживается и скорость выходного звена гидродвигателя. Основные параметры регулятора потока приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Основные параметры регуляторов потока

Модель	Номинальный поток, л/мин	Номинальное давление, МПа	Потери давления, МПа	Масса, кг
МПГ55-12	40	6,3	0,15	
МАПГ55-12	40	10,0	0,15	
МБПГ55-12	40	20,0	0,15	
МПГ55-14	80	6,3	0,15	
МАПГ55-14	80	10,0	0,15	
МБПГ55-14	80	20,0	0,15	
МПГ55-15	160	6,3	0,15	
МАПГ55-15	160	10,0	0,15	
МПГ55-15	160	20,0	0,15	
МПГ55-22	40	20,0	0,15	3,7
МПГ55-24	80	20,0	0,15	7,4
МПГ55-25	160	20,0	0,15	12,0
МПГ55-32	40	20,0	0,15	
МПГ55-34	80	20,0	0,15	
МПГ55-35	160	20,0	0,15	
МПГ55-62	20	20,0	0,15	

4.9. Дросселирующие гидрораспределители

Дросселирующие гидрораспределитель – гидроаппарат, изменяющий расход жидкости и направление потока рабочей жидкости в нескольких гидролиниях одновременно под влиянием внешнего управляющего воздействия.

Этот аппарат выполняет функции направляющего и регулирующего устройства одновременно.

Конструктивно дросселирующий гидрораспределитель может не отличаться, например, от золотникового распределителя, выполняющего функции направляющего устройства. Однако при выполнении своих функций его золотник не имеет жестко фиксированных положений, кроме крайних, и выполнен с отрицательным перекрытием расходных окон.

Основными рабочими элементами дросселирующих гидрораспределителей являются золотниковые регулирующие дроссели цилиндрические или плоские, которые выполняют с проточкой или с отверстиями в гильзе (корпусе) гидрорапределителя. Схемы их приведены на рис. 3.11.

Схема золотникового регулируемого дросселя с проточкой в гильзе (рис.3.11, *а*) используется в дросселирующих гидрораспределителях, которые управляют большими пото-

ками жидкости. Поясок золотника *2* имеет в некоторых конструкциях пораспределителя профилированную форму. По его периметру выполняют продольные канавки треугольного сечения *5*, лыски и т.п.

Более технологичны золотниковые регулируемые дроссели с отверстиями *4* в гильзе *1* (см. рис. 3.11, *б*). Отверстия *4* могут иметь круглую, квадратную, треугольную форму. Форма отверстия обеспечивает необходимый закон изменения площади расходного окна и, соответственно, расхода жидкости гидрораспределителем.

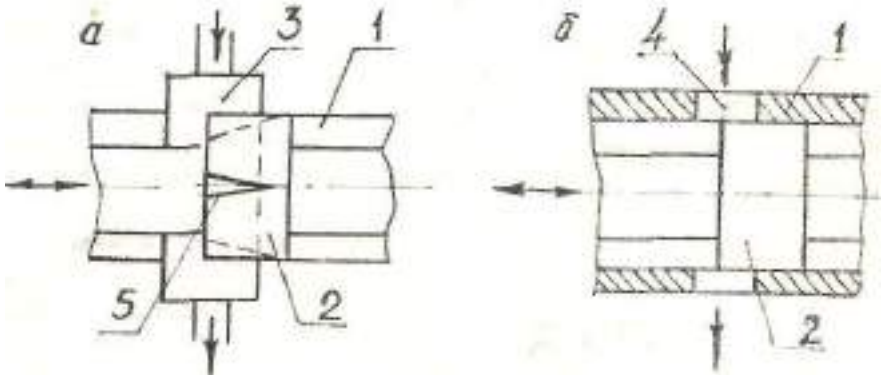


Рис. 3.11. Схемы золотниковых регулируемых дросселей:
а - с проточкой в гильзе; *б* - с отверстиями в гильзе;
1-гильза; *2*-золотник; *3*-проточка; *4*-отверстие; *5*-канавка

По числу рабочих окон золотниковые дросселирующие гидрораспределители делятся на одног двух-и многощелевые. Схема четырехще-левого золотникового дросселирующего гидрораспределителя, работящего совместно с двухштоковым гидроцилиндром, приведена на рис. 3.12. Здесь направление потока жидкости и регулирование параметров потока осуществляется распределителем *1*, имеющим четыре дросселирующих щели.

Дросселирующие щели образованы кромками расходных окон распре-делителя и поясками золотника при его поступательном перемещении. Условное обозначение дросселирующего гидрораспределителя отличается от обозначения направляющего гидрорасределителя только тем, что у него над полем расположены две линии. Эти линии показывают, что золотник распределителя имеет бесконечное число положений.

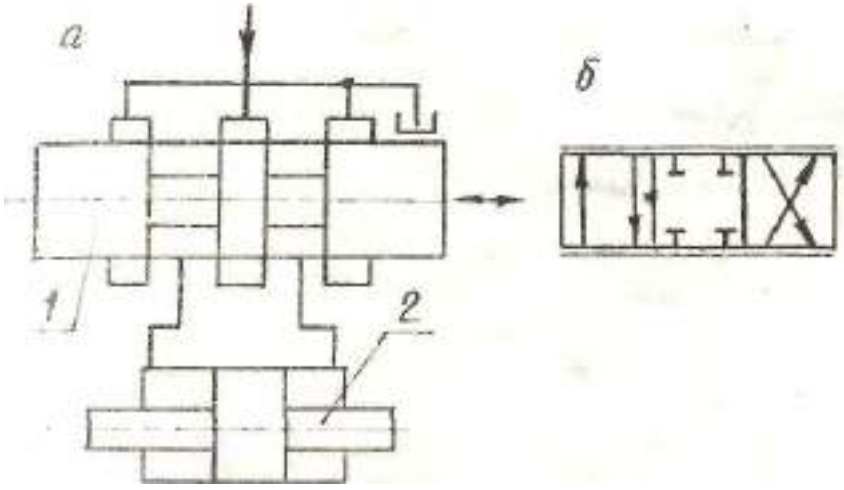


Рис. 3.12. Четырехщелевой дросселирующий гидрораспределитель:
а - схема; *б* - условное обозначение;
1 - распределитель; *2* - гидроцилиндр

Как правило, дросселирующие гидрораспределители выполняются с нулевым перекрытием поясками золотника расходных окон. Они облада-:-•" высокой чувствительностью.

5. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

5.1. Выбор параметров предохранительных клапанов

Диаметр отверстия подводящего канала d_0 (см. рис. 3.1) определится в зависимости от величины расхода жидкости и ее скорости течения через клапан,

$$d_0 = (4Q/\pi\upsilon)^{1/2},$$

где Q - расход жидкости через клапан; υ - скорость течения жидкости в подводящем канале.

Скорость течения жидкости в канале клапана принимают в зависимости от давления открытия клапана: для давлений P_0 до 0,5 МПа, υ = 5 м/с для P_0 = 5...12 МПа, υ = 5...12 м/с, для P = 12...20 МПа, υ = 12...15 м/с, для P > 20 МПа, υ = 25...30 м/с.

Начальное усилие, необходимое для открывания клапана $F_{\text{Н}}$, определится

$$F_{\text{Н}} = P_0\pi\, d_0^{\,2}/4,$$

где P_0 - давление, обеспечивающее открывание клапана. Принимается равным 1,1 рабочего давления P. Высота подъема клапана при срабатывании h (рабочий ход пружины) определится:

для шарикового клапана

$$h = (Q/\mu\pi d_{\text{ср}}\sin\alpha)(\rho/2\Delta P)^{1/2},$$

где μ - коэффициент расхода; $d_{\text{ср}}$ - средний диаметр седла клапана; α - угол наклона касательной к поверхности шарика в точке контакта шарика с седлом к оси отверстия подвода жидкости; ρ - плотность жидкости; ΔP - заданный перепад давления, обеспечивающий сжатие пружины на величину h. Предварительно его выбирают равным наименьшему значению из настраиваемых давлений работы клапанов.

Коэффициент расхода жидкости μ зависит от числа Рейнольдса Re и для 3<Re<100 может быть определен по формуле

$$\mu = 0{,}7271/[1+181/\text{Re}]^{1/2}.$$

В случаях, когда выходное отверстие имеет острые кромки и при Re >100, $\mu \sim$ 0,62. Для конического клапана коэффициент расхода можно принять $\mu \sim 0{,}75$.

Средний диаметр седла клапана может быть принят

$$d_{\text{ср}} = d_0 + (0{,}3...0{,}5),\ \text{мм},$$

Для конического клапана

$$h = (Q/\mu\pi d_{\text{ср}}\sin\alpha)(\rho/2\Delta P)^{1/2},$$

где α - угол конусности клапана. Во избежание заклинивания клапана принимается α>30. Для тарельчатого клапана

$$h = (Q/\mu\pi d_{\text{ср}}\sin\alpha)(\rho/2\Delta P)^{1/2},$$

Необходимое начальное усилие пружины $F_{\text{пр}}$ определится: для шарикового клапана

$$F_{\text{пр}} = P\pi d_{\text{ср}}^{\,2}/4,$$

для конического и тарельчатого клапанов

$$F_{\text{пр}} = P\pi d_0^{\,2}/4.$$

Далее определяем конструктивные размеры пружины. Диаметр проволоки $d_{\text{пр}}$ в мм определяем по эмпирической зависимости

$$d_{\text{пр}} = 0{,}6(F_{\text{пр}})^{1/2}.$$

Средний диаметр пружины определяем в зависимости от диаметра проволоки

$$D = (4...7)d_{\text{пр}}.$$

Пружину необходимо выбирать с учетом того, чтобы жесткость пружины была по возможности небольшой с целью ограничения влияния расхода жидкости на давление срабатывания клапана.

Шаг пружины в свободном состоянии t может быть принят

$$t = (2{,}0...2{,}5)d_{\text{пр}}.$$

Жесткость одного витка пружины C_1 определится по формуле

$$C_1 = Gd_{\text{пр}}^{\,2}/8D^3,$$

где G - модуль упругости пружинной стали. Для пружинной стали 60С2

$$C = 7{,}85 \cdot 10^4 \text{ МПа}.$$

Число рабочих витков пружины n принимается не менее трех.

Жесткость пружины C определится по формуле

$$C = C_1/n\ .$$

Длина пружины в свободном состоянии H определится по формуле

$$H = nt + id_{\text{пр}},$$

где i - величина, зависящая от числа нерабочих витков n_1; при $n_1 = 2{,}5$ $i = 1{,}5$; при $n_1 = 3$ $i = 2$; при $n_1 = 3{,}5$ $i = 2{,}5$; при $n_1 = 4$ $i = 3$. Начальная деформация пружины h_1 определяется по формуле $h_1 = F_{\text{Н}}/c$. Пружина должна удовлетворять условию $n(t\text{-}d_{\text{пр}}) > h_1$. Диаметр шарика $d_{\text{ш}}$ клапана принимают $d_{\text{ш}} = 1{,}5d_0$. Окончательные значения давлений открытия клапана P_0 и закрытия клапана P_3 и перепад давления ΔP могут быть определены по формулам

$$P_0 = c \cdot h \cdot 4/\pi d_0^2; \qquad P_0 = c \cdot h \cdot 4/(\pi d_0^2/4 + 0{,}5 \cdot S_{\text{к}}); \qquad \Delta P = P_0 \cdot P_{\text{з}},$$

где $S_{\text{К}}$ - площадь контактной поверхности клапана, которая определится:

для шарикового клапана

$$S_{\text{к}} = (d_{\text{ср}} - \text{d}_0^2) \cdot \pi/4\ ;$$

для конического и плоского клапанов

$$S_{\text{К}} = (d_{\text{ср}}^2 - \text{d}_0^2) \cdot \pi/4.$$

4.2. Параметры переливного клапана

Переливной клапан в отличие от предохранительного работает постоянно. В силу такой специфичности его работы запорно-регулирующие элементы в таких клапанах выполняют золотникового или плунжерного типа (см. рис. 3.1, *г*, *д*).

Расход жидкости через клапан Q определится по формуле расхода жидкости через отверстие в тонкой стенке

$$Q = \mu\pi dx[2 \cdot (P_1 - P_2)/\rho]^{1/2},$$

где μ - коэффициент расхода; d - диаметр плунжера (золотника); x - величина открытия канала клапана; P_1 - давление жидкости на входе в клапан; P_2 - давление жидкости на выходе клапана; ρ - плотность жидкости.

Необходимое начальное усилие пружины $F_{\text{пр}}$ определится

$$F_{\text{пр}} = [(P_1\text{-}P_2)\pi d^2/4] - cx - ch_1,$$

где c - жесткость пружины; h_1 - начальная деформация пружины.

4.3. Расчет параметров гидродросселя

Гидродроееель по воздействию на поток жидкости является местным гидравлическим сопротивлением. Поэтому его основные рабочие параметры (перепад давления ΔP и расход жидкости Q) подчиняются закономерностям формирования аналогичных параметров в соответствующих местных гидросопротивлениях.

Перепад давления в дросселе в общем случае может быть выражен зависимостями

$$\Delta P_{\text{ДР}} = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}};$$

$$\Delta P_{\text{ДР}} = K\upsilon^{\text{n}};$$

где $P_{\text{вх}}$, $P_{\text{вых}}$ - давление жидкости на входе в дроссель и выходе из него, соответственно; K - коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции дросселя; n - показатель степени, зависящий от режима течения жидкости. Для ламинарного режима n = 1 и в этом случае дроссель называют линейным, для турбулентного n = 1. Линейные гидродроссели отличаются большой длиной канала дросселирования и неизменной площадью его сечения (см. рис. 3.8, *ж*). Перепад давления в таких дросселях может быть определен по формуле

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{4R} \frac{\upsilon^2}{2} \rho\,,$$

где λ - коэффициент гидравлического трения $\lambda = 64/R_{\text{с}}$; L - длина канавки винта, $L = \pi dm$; d - средний диаметр канавки; m - число витков винта дросселя в работе; R - гидравлический ра-

диус, $R = ав/2(а + в)$; $а$, $в$ - ширина и высота канавки; υ - скорость течения жидкости в расходном окне дросселя; ρ - плотность жидкости.

В случаях, когда расходное окно линейного гидродросселя выполнено в виде круглого отверстия, перепад давления в дросселе определится по формуле Пуазейля

$$\Delta P = \frac{128 Q_{\text{др}}^2 \rho \nu L}{\pi d^4},$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости; L - длина рабочего окна дросселя; d - диаметр окна; $Q_{\text{др}}$ - расход жидкости через дроссель.

Для нелинейного гидродросселя (см. рис. 3.8, *а*, *б*, *д*, *е*, *з*) перепад давления определится в долях скоростного напора по формуле

$$\Delta P = \varepsilon \frac{\upsilon^2}{2} \rho,$$

где ε - коэффициент местного гидросопротивления.

Значения этих коэффициентов для различных конструкций дросселей определяют экспериментально. Для часто встречаемых типов гид-Росопротивлений они приводятся в справочной литературе.

Для пакетных дросселей (см. рис. 3.8, *в*) потери давления при течении жидкости через отверстия с острой кромкой рассчитываются по формуле

$$\Delta P = \frac{Q_{\text{др}}^2 \rho i}{2 \mu^2 S_0^2},$$

где ρ - плотность жидкости; i - число пластин (диафрагм) в дросселе; μ - коэффициент распада; S_0 - площадь сечения отверстия дросселя.

Расход жидкости гидродросселем определяется по формуле расхода жидкости через отверстие в тонкой стенке

$$Q_{\text{др}} = \mu A A_{\max} (2 \Delta P_{\text{др}} / \rho)^{1/2},$$

где A - параметр регулирования дросселя, $A = S_{\text{др}}/S_{\max} = 0...1$. $S_{\text{др}}$, $S_{\max}$ - текущее и максимальное значение площади расходного окна гидродросселя.

Коэффициент расхода дросселя может быть принят для игольчатых дросселей μ = 0,75...0,8; для щелевых дросселей μ = 0,55...0,7.

ПРИМЕР.

Рабочая жидкость плотностью ρ = 900 кг/м поступает через регулируемый дроссель в поршневую полость гидроцилиндра (D = 100 мм, d = 60 мм) (рис. 4.1) и перемещает нагрузку R = 15 кН. Определить скорость перемещения нагрузки, если диаметр отверстия рабочего окна дросселя P_1 = 2 мм, коэффициент расхода μ = 0,65, давление жидкости перед дросселем P_1 = 10 МПа, давление в сливной гидролинии $P_з$ = 0,1 МПа. Движение поршня считать равномерным, массами поршня и штока, а также трением и утечками жидкости пренебречь. Определить диаметр рабочего окна дросселя для случая, когда скорость Перемещения нагрузки возросла вдвое.

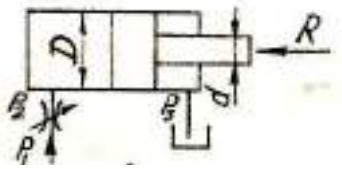


Рис. 4.1. Расчетная схема

РЕШЕНИЕ.

Составим уравнение равновесия системы

$$R + P_3 \frac{\pi}{4} \left(D^2 - d^2 \right) = P_2 \frac{\pi D^2}{4}.$$

Находим из полученного уравнения давление P_2 в поршневой полости гидроцилиндра

$$P_2 = 0{,}1\left[1 - \left(\frac{60}{100}\right)^2\right]\frac{4 \cdot 15}{3{,}14 \cdot 0{,}1^2 \cdot 10^3} = 2 \text{ МПа}$$

Расход масла гидроцилиндром равен расходу масла дросселем

$$Q = \mu\frac{\pi d_{др}^2}{4}\sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}};$$

$$Q = 0{,}65\frac{3{,}14 \cdot 0{,}002^2}{4}\sqrt{\frac{2(10 - 2) \cdot 10^6}{90}} = 106 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Скорость перемещения нагрузки и определится

$$\upsilon = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 106 \cdot 10^6}{3{,}14 \cdot 0{,}1^2} = 13503 \cdot 10^{-6} = 0{,}013 \text{ м/с}$$

Для реализация вдвое большей скорости перемещения нагрузки необходимо обеспечить расход жидкости гидроцилиндра Q_2

$$Q_2 = 2\upsilon\pi D^2/4 = 2 \cdot 10^{-4}/0{,}65\sqrt{\frac{900}{2 \cdot (10 - 2) \cdot 10^6}} = 2{,}3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Требуемая площадь рабочего окна дросселя, обеспечивающая расход

$$S_2 = \frac{Q_2}{\mu}\sqrt{\frac{\rho}{2(P_1 - P_2) \cdot 10^6}} = 2 \cdot 10^{-4}/0{,}65\sqrt{\frac{900}{2 \cdot (10 - 2) \cdot 10^6}} = 2{,}3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Диаметр отверстия окна дросселя определится:

$$d = (4S_{др}/\pi)^{1/2} = (4 \cdot 2{,}3 \cdot 10^6/3{,}14)^{1/2} = 1{,}7 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГИДРОПРИВОДА

Вспомогательные элементы обеспечивают устойчивую работу гидросистемы, повышают ее надежность и степень использования. К ним относятся фильтры, уплотнения, гидроаккумуляторы и элементы связи (гидролинии).

6.1. Фильтры

Фильтры служат для очистки рабочей жидкости от механических примесей. Механические примеси попадают в гидросистему при сборке (металлическая стружка, остатки абразива, окалина) и при работе через неплотности соединений, содержатся в рабочих жидкостях при заливке, попадают в гидросистему в процессе ведения монтажных и ремонтных работ.

В зависимости от крупности твердых частиц фильтры бывают грубой очистки, которые удерживают частицы до 0,1 мм, номинальной очистки – до 0,01 мм, тонкой очистки – до 0,05 мм и особо тонкой очитстки – до 0,001 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 62 с.
2. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 346 с.
3. Суслов Н. М., Чернухин С. А. Элементная база объемного гидропривода: учебное пособие. Уральский государственный горный университет. - 2-е изд. - Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023. - 172 с.
4. Суслов Н. М., Чиркова А. А. Проектирование и расчет объемного гидропривода: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 78 с.

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

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

к контрольным и лабораторным работам
для обучающихся по дисциплине

Б1.О.34 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОРИВОД

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Автор: Суслов Н. М., д-р техн. наук, профессор

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 31.08.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Самостоятельное выполнение расчетов является одним из важнейших этапов успешного усвоения дисциплины «Гидравлика, гидро- и пневмопривод», на котором приобретаются навыки пользования соответствующими расчетными зависимостями и, что особенно важно, достигается отчетливое понимание их физического смысла.

Для изучения теоретических положений гидропривода и анализа типовых задач могут быть использованы следующие учебники и задачники:

1. Н. С. Гудилин и др. Гидравлика и гидропривод (под общей редакцией И.Л.Постоева). - М.: Изд. МГГУ, 2001.- 519 с.

2. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин: учебник для вузов по специальности «Горные машины и комплексы» – М.: Машиностроение, 1979. – 319 с.

3. Гейер В.Г., Дулин В.С. Гидравлика и гидропривод. – М.: Недра, 1990;

4. Бутаев Д.А. Сборник задач по машиностроительной гидравлике. Под. ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвидза. – М.: Энергия, 1982;

После этого студент может приступать к выполнению контрольной работы.

Приступая к решению задачи, необходимо добиться четкого понимания исходных условий и полной ясности в том, что требуется получить в результате решения поставленной задачи.

При выполнении контрольной работы студент может использовать учебники и пособия. В этом случае должна быть ссылка на используемую литературу. Номера задач выбираются в соответствии с вариантом, заданным преподавателем.

При решении задач следует принять Международную систему единиц измерения – СИ. Для облегчения перевода различных единиц давления в систему СИ в приложении приводится таблица соотношения. Кроме того, приведены некоторые справочные данные, необходимые для решения задач.

Объемным гидроприводом называется привод, в состав которого входит гидравлический механизм, в котором рабочая среда (жидкость) находится под давлением, с одним или более объемными гидродвигателями. Простейший объемный гидропривод, как правило, включает в себя насос, гидродвигатель, соединенные гидролиниями, и вспомогательные устройства – фильтры, гидробаки, теплообменники и т. д.

Гидравлическая машина – это машина, предназначенная для создания или использования потока жидкой среды как носителя энергии.

Гидромашины делятся на насосы и гидродвигатели, которые по принципу действия могут быть динамическими и объемными.

Насос представляет собой машину для создания потока жидкой среды. В динамическом насосе жидкость перемещается под силовым воздействием на нее в камере, постоянно сообщающейся со входом и выходом насоса. В

объемном насосе жидкость перемещается путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщающейся со входом и выходом насоса.

Гидродвигатель служит для преобразования энергии потока жидкости в энергию выходного звена. К динамическим гидродвигателям относятся различного рода гидротурбины с неограниченным вращательным движением выходного звена (вала). Объемными гидродвигателями являются гидроцилиндры с возвратно-поступательным движением выходного звена (штока или плунжера), поворотные гидродвигатели с ограниченным движением выходного звена (вала) и гидромоторы с вращательным движением вала.

Рассмотрим основные технические показатели объемных гидромашин.

Объемная подача насоса Q – это отношение объема подаваемой жидкости ко времени.

Идеальная подача насоса $Q_{и}$ - это сумма подачи и объемных потерь насоса. Идеальная подача жидкой среды определяется геометрическими размерами и частотой вращения рабочих органов, а также конструктивными факторами гидромашин.

Для объемных насосов

$$Q_{и} = q_{о} \cdot n,$$

где $q_{о}$ - рабочий объем насоса; n - частота вращения вала насоса.

Рабочий объем насоса – это разность наибольшего и наименьшего значений замкнутого объема за оборот или двойной ход рабочего органа насоса.

Полезная мощность насоса $N_{п}$ – это мощность, сообщаемая насосом подаваемой жидкости.

Потребляемая насосом мощность вычисляется по формуле

$$N_{н} = M \cdot \omega / \eta,$$

где M – крутящий момент на валу насоса; ω - угловая скорость вращения вала; η - КПД насоса.

Мощность, потребляемая насосом, больше полезной мощности $N_{п}$ из-за неизбежных потерь внутри насоса.

Полезная мощность гидромотора

$$N_{п} = M_{гм} \cdot \omega,$$

где $M_{гм}$ – момент на выходном звене гидромотора.

Потребляемая мощность гидромотора и гидроцилиндра определяется по зависимости

$$N_{гм} = \Delta p_{гм} \cdot Q,$$

где $\Delta p_{гм}$ - перепад давления в гидромоторе, который зависит от разности давлений на входе p_1 и выходе p_2 гидромотора, т.е. $\Delta p_{гм} = p_1 - p_2$; Q – расход жидкости гидромотора.

Для гидроцилиндров полезную мощность вычисляют по следующей зависимости

$$N_{гц} = R \cdot v,$$

где R – усилие на штоке гидроцилиндра; v – скорость штока.

Теоретический крутящий момент на валу гидромотора определяется по формуле

$$M = (\Delta p_{гм} \cdot q_о)/2\pi.$$

С учетом механических потерь определяется действительное значение крутящего момента

$$M = (\Delta p_{гм} \cdot q_о \cdot \eta_{мех})/2\pi,$$

где $\eta_{мех}$ – механический КПД гидромотора.

Эффективность конструкции определяется КПД насоса, т.е. отношением полезной мощности к мощности, потребляемой гидромашиной

$$\eta = N_п/N.$$

Потери мощности в гидромашинах принято подразделять на три вида и оценивать соответствующим КПД.

Различают:

- гидравлический КПД ($\eta_г$), являющийся отношением полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, затраченной на преодоление гидравлических сопротивлений;

- механический КПД ($\eta_{мех}$) – это величина, выражающая относительную долю механических потерь в насосе;

- объемный КПД ($\eta_о$) – это отношение полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, потерянной с утечками.

Общий КПД гидромашины представляет собой произведение трех вышеуказанных КПД:

$$\eta = \eta_{мех} \cdot \eta_г \cdot \eta.$$

Частота вращения вала гидромотора во многом зависит от объемных потерь в гидромашине и поэтому определяется

$$n = Q \cdot \eta_о / q_о.$$

1. ШЕСТЕРЕННЫЕ МАШИНЫ

Насосы, в которых перемещение рабочей жидкости из всасывающей полости в напорную осуществляется вращающимися и находящимися в зацеплении шестернями, называются *шестеренными*. Эти насосы получили большое распространение благодаря своей простоте и надежности. Шестеренные машины чаще используются в качестве насосов и реже в качестве гидродвигателей. Они могут выполняться с шестернями внешнего и внутреннего зацепления, но последние применяются редко. Шестеренные машины по количеству шестерен бывают с двумя и с тремя шестернями. Насос с тремя шестернями имеет производительность в два раза больше, чем насос с двумя шестернями, но момент, необходимый для его привода, в два раза выше. Насосы с тремя шестернями могут применяться для подачи жидкости в две независимые магистрали.

Шестеренные машины способны работать в гидроприводах при давлениях до 10-20 МПа; созданы насосы, пригодные для работы при давлении 30 МПа. Подача шестеренных насосов низкого давления доходит до 1000 л/мин. Машины обладают компактностью и высокой долговечностью. Шестеренные машины допускают относительно высокие числа оборотов, обычным является 210...420 рад/с.

В простейшем случае конструкция шестеренной машины (рис. 1.1) представляет собой пару шестерен, находящихся в зацеплении, установленная в плотно охватывающем корпусе (с малыми зазорами). При вращении шестерен жидкость, заполняющая их впадины, переносится из полости всасывания в полость нагнетания, где при вступлении очередной пары зубьев в зацепление происходит вытеснение жидкости, перенесенной во впадине одной шестерни зубом другой шестерни. Таким образом, рабочие камеры насоса ограничены впадинами зубьев и расточкой корпуса насоса. Жидкость выталкивается в напорную магистраль зубьями шестерен, вступающими в зацепление. В отдающую полость насоса выталкивается не вся жидкость, заполняющая впадины между зубьями, а часть ее попадает обратно в полость всасывания между расточкой корпуса и выступами зубьев (радиальные утечки) и через торцевые зазоры между шестернями и крышками насоса (торцевые утечки). Утечки через торцевые зазоры составляют 70...80 % суммарных утечек жидкости в шестеренной машине. Стыковые полости корпуса насоса и крышек обработаны шлифованием. Однако это не гарантирует отсутствие утечек масла через эти стыки. Для исключения этих утечек стыковые поверхности корпуса и крышек уплотняются специальными прокладками.

В процессе работы шестеренных насосов при некоторых положениях точки зацепления жидкость запирается во впадинах шестерен и при повороте шестерен давление запертой жидкости значительно возрастает, что приводит к излишним потерям энергии, перегрузке осей, подшипников насоса и перегреву рабочей жидкости. Для устранения такой компрессии жидкости во впадинах шестерен при переходе зубьев через линию центра, в насосе предусмотрены дренажные каналы, по которым жидкость отводится в камеры отдающей полости насоса.

Изменение подачи насосов достигается за счет изменения ширины шестерен, у которых все остальные размеры остаются идентичными.

Рабочий объем шестеренной гидромашины определяется по зависимости

$$q_o = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b = 2 \cdot \pi \cdot D_н \cdot m \cdot b$$

где m – модуль зацепления; z – число зубьев; b – ширина шестерни; $D_н$ – диаметр начальной окружности.

Подача объемного насоса

$$Q = q_o \cdot n \cdot \eta_o,$$

где n – частота вращения вала; η_o – объемный КПД гидромашины.

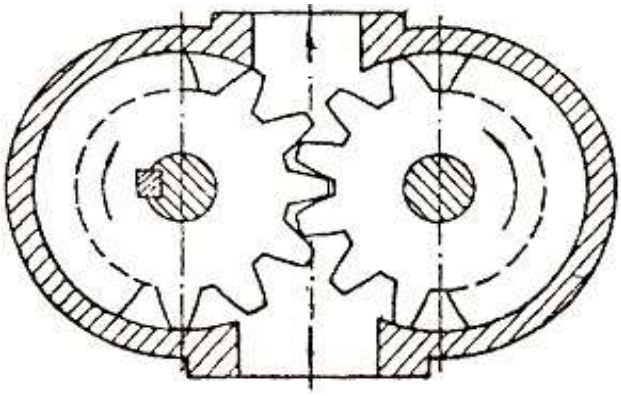


Рис. 1.1. Конструкция шестеренной машины

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите принцип действия шестеренного насоса.
2. Как отводятся торцевые утечки в полость всасывания?
3. Как устраняется запирание жидкости во впадинах шестерен?
4. Какие существуют уплотнения в шестеренных насосах?
5. Почему не все шестеренные насосы реверсивны?
6. Как регулируется подача шестеренного насоса?

2. ПЛАСТИНЧАТЫЕ МАШИНЫ

Насосы, в которых перемещение рабочей жидкости осуществляется вращающимися и одновременно движущимися возвратно-поступательно в пазах ротора пластинами (шиберами), называются *пластинчатыми* (шиберными). В практике эти насосы часто называют лопастными, что не соответствует их принципу действия. Эти насосы выпускаются постоянной и переменной подачи, однократного и многократного действия. Серийные пластинчатые машины предназначены для работы в гидроприводах при давлениях 6,3 МПа и 12,5 МПа. В горном машиностроении широкое применение имеют нерегулируемые пластинчатые насосы двукратного действия подачей от 5 до 200 л/мин.

Из всего многообразия пластинчатых насосов в гидроприводах горных машин наиболее часто применяются насосы двукратного действия. Для них рекомендуются масла индустриальное 20 и 30.

Устройство простейшего пластинчатого насоса однократного действия схематично показано на рис. 2.1. В цилиндрической расточке корпуса насоса – статоре эксцентрично вращается цилиндрический ротор, имеющий радиальные пазы (наклоненные по отношению к радиусу ротора в сторону вращения), в которых установлены пластины-вытеснители. Наличие угла наклона предотвращает заклинивание пластин в пазах в зоне нагнетания насоса, когда пластины своими концами скользят по переходной кривой профиля

статора от его большего радиуса к меньшему. У насосов, выпускаемых нашей промышленностью, пазы ротора имеют следующий наклон к радиусу: при диаметре ротора 56...85 мм – 13...15°, при диаметре 140 мм – 7...8°. Наклонное положение пластин допускает вращение ротора только в одну сторону - по часовой стрелке со стороны приводного вала. В случае необходимости изменения направления вращения приводного вала насоса ротор с пластинами, статор и диски поворачивают на 180° относительно оси, перпендикулярной оси ротора, с одновременным поворотом статора и дисков на 90° относительно оси ротора.

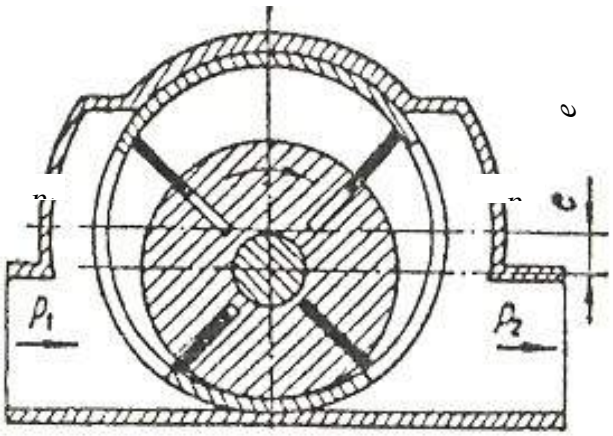


Рис. 2.1. Устройство простейшего пластинчатого насоса однократного действия

Во время перемещения пластин от дуги малого радиуса к дуге большого радиуса они выдвигаются из пазов, и объем пространства между ротором, статором и двумя соседними пластинами увеличивается, возникает разрежение и происходит всасывание. Затем жидкость, поступившая в насос, переносится пластинами ближе к отдающей камере. Здесь объем, заключенный между ротором, статором и двумя соседними пластинами, уменьшается и происходит нагнетание. Всасывание и нагнетание происходит через окна в бронзовых дисках, которые соединяют соответствующие полости насоса со всасывающим и нагнетательным отверстиями в корпусе насоса. Каждый диск насоса двукратного действия имеет четыре окна: два для всасывания и два для нагнетания жидкости (рис. 2.2), расположенных крестообразно и соединенных каналами попарно со всасывающим и нагнетательным отверстиями в корпусе насоса.

Для предотвращения наружных утечек по валу насоса применяют уплотнения из фетра. Внутренние утечки, проникающие через различные зазоры, попадают в полость вала насоса, а затем отводятся в маслобак через отверстие в штуцере и отводную трубку.

Итак, объем, заключенный между соседними пластинами, по мере вращения ротора изменяется по величине. Рабочий объем пластинчатого насоса однократного действия определяется по зависимости

$$q_o = 2 \cdot e \cdot (2 \cdot \pi \cdot R - z \cdot \delta) \cdot b,$$

где e – эксцентриситет; R – радиус статора; z – число пластин; δ – толщина пластин; b – ширина пластин.

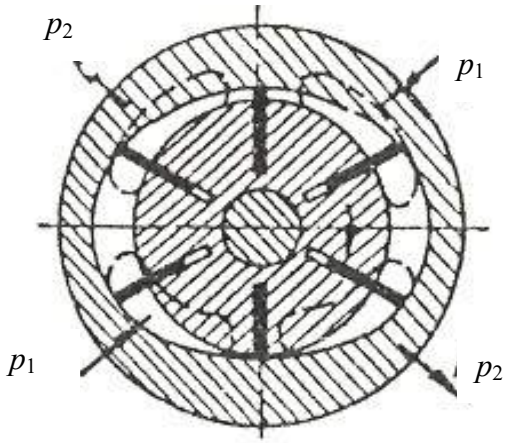


Рис. 2.2. Устройство простейшего пластинчатого насоса двукратного действия

В пластинчатом насосе двукратного действия (см. рис. 2.2) подача жидкости из каждой рабочей камеры за один оборот ротора производится дважды. Ротор в таком насосе установлен концентрично статору ($e = 0$), внутренняя поверхность которого имеет специальный профиль, близкий к эллиптическому. Рабочий объем насоса двукратного действия определяется

$$q_o = 2 \cdot b \cdot [\pi \cdot (R_1^2 - R_2^2) - (R_1 - R_2) \cdot z \cdot \delta],$$

где R_1 и R_2 – соответственно большая и малая полуоси профиля поверхности статора.

Подача пластинчатого насоса вычисляется по вышеприведенной зависимости с учетом объемного КПД.

Рабочий объем и подачу пластинчатого насоса однократного действия можно регулировать путем изменения эксцентриситета.

Пластинчатые гидромоторы предназначены для применения в реверсивных регулируемых и нерегулируемых гидроприводах, в гидроприводах, требующих частых включений или автоматического и дистанционного управления, к которым не предъявляются высокие требования к жесткости механической характеристики.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите принцип действия пластинчатого насоса.
2. Что такое кратность действия объемной машины?
3. Можно ли допустить вращение приводного вала в любом направлении?

4. Для чего сделан наклон пластин к радиусу ротора?

5. Типы утечек и методы их устранения.

6. Каково назначение пластинчатого гидромотора?

7. Чем формируется давление жидкости на выходе из насоса при подаче ее потребителю?

3. РАДИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫЕ МАШИНЫ

Объемные машины, вытеснителями которых являются поршни, называются *поршневыми*. Отличительной особенностью радиально-поршневых машин является радиальное расположение их цилиндров по отношению к оси вращения ротора или приводного вала. Эти машины могут выполняться с вращающимся или неподвижным блоком цилиндров. Цилиндры могут располагаться в один или несколько рядов или звездообразно. Поскольку существуют способы точной обработки тел вращения, пару цилиндр-поршень можно изготовить с минимальным зазором. Это обеспечивает получение высоких объемных КПД при значительных давлениях. Российская промышленность серийно изготавливает насосы такого типа на давления 20...32 МПа.

Радиально-поршневые гидромашины могут быть роторными и безроторными. Схема роторного радиально-поршневого насоса дана на рис. 3.1.

В теле ротора *1* предусмотрено несколько радиальных цилиндров, в которых установлены поршни *2*. Ось вращения ротора смещена на величину *e* относительно оси обоймы *3* статора. Поршни *2*, вращаясь вместе с ротором, участвуют одновременно в возвратно-поступательном направлении и тем самым осуществляют изменение объемов рабочих камер. Цилиндры, в которых поршни перемещаются от центра к перифирии, заполняются жидкостью, а противоположные – вытесняют жидкость. Распределение жидкости между цилиндрами осуществляется через цапфу. Такие машины являются регулируемыми. Поршни всегда прижимаются к обойме центробежными силами.

В безроторных радиально-поршневых гидромашинах цилиндры размещены в неподвижном корпусе. Возвратно-поступательное движение поршни получают от экцентрикового вала. Распределение жидкости осуществляется клапанами.

Для увеличения долговечности диаметры поршней и эксцентриситет у этих насосов принимаются небольшими. Диаметры поршней обычно 16...25 мм, а эксцентриситет - 5...10 мм. Поэтому подача у этих насосов при небольшом числе цилиндров невелика. Расположение более пяти поршней в ряд увеличивает длину и снижает жесткость эксцентрикового вала. Поэтому, как правило, в одном ряду делается три поршня. Для повышения подачи применяется компоновка насосов с расположением поршней в два ряда, друг против друга. Эта конструкция также не лишена недостатков. Для объединения потоков масла от двух групп цилиндров необходимы дополнительные трубопроводы и коллектор. Сходящиеся в коллекторе потоки масла пересекают

друг друга, что приводит к дополнительным потерям энергии и снижению КПД.

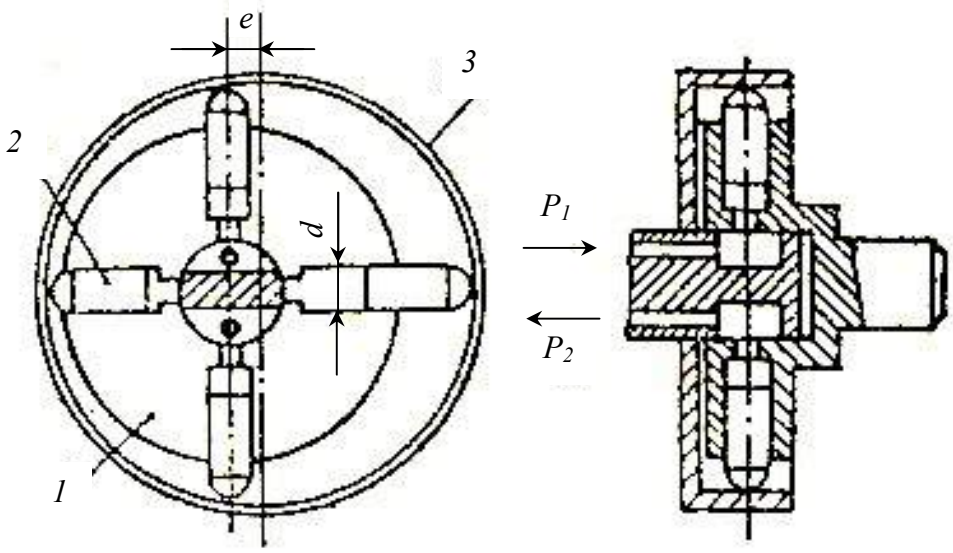


Рис. 3.1. Схема роторного радиально-поршневого насоса

Рабочий объем радиально-поршневого насоса определяется по зависимости

$$q_o = (2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot e \cdot z)/4,$$

где d - диаметр цилиндра; e - эксцентриситет; z - количество цилиндров.

Подача насоса определяется по формуле, приведенной выше, с учетом объемного КПД.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите общее устройство и назначение радиально-поршневого насоса.
2. Принцип действия радиально-поршневого насоса.
3. Чем обеспечивается ход поршня при всасывании?
4. Какой путь проходит жидкость при нагнетании?
5. Что такое кратность действия насоса?

4. АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫЕ МАШИНЫ

Насосы, у которых вытеснителями являются поршни, расположенные в цилиндрах, оси которых параллельны оси блока цилиндров, называют *аксиально-поршневыми*. Такие насосы широко применяются в горных машинах, особенно в тех приводах, где требуется плавное регулирование скорости. Расположение осей поршней параллельно друг другу значительно снижает

момент инерции ротора машины и позволяет увеличить скорость вращения. Скорость вращения приводного вала этих машин 180...418 рад/с. Максимальное давление достигает 50...70 МПа. Достоинства аксиально-поршневых машин: высокая подача, малый вес на единицу мощности, высокий КПД, распределение рабочей жидкости происходит без клапанов через торцевые распределители.

Аксиально-поршневые насосы по конструкции могут быть выполнены с наклонным диском или с наклонным блоком цилиндров. Они могут быть регулируемые и нерегулируемые, могут иметь плоский или сферический распределитель.

Устройство аксиально-поршневого насоса показано на рис. 4.1.

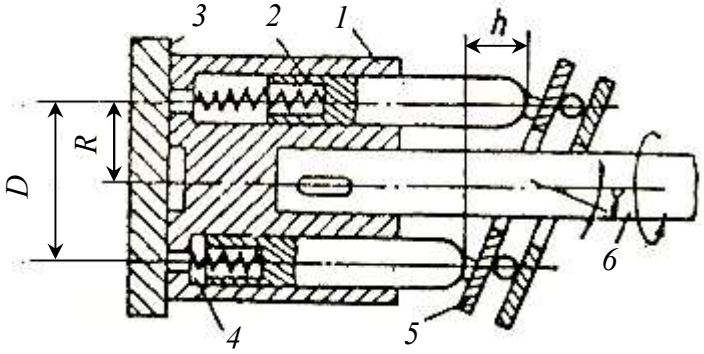


Рис. 4.1. Устройство аксиально-поршневого насоса

В роторе *1* параллельно оси его вращения равномерно по окружности диаметра *D* выполнено несколько сквозных цилиндрических отверстий, которые с одной стороны закрыты подвижными поршнями *2*, а с другой - диском *3*, который выполняет функции распределительного золотника. Поршни *2* своими выступающими сферическими торцами с помощью пружин *4* постоянно прижаты к наклонному диску *5*, установленному в корпусе насоса на упорном подшипнике под углом γ к оси ротора, который приводится во вращение валом *6*. При вращении вала поршни *2* совершают возвратно-поступательное движение относительно ротора, причем за один оборот ротора каждый поршень совершает один всасывающий и один нагнетательный ход. Распределительный диск *3* при этом не вращается. Имеющиеся в нем два дугообразных окна соединены: одно со всасывающим, другое с нагнетательным каналами насоса.

Рабочий объем насоса определяется следующим образом:

$$q_o = \pi \cdot d^2 \cdot D \cdot \mathrm{tg}\gamma \cdot z/4,$$

где d - диаметр поршня; z - количество поршней; D – диаметр окружности размещения осей цилиндров.

В технике широко применяют аксиально-поршневые насосы с наклонным блоком (рис. 4.2). Некоторые типы аксиально-поршневых насосов допускают регулирование рабочего объема и подачи насоса изменением угла γ.

Аксиально-поршневые насосы переменной подачи имеют небольшие непринципиальные различия в конструктивном оформлении отдельных узлов.

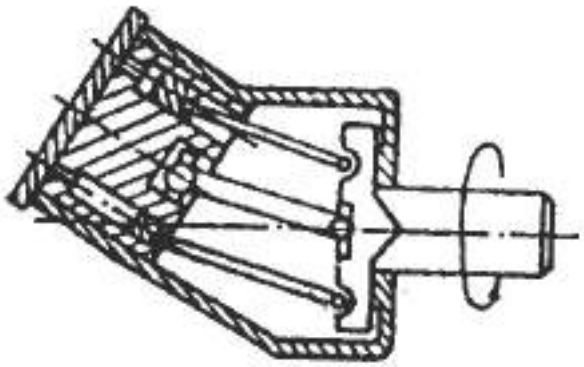


Рис. 4.2. Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком

Синхронное вращение блока цилиндров и вала насоса осуществляется при помощи несилового кардана.

Для поворота блока цилиндров при изменении подачи насоса используют гидроцилиндры, установленные в корпусе насоса.

Аксиально-поршневые машины, как правило, имеют встраиваемый дополнительный насос. Он предназначен для восполнения утечек рабочей жидкости в замкнутой системе "насос-гидродвигатель", питания сервопривода управления насосом, предотвращения кавитации и увеличения объемного КПД основного насоса за счет увеличения давления во всасывающей магистрали.

Работает насос следующим образом. При вращении приводного вала через кардан приводится во вращение блок цилиндров. При этом, если блок цилиндров отклонен на некоторый угол от нейтрального положения, поршни начинают двигаться в цилиндрах. При выдвижении поршня из цилиндра под поршнем создается разряжение и происходит всасывание жидкости через соответствующее окно распределителя. При обратном ходе поршня происходит нагнетание жидкости в напорную магистраль.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие машины называются аксиально-поршневыми?
2. Назовите достоинства аксиально-поршневых машин.

3. Опишите принцип действия аксиально-поршневого насоса.
4. Как регулируется подача насоса?
5. Чем поворачивается блок цилиндров насоса?
6. Перечислить функции вспомогательного насоса.
7. Чем обеспечивается синхронное вращение приводного вала и блока цилиндров насоса?

5. ГИДРОАППАРАТУРА

Гидродроссель. Гидродроссель – это гидроаппарат управления расходом, предназначенный для создания сопротивления потоку рабочей жидкости. Он представляет собой местное сопротивление с наперед заданными характеристиками, что обеспечивает поддержание желаемого перепада давления при определенном расходе рабочей жидкости.

Различают *линейные дроссели* (вязкостного сопротивления) и *нелинейные*. В первых потери давления определяются, в основном, трением в канале, имеющем достаточно большую длину. При этом устанавливается ламинарный режим течения и перепад прямо пропорционален скорости течения в первой степени. Расход через дроссель в этом случае определяют по формуле

$$Q=\frac{\pi d^4}{128\nu l\rho}\Delta p_{др},$$

где t и d – длина и диаметр канала дросселя;

ν – кинематическая вязкость;

ρ – плотность жидкости;

$\Delta p_{др} = p_1 - p_2$ – перепад давления в дросселе;

p_1 и p_2 – давление до и после дросселя.

В нелинейных дросселях потери давления обусловлены отрывом потока от стенок и вихреобразованием. Наиболее распространенными из них являются квадратичные дроссели, потери давления в которых прямо пропорциональны квадрату расхода:

$$Q = \mu S_{др}\sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta p_{др}} = \mu S_{др}\sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)},$$

где μ – коэффициент расхода, равный для щелевых дросселей 0,64...0,70, для игольчатых 0,75...0,80; $S_{др}$ – площадь проходного сечения дросселя. Простейший квадратичный дроссель представляет собой весьма малое отверстие с острой кромкой, длина которого составляет 0,2...0,5 мм.

Гидроклапан. Гидроклапан – это гидроаппарат, в котором размеры рабочего проходного сечения изменяются от воздействия потока рабочей жидкости. Гидроклапаны бывают регулирующие или направляющие. Гидроклапан давления – это регулирующий гидроаппарат, предназначенный для управления давлением рабочей жидкости.

Напорный гидроклапан – это гидроклапан давления, предназначенный для ограничения давления в подводимом к нему потоке жидкости. Запорно-регулирующий элемент напорных гидроклапанов бывает шариковый, конический, золотниковый.

Расход жидкости, проходящий через щель напорного гидроклапана, определится

$$Q = \mu S_{кл}\sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta p_{к}} = \mu S_{кл}\sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)},$$

где μ - 0,62...0,70 - коэффициент расхода, для игольчатых 0,75...0,80;

$S_{кл}$ – площадь щели клапана;

$\Delta p_к$ – перепад давления в клапане;

p_1 и p_2 – давление на входе и выходе из клапана.

Для кромовочных клапанов

$$S_{кл} = \pi dz \sin\beta,$$

где d – диаметр входного канала;

z – высота подъема запорно-регулирующего элемента;

β – половина угла конуса, причем

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\upsilon}},$$

где υ – скорость во входном канале (обычно не превышает 15 м/с, и лишь при давлении свыше 20 МПа ее допускаемое значение 30 м/с).

Равновесие запорно-регулирующего элемента клапана в момент начала открытия характеризуется равенством

$$F_0 = p_{ко} S_{окл} = cz_0,$$

где F_0 – усилие пружины в момент открытия клапана;

c – жесткость пружины;

z_0 – предварительная деформация пружины.

При установившемся движении жидкости через щель открытого клапана равновесие его запорно-регулирующего элемента выражается уравнением

$$F_п = c\,(z_0 + z) - p_к S_{кл} - F_\upsilon - F_с,$$

где F_υ - уменьшение силы из-за движения потока в зоне щели, приближенно определяемое по формуле

$$F_\upsilon = \rho Q \upsilon_щ \cos\beta,$$

где $\upsilon_щ$ – скорость жидкости в щели; Q – расход; $F_с$ – увеличение силы в результате натекания потока со стороны седла

$$F_с = \rho Q \upsilon,$$

где υ – скорость жидкости во входном канале клапана.

Золотниковый распределитель. Гидрораспределитель – это направляющий гидроаппарат, предназначенный для управления пуском и направлением потока жидкости в двух или более гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействия. Наибольшее распространение в технике получили золотниковые распределители.

При установившемся режиме расход жидкости через золотник

$$Q = \mu S_з \sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta p_з} = \mu S_з \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)},$$

где μ = 0,60...0,75 – коэффициент расхода; $S_з = \pi D_х$ – площадь перекрываемого проходного сечения золотника (D – диаметр золотника, х – ширина рабочей щели перекрываемого канала, $\Delta p_з$ – перепад давления в золотнике, p_1 – давление на входе, p_2 – давление на выходе из золотника).

Осевая сила, необходимая для перестановки золотника (в отсутствие пружинного возврата), определяется выражением

$$F_з = F_и + F_{гд} + F_{тр},$$

где $F_и$ – сила инерции; $F_{гд}$ – осевая гидродинамическая сила; $F_{тр}$ – сила трения, равная сумме сил трения покоя и движения со смазкой $F_{тр.с.}$, причем по экспериментальным данным сила трения покоя составляет примерно $(0{,}23...0{,}34)F_з$, а сила трения в движении со смазкой

$$F_{тр.с.} = \rho \nu_з S_з \upsilon_з / \delta,$$

где $\nu_з$ – кинематическая вязкость; ρ - плотность жидкости; $\upsilon_з$ – скорость движения золотника; $S_з$ – площадь щели, перекрываемой золотником; δ - радиальный зазор между плунжером и корпусом распределителя.

При пропуске жидкости через золотниковый распределитель возникают осевые гидродинамические силы. Одна из них $F_{1гд}$ появляется вследствии снижения давления в области кромок выходной щели, а другая $F_{2гд}$ – в результате натекания потока на торец сливной кромки. Поскольку эти силы действуют в одну сторону, противоположную перестановочной силе $F_з$, их определяют суммарно.

$$F_{гд} = F_{1гд} + F_{2гд} = 2Q\cos\alpha\sqrt{\rho\Delta\rho_з},$$

где Q –расход жидкости; ρ - плотность жидкости; $\Delta p_з$ – перепад давления в золотнике; α - угол наклона потока относительно оси золотника при вытекании из выточки (согласно теоретическим исследованиям Ю.З. Захарова $\alpha \approx 69^0$).

Сила инерции зависит от ускорения a и приведенной массы m золотника и связанных с ними деталей

$$F_и = ma.$$

Контрольные вопросы и задания

Направляющая гидроаппаратура

1. Для чего предназначен направляющий гидроаппарат?
2. Как различаются направляющие аппараты по принципу действия?
3. Назовите требования к распределителям.
4. Каков принцип условного обозначения направляющих устройств?
5. Как на условном обозначении распределителя отражается число позиций?

Золотниковые гидрораспределители

1. Какие существуют виды перекрытий в золотниковом распределителе?
2. Когда используют золотники с нулевым перекрытием?
3. Чем объясняется наличие зоны нечувствительности на расходной характеристике золотникового распределителя?
4. Что такое облитерация золотника и способы ее устранения?

5. Назовите составляющие силы сопротивления перемещению золотника.

6. Какие существуют способы управления золотниками?

Крановые распределители

1. Назовите достоинства и недостатки крановых распределителей.
2. Что такое неуравновешенность крана?
3. Каким образом достигается уравновешенность крана?

Клапанные распределители

1. Какой распределитель называют клапанным?
2. В каких случаях применяют клапанные распределители?
3. Назовите достоинства и недостатки клапанных распределителей.

Регулирующая гидроаппаратура. Регулируемые дроссели

1. Что такое гидродроссель?
2. Какой дроссель называется демпфером?
3. Как обозначают дроссели на гидросхемах?
4. Какой дроссель называют линейным, нелинейным?
5. Какие факторы определяют пропускную способность дросселя?
6. Назовите типы запорно-регулирующих элементов дросселей.
7. Что такое параметр регулирования дросселя?

Дроссели с регулятором

1. Для чего предназначены регуляторы расхода?
2. Комбинацию каких элементов представляет собой дроссель с регулятором?
3. Назовите достоинства дросселя с регулятором.
4. Как обозначают на схемах дроссель с регулятором?

Редукционные клапаны

1. Назначение редукционного клапана.
2. За счет чего понижается давление на выходе редукционного клапана?
3. Как обозначается на гидросхемах редукционный клапан?
4. Зависит ли давление на выходе от давления на входе?

Предохранительные клапаны

1. Где устанавливаются в гидросхеме предохранительные клапаны?
2. Какие требования предъявляют к предохранительным клапанам?
3. Что значит клапан прямого и непрямого действия?
4. Назовите типы запорно-регулирующих элементов предохранительных клапанов.
5. В чем недостатки предохранительных клапанов без центрирования рабочего элемента?
6. Какие клапаны называют переливными?
7. Чем может быть заменена пружина в предохранительном клапане?

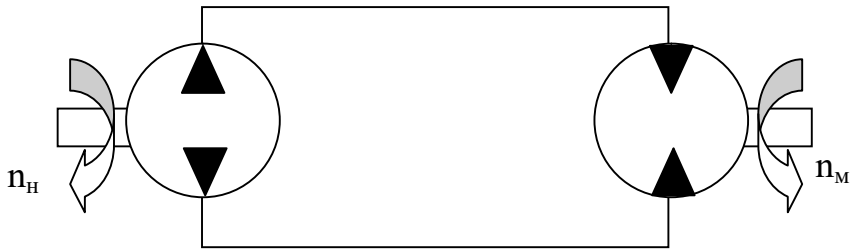
Делители потока, реле, гидрозамки

1. Для чего предназначен делитель потока?
2. Какие типы синхронизаторов существуют?
3. Как обозначается на гидросхемах делитель потока?
4. На чем основан принцип действия гидравлического реле времени?
5. Для чего применяют гидрозамки?
6. Какие типы гидрозамков существуют?

ГИДРОПРИВОД

Гидроприводом является система, обеспечивающая передачу механической энергии от источника к потребителю с помощью жидкости. Это совокупность насосов, гидродвигателей и гидроаппаратов, находящихся в определенной взаимосвязи.

По способу циркуляции рабочей жидкости *гидропривод бывает с замкнутой* (рис. 6.1), *разомкнутой и комбинированной системой циркуляции*.



6.1. Гидропривод с замкнутой схемой циркуляции жидкости

Гидропривод бывает регулируемым и нерегулируемым. Если гидропривод состоит из регулируемых насосов и гидродвигателей, или располагает регулирующей гидроаппаратурой, является регулируемым, в противном случае гидропривод является нерегулируемым, т.е. частота вращения вала гидромомтора остается неизменной при работе гидропривода.

В зависимости от типа установленного в приводе гидродвигателя гидропривод бывает с возвратно-поступательным движением, вращательным и поворотным движением выходного звена.

Для регулирования привода с нерегулируемыми гидромашинами в гидросистему устанавливаются дроссели или регуляторы потока. Они могут быть установлены в напорной гидролинии, сливной гидролинии или параллельно гимдродвигателю. При таком регулировании часто жидкости из гидросистемы отводится на слив, не совершая полезной работы.

При использовании регулируемых гидромашин степень использования энергии существенно повышается, а механические характеристики привода являются жесткими, т. е. скорость выходного звена мало зависит от нагрузки на выходном звене привода.

Работу гидропривода оценивают механической и регулировочной характеристиками.

Механическая характеристика отражает зависимость скорости движения выходного звена гидропривода от нагрузки на нем.

Регулировочная характеристика отражает зависимость скорости движения выходного звена гидропривода от параметра регулирования гидромашины.

Необходимо установить, что принцип действия объемного гидропривода основан на высоком объемном модуле упругости жидкости и на законе Паскаля. Знание основных достоинств и недостатков объемного гидропривода позволит обоснованно выбрать тип привода применительно к конкретной горной машине и механизму.

Основными элементами гидравлического привода являются гидравлические машины. Гидравлическими машинами называются машины, в которых жидкость служит носителем механической энергии. К таким машинам относятся насосы, служащие для *восприятия* от жидкости механической энергии и передачи ее ведомому звену гидропривода. При изучении насосов и гидромоторов необходимо уяснить назначение, принцип действия *р* машин, области их возможного использования. При этом необходимо уяснить, что характерной особенностью объемных гидравлических машин является наличие у них одной или нескольких рабочих камер, способных периодически изменять свой объем и соединяться со всасывающей и нагнетающей магистралями.

При изучении этого раздела следует иметь ввиду, что инженеру, не специализирующемуся по гидромашиностроению, не обязательно уметь проектировать гидравлические машины, но надо знать их настолько, чтобы в случае надобности уметь правильно выбрать насос или гидродвигатель, грамотно задавать их основные рабочие параметры, а также уметь эксплуатировать эти машины. Знание характеристик насосов и гидродвигателей позволит правильно их выбирать и эксплуатировать гидравлический привод.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое объемный гидропривод?
2. Назначение объемного гидропривода.
3. Какой гидропривод называется регулируемым?
4. Каким образом гидропривод защищается от перегрузок?
5. Что является источником потерь энергии в гидроприводе?
6. Чем формируется давление жидкости на выходе из насоса при подаче ее гидродвигателю?
7. Чем формируется скорость движения выходного звена гидродвигателя?
8. Какие виды потерь энергии существуют в гидроприводе?
9. Что такое параметр регулирования гидромашины?
10. В каких пределах изменяется параметр регулирования гидромашины?
11. Какие способы регулирования гидропривода существуют?

12. Назовите основные достоинства и недостатки дроссельного регулирования.

13. Назовите основные достоинства и недостатки машинного регулирования гидропривода.

14. В чем проявляется потеря энергии в гидроприводе?

15. Чем отличается получаемый результат при установке в схему гидропривода вместо регулируемого дросселя регулятора потока?

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Таблица для выбора номеров контрольных задач

Вариант	Номера задач по машинам					Вариант	Номера задач по машинам				
1	Ш	Пл.	РП	АП	ГА	**1**	Ш	Пл.	РП	АП	ГА
	2	**3**	**4**	**5**	**6**		**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
01	1,1 а	2,1 а	3,1 а	4,1 а	5,1 а	36	1,1б	2,7а	3,6а	4,5а	5,4а
02	1,2 а	2,2 а	3,2 а	4,2 а	5,2 а	37	1,2б	2,6а	3,5а	4,4а	5,3а
03	1,3 а	2,3 а	3,3 а	4,3 а	5,3 а	38	1,3б	2,5а	3,4а	4,3а	5,2а
04	1,4 а	2,4 а	3,4 а	4,4 а	5,4 а	39	1,4б	2,4а	3,3а	4,2а	5,1а
05	1,5 а	2,5 а	3,5 а	4,5 а	5,5 а	40	1,5б	2,3а	3,2а	4,1а	5,5а
06	1,6 а	2,6 а	3,6 а	4,6 а	5,6 а	41	1,6б	2,2а	3,1а	4,6а	5,6а
07	1,7 а	2,7 а	3,7 а	4,7 а	5,7 а	42	1,7б	2,1а	3,7а	4,7а	5,7а
08	1,1б	2,1б	3,1б	4,1б	5,1б	43	1,1в	2,6б	3,5б	4,4б	5,7б
09	1,2б	2,2б	3,2б	4,2б	5,2б	44	1,2в	2,5б	3,4б	4,7б	5,6б
10	1,3б	2,3б	3,3б	4,3б	5,3б	45	1,3в	2,4б	3,7б	4,3б	5,5б
11	1,4б	2,4б	3,4б	4,4б	5,4б	46	1,4в	2,3б	3,3б	4,2б	5,4б
12	1,5б	2,5б	3,5б	4,5б	5,5б	47	1,5в	2,2б	3,2б	4,1б	5,3б
13	1,6б	2,6б	3,6б	4,6б	5,6б	48	1,6в	2,1б	3,1б	4,5б	5,2б
14	1,7б	2,7б	3,7б	4,7б	5,7б	49	1,7в	2,7б	3,6б	4,6б	5,1б
15	1,1в	2,1в	3,1в	4,1в	5,1в	50	1,1г	2,5в	3,6в	4,4в	5,3в
16	1,2в	2,2в	3,2в	4,2в	5,2в	51	1,2г	2,6в	3,7в	4,5в	5,4в
17	1,3в	2,3в	3,3в	4,3в	5,3в	52	1,3г	2,7в	3,1в	4,6в	5,5в
18	1,4в	2,4в	3,4в	4,4в	5,4в	53	1,4г	2,1в	3,2в	4,7в	5,6в
19	1,5в	2,5в	3,5в	4,5в	5,5в	54	1,5г	2,2в	3,3в	4,3в	5,7в
20	1,6в	2,6в	3,6в	4,6в	5,6в	55	1,6г	2,3в	3,4в	4,2в	5,2в
21	1,7в	2,7в	3,7в	4,7в	5,7в	56	1,7г	2,4в	3,5в	4,1в	5,1в
22	1,1г	2,1г	3,1г	4,1г	5,1г	57	1,1д	2,4г	3,3г	4,2г	5,2г
23	1,2г	2,2г	3,2г	4,2г	5,2г	58	1,2д	2,5г	3,4г	4,3г	5,3г
24	1,3г	2,3г	3,3г	4,3г	5,3г	59	1,3д	2,6г	3,5г	4,4г	5,7г
25	1,4г	2,4г	3,4г	4,4г	5,4г	60	1,4д	2,7г	3,7г	4,5г	5,4г
26	1,5г	2,5г	3,5г	4,5г	5,5г	61	1,5д	2,1г	3,7г	4,6г	5,5г
27	1,6г	2,6г	3,6г	4,6г	5,6г	62	1,6д	2,2г	3,1г	4,7г	5,6г
28	1,7г	2,7г	3,7г	4,7г	5,7г	63	1,7д	2,3г	3,2г	4,1г	5,1г
29	1,1д	2,1д	3,1д	4,1д	5,1д	64	1,1 а	2,6д	3,1д	4,2д	5,6д
30	1,2д	2,2д	3,2д	4,2д	5,2д	65	1,2 а	2,7д	3,2д	4,1д	5,7д
31	1,3д	2,3д	3,3д	4,3д	5,3д	66	1,3 а	2,5д	3,3д	4,3д	5,1д
32	1,4д	2,4д	3,4д	4,4д	5,4д	67	1,4 а	2,1д	3,4д	4,7д	5,2д
33	1,5д	2,5д	3,5д	4,5д	5,5д	68	1,5 а	2,4д	3,5д	4,4д	5,3д
34	1,6д	2,6д	3,6д	4,6д	5,6д	69	1,6 а	2,3д	3,6д	4,5д	5,4д
35	1,7д	2,7д	3,7д	4,7д	5,7д	70	1,7 а	2,2д	3,7д	4,6д	5,5д

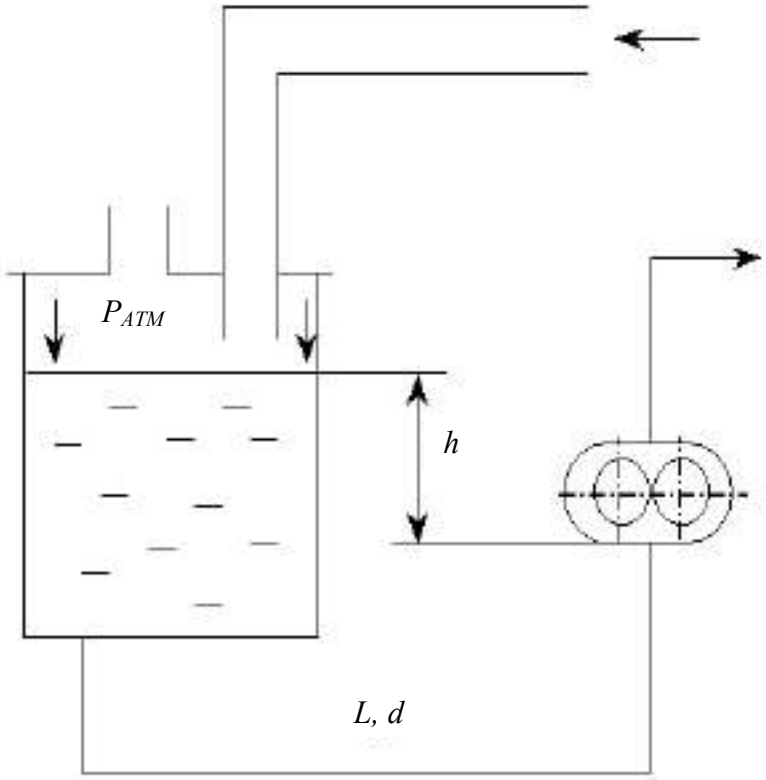
Вариант	Номера задач по машинам					Вариант	Номера задач по машинам				
1	Ш	Пл.	РП	АП	ГА	**1**	Ш	Пл.	РП	АП	ГА
	2	**3**	**4**	**5**	**6**		**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
71	1,1в	2,1б	3,7а	4,2г	5,3д	111	1,6в	2,2г	3,7в	4,2д	5,2а
72	1,2в	2,2б	3,1а	4,3г	5,2д	112	1,7в	2,3г	3,1в	4,1д	5,3а
73	1,3в	2,3б	3,6а	4,4г	5,1д	113	1,1г	2,4б	3,3г	4,5в	5,1б
74	1,4в	2,7б	3,2а	4,5г	5,7д	114	1,2г	2,5б	3,4г	4,7в	5,2б
75	1,5в	2,6б	3,5а	4,6г	5,4д	115	1,3г	2,7б	3,5г	4,1в	5,3б
76	1,6в	2,5б	3,3а	4,7г	5,6д	116	1,4г	2,1б	3,6г	4,6в	5,7б
77	1,7в	2,4б	3,4а	4,1г	5,5д	117	1,5г	2,2б	3,7г	4,2в	5,4б
78	1,1г	2,4д	3,6а	4,2б	5,3в	118	1,6г	2,3б	3,1г	4,3в	5,6б
79	1,2г	2,5д	3,7а	4,1б	5,7в	119	1,7г	2,6б	3,2г	4,4в	5,5б
80	1,3г	2,6д	3,1а	4,7б	5,4в	120	1,1д	2,3а	3,5б	4,3г	5,4в
81	1,4г	2,7д	3,2а	4,6б	5,6в	121	1,2д	2,4а	3,6б	4,2г	5,5в
82	1,5г	2,1д	3,3а	4,5б	5,5в	122	1,3д	2,5а	3,7б	4,1г	5,6в
83	1,6г	2,2д	3,4а	4,4б	5,1в	123	1,4д	2,6а	3,1б	4,4г	5,7в
84	1,7г	2,3д	3,5а	4,3б	5,2в	124	1,5д	2,7а	3,2б	4,5г	5,1в
85	1,1д	2,4а	3,4б	4,1в	5,7г	125	1,6д	2,1а	3,3б	4,6г	5,2в
86	1,2д	2,3а	3,5б	4,2в	5,6г	126	1,7д	2,2а	3,4б	4,7г	5,3в
87	1,3д	2,7а	3,6б	4,3в	5,5г	127	1,1 а	2,7в	3,3д	4,2а	5,2б
88	1,4д	2,2а	3,7б	4,4в	5,4г	128	1,2 а	2,1в	3,2д	4,3а	5,4б
89	1,5д	2,6а	3,1б	4,5в	5,3г	129	1,3 а	2,2в	3,1д	4,7а	5,7б
90	1,6д	2,1а	3,2б	4,6в	5,2г	130	1,4 а	2,3в	3,7д	4,1а	5,1б
91	1,7д	2,5а	3,3б	4,7в	5,1г	131	1,5 а	2,6в	3,4д	4,6а	5,5б
92	1,1 а	2,2д	3,1г	4,2б	5,2в	132	1,6 а	2,4в	3,5д	4,5а	5,6б
93	1,2 а	2,7д	3,2г	4,7б	5,3в	133	1,7 а	2,5в	3,6д	4,4а	5,3б
94	1,3 а	2,3д	3,3г	4,6б	5,1в	134	1,1б	2,2д	3,3а	4,5б	5,2д
95	1,4 а	2,1д	3,4г	4,3б	5,4в	135	1,2б	2,7д	3,4а	4,6б	5,3д
96	1,5 а	2,6д	3,5г	4,5б	5,7в	136	1,3б	2,6д	3,5а	4,1б	5,4д
97	1,6 а	2,5д	3,6г	4,4б	5,6в	137	1,4б	2,5д	3,6а	4,4б	5,1д
98	1,7 а	2,4д	3,7г	4,1б	5,5в	138	1,5б	2,4д	3,7а	4,7б	5,7д
99	1,1б	2,7в	3,6д	4,5а	5,5г	139	1,6б	2,3д	3,1а	4,2б	5,6д
100	1,2б	2,6в	3,7д	4,6а	5,1г	140	1,7б	2,1д	3,2а	4,3б	5,5д
101	1,3б	2,5в	3,1д	4,7а	5,2г	141	1,1в	2,2г	3,6г	4,7г	5,7а
102	1,4б	2,4в	3,2д	4,1а	5,7г	142	1,2в	2,7г	3,1г	4,6г	5,1а
103	1,5б	2,3в	3,3д	4,2а	5,6г	143	1,3в	2,1г	3,2г	4,5г	5,6а
104	1,6б	2,2в	3,4д	4,3а	5,3г	144	1,4в	2,5г	3,7г	4,4г	5,5а
105	1,7б	2,1в	3,5д	4,4а	5,4г	145	1,5в	2,4г	3,5г	4,3г	5,3а
106	1,1в	2,4г	3,2в	4,6д	5,4а	146	1,6в	2,3г	3,4г	4,2г	5,2а
107	1,2в	2,5г	3,3в	4,7д	5,5а	147	1,7в	2,6г	3,3г	4,1г	5,4а
108	1,3в	2,6г	3,4в	4,5д	5,6а	148	1,1г	2,4б	3,2б	4,5д	5,3д
109	1,4в	2,7г	3,5в	4,4д	5,7а	149	1,2г	2,5б	3,3б	4,4д	5,5д
110	1,5в	2,1г	3,6в	4,3д	5,1а	150	1,3г	2,6б	3,4б	4,2д	5,1д

7.1. Задачи по шестеренным машинам

Задача 7.1.1

Определить избыточное давление на входе в шестеренный насос системы смазки, имеющий частоту вращения вала n, число зубьев z, модуль m, ширину колеса b.

Длина стального всасывающего трубопровода L, диаметр d, шероховатость трубы Δ. Входное сечение насоса расположено ниже свободной поверхности в масляном баке на h. Местные потери в трубопроводе принять равными 10 % потерь на трение по длине.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
n, р/с	15	20	25	10	30
z	20	25	30	35	22
m, мм	7,5	8	9	10	12
b, мм	10	12	16	20	18
L, м	5	4	3	2	5
d, мм	30	25	20	15	32
Δ, мм	0,1	0,2	0,3	0,25	0,35
h, м	2	1	0,5	1,5	2,3
Тип масла	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.1.2

Построить графики:

1) зависимостей подач шестеренного насоса от частоты вращения его вала для трех значений давлений на выходе (P_1 - P_3);

2) зависимости подачи от давления при заданном n.

Принять утечки жидкости пропорциональными давлению, коэффициент пропорциональности k. Ширина шестерни b, диаметр окружности головок $D_г$, число зубьев z.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
P_1, МПа	0	0	0	0	0
P_2, МПа	10	2	6.3	8	12.5
P_3, МПа	20	6	10	12.5	32
n, мин$^{-1}$	1440	650	900	1000	1250
k, л/с·Па	$0{,}5\cdot10^{-8}$	$0{,}3\cdot10^{-8}$	$0{,}4\cdot10^{-8}$	$0{,}6\cdot10^{-8}$	$0{,}5\cdot10^{-8}$
b, мм	31,85	40	35	28	30
$D_г$, мм	48	50	45	40	38
z	10	16	18	20	24

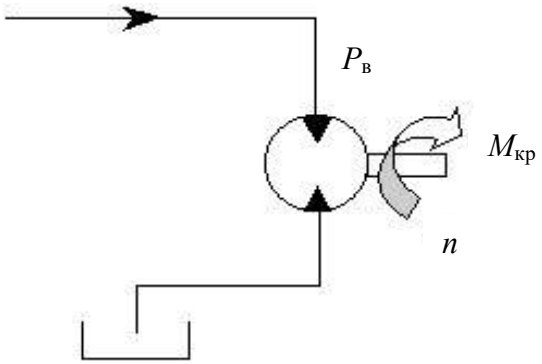
Задача 7.1.3

Определить основные геометрические размеры насоса (диаметр начальной окружности, диаметр окружности выступов, ширину шестерни), а также мощности потока жидкости на выходе из насоса и на валу насоса по следующим исходным данным: рабочий объем насоса q_0, давление на выходе $P_{вых}$, частота вращения вала n, объемный КПД насоса η_0, КПД насоса $\eta_н$, число зубьев z, модуль зацепления m.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
q_0, см^3	83	70	95	105	123
$P_{вых}$, МПа	16	10	20	32	8
n, мин$^{-1}$	1440	950	1250	1000	1300
η_0	0,9	0,88	0,92	0,93	0,91
$\eta_н$	0,85	0,82	0,87	0,86	0,83
z	16	20	25	29	34
m	4	6	7	8	9

Задача 7.1.4.

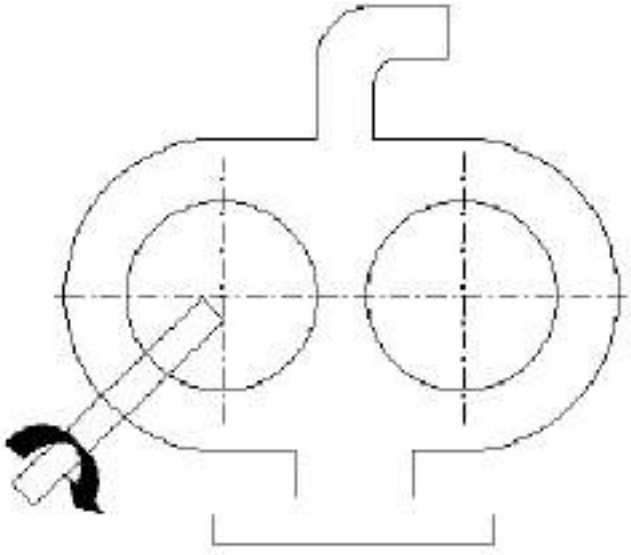
Определить крутящий момент М и частоту вращения вала n шестеренного гидромотора при расходе рабочей жидкости Q, если давление жидкости на входе в гидромотор $P_в$, на выходе из гидромотора $P_{вых}$. Ширина шестерни b, модуль зацепления m, число зубьев z, механический КПД $\eta_{мех}$, объемный КПД η_0.



Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
Q, кг/с	1,8	1,6	2,0	2,2	2,4
$P_в$, МПа	10	12,5	20	8	32
$P_{вых}$, МПа	0,5	0,5	0,8	0,9	0,6
b, мм	30	40	50	45	35
m, мм	6	8	10	7	9
z	16	20	22	30	25
$\eta_{мех}$	0,8	0,82	0,84	0,78	0,85
η_0	0,9	0,92	0,94	0,88	0,95
Жидкость	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.1.5.

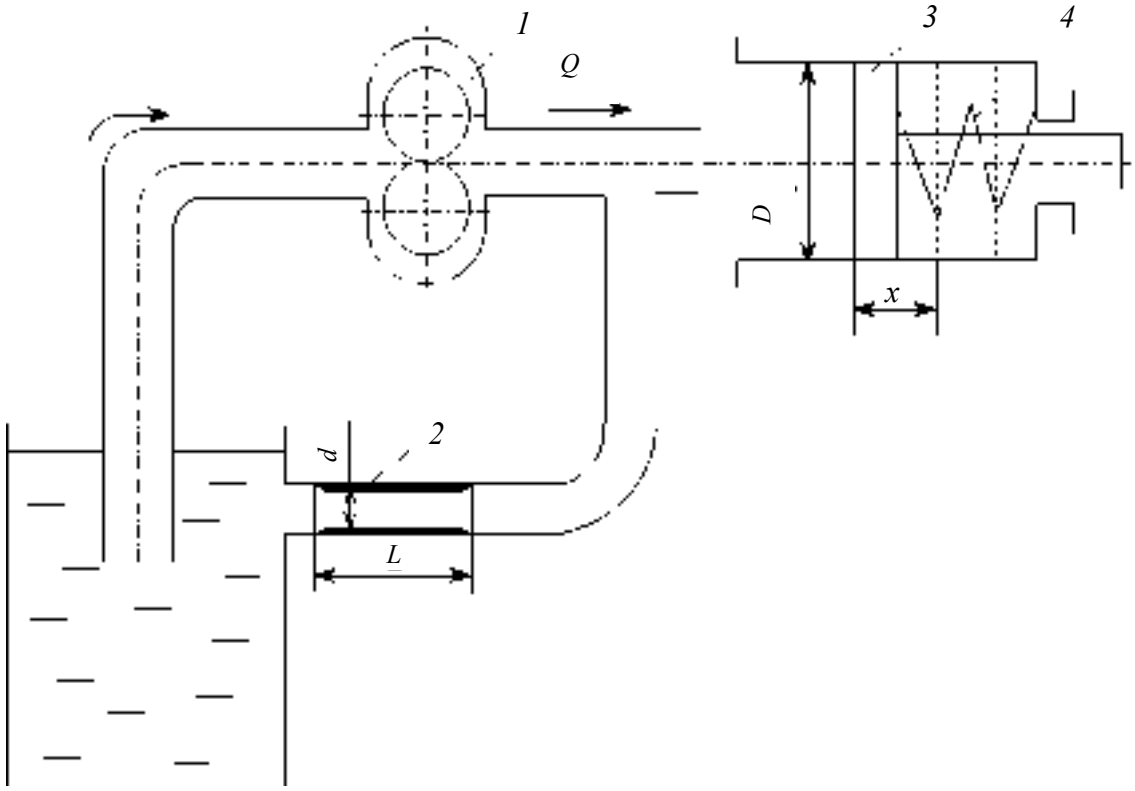
Определить основные геометрические размеры шестеренного насоса (диаметр начальной окружности шестерни Dс, ширину шестерни b, число зубьев z, рабочий объем V_0, мощность потока жидкости на выходе из насоса $N_ф$ и мощность на валу насоса $N_п$) по следующим исходным данным: подача насоса Q, давление на выходе $P_в$, частота вращения вала n, объемный КПД η_0, КПД насоса, $\eta_н$.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
Q, кг/с	1,9	1,8	2,0	2,1	2,2
$P_в$, МПа	8	6	10	12,5	20
n, мин$^{-1}$	1480	1440	1250	900	980
η_0	0,9	0,92	0,88	0,94	0,93
$\eta_н$	0,8	0,82	0,78	0,84	0,85
жидкость	И-20	И-30	И-12	И-50	турбинное-57

Задача 7.1.6

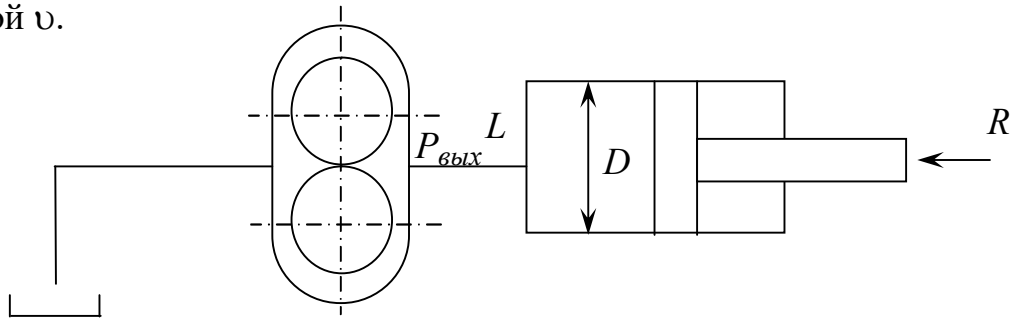
В регуляторе скорости гидротурбины применен так называемый гидравлический маятник. При изменении частоты вращения регулируемой турбины изменяется частота вращения вала насоса *1* и расход жидкости, прокачиваемой насосом *1* маятника через калиброванную трубку *2*, вследствие чего изменяется сила давления на поршень *3*, и последний, изменяя поджатие пружины *4*, оказывает воздействие на систему регулирования гидротурбины. Определить диаметр *d* калиброванной трубки, при котором при геометрических параметрах насоса (модуль *m*, число зубьев *z*, ширина шестерни *b*) и рабочей частоте вращения вала *n* обеспечивается такая подача жидкости *Q*, при которой сжатие пружины составляет *x*. Жесткость пружины *C*, длина трубки *L*, динамическая вязкость масла μ, диаметр поршня *D*. Сопротивлением подводящих труб пренебречь.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
m, мм	4	6	8	10	12
z	15	18	20	21	23
b, см	2	3	4	1,5	2,5
n, мин$^{-1}$	780	800	900	1250	1400
x, мм	60	61	62	64	66
c, Н/см	7,5	7,8	7,9	8,1	8,2
L, м	0,7	0,6	0,8	0,75	0,65
μ, Па·с	0,3	0,32	0,34	0,4	0,42
D, мм	30	35	40	45	25

Задача 7.1.7

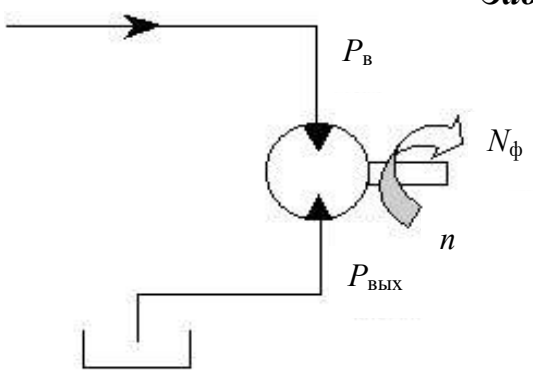
Определить давление на выходе шестеренного насоса $P_{вых}$, подающего жидкость в гидроцилиндр, если число зубьев z, модуль m, ширина колеса b, частота вращения вала насоса n, длина трубопровода, связывающего насос с гидроцилиндром, L, усилие на штоке R, внутренний диаметр цилиндра D. Потерями энергии на местных сопротивлениях, а также трением поршня и штока пренебречь. Скорость движения жидкости в трубопроводе принять равной υ.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
z	17	19	20	22	24
m, мм	7,5	7	8	10	6
b, см	1,5	1,2	2	2,2	1,8
n, с$^{-1}$	15	20	25	28	30
L, м	5	6	7	4	6,5
R, кН	10	14	18	16	20
D, мм	32	40	35	42	45
$\upsilon_ж$, м/с	4	3,5	3	4,5	3,8
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

7.2. Задачи по пластинчатым машинам

Задача 7.2.1

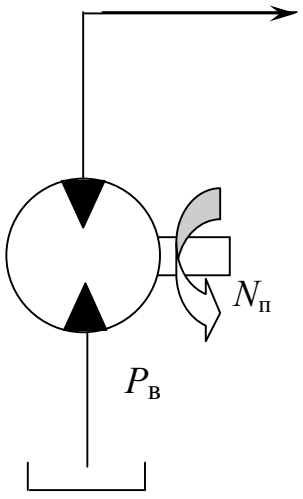


Определить мощность $N_ф$ на валу пластинчатого гидромотора двукратного действия, величину давления на входе в гидромотор и частоту вращения вала гидромотора n, если радиус статора R, ротора r, объемный КПД η_0, механический КПД $\eta_{мех}$, давление на выходе P, ширина пластин b, теоретический момент гидромотора M, толщина пластинки δ, число пластин z.

Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
R, см	4	4,5	5	5,2	3,5
r, мм	34	40	45	44	29
η_0	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79
$\eta_{мех}$	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89
$P_{вых}$, МПа	0,2	0,22	0,25	0,19	0,26
b, см	4	4,3	4,5	4,8	3,6
M, Н·м	30	32	34	36	38
δ, мм	2	3	4	2,5	3,5
z	12	14	16	18	20
Q, л/с	1,333	1,666	1,82	1,98	2,0

Задача 7.2.2

Определить $N_п$ на валу пластинчатого насоса однократного действия, его фактическую подачу $Q_ф$ и диаметры подводящих $d_п$ и отводящих каналов насоса, если давление на входе $P_в$, манометрическое давление, развиваемое насосом $P_{ман}$, радиус статора R, число пластин z, толщина пластинки δ, ширина пластинки b, величина эксцентриситета e, частота вращения вала насоса n, объемный КПД η_0, полный КПД $\eta_н$.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
$P_в$, МПа	0,02	0,01	0,03	0,04	0,05
$P_{ман}$, МПа	6,3	8	10	12,5	20
R, мм	30	35	40	45	50
z	14	15	16	18	10
δ, мм	2	1,8	2,2	2,3	2,5
b, см	25	30	32	35	40
e, мм	4	5	4,5	5,5	6
n, мин$^{-1}$	960	1000	1250	1400	1440
η_0	0,79	0,78	0,8	0,81	0,82
$\eta_н$	0,72	0,71	0,73	0,74	0,75

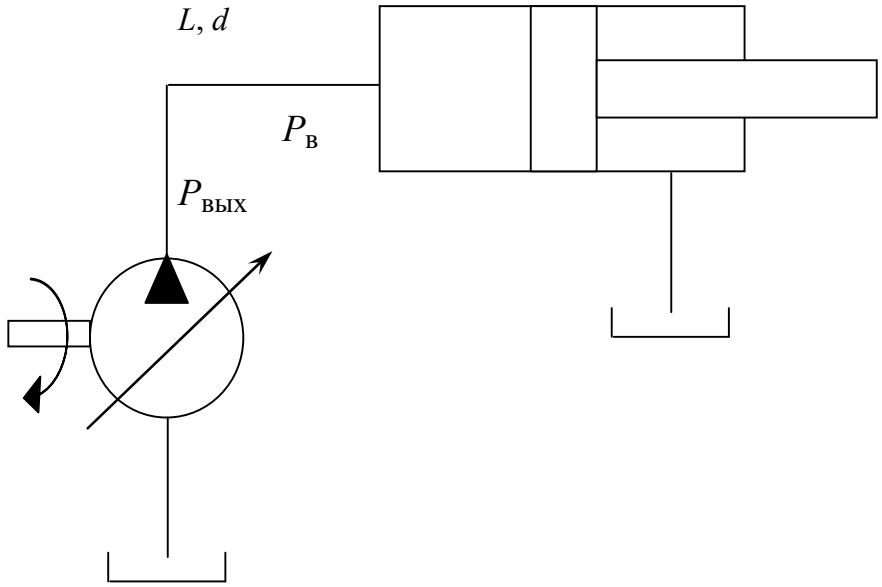
Задача 7.2.3

Определить рабочий объем V, подачу Q пластинчатого насоса двукратного действия, а также потребляемую мощность $N_п$ и момент M, подведенный к валу насоса, если частота вращения ротора n, объемный КПД η_0, полный КПД $\eta_н$, абсолютное давление на входе в насос $P_в$, на выходе из насоса $P_{вых}$, радиус ротора r, радиус статора R, ширина пластины b, число пластин z.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
n, мин$^{-1}$	1200	1000	950	1400	800
η_0	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69
$\eta_н$	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59
$P_в$, кПа	80	85	90	95	100
$P_{вых}$, МПа	8	10	12,5	20	32
r, см	50	60	65	65	50
R, мм	600	650	700	700	550
b, см	30	35	40	25	50
z	12	14	16	10	18

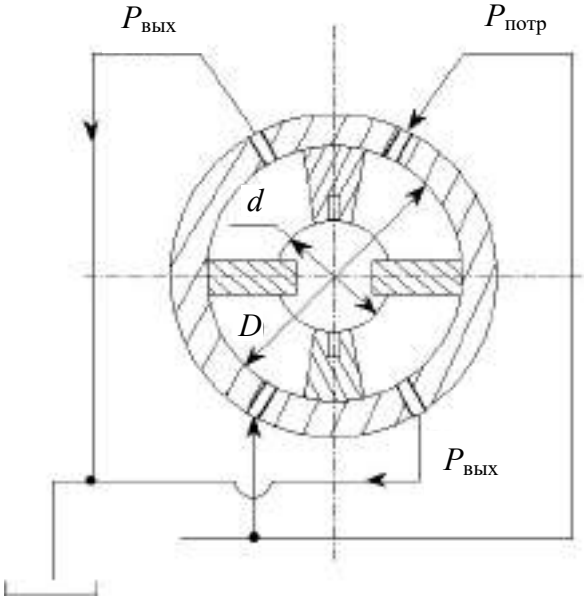
Задача 7.2.4

Определить давление на выходе пластинчатого насоса однократного действия $P_{вых}$, если давление на входе в гидроцилиндр $P_в$, радиус статора насоса R, величина эксцентриситета e, ширина пластины b, частота вращения вала насоса n, длина трубопровода L. Местными потерями энергии пренебречь.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
$P_в$, МПа	8	10	12,5	6,3	20
R, см	5	5,5	6	4,5	6,5
e, мм	6	5	8	4	7
b, мм	35	30	40	25	45
n, $с^{-1}$	15	12	16	18	21
L, м	5	4	6	4,5	7
d, мм	22	25	28	31	34
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.2.5

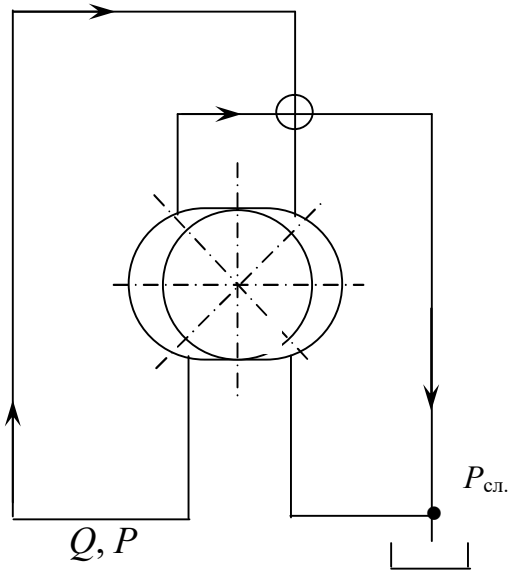


Двухкамерный гидродвигатель поворотного движения должен создавать момент на валу M при скорости поворота ω. Размеры гидродвигателя: D, d, ширина пластин b. Принять механический КПД $\eta_{мех}$, объемный - η_0. Определить потребное давление и необходимую подачу, если давление на выходе $P_{вых}$.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
M, кН·м	2	1,5	2,5	1,8	2,8
ω, рад/с	2	1,5	2,5	1,6	0,9
D, мм	200	150	100	250	250
d, мм	100	50	25	150	100
b, см	60	40	20	25	30
$\eta_{мех}$	0,9	0,89	0,88	0,87	0,86
η_0	0,75	0,74	0,73	0,72	0,74
$P_{вых}$, МПа	0,3	0,28	0,2	0,3	0,25

Задача 7.2.6

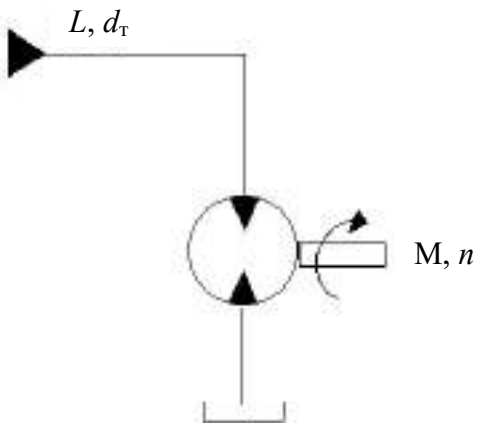
К пластинчатому гидромотору двукратного действия подводится жидкость: Q, p. Мотор имеет параметры: число пластин z, ширина пластины b, радиус статора R, ротора - r, толщина пластины δ, объемный КПД η_0, общий КПД η. Давление в сливной гидролинии $P_{сл}$. Определить частоту вращения вала гидромотора и момент на валу.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
Q, л/с	1	1,5	2	0,5	2,5
P, МПа	10	8	12,5	6,3	20
z	12	14	16	10	18
b, см	3	4	5	2	3,5
R, мм	60	50	70	40	80
r, мм	50	40	60	30	70
δ, мм	2	2,2	2,5	1,8	3
η_0	0,85	0,86	0,87	0,84	0,88
η	0,81	0,82	0,83	0,8	0,84
$P_{сл}$, МПа	0,3	0,35	0,2	0,25	0,4

Задача 7.2.7

Жидкость по трубопроводу длиной L и диаметром $d_т$ поступает в пластинчатый гидромотор двукратного действия. Параметры мотора: диаметр статора D, диаметр ротора d, ширина ротора b, механический КПД $\eta_{мех}$, КПД η. Давление в сливной гидролинии $P_{сл}$. Параметры потока в начале трубопровода: Q, P. Определить крутящий момент на валу гидромотора и частоту вращения вала.

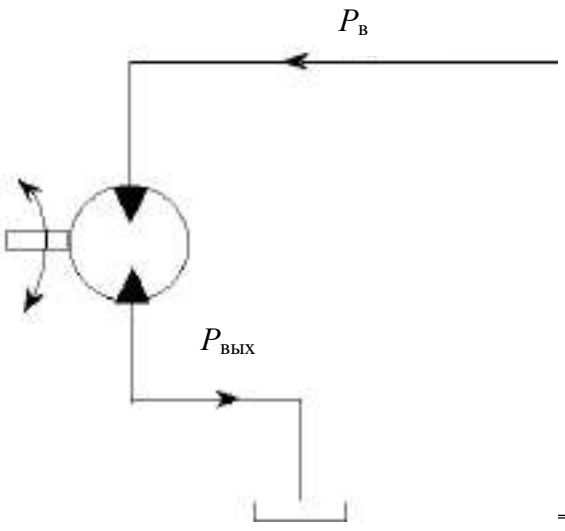


Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
L, м	10	15	20	18	5
$d_т$, мм	22	20	28	15	10
D, см	10	15	13	20	25
d, см	8	13	10	18	20
b, мм	30	25	20	35	40
$\eta_{мех}$	0,95	0,94	0,93	0,92	0,96
η	0,9	0,89	0,88	0,87	0,91
$P_{сл}$, МПа	0,3	0,35	0,2	0,25	0,4
Q, л/с	1	1,5	1,8	2	2,5
P, МПа	12,5	6,3	8	10	20
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

7.3. Задачи по радиально-поршневым машинам

Задача 7.3.1

Определить расход жидкости Q и давление $P_в$ на входе в гидромотор радиально-поршневого типа 7-и кратного действия, если крутящий момент на его валу равен M, частота вращения вала n, давление на выходе $P_{вых}$, механический КПД $\eta_{мех}$, объемный η_0, число рядов поршней m, диаметр поршня d, ход поршня h.

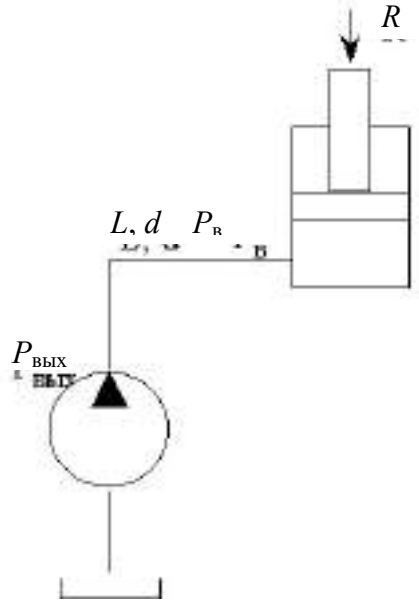


Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д

M, кН·м	1,5	1,2	2	1,8	2,5
n, мин$^{-1}$	120	150	200	100	250
$P_{вых}$, МПа	0,2	0,3	0,4	0,25	0,35
$\eta_{мех}$	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
η_0	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9
m	1	2	3	1	2
d, мм	30	35	40	25	20
h, мм	30	25	30	15	10

Задача 7.3.2.

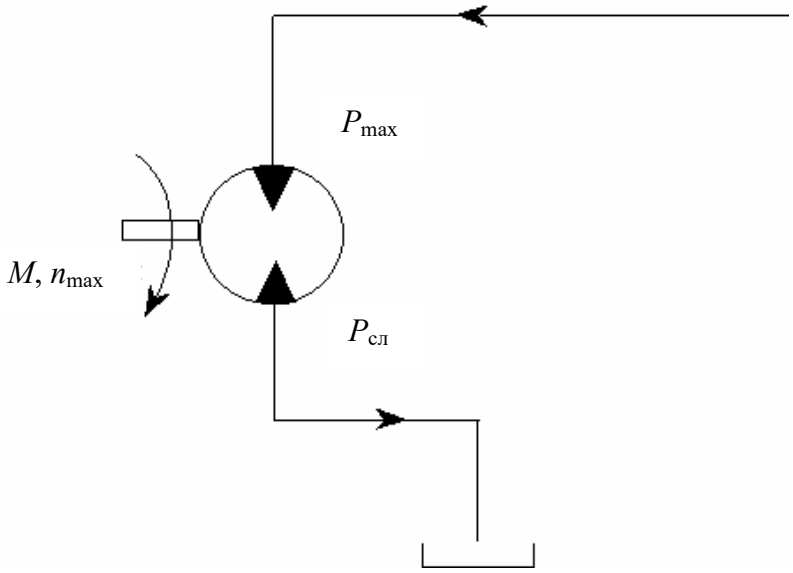
Однорядный радиально-поршневой насос однократного действия, имеющий диаметр поршня d, число поршней z, эксцентриситет e, частоту вращения вала n, подает жидкость в гидродомкрат и обеспечивает на входе в него давление $P_в$. Определить давление на выходе из насоса $P_{вых}$. Длина трубопровода L, диаметр трубы $d_т$. Объемный КПД насоса η_0. Местными потерями энергии пренебречь.



Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
d, мм	16	20	18	25	30
z	7	8	10	12	6
e, мм	16	15	14	10	12
n, мин$^{-1}$	900	800	1000	1250	1440
$P_в$, МПа	10	8	6,3	12,5	20
L, м	7	8	10	6	4
$d_т$, мм	30	25	20	35	32
η_0	0,95	0,94	0,93	0,96	0,92
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.3.3

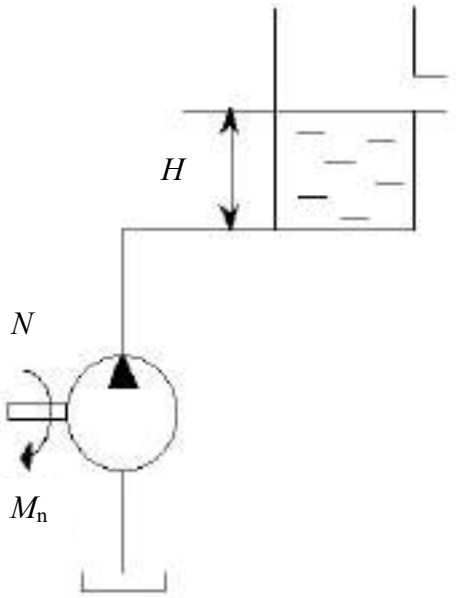
Определить максимальную частоту вращения n_{max} ротора гидромотора, нагруженного постоянным моментом M, если максимальное давление на входе P_{max}, расход жидкости Q, объемный КПД гидромотора при P_{max} η_0, механический КПД при том же давлении $\eta_{мех}$, давление на сливе $P_{сл}$.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
M, Н·м	300	250	200	150	350
P_{max}, МПа	20	12,5	10	8	6,3
Q, л/мин	15	12	8	10	18
η_0	0,9	0,89	0,91	0,88	0,87
$\eta_{мех}$	0,92	0,91	0,93	0,9	0,89
$P_{сл}$, МПа	0,2	0,3	0,25	0,35	0,4

Задача 7.3.4.

Радиально-поршневой насос подает жидкость в резервуар на высоту H по горизонтальному трубопроводу длиной L и диаметром d. Определить мощность $N_п$ и момент $M_п$, подведенные к валу насоса, если параметры насоса следующие: диаметр поршня $d_п$, эксцентриситет e, число цилиндров z, частота вращения вала n, КПД объемный η_0, механический КПД $\eta_{мех}$. Коэффициент местных сопротивлений принять равными ξ_i=1. Потерями на всасывании пренебречь.

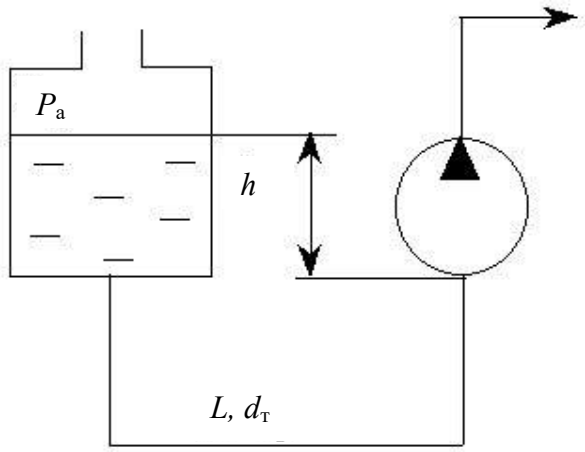


Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д

H, м	10	15	20	18	9
L, м	5	6	7	8	9
$d_т$, мм	30	25	20	35	18
$d_п$, мм	22	18	15	10	20
e, мм	20	10	12	16	18
z	9	10	8	15	20
n, $с^{-1}$	15	16	17	18	20
η_0	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87
$\eta_{мех}$	0,97	0,95	0,93	0,91	0,9
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.3.5

Определить избыточное давление на входе в радиально-поршневой насос системы управления, имеющий частоту вращения вала n, число цилиндров z, диаметр цилиндра d, эксцентриситет e, объемный КПД η_0. Входное сечение насоса расположено ниже свободной поверхности жидкости на h. Длина трубопровода L, диаметр $d_т$. Местные потери принять равными 10 % потерь на трение по длине трубопровода.



Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
n, $с^{-1}$	15	16	17	14	13
z	7	8	9	6	10
$d_ц$, мм	20	10	15	25	30
e, мм	20	12	17	22	25
η_0	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
h, м	3	3,5	2,5	2	4
L, м	7	8	9	10	6
$d_т$, мм	30	32	26	28	25
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное 57

Задача 7.3.6

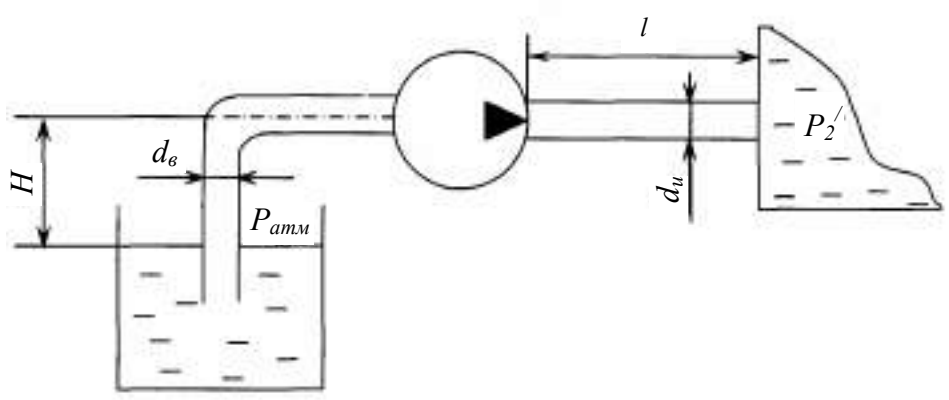
Определить основные параметры радиально-поршневого высокомоментного мотора (расход жидкости, диаметр поршня, фактический расход

жидкости, теоретический и полезный моменты на валу гидромотора, теоретическую и полезную мощности на валу гидромотора, коэффициент момента, утечки жидкости, объемный КПД), если рабочий объем гидромотора V, частота вращения вала n, механический КПД гидромотора $\eta_{мех}$, число рядов поршней m, кратность действия K, число поршней в ряду $z = 7$, ход поршня h, зазор между поршнем и цилиндром $\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ м. При расчетах принимать $d = h$, затем величину d округлять до стандартного значения.

Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
$V \cdot 10^{-6}$, м/об	452	707	1126	1809	2780
n, $с^{-1}$	2,2	2,0	1,7	1,3	1,0
$\eta_{мех}$	0,89	0,90	0,90	0,92	0,90
m	2	2	2	3	3
K	7	7	7	9	9
$h \cdot 10^{-3}$, м	20	22	26	28	20
P, МПа	6,3	8,0	5,0	12,5	10,0

Задача 7.3.7

Определить напор, создаваемый радиально-поршневым насосом, имеющим рабочий объем V, частоту вращения вала n, если диаметр всасывающего трубопровода $d_в$, напорного $d_н$, секундный массовый расход $Q_с$, условная вязкость жидкости E_{20}, длина напорного трубопровода l, давление на выходе трубопровода $P_2^{/}$, высота всасывания H, плотность жидкости ρ=900 кг/м^3, температура масла $t = 20\ ^0$С. Основные параметры гидросистемы приведены в таблице.

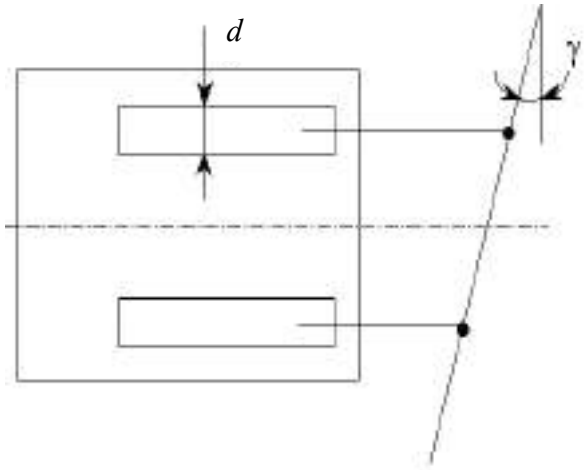


Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
$d_в \cdot 10^{-3}$, м	22	24	26	28	30
$d_н \cdot 10^{-3}$, м	12	14	16	18	20
E_{20}	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
$P_2^{/}$, МПа	6,3	8,0	12,5	10,0	12,5

l, м	8	10	12	10	16
$H \cdot 10^{-1}$, м	5	2	3	1	2
$V \cdot 10^{-6}$, м/об	6,3	10,0	16,0	25,0	48,0
n, об/с	15	15	15	15	15

7.4. Задачи по аксиально-поршневым машинам

Задача 7.4.1



Аксиально-поршневой насос обеспечивает подачу жидкости Q, давление на выходе $P_{вых}$ при частоте вращения вала n. Рассчитать основные геометрические параметры насоса – диаметр цилиндра d, ход поршня h, диаметр окружности расположения осей цилиндров D, а также мощность на валу насоса $N_в$ и крутящий момент $M_в$, если число цилиндров z, угол наклона диска γ, объемный КПД η_0, механический КПД $\eta_{мех}$. Принять $h = 2d$.

Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
Q, л/с	3,5	4,5	4	3	2,5
$P_{вых}$, МПа	22	28	12	8	6,3
n, мин$^{-1}$	1440	1250	900	800	600
z	7	4	5	8	9
γ, град	20	22	18	23	25
η_0	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
$\eta_{мех}$	0,9	0,89	0,88	0,87	0,86

Задача 7.4.2

Определить крутящий момент M на валу и угол наклона γ диска аксиально-поршневого гидромотора, при котором частота вращения его вала, n, расход рабочей жидкости Q, перепад давлений $P_{ГМ}$, количество цилиндров z, диаметр цилиндра d, диаметр окружности D, на которой расположены оси цилиндров, объемный КПД η_0, механический КПД $\eta_{мех}$.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
n, мин$^{-1}$	1200	1440	900	800	650
Q, л/с	3	2	3,5	4	5
$P_{ГМ}$, МПа	12	6	8	10	20
z	7	5	8	9	10
d, мм	30	35	20	15	10
D, см	16	12	17	18	19
η_0	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
$\eta_{мех}$	0,9	0,89	0,88	0,87	0,86

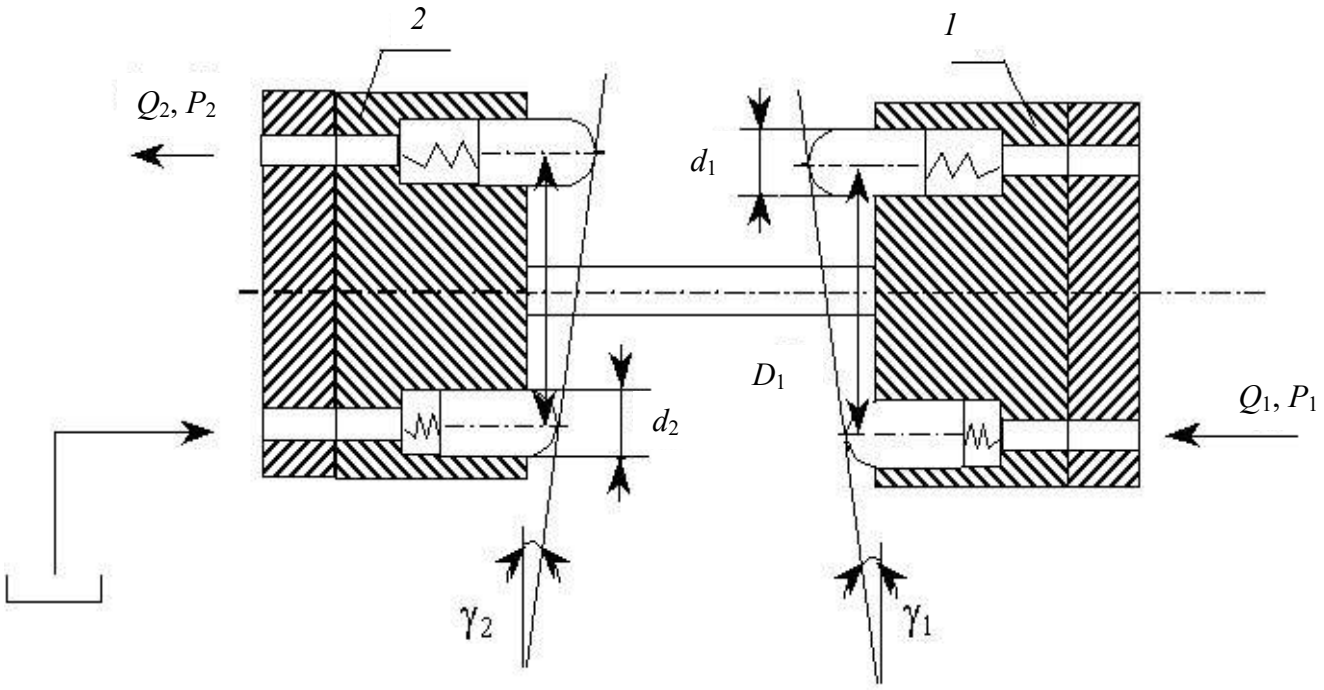
Задача 7.4.3

Определить частоту вращения вала аксиально-поршневого насоса с наклонным диском и фактическую мощность на валу, если подача насоса Q, диаметр поршня d, диаметр окружности D, на которой расположены гидроцилиндры, угол наклона диска γ, количество поршней z, объемный КПД η_0, общий КПД насоса η, давление на выходе из насоса P.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
Q, л/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
d, мм	60	50	40	70	80
D, см	27	26	24	28	30
γ, град	25	22	18	20	16
z	11	10	9	6	7
P, МПа	20	16	12,5	10	8
η_0	0,95	0,96	0,94	0,93	0,92
η	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83

Задача 7.4.4

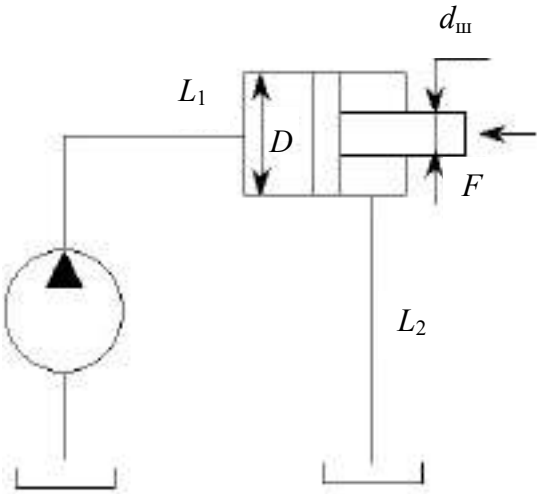
Гидропреобразователь составлен из двух аксиально-поршневых гидромашин с наклонным диском: насоса *2* и гидромотора *1* с основными размерами D_1, d_1, D_2, d_2 и $\gamma_1=\gamma_2$. Каким должен быть расход жидкости Q_1, подводимой к гидромотору 1 и давление P_1 на входе в гидромотор для получения на выходе из насоса подачи Q_2 при давлении P_2. КПД механический и объемный $\eta_{М1}=\eta_{М2}$, $\eta_{01}=\eta_{02}$.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
D_1, см	9	10	11	12	14
D_2, см	6	7	8	9	11
d_1, мм	15	18	21	25	30
d_2, мм	10	13	18	21	25
Q_2, л/с	1,8	1,6	1,4	2,0	2,2
P_2, МПа	15	18	20	22	25
η_{01}	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
$\eta_{мех1}$	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88

Задача 7.4.5

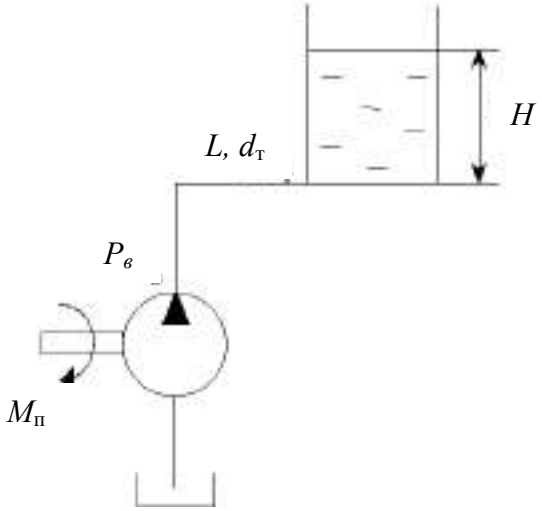
Определить давление на выходе аксиально-поршневого насоса, если длины напорного и сливного трубопроводов одинаковы L_1=L_2, их диаметры $d_т$, диаметр поршня D, диаметр штока $d_ш$, сила на штоке F. Параметры насоса; число цилиндров



z, диаметры цилиндров d, диаметр окружности размещения осей цилиндров D_0, угол наклона шайбы γ, частота вращения вала n.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
L_1, м	5	6	7	8	10
$d_т$, мм	15	20	25	10	18
D, мм	60	70	80	50	65
$d_ш$, мм	20	30	40	25	20
F, кН	1	2	3	4	4,5
z	7	8	9	10	11
d, мм	32	20	25	30	28
D_0, см	16	14	15	18	17
γ, град	10	12	15	22	20
n, мин$^{-1}$	1440	1250	1000	900	800
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.4.6

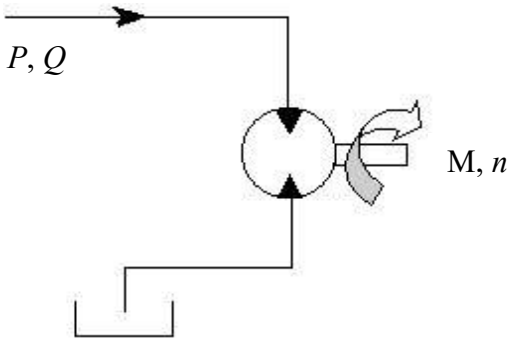


Аксиально-поршневой насос подает воду в бак высотой H по горизонтальному трубопроводу длиной L, диаметром $d_т$. Параметры насоса: диаметр поршня D, число поршней z, угол наклона блока γ, частота вращения вала n, объемный КПД η_0, механический - $\eta_{мех}$. Определить давление жидкости на выходе из насоса $P_в$ и подведенный к валу момент $M_п$. Потерями на всасывании пренебречь. Коэффициенты местных сопротивлений принять равными ξ_i=0,5, а $D_{окр}$=4D.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д

H, м	20	25	15	30	35
L, м	10	15	12	20	23
$d_т$, мм	26	20	22	30	34
D, мм	20	25	30	35	40
z	7	8	9	10	11
γ, град	20	18	15	22	25
n, мин$^{-1}$	15	16	17	18	14
η_0	0,95	0,96	0,94	0,93	0,92
$\eta_{мех}$	0,95	0,95	0,92	0,89	0,9

Задача 7.4.7

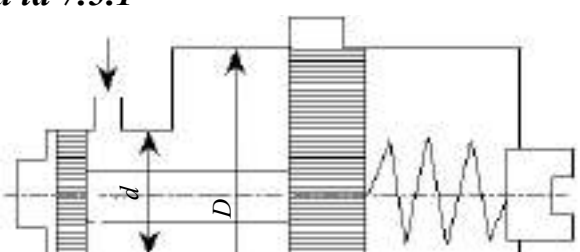


По гидромагистрали к аксиально-поршневому мотору подводится жидкость: Q, P. Мотор имеет параметры: диаметр цилиндра d, диаметр расположения центров цилиндров D, угол наклона шайбы γ, число цилиндров z, объемный КПД η_0, общий КПД мотора η. Определить частоту вращения вала гидромотора и момент на валу. Давление в сливной магистрали $P_{сл}$.

Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
Q, л/с	1	2	1,5	2,5	3
P, МПа	12,5	10	8	6,3	20
d, мм	20	25	30	35	40
D, мм	80	85	90	95	120
γ, град	20	18	22	25	15
z	7	8	9	11	10
η_0	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
η	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9
$P_{сл}$, МПа	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

7.5. Задачи по гидроаппаратуре

Задача 7.5.1

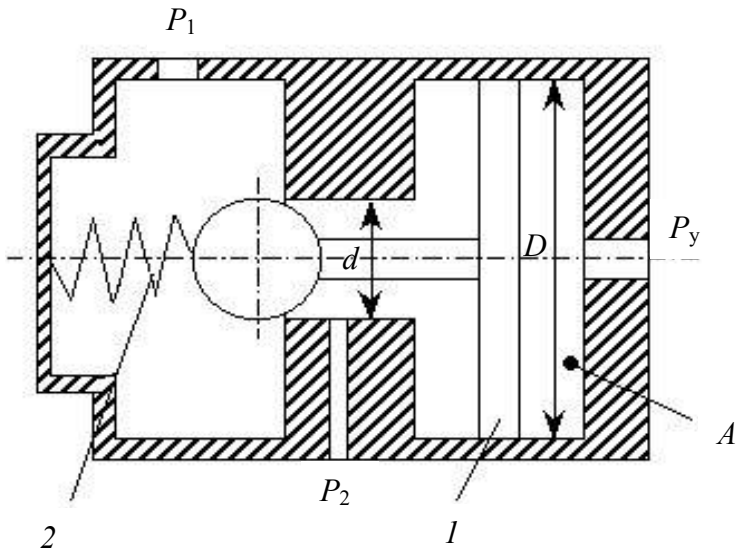


Определить величину предва-

рительного поджатия пружины дифференциального предохранительного клапана, обеспечивающую начало открытия клапана при $P_н$. Диаметры клапана: D, d, жесткость пружины C. Давление справа от большого и слева от малого поршней – атмосферное.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
$P_н$, МПа	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
D, мм	24	26	28	30	32
d, мм	18	20	22	24	26
C, Н/мм	6	5	7	8	4

Задача 7.5.2



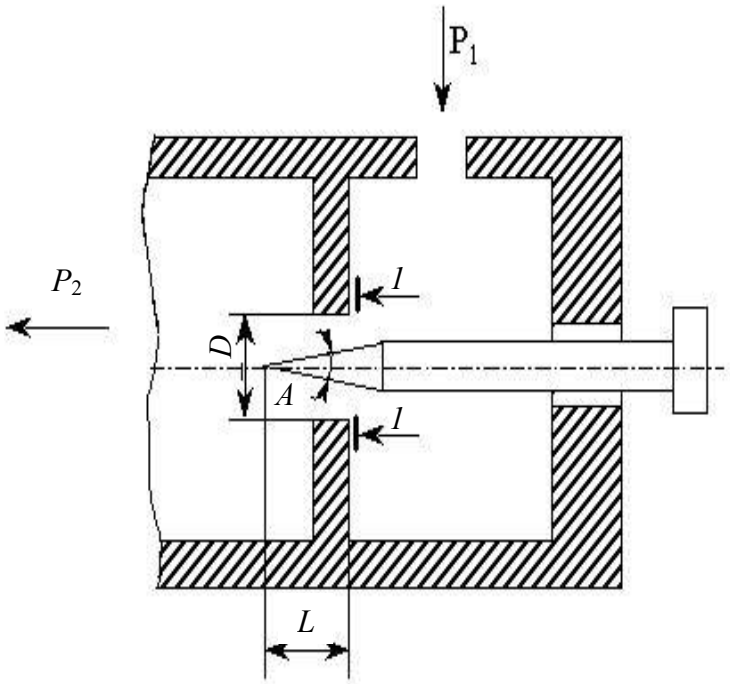
На рисунке представлена конструктивная схема гидрозамка, проходное сечение которого открывается при подаче в полость A управляющего потока жидкости с давлением $P_у$. Определить при каком минимальном значении $P_у$ толкатель поршня *1* сможет открыть шариковый клапан, если известно: предварительное усилие пружины F, диаметры D, d и давления P_1, P_2. Силами трения пренебречь.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
F, Н	50	60	70	80	40
D, мм	25	28	30	32	35
d, мм	15	18	20	22	26
P_1, Мпа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4

P_2, Мпа	0,2	0,2	0,1	0,15	0,1

Задача 7.5.3

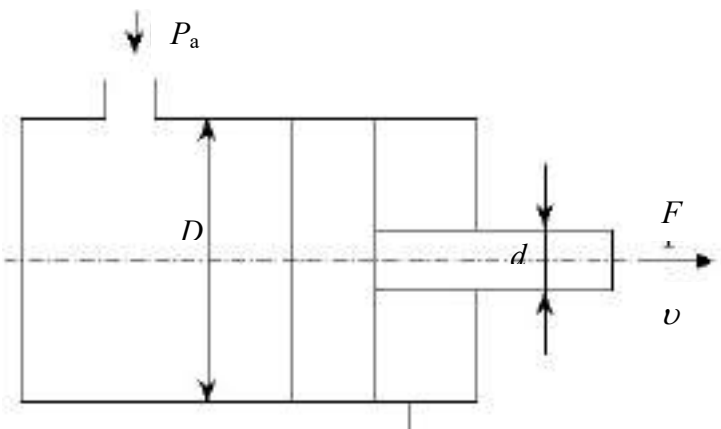
На рисунке изображена схема регулируемого игольчатого дросселя. Определить, на какое расстояние L необходимо втянуть иглу в дросселирующее отверстие для обеспечения перепада давления $\Delta p = p_1 - p_2$, если угол иглы A, диаметр дросселирующего отверстия D, его коэффициент расхода μ, расход жидкости Q, плотность жидкости ρ. Площадь дросселирующего кольца определить по приближенной формуле: $S = S_0 - S_и$, где S_0 – площадь отверстия, $S_и$ – площадь иглы в сечении *1–1*.



Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
Δp, Мпа	3	4	5	6	2
A, град	30	28	25	32	20
D, см	6	4	5	7	8
μ	0,8	0,85	0,7	0,75	0,9
Q, л/с	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7
ρ, кг/м^3	900	920	960	980	930

Задача 7.5.4

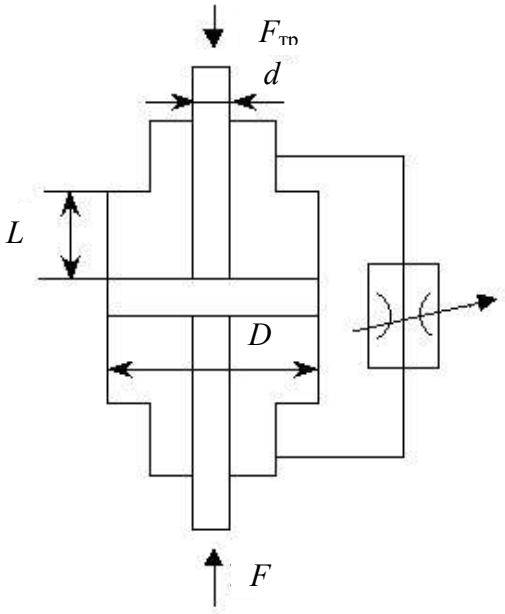
Определить диаметр отверстия дросселя, установленного на сливе из гидроцилиндра, при условии движения штока под



действием внешней нагрузки F со скоростью V. Диаметры: штока – d, цилиндра – D. Коэффициент расхода дросселя μ, плотность жидкости ρ, давление на сливе $P_{сл}$.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
F, кН	60	50	40	30	70
υ, мм/с	200	150	140	170	190
d, мм	40	30	35	45	50
D, мм	80	70	75	85	90
μ	0,65	0,55	0,5	0,7	0,75
ρ, кг/м^3	850	900	920	930	950
$P_{сл}$, МПа	0,3	0,2	0,4	0,3	0,25

Задача 7.5.5

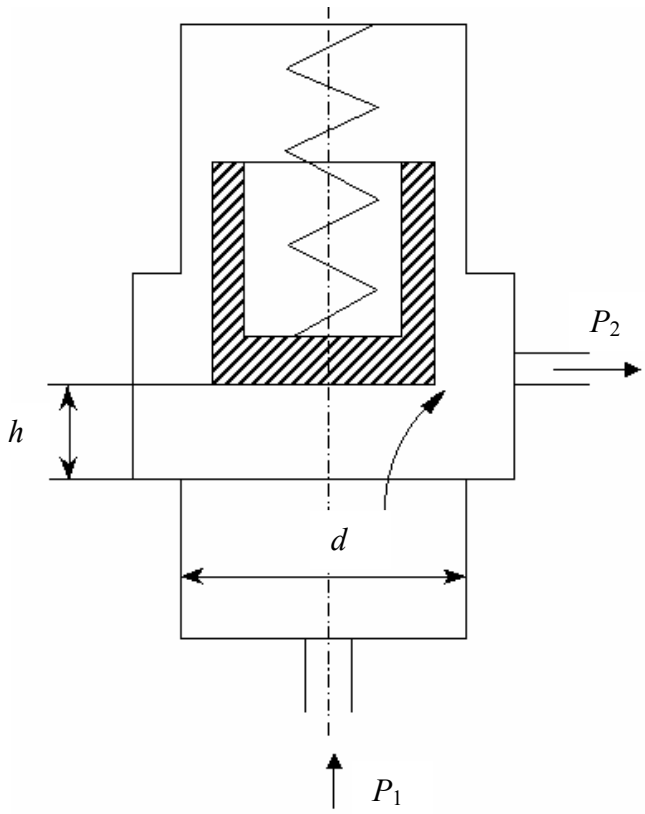


Правая и левая полости цилиндра гидравлического регулируемого тормоза, имеющего диаметр поршня D, диаметр штока d, сообщаются между собой через регулируемый дроссель, площадь проходного сечения которого установлена $S_{др}$. Коэффициент расхода дросселя μ. Определить время, за которое поршень переместиться на величину L под действием силы F, приняв плотность жидкости ρ и пренебрегая потерями энергии при ее движении по гидролиниям. Принять $F_{тр}$.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
D, мм	160	150	170	180	140
d, мм	80	75	85	90	70
$S_{др}$, мм^2	20	22	15	18	25
μ	0,65	0,6	0,7	0,75	0,8
L, см	36	40	30	32	42
F, кН	15	14	16	17	18
ρ, кг/м^3	900	920	950	980	930

$F_{тр}$, кН	1	2	3	1,5	2,5

Задача 7.5.6

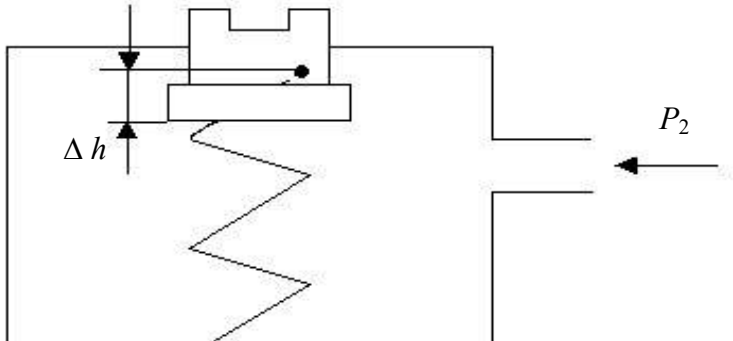


Переливной клапан плунжерного типа поддерживает заданное давление жидкости на входе P_1 путем непрерывного ее слива. Найти расход жидкости клапаном Q, если давление на входе P_1, давление на выходе клапана P_2, усилие пружины при закрытом клапане $F_{пр}$, жесткость пружины C, коэффициент расхода рабочего окна клапана μ.

Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
P_1, МПа	12,5	10	8	6	20
P_2, МПа	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3
$F_{пр}$, кН	12	14	16	13	15
C, Н/мм	225	200	220	215	210
μ	0,6	0,65	0,7	0,75	0,55
D, м	0,2	0,15	0,1	0,05	0,3
Жидкость	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное 57

Задача 7.5.7

Определить величину предварительной деформации пружины Δh, прижимающей шарик к седлу предохранительного клапана диаметром d, если он открылся при давлении P_1, а давление после клапана P_2, жесткость пружины C. Весом шарика, пружины и шайбы пренебречь.



d

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
d, мм	25	20	30	35	40
P_1, МПа	2,5	5	6	10	12,5
P_2, МПа	0,35	0,4	0,5	0,3	0,25
С, Н/м	$15 \cdot 10^4$	$16 \cdot 10^4$	$17 \cdot 10^4$	$18 \cdot 10^4$	$19 \cdot 10^4$

7.6. Задачи по гидроприводу

Задача 7.6.1

В гидравлическом приводе горной машины имеется три гидродвигателя (два гидроцилиндра и гидромотор), работающие поочередно. Составить принципиальную гидравлическую схему привода и определить его параметры (полезные регулируемые нагрузки на штоках гидроцилиндров R_1 и R_2, действующие в прямом и обратном направлениях, фактический реализуемый момент на валу гидромотора $M_{ф,}$ давление жидкости на входе в гидродвигатели), если теоретический момент на валу гидромотора $M_м$, рабочий объем гидромотора V_0, площади поршней гидроцилиндров S_1 и S_2 соответственно, площади поршней со стороны штоков S_3 и S_4 соответственно, скорости движения штоков гидроцилиндров в прямом и обратном направлении одинаковы и постоянны, частота вращения вала гидромотора постоянна, механический КПД гидромотора $\eta_{мех}$. При расчетах диаметры поршней гидроцилиндров округлить до стандартных значений, уплотнения поршней манжетами. Противодавлениями пренебречь.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д

$M_м$, Н·м	2000	3000	3500	2500	2800
$V_0 \cdot 10^{-4}$, м^3/об	5,00	8,00	9,00	1,15	1,40
S_1, м^2	0,26	0,40	0,60	0,70	0,80
S_2, м^2	0,40	0,50	0,70	0,76	0,88
S_3, м^2	0,13	0,20	0,30	0,35	0,40
S_4, м^2	0,20	0,25	0,35	0,38	0,44
$\eta_{мех}$	0,95	0,97	0,98	0,94	0,95

Задача 7.6.2.

Составить принципиальную гидравличекую схему привода, где преобразователями гидравлической энергии являются два гидромотора, имеющие рабочие объемы V_1 и V_2, частота вращения их валов n_1 и n_2 соответственно изменяются от 0 до n_{max}. Давление жидкости на входе в каждый гидромотор Р механический КПД $\eta_{м1}$ и $\eta_{м2}$ соответственно. Определить крутящие моменты полезные и теоретические каждого гидромотора и полезные мощности на валах гидромоторов. Противодавлением пренебречь.

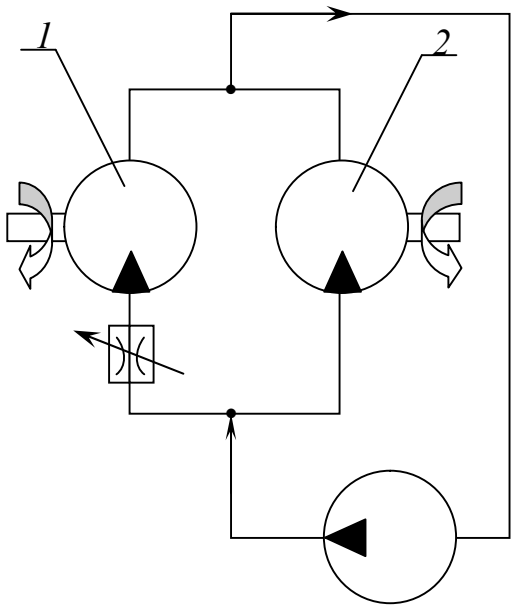
Параметры	**Вариант**				
	а	**б**	**в**	**г**	**д**
$V_1 \cdot 10^{-6}$, м^3/об	100	112	125	160	200
$V_2 \cdot 10^{-6}$, м^3/об	112	125	140	180	224
P, МПа	10,0	12,5	16,0	6,3	8,0
η_{max}, с$^{-1}$	25	25	25	18	18
$\eta_{м1}$	0,84	0,96	0,90	0,91	0,89
$\eta_{м2}$	0,86	0,88	0,96	0,94	0,87

Задача 7.6.3

Составить принципиальную гидравлическую схему привода, в которой в качестве гидродвигателей используются гидроцилиндр с двусторонним подводом жидкости и гидромотор, работающие поочередно. Скорости движения штока гидроцилиндра в прямом и обратном направлениях одинаковы и регулируются от 0 до максимального значения υ_{max}, частота вращения вала гидромотора n постоянная. Определить полезный момент на валу гидромотора и теоретический момент, полезную нагрузку на штоке гидроцилиндра, расход жидкости гидроцилиндром, если рабочий объем гидромотора V, давление на входе в гидродвигатели P, величина противодавления ΔP , диаметр поршня цилиндра d, механический КПД гидромотора $\eta_{мех}$, объемный КПД гидроцилиндра η_0. При расчете параметров гидроцилиндра потерями энергии на трение пренебречь.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
υ_{max}, м/с	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
P, МПа	8,0	6,3	12,5	20	32
ΔP, МПа	0,10	0,15	0,20	0,32	0,15
$V \cdot 10^{-6}$, м^3/об	100	112	125	140	160
d, м	0,20	0,22	0,25	0,28	0,32
$\eta_{мех}$	0,92	0,91	0,95	0,94	0,89
η_0	0,95	0,97	0,99	0,98	0,97

Задача 7.6.4



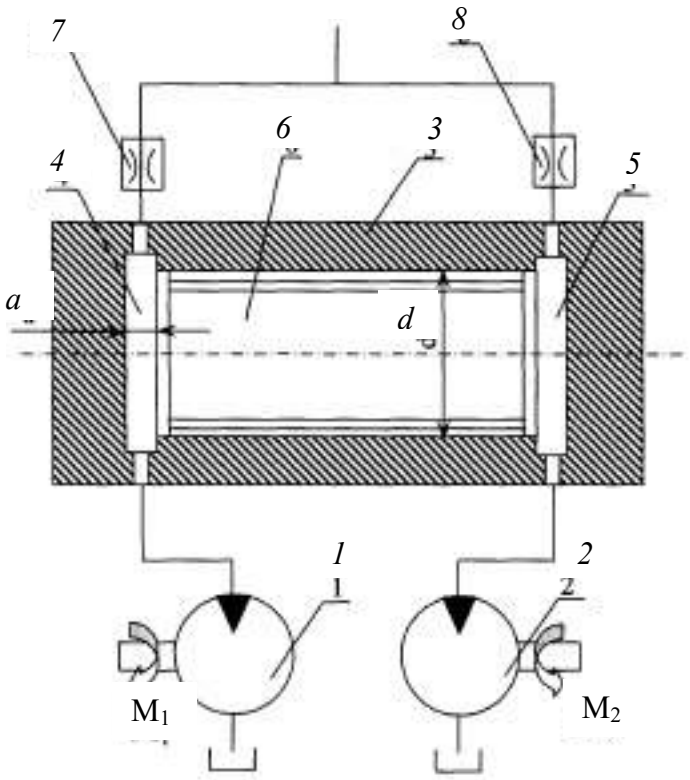
Гусеничный ход горной машины приводится в действие двумя гидромоторами *1* и *2*. Известно, что рабочие объемы гидромоторов V_1 и V_2; моменты на валах M_1 и M_2, рабочий объем насоса $V_н$, частота вращения вала насоса n об/мин. Механические и объемные КПД гидромашин $\eta_0 = \eta_м$, плотность рабочей жидкости ρ, коэффициент расхода дросселя μ. Пренебрегая потерями энергии в трубопроводах определить при каком проходном сечении дросселя угловые скорости гидромоторов будут одинаковы.

Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
1	2	3	4	5	6
$V_1 \cdot 10^{-6}$, м^3/об	12	10	14	16	18
$V_2 \cdot 10^{-6}$, м^3/об	28	24	30	32	36
M_1, Н·м	20	18	22	24	26
M_2, Н·м	40	36	40	46	50
1	2	3	4	5	6
$V_н \cdot 10^{-6}$, м^3/об	63	40	71	90	80
η_0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$\eta_м$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
ρ, кг/м^3	850	860	810	870	840
μ	0,62	0,65	0,67	0,7	0,72
n, об/мин	1000	1200	1300	1400	1500

Задача 7.6.5.

Гидромоторы *1* и *2*, имеющие одинаковые рабочие объемы V, приводят в движение гусеницы ходового оборудования горной машины. Выходные

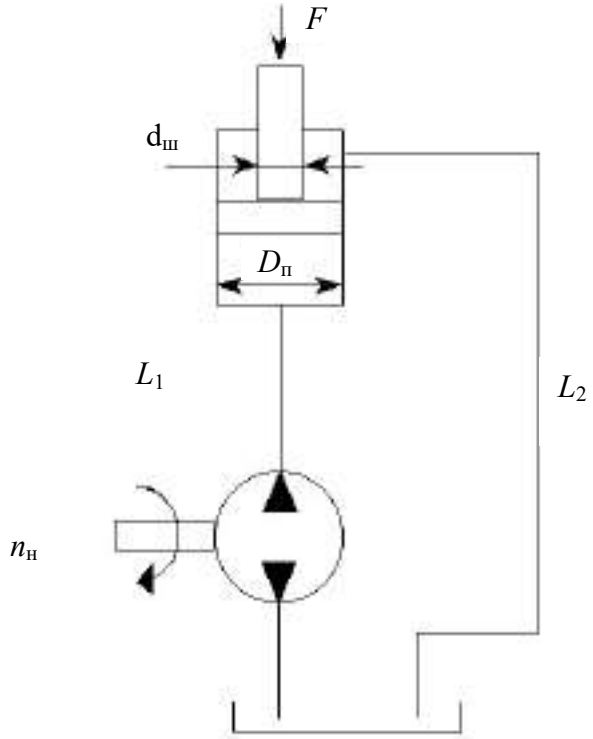
звенья гидромоторов вращаются с одинаковыми угловыми скоростями, что обеспечивается делителем потока *3*, и имеют нагрузки M_1, M_2. Деление потока жидкости в равных количествах гидродвигателями *1* и *2* обеспечивается перекрытием кольцевых проточек *4* и *5* при перемещении плунжера *6*, изменяя сопротивление гидролиний. Определить величину максимального смещения плунжера от нейтрального положения, если ширина проточек *a*, коэффициент расхода проточек μ, плотность рабочей жидкости ρ, расход жидкости *Q*, диаметр плунжера *d*. Сопротивления обоих трубопроводов и дросселей *7* и *8* одинаковы.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
$V \cdot 10^{-6}$, м^3/об	90	107	125	142	160
M_1, Н·м	110	140	170	210	240
M_2, Н·м	80	110	140	180	210
μ	0,62	0,65	0,7	0,75	0,77
ρ, кг/м^3	880	885	890	910	920
Q, л/с	1,2	1,8	2,2	2,4	2,6
d, мм	10	12	14	16	18

Задача 7.6.6.

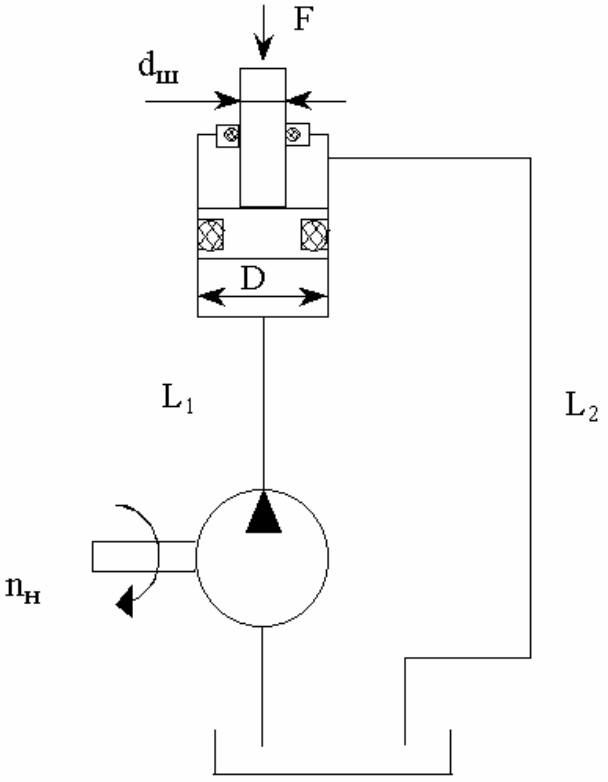
Определить давление, создаваемое радиально-поршневым насосом, если длины трубопроводов L_1, L_2, их диаметры $d_т$, частота вращения вала насоса $n_н$. Сила на штоке F, диаметры: $D_п$, $d_ш$. Параметры насоса: число цилиндров z, диаметр поршня цилиндра $d_{п.ц}$, величина эксцентриситета e, объемный КПД η_0. Коэффициент местных сопротивлений принять ξ_i=0,5. Потерями на трение пренебречь.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
1	2	3	4	5	6
L_1, м	6	7	8	5	6,5
L_2, м	8	9	10	6	8,5
$d_т$, м	22	20	18	18,5	16
F, кН	2	3	4	5	6
$D_п$, мм	80	85	70	75	65
$d_ш$, мм	40	45	30	35	25
z	7	8	9	10	12
$d_{п.ц}$, мм	20	18	16	14	22
1	2	3	4	5	6
e, мм	18	16	10	12	20
η_0	0,9	0,91	0,92	0,89	0,93
n, $с^{-1}$	15	16	17	14	12
Тип жидкости	И-20	И-30	И-12	И-50	Турбинное-57

Задача 7.6.7

Определить создаваемое давление насосом радиально-поршневого типа однократного действия, если длины труб L_1, L_2, диаметры труб $d_т$, частота вращения вала $n_н$. Сила на штоке F. Параметры насоса: число цилиндров z, диаметр поршня d, величина эксцентриситета e, объемный КПД η_0. Поршень и шток уплотнены манжетами высотой h. Диаметр поршня гидроцилиндра D, диаметр штока $d_ш$. Потерями энергии на местных сопротивлениях пренебречь.



Параметры	Вариант				
	а	б	в	г	д
L_1, м	5	6	7	8	9
L_2, м	7	8	9	10	12
$d_т$, м	30	20	25	35	15
F, кН	3	2	2,5	3,5	4
z	9	8	7	6	10
d, мм	22	20	18	16	24
e, мм	40	30	35	20	25
η_0	0,95	0,96	0,94	0,93	0,92
h, мм	7	7	10	10	12
n, $с^{-1}$	15	16	14	13	15
D, м	0,3	0,2	0,25	0,35	0,15
$d_ш$, м	0,1	0,15	0,12	0,13	0,08
Тип жидкости	И-20	И-20	И-12	И-50	Турбинное-57

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Плотность, коэффициенты вязкости, температурного расширения и объемного сжатия некоторых жидкостей

Наименование жидкости	Плотность ρ, кг/м^3	Динамический коэффициент вязкости $\mu\cdot10^3$, Па·с	Кинематический коэффициент вязкости $\nu\cdot10^6$, м^2/с	Коэффициент температурного расширения $\beta_t\cdot10^3$, 1/град	Коэффициент объемного сжатия $\beta_p\cdot10^3$, 1/МПа
Вода	998.2	1.00	1.008	0.02	0.49
Этиловый спирт	790.0	1.20	1.520	1.10	0.78
Ртуть	13546	1.54	0.114	0.18	0.039
Толуол	867.0	0.584	0.660	1.10	-
Глицерин	1260.0	1490	660	0.49	0.25
Бензин	700.0	0.455	0.83	1.24	0.94
Керосин	820.0	2.05	2.50	0.96	0.77
Воздух	1.2	0.0179	14.9	-	-
Нефть Баку:					
легкая	884	-	25	0.6	0.78
тяжелая	924	-	140	0.6	0.78
Масла:					
индустриальные					
И-12	880	-	12	-	-
И-20	885	-	20	0.73	0.72
И-30	890	-	30	-	-
И-50	910	-	50	-	0.68
турбинное-57	920	-	57	0.65	0.56

Таблица 2

Соотношение между единицами давления

Единица	Па (Н/м^2)	кгс/см^2 (ат)	кгс/м^2	мм вод.ст.	м вод.ст.	мм рт.ст.	бар
1 Па (Н/м^2)	1	$10{,}2\cdot10^{-6}$	0,102	0,102	$102\cdot10^{-6}$	$750\cdot10^{-5}$	10^{-5}
1 кгс/см^2 (ат)	$9{,}81\cdot10^4$	1	10^4	10^4	10	735,6	0,981
1 кгс/м^2	9,81	10^{-4}	1	1	10^{-3}	$73{,}56\cdot10^{-3}$	$98{,}1\cdot10^{-6}$
1 мм вод.ст.	9,81	10^{-4}	1	1	10^{-3}	$73{,}56\cdot10^{-3}$	$98{,}1\cdot10^{-6}$
1 м вод.ст.	$9{,}81\cdot10^3$	0,1	10^3	10^3	1	73,56	$98{,}1\cdot10^{-3}$
1 мм рт.ст.	133,3	$1{,}36\cdot10^{-3}$	13,6	13,6	$13{,}6\cdot10^{-3}$	1	$1{,}33\cdot10^{-3}$
1 бар	10^5	1,02	$10{,}2\cdot10^3$	$10{,}2\cdot10^3$	10,2	750	1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие методические указания 4

1. Шестеренные машины 7
2. Пластинчатые машины 9
3. Радиально-поршневые машины 12
4. Аксиально-поршневые машины 13
5. Гидроаппаратура 16
6. Гидропривод 21
7. Контрольные задания 23

7.1. **Задачи по шестеренным машинам** 25
7.2. **Задачи по пластинчатым машинам** 30
7.3. **Задачи по радиально-поршневым машинам** 34
7.4. **Задачи по аксиально-поршневым машинам** 39
7.5. **Задачи по гидроаппаратуре** 44
7.6. **Задачи по гидроприводу** 49

Приложение 1 55

Оглавление 56

Учебное издание

Николай Максимович Суслов
Юлия Андреевна Лагунова

«ГИДРАВЛИКА, ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОД»

Методическое пособие
и контрольные задания
по дисциплинам «Гидравлика и гидропривод»,
«Гидро- и пневмопривод автомобилей»
для студентов специальностей
15.05.01 – «Проектирование технологических машин и комплексов»
и 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства»

Редактор В. В. Баклаева
Компьютерная верстка М. Н. Поповой

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Печ. л. 3,4 Уч.изд.л. 3,0 Тираж 100 экз. Заказ №
Печать на ризографе

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

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 выполнению контрольной работы по дисциплине

Б1.О.34 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОРИВОД

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Автор: Суслов Н. М., д-р техн. наук, профессор

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 31.08.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ... 3

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ 4

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 4

ЛИТЕРАТУРА..... 13

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить современное оборудование, применяемое на нефтяных и газовых промыслах без гидравлических и пневматических приводов. Гидравлический пневматический привод позволяют повысить производительность, мощность и энергоэффективность машин, при этом сохраняя малые габариты. Выпускники университета должны уметь рассчитывать, проектировать, обслуживать гидравлические и пневматические системы, применяемые на нефтегазовых промыслах.

Цель контрольной работы: проверка приобретенных студентами навыков расчета и проектирования гидравлического или пневматического привода машин, применяемых на нефтегазовой промышленности и поиска оптимальных значений параметров объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли.

Результат изучения дисциплины:

Знать:

- проблемы создания горных машин из различных типов и назначений;
- конструктивные схемы приводов основных механизмов горных машин;
- технические характеристики и конструктивные особенности гидравлических машин и гидроаппаратов гидроприводов горных машин;
- теоретические основы, устройство и методики расчета гидравлических и пневматических приводов;

Уметь:

- проводить расчеты гидропневмоприводов горных машин, выбирать гидроаппараты и гидравлические машины для конкретной гидравлической схемы привода;
- анализировать, синтезировать и критически резюмировать полученную информацию, работать с технической документацией;
- работать с диагностическими приборами для мониторинга технического состояния гидравлических машин и гидроаппаратов;

Владеть:

- методами расчета геометрических, кинематических, силовых, прочностных и энергетических параметров гидравлических и пневматических машин и аппаратов для конкретной гидравлической схемы;
- методами и навыками организации технических мероприятий по обеспечению постоянной работоспособности гидравлических машин с заданными технико-экономическими параметрами эксплуатации;
- методами решения инженерно-технических и прикладных экономических задач с применением вычислительной техники и основных нормативных документов.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях, а также в пособиях [1, 2, 3, 4].

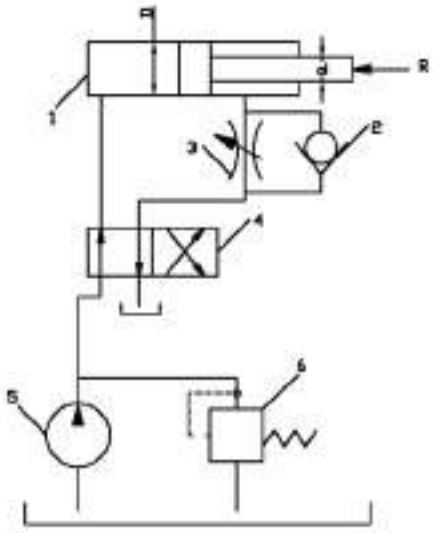
2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

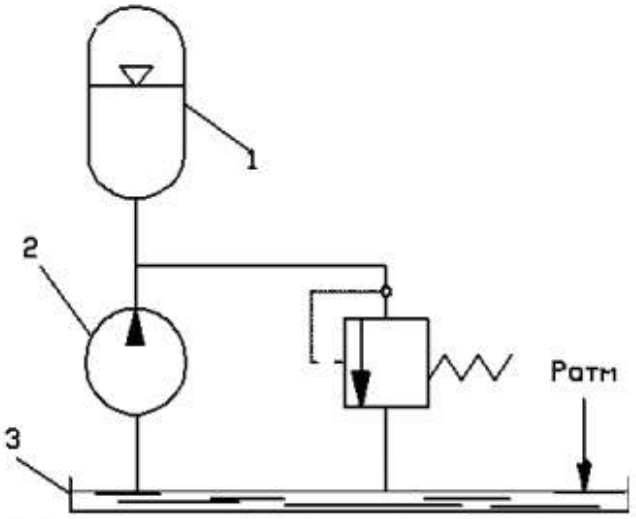
1. Постановка задачи оптимизации.
2. Анализ задачи.
3. Чертеж схемы
4. Выбор оптимальных параметров работы привода
5. Выбор способа регулирования
6. Выбор метода расчета.
7. Выбор параметров работ схемы.
8. Решение задачи.
9. Составление графиков

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

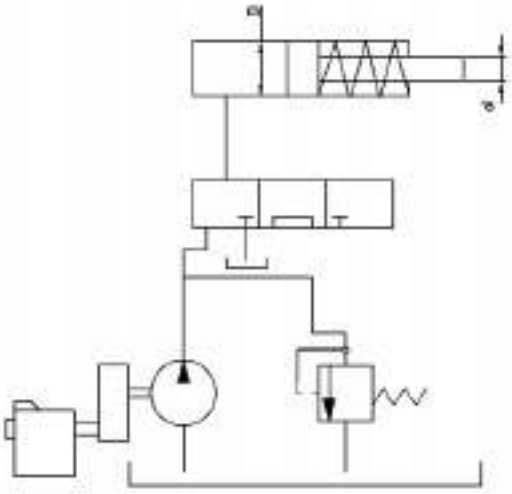
1. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



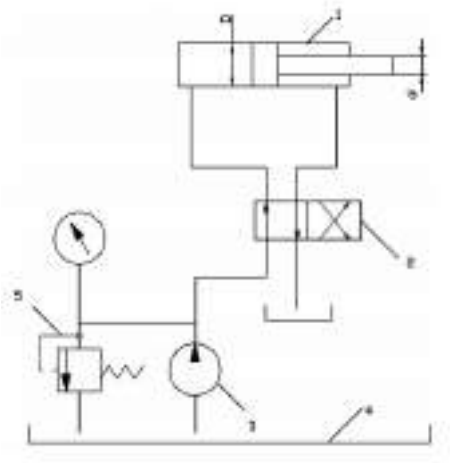
2. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем V_1 минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



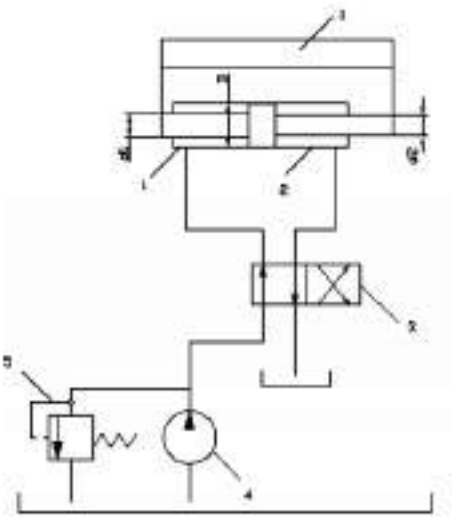
3. В объемном гидроприводе приводной вал роторного насоса вращается от коленвала двигателя внутреннего сгорания через редуктор. Пределы чисел оборотов коленвала двигателя внутреннего сгорания от n_1до n_2. При частоте вращения коленвала двигателя внутреннего сгорания n, насос развивает подачу $Q_н$. Пренебрегая утечкой масла в гидроаппаратуре, определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра 1 диаметром D. Поршень в гидроцилиндре уплотняется резиновыми кольцами круглого сечения.



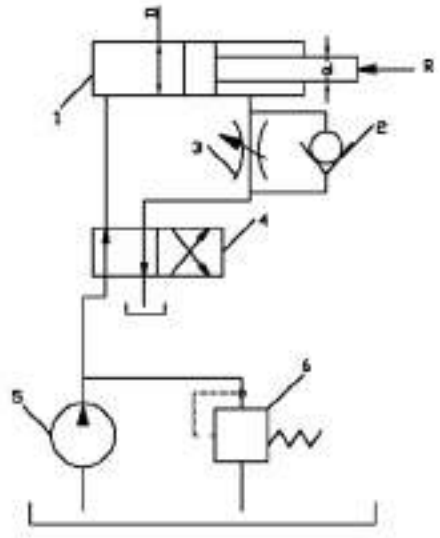
4. В объемном гидроприводе насос 3 при вращении своего приводного вала с частотой n развивает подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром dв гидроцилиндре 1 манжетное. Утечка масла в гидросистеме не превышает ΔQ. С учетом утечки масла в гидросистеме определить, с какой частотой необходимо вращать приводной вал насоса для сообщения поршню гидроцилиндра скорости υ при его движении а) вправо, б) влево.



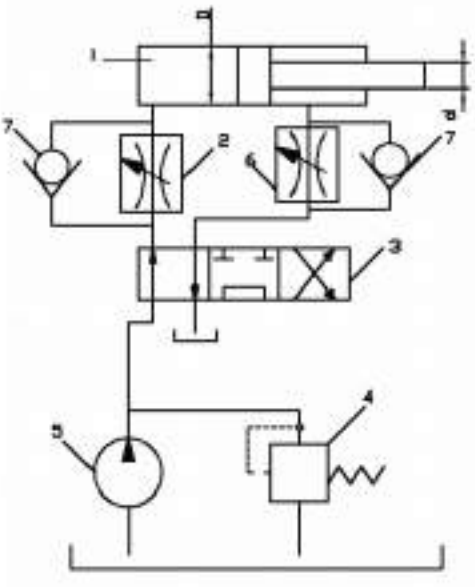
5. Гидроцилиндр 2 с двусторонним штоком одинакового диаметра (d_1–d_2) при давлении масла в рабочей полости Р и противодавлении в сливной полости $P_{пр}$=0,1 МПа развивает тяговое усилие F. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре манжетное. Насос 4 при вращении собственного приводного вала с частотой $n_н$ развивает подачу $Q_н$. Определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра при изменении скорости вращения приводного вала насоса 4 от 1000 до 2000 об/мин. Принять $\eta_м$=0,97.



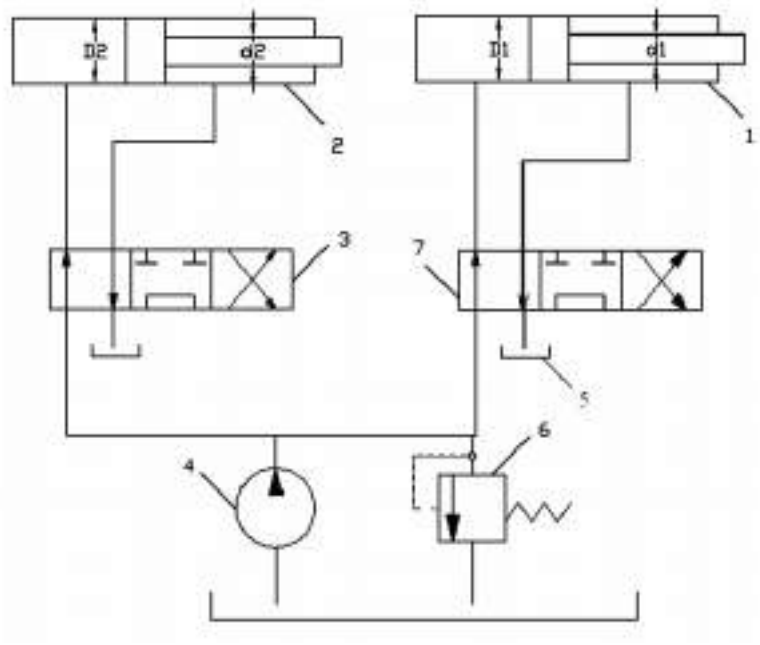
6. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



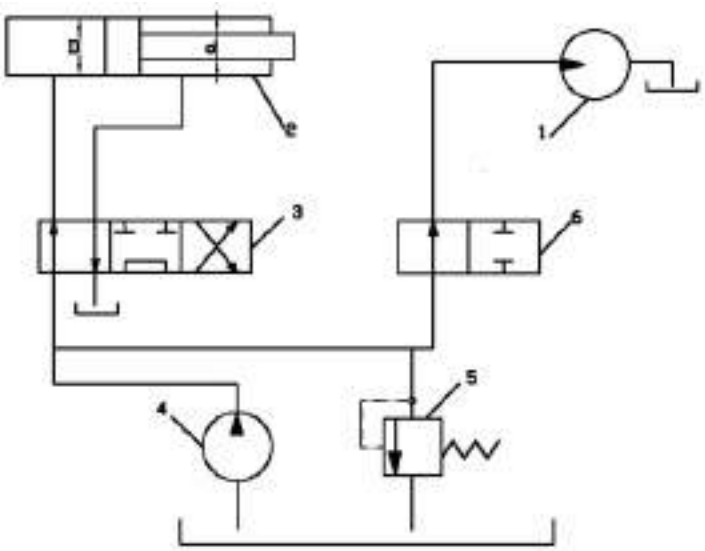
7. В левой полости гидроцилиндра 1 рабочее давление p. Диаметр гидроцилиндра D, диаметр штока d. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре – манжетное. Противодавление в правой полости гидроцилиндра $p_{пр}$. Насос 5 развивает подачу $Q_н$=12л/мин. Падение (потеря) давления в напорной гидролинии Δp. Определить при движении поршня вправо общий КПД объемного гидропривода, если известны утечка масла через гидроклапан 4 ΔQ и общий КПД $\eta_н$.



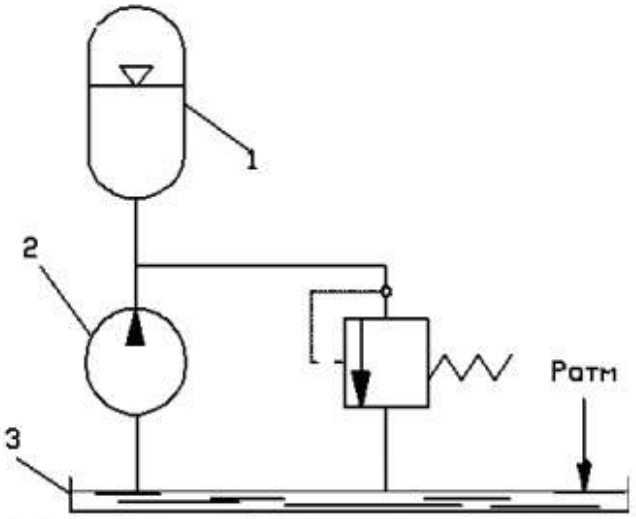
8. В объемном гидроприводе поршень гидроцилиндра 1 диаметром D_1 двигается вправо со скоростью υ_1, а поршень гидроцилиндра 2 D_2 двигается вправо со скоростью υ_2. Уплотнение поршня в каждом гидроцилиндре манжетное. Утечка масла в гидроаппаратуре составляет ΔQ. Определить подачу, развиваемую насосом 4.



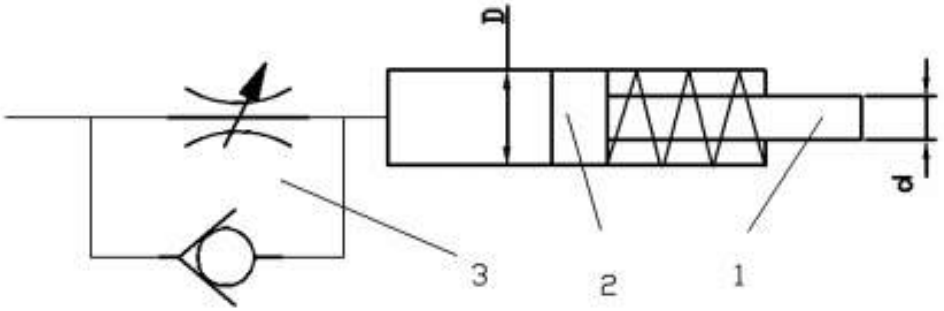
9. В объемном гидроприводе используется гидромотор 1 с рабочим объемом q_0 и гидроцилиндр 2 диаметром D. Уплотнение поршня в гидроцилиндре манжетное. С учетом суммарной утечки масла в гидроаппаратуре в количестве ΔQ определить, какую подачу создает насос 4, когда выходной вал гидромотора вращается со скоростью n, а поршень гидроцилиндра перемещается со скоростью υ. Объемный КПД гидромотора $\eta_{об}$.



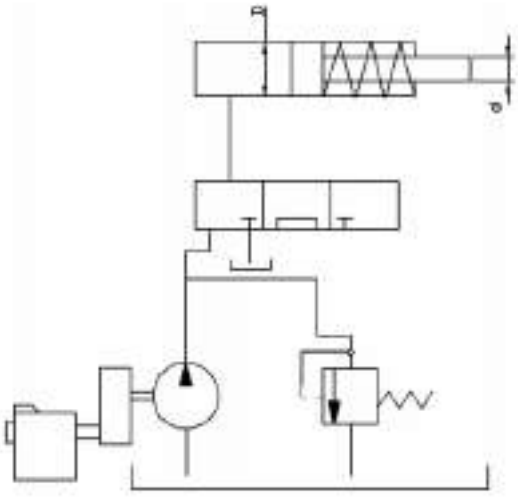
10. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем V_1 минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



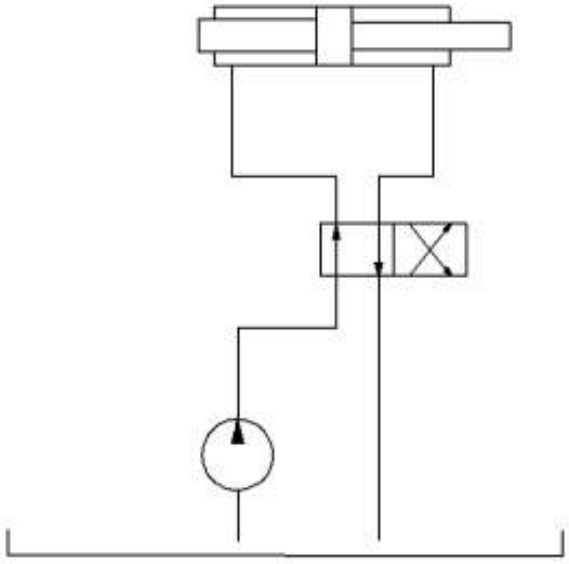
11. Гидравлическое реле выдержки времени с диаметром D поршня 2 срабатывает при перемещении штока 1 вверх на длину l. Определить, на пропуск какого расхода масла необходимо настроить гидродроссель 3, чтобы реле сработало (выдало сигнал управления) через промежуток времени t. Утечкой масла в данном реле пренебречь.



12. Ротор пластинчатого насоса получает вращение от асинхронного двигателя через клиноременную передачу, диаметры шкивов d0= 100мм и d=160мм, частота вращения вала электродвигателя nд, рабочий объем насоса q=16 см3, давление на выходе из насоса P=, объемный КПД ηоб= 0,95. Принять коэффициент проскальзывания клиноременной передачи ψ=0,98; общий КПД насоса ηн=0,8; КПД клиноременной передачи ηр=0,95 и КПД электродвигателя ηэ=0,87. Определить мощность, потребляемую электродвигателем.



13. Подача насоса равна Q=280 л/мин. Рассчитать диаметры всасывающей, напорной и сливной гидролиний, принимая следующие расчетные скорости: V1 =0,6 м/с – для всасывающей гидролинии; V2=4 м/с – для напорной гидролинии; V3= 1,4 м/с – для сливной гидролинии.



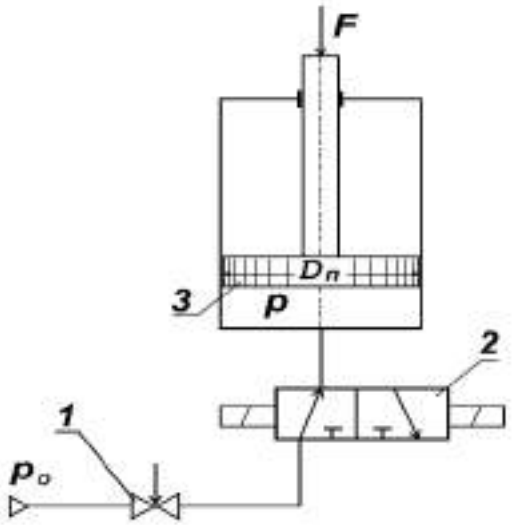
14. Определить конечную температуру воздухапневмодвигателя при адиабатном расширении, если начальная температура 20 °С, абсолютное давление сжатия 0,6 МПа, а расширения 0,4 МПа.

15. Определите теоретических расход четырехцилиндрового поршневого пневмомотора при частоте вращения 700 мин-1, если объем сжатого воздуха, перемещаемого одним поршнем за цикл, составляет 0,5 дм3, абсолютное давления сжатия 0,6 МПа, давление выхлопа 0,4 МПа, температура сжатого воздуха 300 К.

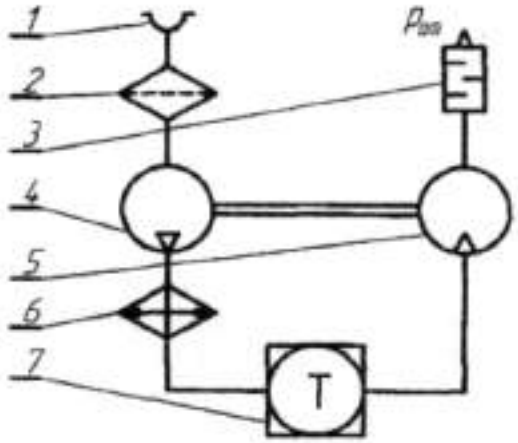
16. Определите расход турбинного пневмодвигателя, если абсолютное давление сжа-

того воздуха 0,5 МПа, а его температура 20 °С. Двигатель имеет два сопла с насадками диаметром 24 мм. Коэффициент расхода насадки 0.92, коэффициент скорости 0.95

17. На рисунке показана расчетная схема магистрального пневмопривода, содержащая вентиль 1 (ζв = 5), распределитель 2 (ζр = 12) и пневмоцилиндр с поршнем 3. Диаметр поршня Dп = 100 мм. Сила полезного сопротивления, приложенная к поршню, F = 0,8 кН. Общая длина труб диаметром D = 10 мм составляет l = 20 м, эквивалентная шероховатость труб ΔЭ = 0,01 мм. Температура воздуха 20 ºС; подводимое давление p0 = 0,63 МПа. Определим скорость перемещения поршня Vп, пренебрегая силами трения. Из уравнения расхода (Мр) $V_П = \frac{M_p}{\rho \omega_П}$, где ωп - площадь поршня, ρ -плотность воздуха в поршневой полости.



18. На рисунке показана система турбонаддува двигателя внутреннего сгорания. Проходя последовательно через фильтр 2, компрессор 4 и охладитель 6 воздух попадает в двигатель внутреннего сгорания. Выхлопные газы, направляемые на выход, проходят через пневматический двигатель 5, который приводится во вращение. Пневмодвигатель в свою очередь приводит во вращение компрессор 4, который имеет с ним общий вал. Определить теоретическую подачу компрессора, если его рабочий объем равен q, а частота вращения вала пневмодвигателя n.



19. Выбрать проходное сечение элементов пневматической линии, состоящей из трубы длиной $L_1 = L_{э1}$ и распределителя; как установлено динамическим расчетом, ее пропускная способность характеризуется величиной $f^{э}_{расч}$

20. Требуется выбрать параметры привода одностороннего действия по следующим данным $\upsilon_{ср} = 0{,}25\,{}^{м}\!/_{с}$ P = 980 Н, S= 0,5 м, m= $10\,\frac{кгс \cdot с^2}{м}$; рм= 0,5 МПа.

21. Определить диаметр цилиндра, а также параметры линий на входе и выходе по следующим данным: P2 = 980 Н; m= $10\ \frac{кгс \cdot с^2}{м}$; s = 0,6 м; рм = 0,5 МПа; диапазон изменения скорости Uср = 0,4…0,6 м/с.

22. Определить тормозной путь $x_т$ и время торможения привода, который нагружен силой P и должен переместить массу m; на длину S со средней скоростью $U_{ср}$. Относительный вредный объем тормозной полости $\xi_{от}=V_{jn}/F_s$ по конструктивным соображениям принимаем равным 0,05.

23. Требуется переместить горизонтально массу m, т. е. груз весом $P_т = mg$ на расстояние S с плавной остановкой в конце хода. По конструктивным соображениям эффективная площадь проходного сечения трубопроводов ограничена значением f (труба ${}^{1}\!/_{2}{}''$) сила полезного сопротивления P_2. Выбрать параметры пневмопривода, работающего в режиме автоторможения, чтобы время перемещения t_s было минимальным.

24. . Определить параметры привода и положение тормозного золотника, если требуется переместить массу m на расстояние S за время t_s. Полная сила сопротивления P. Значения $f_э$ ограничены теми же условиями: $f^{э} = f^{э}_{max}$, $U \le U_{max}$, U_{max} .

25. Определить, на сколько изменится время перемещения поршня двустороннего

пневмопривода, если через отверстие (Ω_{1-2} = 0,2) в нем часть сжатого воздуха будет перетекать из рабочей полости в выхлопную. Исходные данные: N; Ω , χ , δ_a; $\Pi_{2,1}^{F}$.

26. Определить рабочее усилие, развиваемое мембранным приводом при перемещении центра мембраны на величину x. Исходные данные диаметр мембраны D_1 диаметр шайбы D_2; толщина ее h; давление сжатого воздуха $p_м$, модуль упругости материала мембраны E, угол наклона образующей мембраны в начальном положении υ (x_0 = 12 мм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 62 с.
2. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 346 с
3. Суслов Н. М., Чиркова А. А. Проектирование и расчет объемного гидропривода: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 78 с.
4. Суслов Н. М., Чернухин С. А. Элементная база объемного гидропривода: учебное пособие. Уральский государственный горный университет. - 2-е изд. - Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023. - 172 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению курсового проекта для обучающихся по дисциплине

Б1.О.34 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОПРИВОД

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Темпы развития горнодобывающей и нефтегазовой отраслей промышленности определяются уровнем механизации основных технологических прогрессов и степенью совершенства конструкций машин и механизмов, реализующих эти процессы.

Гидравлический привод является одним из видов приводов, применяемых в современной технике. По сравнению с другими приводами, например, электрическим, механическим и др., он обладает важными свойствами, позволяющими получать при его применении значительный технический, социальный и экономический эффект.

Гидропривод позволяет создавать прогрессивные конструкции машин, уменьшить их габариты, повысить долговечность, обеспечить возможность автоматизации управления и регулирования.

Именно приобретению навыков проектирования объемных гидроприводов и посвящается курсовой проект.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В работе ставится цель закрепить и углубить знания, полученные студентом в результате изучения дисциплины, выработать навыки самостоятельного творческого решения технических задач на основе комплексного использования полученных знаний.

В процессе выполнения работы студенты приобретают навыки проектирования, включая технику выполнения расчетов, оформления чертежей и пояснительной записки, применения стандартов и нормалей, пользования справочной литературой и средствами вычислительной техники.

Выполненный курсовой проектзащищается каждым студентом на кафедре, для чего создается комиссия. К защите допускаются только те курсовые проекты, которые выполнены в соответствии с заданием на курсовое проектирование, в требуемом объеме, и в соответствии с действующими стандартами, проверенные руководителем проекта и имеющие ответы на все замечания руководителя проектирования.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Курсовой проект является результатом самостоятельной и творческой работы студента. Он включает расчетно-пояснительную записку и графический материал.

Расчетно-пояснительная записка должна быть выполнена в соответствии с требованиями стандартов к такого рода документам. Она должна отличаться ясностью изложения материала и включать задание на курсовой проект, титульный лист, содержание, основную часть. Текст записки должен сопровождаться ссылками на использованную литературу, перечень которой приводится *в* конце записки, а также поясняющими текст эскизами, схемами, графиками и ссылками на них. Объем записки 30-40 страниц рукописного текста.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из трех разделов. В первом разделе рассматривается состав и принцип действия гидравлической или пневматической систем горной машины: экскаватора, добычного или проходческого комбайнов, дробилки, бурового станка или другой конкретной машины, указанной в задании. Во втором разделе разрабатывается гидравлическая схема привода механизма горной машины с машинным или дроссельным регулированием параметров выходного звена привода и приводится ее расчет. В третьем разделе рассчитываются механическая и регулировочная характеристики гидропривода.

3.1. Содержание пояснительной записки

В пояснительной записке по первому разделу курсового проекта приводится:

краткое описание назначения и области применения заданной горной машины, ее конструктивного исполнения и основных рабочих параметров;

описание работы гидросхемы заданной машины, ее функциональных возможностей с указанием типа и характеристик входящего гидрооборудования.

По второму разделу курсового проекта в пояснительной записке приводится:

описание гидравлической схемы, подлежащей расчету;

расчет основных параметров гидросистемы и выбор стандартной гидроаппаратуры;

обоснование и выбор рабочей жидкости;

гидравлический расчет гидросистемы;

расчет гидроцилиндра;

тепловой расчет гидросистемы.

В третьем разделе производится расчет регулировочной и механической характеристик.

3.2. Содержание графического материала курсового проекта

Графический материал включает эскиз горной машины с описанием конструкции, гидравлическую и пневматическую схемы данной горной машины с их описанием. Приводится тип и параметры оборудования, составляющего схему. В отдельных случаях принципиальная гидравлическая схема может быть заменена структурной, функциональной или монтажной схемами. Такая замена согласовывается с руководителем курсовой работы.

На отдельном листе пояснительной записки должна быть представлена принципиальная гидравлическая схема привода, подлежащего расчету, с описанием входящих в нее элементов.

Пояснительная записка должна содержать эскизы и схемы элементов привода, требуемых пояснений.

Весь графический материал входит в состав пояснительной записки к курсовой работе, а также может быть выполнен отдельно.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Выполнение работы следует начинать с подбора литературы по рассматриваемым вопросам. Целесообразно также повторить теоретический материал, касающийся проектирования и расчета объемных гидравлических

приводов, и ответить на предлагаемые вопросы для самоконтроля, выполнить задания.

1. Сформулируйте закон Паскаля.

2. Напишите основное уравнение гидростатики.

3. Каков физический смысл входящих в уравнение Бернулли величин?

4. Назовите причины возникновения местных потерь энергии. Как они рассчитываются?

5. Каковы общие правила расчета простых и сложных трубопроводов?

6. Чем ограничивается допустимая высота всасывания объемной гидромашины?

7. Что понимается под рабочим объемом гидравлической машины?

8. Каково назначение редукционного клапана, дросселя, регулятора потока?

9. Каковы достоинства дросселя-регулятора в получаемом результате?

10. Поясните различие схем включения предохранительного и редукционного клапанов.

11. Какие существуют способы регулирования объемного гидропривода?

12. Дайте сравнительную оценку существующим способам регулирования объемного гидропривода.

Выполнение первого раздела курсового проекта не требует особых пояснений.

Во втором разделе работы разрабатывается гидравлическая схема с машинным или дроссельным регулированием скорости выходного звена гидропривода.

Проектировщик гидросистем должен владеть своей профессией, т. е. в данном случае - гидромеханикой, теорией управления, теорией проектирования, чтобы проектируемые системы оптимальным образом удовлетворяли требуемым параметрам и сами технические решения носили прогрессивный характер.

Принципиальная схема любого гидропривода горной машины включает, как правило, основные функциональные элементы: насосы, гидродвигатели, гидролинии, гидроаппараты управления и регулирования, емкости рабочей жидкости.

При составлении гидравлической схемы в первую очередь выбирается система циркуляции рабочей жидкости: замкнутая, разомкнутая, комбинированная. При этом определяющим является поддержание рабочей температуры жидкости, удобство размещения гидроаппаратов на горной машине, обеспечение требуемого уровня очистки рабочей жидкости, сглаживание пульсаций давления жидкости. Количество насосов гидравлической схемы зависит от числа одновременно работающих механизмов горной машины. Необходимо помнить, что при параллельной работе двух гидродвигателей от одного насоса необходимо устанавливать делитель потока.

Выбор элементов гидравлической схемы рекомендуется начинать с гидродвигателя. При этом последовательность расчета следующая:

1. По заданной мощности и давлению жидкости с учетом запаса на предполагаемые потери подбирается гидродвигатель. В случае, когда гидродвигателем является гидроцилиндр, расчет его параметров производится в два этапа. На первом этапе определяются предварительно диаметры поршней и штоков гидроцилиндров при заданных полезных нагрузках и заданных давлениях, т.е. выбираются рабочие параметры гидроцилиндра, обеспечивающие выполнение им заданных функций. На втором этапе проверяется прочность гидроцилиндра.

В случае, когда гидродвигателем является гидромотор, выбор его производится по требуемой мощности при заданном давлении жидкости в гидросистеме.

2. Определяется расход жидкости, необходимый для обеспечения заданной скорости выходного звена гидропривода.

3. Выбирается тип насоса и рабочая жидкость, рекомендуемая для данного насоса.

4. Выбираются гидроаппараты и другие элементы гидропривода.

5. Производится расчет потерь давления по данным чертежей разводки гидравлической сети (гидравлическая схема разбивается на участки, отличающиеся друг от друга характером или величиной сопротивлений).

6. Производится уточненный расчет:

усилий на выходных звеньях гидропривода;

давления на выходе из насоса, давления настройки предохранительного или переливного клапанов;

скоростей движения выходных звеньев гидропривода;

КПД гидропривода:

стенок гидроцилиндров;

болтов, шпилек, сварных швов крепления крышек гидроцилиндров;

штока при резьбовом креплении к нему поршня;

штока на устойчивость.

7. Производится тепловой расчет гидропривода.

8. Рассчитывается регулировочная и механическая характеристики привода.

4.1. Исходные данные для расчета

Индивидуальные задания по курсовому проектированию выдаются руководителем проектирования.

Исходными данными для выполнения курсовой работы являются:

тип горной машины, механизма или агрегата и число исполнительных механизмов, работающих последовательно или совместно;

действующая на исполнительный механизм внешняя нагрузка R или

момент М;

скорости движения выходных звеньев $V_1(V_2)$ или n;

рекомендуемое давление жидкости в гидросистеме.

Кроме перечисленных основных данных для расчета гидросистемы задаются режим работы гидродвигателя (показатель $К_р$) и характеристика внешних условий, в которых работает привод (температура окружающей среды t_c). Численные значения исходных параметров приведены в таблице 1. Выбор численных значений осуществляется по таблице шифров 2.

При определении численных значений крутящего момента необходимо величины крутящего момента М и коэффициента k_M перемножить. Нахождение остальных параметров однозначно.

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Параметры	Шифр									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Усилие на штоке гидроцилиндра, R, кН	6	8	12	16	20	50	80	100	130	150
Давление жидкости в гидросистеме, p, МПа	4	4	6,3	6,3	8	10	10	12,5	16	20
Макс. скорость перемещения нагрузки, V_1, м/с	0,013	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045	0,05	0,065	0,07
Макс. скорость перемещения нагрузки, V_2, м/с	0,09	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Крутящий момент нагрузки, M, Нм	12	30	45	65	120	250	350	550	900	5000
Коэфф. момента, $К_м$	0,4	1,0	1,3	1,4	1,6	2,0	3,5	-	-	-
Частота вращ. выход. звена привода, n, об/мин	35	45	50	160	280	430	630	850	1000	1400
Место установки дросселя	в напор магист.	в слив н магист.	паралл. гидродв.	-	-	-	-	-	-	-
Показат. режима работы гидродвигателя, $К_р$	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0
Темпер. окр. среды, t_c^0C	35	30	25	20	10	-5	-10	-20	-30	-35
Схема распределителя	1	2	3	4	5	6	-	-	-	-

Таблица 2

ШИФРЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Вариант	Шифр параметра										
	R	M	V_1	V_2	n	p	дроссель	распределит	$К_м$	$К_р$	$t_с$
1	1	-	-	0	-	1	1	1	-	0	3
2	1	-	-	8	-	2	2	2	-	9	5
3	1	-	-	7	-	3	3	3	-	8	7
4	1	-	-	4	-	4	1	4	-	7	9
5	1	-	-	8	-	5	2	5	-	6	2
6	1	-	-	7	-	6	1	6	-	5	0
7	1	-	-	3	-	7	2	5	-	4	2
8	1	-	-	8	-	8	3	4	-	3	4
9	1	-	-	8	-	9	1	3	-	2	6
10	1	-	-	6	-	0	3	2	-	1	8
11	2	-	8	-	-	1	2	1	-	0	0
12	2	-	8	-	-	2	3	1	-	9	1
13	2	-	-	5	-	3	1	2	-	8	2
14	2	-	-	4	-	4	3	3	-	7	3
15	2	-	-	3	-	5	1	4	-	6	4
16	2	-	-	3	-	6	2	5	-	5	5
17	2	-	-	4	-	7	2	6	-	4	6
18	2	-	-	5	-	8	3	6	-	3	8
19	2	-	4	-	-	9	3	5	-	2	7
20	2	-	-	3	-	0	2	4	-	1	9
21	3	-	7	-	-	1	1	3	-	0	0
22	3	-	--	7	-	2	3	2	-	9	1
23	3	-	3	-	-	3	1	1	-	8	9
24	3	-	-	7	-	4	1	2	-	7	8
25	3	-	9	-	-	5	1	3	-	6	7
26	3	-	5	-	-	6	2	4	-	5	6
27	3	-	9	-	-	7	3	5	-	4	4
28	3	-	0	-	-	8	2	6	-	3	5
29	3	-	-	1	-	9	3	3	-	2	2
30	3	-	-	8	-	0	1	1	-	1	3
31	4	-	8	-	-	1	2	5	-	1	1
32	4	-	-	5	-	2	3	4	-	2	1
33	4	-	7	-	-	3	1	2	-	3	2
34	4	-	-	7	-	4	2	6	-	4	3
35	4	-	-	3	-	5	1	1	-	5	4
36	4	-	-	4	-	6	2	2	-	6	5
37	4	-	-	4	-	7	1	3	-	7	6

Продолжение таблицы 2

38	4	-	6	-	-	8	2	4	-	8	7
39	4	-	6	-	-	9	2	5	-	9	8
40	4	-	-	1	-	0	1	6	-	0	9
41	5	-	-	5	-	1	3	6	-	1	0
42	5	-	0	-	-	2	1	5	-	2	1
43	5	-	-	9	-	3	3	4	-	3	2
44	5	-	-	3	-	4	2	3	-	4	3
45	5	-	-	2	-	5	3	2	-	5	4
46	5	-	4	-	-	6	1	1	-	6	5
47	5	-	-	4	-	7	2	1	-	7	6
48	5	-	-	2	-	8	1	2	-	8	7
49	5	-	6	-	-	9	1	3	-	9	8
50	5	-	0	-	-	10	2	4	-	0	9
51	6	-	3	-	-	1	2	5	-	1	0
52	6	-	-	1	-	2	3	6	-	2	1
53	6	-	6	-	-	3	1	1	-	3	2
54	6	-	9	-	-	4	2	1	-	4	3
55	6	-	-	6	-	5	3	2	-	5	4
56	6	-	-	8	-	6	3	2	-	6	5
57	6	-	-	5	-	7	2	3	-	7	6
58	6	-	-	1	-	8	1	3	-	8	7
59	6	-	-	3	-	9	3	4	-	9	8
60	6	-	1	-	-	0	3	4	-	0	9
61	7	-	-	3	-	1	1	5	-	1	0
62	7	-	6	-	-	2	2	5	-	2	1
63	7	-	0	-	-	3	3	6	-	3	2
64	7	-	9	-	-	4	1	6	-	4	3
65	7	-	4	-	-	5	3	1	-	5	4
66	7	-	1	-	-	6	2	2	-	6	5
67	7	-	2	-	-	7	1	3	-	7	6
68	7	-	-	9	-	8	2	4	-	8	7
69	7	-	-	6	-	9	3	5	-	9	8
70	7	-	-	1	-	0	3	6	-	0	9
71	8	-	9	-	-	1	2	1	-	1	0
72	8	-	-	3	-	2	1	2	-	2	1
73	8	-	2	-	-	3	1	3	-	3	3
74	8	-	4	-	-	4	2	4	-	4	5
75	8	-	6	-	-	5	3	5	-	5	7
76	8	-	9	-	-	6	1	6	-	0	9
77	8	-	4	-	-	7	2	1	-	9	2
78	8	-	7	-	-	8	3	2	-	8	4

Продолжение таблицы 2

79	8	-	-	9	-	9	1	3	-	7	6
80	8	-	-	1	-	0	2	4	-	6	8
81	9	-	6	-	-	1	3	5	-	0	0
82	9	-	4	-	-	2	1	6	-	1	1
83	9	-	6	-	-	3	1	1	-	9	2
84	9	-	-	2	-	4	2	2	-	2	3
85	9	-	-	4	-	5	3	3	-	3	4
86	9	-	-	8	-	6	3	4	-	8	5
87	9	-	-	2	-	7	2	5	-	7	6
88	9	-	-	7	-	8	1	6	-	5	7
89	9	-	4	-	-	9	1	1	-	1	8
90	9	-	1	-	-	0	2	2	-	2	9
91	0	-	5	-	-	1	1	3	-	3	0
92	0	-	5	-	-	1	1	3	-	3	0
93	0	-	4	-	-	2	2	4	-	4	1
94	0	-	-	6	-	3	3	5	-	5	2
95	0	-	-	1	-	4	3	6	-	6	3
96	0	-	-	4	-	5	1	1	-	7	4
97	0	-	-	1	-	6	2	2	-	8	5
98	0	-	9	2	-	7	3	3	-	9	6
99	0	-	6	-	-	8	1	4	-	0	7
100	0	-		-	-	9	2	5	-	3	8
101	0	-	-	4	-	0	3	6	-	5	9
102	-	1	-	-	5	0	1	1	1	1	0
103	-	1	-	-	6	5	2	2	1	2	9
104	-	1	-	-	8	6	3	3	1	3	8
105	-	1	-	-	5	7	3	4	2	4	7
106	-	1	-	-	6	6	2	5	2	5	6
107	-	1	-	-	7	7	1	6	2	6	5
108	-	1	-	-	9	5	1	5	2	7	4
109	-	1	-	-	7	4	2	4	3	8	3
110	-	2	-	-	5	0	3	3	1	9	2
111	-	2	-	-	7	3	3	2	1	0	1
112	-	2	-	-	8	4	2	1	1	1	3
113	-	2	-	-	9	5	1	2	1	2	5
114	-	2	-	-	0	6	1	3	1	3	7
115	-	2	-	-	9	7	2	4	2	4	9
116	-	2	-	-	0	8	3	5	2	5	0
117	-	2	-	-	5	9	3	6	6	6	2
118	-	2	-	-	7	0	2	1	6	7	4
119	-	2	-	-	8	9	1	2	6	8	6

Продолжение таблицы 2

120	-	2	-	-	0	8	1	3	6	9	8
121	-	3	-	-	4	7	2	4	1	0	1
122	-	3	-	-	0	5	3	6	1	9	3
123	-	3	-	-	6	4	2	4	2	8	4
124	-	3	-	-	8	3	1	2	2	7	5
125	-	3	-	-	9	0	1	1	2	6	6
126	-	3	-	-	0	9	2	3	2	5	7
127	-	3	-	-	4	8	3	5	5	4	8
128	-	3	-	-	8	7	3	1	5	3	9
129	-	3	-	-	0	6	2	2	5	2	0
130	-	4	-	-	0	5	1	3	1	1	9
131	-	4	-	-	7	0	1	4	2	1	8
132	-	4	-	-	9	7	2	5	2	2	7
133	-	4	-	-	3	7	3	6	5	3	6
134	-	4	-	-	4	3	2	1	5	4	5
135	-	4	-	-	7	4	1	2	5	5	4
136	-	4	-	-	8	5	3	3	5	6	3
137	-	4	-	-	9	4	2	6	5	7	2
138	-	4	-	-	0	3	1	5	5	8	1
139	-	5	-	-	1	5	3	4	1	9	0
140	-	5	-	-	3	6	2	3	1	0	0
141	-	5	-	-	4	7	3	5	1	1	3
142	-	5	-	-	7	5	1	1	2	2	2
143	-	5	-	-	8	6	2	2	2	3	7
144	-	5	-	-	9	6	1	4	2	4	8
145	-	5	-	-	7	5	3	6	4	5	1
146	-	6	-	-	9	7	2	1	4	6	9
147	-	6	-	-	4	5	1	2	1	7	4
148	-	6	-	-	6	4	3	3	1	8	3
149	-	6	-	-	8	6	2	4	1	9	2
150	-	6	-	-	9	5	3	5	1	0	1
151	-	6	-	-	1	5	3	6	6	1	1
152	-	6	-	-	3	4	3	1	6	2	2
153	-	6	-	-	4	6	1	2	6	3	3
154	-	6	-	-	6	5	2	3	6	4	6
155	-	7	-	-	1	6	1	4	7	5	8
156	-	7	-	-	3	7	2	5	7	6	9
157	-	7	-	-	4	6	3	6	7	7	7
158	-	7	-	-	5	7	1	1	7	8	4
159	-	7	-	-	6	6	2	2	7	9	5
160	-	7	-	-	7	7	3	3	7	0	0

4.2. Разработка принципиальной гидравлической схемы

Принципиальная схема любого гидропривода состоит из одинаковых функциональных элементов: насосов, гидродвигателей, рабочей емкости, трубопроводов, управляющей, защитной и контрольно-измерительной аппаратуры.

Первоочередная задача состоит в подборе гидродвигателей поступательного или вращательного действия с учетом конструкции исполнительного органа. В современных горных машинах привод механизмов, как правило, автономный, т.е. каждый механизм имеет собственный двигатель.

Исходя из особенностей работы машины и ее назначения устанавливается способ регулирования скорости исполнительного механизма. Управление скоростью гидродвигателя принципиально можно осуществить с помощью управляемых гидравлических сопротивлений - дроссельное управление и с помощью гидравлических машин с изменяемым рабочим объемом - машинное управление. Схемы с дроссельным управлением выбирают в тех случаях, когда потери энергии и связанный с этим нагрев привода компенсируются удобством управления. Это, как правило, привода малой мощности с кратковременным режимом работы и поступательным движением выходного звена ($N < 5$ кВт).

На основе выбранного способа регулирования скорости исполнительного механизма и графика его нагрузки выбираются гидравлические машины (насосы и гидродвигатели), разрабатывается простейшая гидравлическая схема, включающая наряду с насосами и гидродвигателями фильтры, бак, предохранительные клапаны, устройства управления, устройства регулирования, гидравлические замки, гидропневмо-аккумуляторы и т.п. При этом нужно стремиться к тому, чтобы схема содержала минимальное число рабочих элементов, местных сопротивлений, предусматривала защиту оборудования от перегрузок.

4.3. Выбор гидродвигателей

Выбор гидроцилиндра осуществляется по его внутреннему диаметру, исходя из требуемой рабочей площади $F_т$ в $м^2$

$$F_т = \frac{R \cdot k}{p \cdot 10^3}, \qquad (1)$$

где R - усилие на штоке, кН;

p - заданное давление жидкости в гидросистеме, МПа;

k - коэффициент запаса по усилию, k=l,15-1,3 (k=l, когда дроссель).

Исходя из $F_т$ внутренний требуемый диаметр цилиндра $d_п$ определится:

для цилиндра с односторонним штоком при подводе жидкости со стороны поршня

$$d_п = \sqrt{\frac{4F_т}{\pi}}, \quad (2)$$

для гидроцилиндра с двухсторонним штоком, когда диаметр штока принят равным половине диаметра поршня ($d_ш = 0{,}5d_п$) или при подводе жидкости в штоковую полость

$$d_п = \sqrt{\frac{4F_т}{0{,}75\pi}}, \quad (3)$$

при дифференциальной схеме подключения гидроцилиндра, когда $d_ш = \frac{d_п}{\sqrt{2}}$

$$d_п = \sqrt{\frac{8F_т}{\pi}}, \quad (4)$$

Диаметр поршня округляется до ближайшего стандартного размера (табл 3).

Затем по принятому значению диаметра поршня $d_п$ из того же нормального ряда диаметров выбирается диаметр штока. Для гидроцилиндра с односторонним штоком берется ближайшее значение диаметра штока, удовлетворяющее условию

$$d_ш = 0{,}5d_п \quad (5)$$

При использовании гидроцилиндра с двусторонним штоком или при дифференциальной схеме подключения гидроцилиндра необходимо добиться такого результата, чтобы рассчитанная по выбранным диаметрам рабочая площадь поршня мало отличалась от требуемой (расхождение не более 5%).

Некоторые стандартные размеры цилиндров приведены в таблице 3.

Таблица 3

Нормальные диаметры

Диаметр поршня, $d_п$, мм	10	12	16	20	25	32	36	40	45	50	56	68	70	80
	90	100	110	125	140	160	180	200	220	2500	280	320	360	400
	450	500	560	680	710	800	900							
Диаметр штока, $d_ш$, мм	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
	36	40	45	50	56	68	70	80	90	100	110	125	140	160
	180	200	220	250	280	320	360	400	450	500	560	630	710	800

В соответствии с разработанной гидравлической схемой привода и предъявляемыми к приводу требованиями выбирается принципиальная конструктивная схема силового гидроцилиндра. При этом должны быть учтены способ крепления корпуса цилиндра и штока, способ подвода жидкости к цилиндру, уплотнения подвижных и неподвижных соединений гидроцилиндра и т.п. Чертеж гидроцилиндра с нанесением соответствующих размеров приводится в пояснительной записке.

Выбор необходимого гидромотора осуществляется по требуемой мощности с учетом запаса по моменту. Исходными параметрами являются кру-

тящий момент М и частота вращения вала п. У выбранного гидромотора момент и частота вращения вала должны быть близкими к заданным.

Заданная мощность гидромотора $N_з$, кВт определится через исходные параметры по формуле

$$N_з = M \cdot \omega \ , \qquad (6)$$

где ω - угловая скорость вала гидромотора, рад/с.

По справочной литературе [3, 5] подбирается необходимый гидромотор. При этом необходимо учесть, что мощность гидромотора должна быть не менее 1,05…1,10 от заданной, а угловая скорость вала гидромотора и рабочее давление гидромотора должны быть не менее заданных.

Если не удается по справочной литературе подобрать гидромотор необходимых параметров, необходимо подобрать стандартный редуктор для установки его между гидромотором и исполнительным механизмом машины.

Передаточное отношение редуктора U определяется по формуле

$$U = \frac{M \cdot k}{M_м} \ , \qquad (7)$$

где $M_м$ - номинальный крутящий момент на валу гидромотора, кН·м;

k - коэффициент запаса, k = 1,15…1,25.

Значения номинальных передаточных чисел цилиндрических редукторов приведены в [6]. При этом необходимо учесть, что номинальный момент на быстроходном валу редуктора не должен быть меньше номинального крутящего момента на залу выбранного гидромотора.

4.4. Выбор насоса

Основными параметрами для выбора насоса являются требуемая подача $Q_т$ и заданное давление Р. При этом учитывается принятый способ регулирования скорости выходного звена гидропривода. Этим определяется тип насоса - с регулируемой подачей или нерегулируемый.

В случае, когда в качестве гидродвигателя используется гидроцилиндр, расход жидкости $Q_т$ в $м^3/с$ определится

$$Q_т = \frac{V \cdot F_{пр} \cdot m}{\eta_{об}} , \qquad (8)$$

где V - заданная скорость перемещения выходного звена гидродвигателя (штока гидроцилиндра), м/с;

$F_{пр}$ - рабочая площадь со стороны подвода жидкости в гидроцилиндр, $м^2$. При подводе жидкости в поршневую полость гидроцилиндра рабочая площадь $F_{пр}$ будет равна площади поршня, при подводе жидкости в штоковую полость $F_{пр}$ будет равна площади поршня за вычетом площади штока и при дифференциальной схеме подключения гидроцилиндра $F_{пр}$ будет равна половине площади поршня ($F_{пр} = F_{пр/2} = F_ш$). Рабочая площадь определяется исходя из стандартных значений диаметров поршня и штока;

m - число одновременно работающих гидроцилиндров;

$\eta_{об}$ - объемный КПД гидроцилиндра.

При использовании в качестве уплотнений резиновых манжет можно предварительно принимать $\eta_{об} = 1$, при применении металлических колец $\eta_{об} = 0{,}95…0{,}98$.

По полученному значению требуемой подачи выбирается насос [3], [5]. Подача его должна быть на 5% больше требуемой для компенсации потерь ($Q_н = 1{,}05Q_т$). Рабочее давление насоса может превышать заданное, но не меньше заданного.

При использовании гидромотора в качестве гидродвигателя его расход жидкости $Q_т$ в $м^3/с$ определится

$$Q_т = q_м \cdot n, \qquad (9)$$

где $q_м$ - рабочий объем принятого гидромотора, $м^3/об$;

n - частота вращения вала гидромотора, об/с.

Порядок выбора насоса в дальнейшем аналогичен предыдущему. При выборе насоса необходимо стремиться использовать наиболее простые и дешевые шестеренные насосы или пластинчатые, особенно при дроссельном регулировании гидроцилиндра. При машинном регулировании гидропривода чаще используют регулируемые радиально- и аксиально-поршневые насосы.

Для принятого типа насоса рекомендуется рабочая жидкость и ее заменители [5]. В качестве рабочей жидкости в большинстве гидросистем используют минеральные масла различных марок. Устанавливаются основные параметры, характеризующие жидкость, как рабочую среду гидросистемы: динамическая и кинематическая вязкости, плотность.

4.5. Выбор направляющей аппаратуры

Для управления работой гидродвигателей устанавливаются распределители потоков жидкости. Схема распределителя определяется условиями работы гидродвигателей. Расход жидкости распределителя должен быть близким к подаче насоса, а рабочее давление распределителя должно превышать давление жидкости в гидросистеме привода.

Потери энергии в распределителе при его работе в большинстве случаев приводятся в справочной литературе [5, 7]. Их можно также определить по формулам расчета потерь энергии на местных гидравлических сопротивлениях.

4.6. Выбор регулирующей аппаратуры

С целью предохранения гидравлической системы от недопустимых давлений и всей конструкции машины от перегрузок параллельно напорной гидролинии устанавливают предохранительный клапан.

Клапан предохранительный выбирается по расходу жидкости и рабочему давлению [5, 7]. Эти параметры клапана должны быть не меньше заданных.

В реверсивных гидросистемах необходимо устанавливать два одинаковых предохранительных клапана встречно между напорной и сливной гидролиниями в случае замкнутой системы. Если в напорной магистрали установлен фильтр, то предохранительный клапан устанавливается на ответвлении гидролинии между насосом и фильтром с целью исключения перегрузки насоса в случае засорения фильтра. Предпочтительно использование двухступенчатых клапанов, обеспечивающих стабильность давления при изменении расхода жидкости в широком диапазоне.

Требуемую скорость выходного звена в приводах с нерегулируемыми гидромашинами можно получить установкой в схему дросселя или регулятора потока.

Дроссель во всех случаях должен быть регулируемым.

Наилучшими характеристиками обладают дроссели с меньшим отношением периметра сечения канала для прохода жидкости к площади этого сечения и с наиболее короткими каналами. Такие дроссели менее подвержены засорению и явлению облитерации.

Правила выбора дросселя обусловлены схемой его установки в гидросистеме. Требуемый расход жидкости дросселем $Q_д$ определится при установке дросселя в напорной гидролинии, а также в сливной гидролинии, когда гидродвигатель-цилиндр с двухсторонним штоком или гидромотор

$$Q_д = Q_т, \tag{10}$$

при установке дросселя в сливной гидролинии, когда гидроцилиндр с односторонним штоком и слив из штоковой полости

$$Q_{др} = Q_т \cdot \left(1 - \frac{F_ш}{F_{пр}}\right), \tag{11}$$

при установке дросселя параллельно гидродвигателю

$$Q_{др} = Q_н, \tag{12}$$

при установке дросселя в сливной гидролинии, когда слив происходит из поршневой полости

$$Q_{др} = F_п \cdot \upsilon. \tag{13}$$

По известному расходу жидкости через дроссель определяем площадь расходного окна дросселя $f_{др}$ в $м^2$

$$f_{др} = \frac{Q_{др}}{\mu \cdot U_{др} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p_{др}}{\rho}}}, \tag{14}$$

где μ - коэффициент расхода дросселя, $\mu = 0, 62$;

$U_{др}$ - параметр регулирования дросселя, $U_{др} = 1$;

ρ - плотность рабочей жидкости, $кг/м^3$;

$\Delta p_{др}$ - перепад давления в дросселе, Па.

Перепад давления в дросселе принимается при последовательной установке дросселя

$$\Delta p_{др} = \frac{R}{F_{пр}} = p_р,$$

когда дроссель на сливе

$$\Delta p_{др} = p_р \frac{F_{пр}}{F_{пд}}$$

при параллельной установке дросселя $\Delta p_{др} = p_р$.

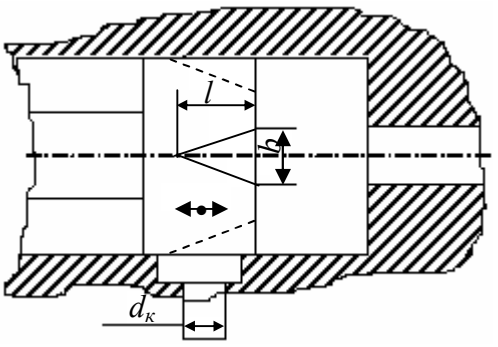
По полученным значениям площади расходного окна $f_{др}$ и номинальному давлению жидкости насоса $p_н$ по таблице 4 выбирается дроссель.

Не всегда удается выбрать дроссель с требуемым значением величины расходного окна.

Получить достаточно близкое значение площади расходного окна дросселя требуемому можно путем установки нескольких дросселей параллельно, когда расходное окно будет состоять из суммы площадей расходных окон отдельных дросселей ($f_{тр} = \Sigma f_{др}$).

В случае, когда требуемая площадь расходного окна оказывается очень маленькой и не удается подобрать дроссель, на заданные параметры проектируют новый дроссель. Для этой цели используют канавочный дроссель (см. рис. 1).

Для обеспечения равномерной скорости движения выходного звена гидропривода независимо от внешней нагрузки и для регулирования величины этой скорости используются дроссели с регулятором.



Число канавок z = 1…4
b ≥ 2мм
l=2$d_к$
$d_к$ - диаметр подводящего канала

Рис. 1. Схема дросселя

4.7. Выбор фильтра

Выбор фильтра осуществляется в зависимости от необходимой тонкости фильтрации, которая указывается в характеристиках гидравлических ма-

шин. Обязательно устанавливается фильтр тонкой очистки на входе в аксиально-поршневой насос с торцевым распределением жидкости.

В гидроприводах с замкнутой циркуляцией жидкости фильтр устанавливают в напорной магистрали подпиточного насоса. Такой насос ставится в схему для компенсации утечек жидкости.

В отдельных случаях паспортные данные насосов не содержат указаний о качестве фильтрации жидкости (о максимально допустимом размере частиц примесей в жидкости). Размеры частиц можно принимать следующими: для шестеренных гидромашин - 0,1 мм; для пластинчатых - 0,04 мм; для поршневых - 0,02 мм. Технические характеристики и параметры фильтров приведены в [5, 8].

Таблица 4

Характеристика регулируемых дросселей

Тип дросселя	Параметры			
	Номин. давление $p_{др}$, МПа	Номин. расход $Q_{др}$, л/мин	Площадь расходного окна $f_{др}$, мм^2 · 10^2	Потери давления $\Delta P_{др}$, МПа
До-16/20	20	40	0,390	0,2
Др-16	32	40	0,390	0,2
До-20/20	20	63	0,458	0,2
Др-20	32	63	0,458	0,2
До-25/20	20	100	0,739	0,2
Др-25	32	100	0,730	0,3
До-32/20	20	160	1,166	0,2
Др-32	32	160	1,166	0,3
До-40/20	20	250	1,821	0,4
До-50/20	20	400	2,910	0,4
Г77-34	12,5	70	0,511	0,2
Г77-33	12,5	35	0,302	0,2
ДР-12	32	25	0,244	0,2
Г77-32	12,5	18	0,176	0,2
ДР-10	32	16	0,156	0,2
Г77-32А	12,5	12	0,128	0,2
Г77-31	12,5	8	0,085	0,2
Г77-11	5	8	0,078	0,2
Г77-31А	12,5	5	0,063	0,2
Г77-31Б	12,5	3	0,038	0,2
Г77-31В	12,5	1,5	0,0147	0,2
Г77-14	5	70	0,579	0,3

5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ

Гидравлический расчет трубопроводов сводится к определению их геометрических параметров (длины трубопровода, внутреннего диаметра), потерь энергии на трение при движении жидкости по трубопроводам и потерь на местных гидравлических сопротивлениях.

Соединение гидроаппаратов производится стальными бесшовными трубами. При наличии взаимных перемещений гидроаппаратов для этих целей используются резиново-металлические рукава высокого давления. В зависимости от величины давления и расхода жидкости выбираются размеры трубопровода. Максимальное значение величины давления в гидросистеме равно давлению жидкости на выходе из насоса $P_н$. Максимально возможный расход жидкости в любой напорной гидромагистрали системы равен подаче насоса. В сливной гидролинии он может быть больше подачи насоса в случае объединения нескольких потоков или когда жидкость сливается из поршневой полости гидроцилиндра с односторонним штоком. В последнем случае максимальный расход определится:

$$Q_{max} = Q_н \cdot \frac{F_п}{F_п - F_ш}, \qquad (15)$$

где $F_п$ - площадь поршня, $м^2$;

$F_ш$ - площадь штока, $м^2$;

$Q_н$ - подача насоса, $м^3/с$.

Расход жидкости трубопроводом взаимосвязан с внутренним его диаметром и скоростью движения жидкости. Рекомендуемые средние скорости течения жидкости приведены в таблице 5.

Таблица 5

Скорости потока в трубопроводах горных машин

Тип трубопровода	Скорость, м/с
Нагнетательные трубопроводы (сливные замкнутых систем)	3-5
Сливные трубопроводы разомкнутых систем	2-3
Всасывающие трубопроводы	0,5-1,5

Для предварительных расчетов можно воспользоваться аналитическими зависимостями скорости от давления в гидролинии. Для напорных и сливных трубопроводов

$$V = 2 + 0{,}3 \cdot p, \text{ м/с} \qquad (16)$$

где p - давление жидкости в трубопроводе, МПа.

При выборе скорости нужно помнить, что повышение скорости приводит к увеличению потерь энергии в системе, а снижение - к возрастанию раз-

меров и массы трубопроводов и гидроаппаратов. Ограничение скорости во всасывающих гидролиниях преследует цель обеспечить безкавитационный режим течения жидкости.

Внутренний диаметр трубопровода определится

$$d_в = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{max}}{V_ж}}, \text{ м} \qquad (17)$$

Полученные значения диаметров трубопроводов округляются до ближайшего большего стандартного значения [5, 6].

Длины участков трубопроводов, связывающих отдельные гидроаппараты схемы, зависят от размеров горной машины и взаимного расположения аппаратов. Они задаются студентом самостоятельно с учетом ориентировочного размещения гидромашин и гидроаппаратов на горной машине.

Для рекомендованных в табл. 5 скоростей течения жидкости можно принимать следующие максимальные значения длин трубопроводов;

всасывающего $L_{вс} = 10d_{вс}$ (но не более 0,5 м);

напорного (от насоса до распределителя) $L_и = 50d_н$;

напорного (от распределителя да гидродвигателя) $Lн = 100d_н$;

напорного (для системы с замкнутой циркуляцией) $L_н = l50d_н$;

сливного $L_{сл} = 50d_{сл}$.

Потери давления (гидравлические потери) складываются из потерь давления на преодоление сопротивления трубопроводов $\Delta P_{тр}$ и местных сопротивлений $p_{м.с}$ (гидроаппаратов, присоединений, изгибов трубопроводов)

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_{тр} + \Sigma \Delta p_{м.с} \ . \qquad (18)$$

Для расчета потерь энергии расчетную гидросхему привода разбивают на участки, отличающиеся друг от друга расходом жидкости, диаметром трубопровода, наличием местных сопротивлений. Расчет потерь энергии производится отдельно для всасывающей, нагнетательной и сливной гидролиний.

Потери давления по длине трубопровода на каждом участке определяются по формуле

$$\Delta p_{тр} = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2}, \text{ Па} \qquad (19)$$

где L - длина участка трубопровода со скоростью жидкости $V_ж$,.м/с;

d - внутренний диаметр трубопровода, м;

ρ - плотность жидкости, кг/м^3;

λ - коэффициент сопротивления рассматриваемого участка трубопровода.

Коэффициент сопротивления λ определяется либо по графику [5], либо по формулам.

При использовании металлических труб, подвергающихся вибрациям и сотрясениям при ламинарном режиме (R_e<316) применяется следующая формула

$$\lambda = \frac{75}{R_e}. \quad (20)$$

При тех же условиях, но при R_e=316…3000. применяется формула:

$$\lambda = \frac{10}{R_e^{0,65}}, \quad (21)$$

где R_e - число Рейнольдса

$$R_c = \frac{V_ж \cdot d}{V} = 1,27\frac{Q}{dV}, \quad (22)$$

где V - кинематическая вязкость жидкости, м^2/с.

При других значениях чисел Рейнольдса необходимо использовать другие формулы [5]. Для достижения, меньших потерь давления необходимо добиваться ламинарного режима течения жидкости.

Для оценки режима течения жидкости пользуются критическим значением числа Рейнольдса, выше которого режим течения можно считать турбулентным, а ниже - ламинарным.

Ориентировочные критические числа $R_{e\cdot кр}$ для разных местных сопротивлений:

круглая гладкая труба	2100-2300
резиновый рукав	1600
металлический рукав	1800-2000
концентрическая гладкая щель	1100
концентрическая щель с выточками	700
неконцентрическая щель с выточками	400
кран, вентиль	550-750
сетчатый фильтр	400
окна цилиндрических золотников	260
плоский и выпуклый клапаны	20-100

Потери давления на местном сопротивлении $\Delta p_{м.с}$ в Па определяются по формуле

$$\Delta p_{м.с} = \xi \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho. \quad (23)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления;

V - средняя скорость жидкости на местном сопротивлении, м/с.

Коэффициенты ξ определяются по таблицам [5].

Кроме того, значение ξ можно принимать: для штуцеров, присоединяющих трубы к агрегатам, и переходников, соединяющих отрезки труб ξ = 0,10…0,15; для вентилей, ось прохода которых меняет свое направление под прямым углом ξ = 2…3; если ось прохода не меняет направления ξ = 0,5...1,0; для распределительных золотников в зависимости от количества поворотов жидкости ξ =2...4; для клапанов различного назначения ξ = 2,5…10; для кранов ξ = 5,0.

Средние значения коэффициентов наиболее распространенных местных сопротивлений приведены в таблице 6.

Для стандартной гидроаппаратуры потери давления приводятся в ее технической характеристике. При отклонении действительного расхода от приведенного в технической характеристике можно принимать квадратичный закон изменения сопротивления. Тогда потеря давления в гидроаппарате $\Delta p_а$ определится по уравнению

$$\Delta p_а = \Delta p_{ном} \cdot \left(\frac{Q_ф}{Q_{ном}} \right)^2, \text{ МПа.} \qquad (24)$$

где $\Delta p_{ном}$ - потеря давления в гидроаппарате при номинальном расходе $Q_{ном}$ (паспортные данные);

$Q_ф$ - фактический расход жидкости гидроаппарата.

Далее следует произвести суммирование всех потерь давления отдельно для всасывающей напорной и сливной гидромагистралей. В случае, когда число сопротивлений велико, можно свести все потери давления в таблицу. В таблице указать характеристику сопротивления и величину потерь давления в нем.

После определения потерь давления в напорной $\Delta P_{нап}$ и сливной $\Delta P_{сл}$ гидромагистралях производится уточнение параметров гидропривода. Для гидропривода с поступательным движением выходного звена усилие R в кН, создаваемое гилроцилиндром при рабочем ходе поршня, определится

$$R_ф = R + R_{пд} + R_п + R_ш + R_{ин}, \qquad (25)$$

где R - заданная полезная нагрузка. кН;

$R_{пд}$ - сила противодавления. кН;

$R_п$ - сопротивление уплотнения поршня. кН;

$R_ш$ - сопротивление уплотнения штока. кН;

$R_{ин}$ - сила инерции движущихся частей, кН.

Сила противодавления определится

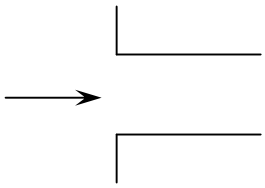
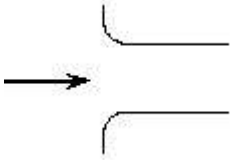
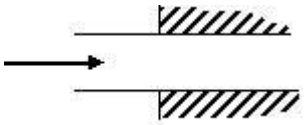
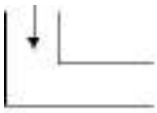
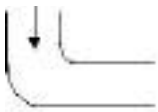
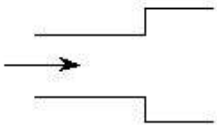
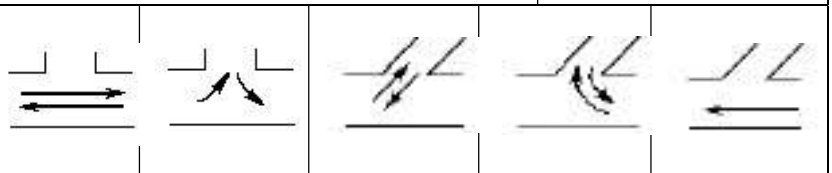
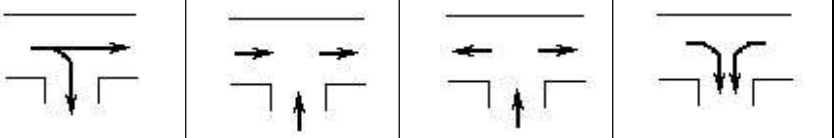
$$R_{пд} = p_{пд} \cdot F_{пд} \cdot 10^3, \text{ кН,} \qquad (26)$$

где $p_{пд}$ - противодавление, равное величине потерь давления в сливной гидролинии, МПа;

$F_{пд}$ - площадь со стороны противодавления в силовом цилиндре, $м^2$.

Таблица 6

Коэффициенты местных сопротивлений

Наименование местного сопротивления	Схема местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления, ξ
Вход из резервуара в трубу:		
кромки острые		0,5
кромки закруглены		0,2…0,75
Труба вдвинута внутрь резервуара		0,75…1,0
Поворот при прямом колене		1,0…2,0
Плавный поворот под углом 90^0		0,5
Вход в большую емкость		1,0
Ответвление потоков		
	ξ = 0,1	ξ = 1,3 ξ = 0,5 ξ = 3 ξ = 0,05
Соединение и разъединение потоков		
	ξ = 0,9…1,2	ξ = 0,5…0,6 ξ = 1,0…1,5 ξ = 2,0…2,5

Усилия трения в уплотнениях определяются по следующим формулам $R_{п(ш)}$ в кН:

для манжетных уплотнений

$$R_{п(ш)} = \mu \cdot \pi \cdot d \cdot h \cdot p \cdot 10^3, \quad (27)$$

где d - уплотняемый диаметр, м;

h - высота активной части манжеты, м;

μ - коэффициент трения (для резины 0,01);

p - давление жидкости, МПа

для шевронных резино-тканевых уплотнений

$$R_{п(ш)} = \pi \cdot d \cdot l \cdot k, \quad (28)$$

где l - ширина уплотнений, м;

k - удельное давление (216 кН/м^2)

для металлических поршневых колец

$$R_{п(ш)} = \mu_1 \cdot \pi \cdot b \cdot d(zk + p) \cdot 10^3, \quad (29)$$

где b - ширина кольца, м;

μ_1 - коэффициент трения колец (0,07 - при больших скоростях движения; 0,15 - при малых скоростях);

z - число колец;

k - удельное давление кольца на стенки цилиндра, МПа (обычно 80-90 кН/м^2).

Для гидропривода с вращательным движением выходного звена момент гидромотора фактический $M_ф$ в Нм определится:

$$M_ф = \frac{M}{U} + M_{пд} + M_р, \quad (30)$$

где $M_{пд}$ - момент противодавления, Нм;

$M_р$ - момент трения редуктора, приведенный к валу гидромотора, Нм;

U - передаточное отношение редуктора.

Момент противодавления $M_{пд}$ в Нм определится:

$$M_{пд} = \frac{1}{2\pi} \cdot q \cdot p_{пд}, \quad (31)$$

где q - рабочий объем гадромотора, м^3/об.

Момент трения редуктора $M_р$ в Н · м, приведенный на валу гидромотора, определится

$$M_р = \frac{M_с}{U} \cdot (1 - \eta_р), \quad (32)$$

где $\eta_Р$ - КПД редуктора.

По уточненной величине нагрузки определяются действительное давление жидкости на выходе из насоса, давление настройки предохранительного или переливного (при дроссельном регулировании) клапанов.

Давление жидкости на выходе из насоса в гидросхеме с поступательным движением выходного звена определится

$$p_н = \frac{R_ф \cdot 10^{-3}}{F_{пр}} + \Delta p_{нап}, \qquad (33)$$

где $\Delta p_{нап}$ - потери давления в напорной магистрали, МПа;

$R_ф$, кН.

Давление жидкости на выходе из насоса в гидросхеме с вращательным движением выходного звена определится

$$p_н = \frac{2\pi \cdot M_ф}{q_н} + \Delta p_{нап}. \qquad (34)$$

Давление настройки предохранительного или переливного клапанов определится:

для гидросистемы с дросселем, установленным последовательно с гидромотором

$$p_к = p_р + \Delta p_{н.м} + \Delta p_м \left(или \Delta p_ц\right) + \Delta p_{др} + \Delta p_{сл}, \qquad (35)$$

$\Delta p_{нап}$ берется из технической характеристики дросселя.

Для гидросистем с дросселем, установленные параллельно гидромотору и при машинном регулировании скорости гидромотора

$$p_{кл} = p_р + \Delta p_{н.м} + \Delta p_м + \Delta p_{сл}, \qquad (36)$$

Для гидросистемы с гидроцилиндром и дросселем, установленным в напорной гидролинии

$$p_к = p_р + \Delta p_{н.м} + \Delta p_м \left(или \Delta p_ц\right) + \Delta p_{др} + \Delta p_{сл}. \qquad (37)$$

Для гидросистемы с гидроцилиндром и дросселем в сливной гидролинии

$$p_{кл} = p_р + \Delta p_{н.м} + \Delta p_ц + \left(\Delta p_{др} + \Delta p_{сл}\right) \cdot \frac{F_{пд}}{F_{пр}}. \qquad (38)$$

Для гидросистемы с гидроцилиндром при параллельной установке дросселя и при машинном регулировании гидроцилиндра

$$p_{кл} = p_р + \Delta p_{н.м} + \Delta p_ц + \Delta p_{сл} \cdot \frac{F_{пд}}{F_{пр}}. \qquad (39)$$

В соответствии с подачей насоса уточняются скорости рабочего и холостого хода выходного звена гидропривода.

Для гидропривода с возвратно-поступательным движением выходного звена скорость рабочего V в м/с определится по формуле

$$V = \frac{Q_ц \cdot \eta_{об.ц}}{F_{пр}}, \qquad (40)$$

где $\eta_{об \cdot ц}$ - объемный КПД гидроцилиндра;

$F_{пр}$ - фактическая площадь гидроцилиндра со стороны подвода жидкости, $м^2$.

В случае значительных расхождений полученных и заданных параметров гидропривода производится корректировка размеров гидроцилиндра.

Для гидропривода с вращательным движением выходного звена скорость вращения исполнительного органа n в об/с определится

$$n = \frac{Q \cdot \eta_{об.ц}}{q_м \cdot U}, \quad (41)$$

где $\eta_{об.м}$ - объемный КПД гидромотора.

В случае расхождения полученных и заданных параметров системы более чем на 10% следует принять насос или гидромотор других типоразмеров.

6. РАСЧЕТ КПД ГИДРОСИСТЕМЫ

Расчет КПД производится в следующей последовательности.

Определяется мощность, реализуемая на выходном звене гидропривода $N_{вых}$.

Для гидропривода с поступательным движением выходного звена $N_{вых}$ в кВт определится

$$N_{вых} = R \cdot V_р,$$

где R - полезное усилие (заданная нагрузка), кН;

$V_р$ - максимальная расчетная скорость выходного звена, м/с.

Для гидропривода с вращательным движением выходного звена $N_{вых}$ в кВт определится

$$N_{вых} = M \cdot \frac{\pi \cdot n_м}{30}, \quad (42)$$

где M - момент на валу гидрсмотора, кН·м;

$n_м$ - частота вращения вала гидромотора, об/мин.

Определяется мощность, затрачиваемая на подачу жидкости насосом $N_{вх}$.

$$N_{вх} = \frac{Q_н \cdot p_{кл} \cdot 10^3}{\eta_н}, \text{ кВт} \quad (43)$$

где $\eta_н$ - общий КПД насоса.

$Q_н$ - подача насоса (паспортная),$м^3$/с.

Общий КПД системы определится

$$\eta = \frac{N_{вых}}{N_{вх}} \cdot К_р. \quad (44)$$

7. РАСЧЕТ ГИДРОЦИЛИНДРА

7.1. Толщина стенки цилиндра

В расчетной практике используется несколько различных формул для определения толщины стенки цилиндра, находящегося под действием внутреннего давления. Условно цилиндры делят на тонкостенные и толстостенные. Тонкостенные (S/D<0,l) цилиндры и трубопроводы рассчитывают по формулам, мм;

$$S = \frac{pD}{2\sigma_д}; \tag{45}$$

$$\Delta D = \frac{pD^2}{4ES}(1 - 0{,}5\mu), \tag{46}$$

где S - толщина стенки цилиндра, мм;

p - разрушающее давление, МН/м^2;

D - внутренний диаметр, мм;

$\sigma_д$ - допускаемое напряжение, МН/м^2.

$$\sigma_д = \frac{\sigma_т}{n}, \tag{47}$$

где $\sigma_т$ - предел текучести материала;

n - запас прочности по пределу текучести (обычно в расчетах гидроцилиндров принимается n>2);

ΔD - диаметральная деформация, мм;

E - модуль упругости, МН/м^2;

μ - коэффициент Пуассона.

Толстостенные (S/D>0,l) цилиндры рассчитывают по формулам, вытекающим из четырех теорий прочности, в зависимости от применяемых материалов.

Толщину стены толстостенного однослойного цилиндра определяют по второй теории прочности (для малопластичных материалов) по формуле

$$S = \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{\sigma_д + 0{,}4p}{\sigma_д - 1{,}3p}} - 1\right), \tag{48}$$

и по третьей теории прочности (для пластичных материалов)

$$S = \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{\sigma_д}{\sigma_д - 2p}} - 1\right). \tag{49}$$

Диаметральная деформация внутренней поверхности

$$\Delta D = \frac{pD}{E\left(D_н^2 - D^2\right)}\left[D_н^2 + \mu\left(D_н^2 - D^2\right)\right], \tag{50}$$

где $D_н$ - наружный диаметр цилиндра.

7.2. Толщина задней крышки цилиндра

При расчетах толщины h задней крышки цилиндра используют формулы расчета круглых пластин, нагруженных равномерно распределенным давлением (рис. 2):

$$\sigma_т = \frac{3p}{4h^2} R^2, \tag{51}$$

откуда толщина крышки:

$$h = 0{,}433D\sqrt{\frac{p}{\sigma_д}}, \tag{52}$$

где p - расчетное давление, МН/м^2 ,

R - радиус крепления крышки.

По мере уменьшения податливости опор (увеличение толщины стенок цилиндра) напряжения в центре крышки уменьшаются, а на контуре - увеличиваются.

Напряжения в центре крышки могут быть определены из выражения

$$\sigma = kp\frac{R^2}{h_1^2}, \tag{53}$$

где k - коэффициент, зависящий от отношения S/h;

S - толщина стенки цилиндра,

h_1 - толщина стенки в центре крышки.

S/h	0,5	1	1,5	2
k	0,8	0,6	0,6	0,6

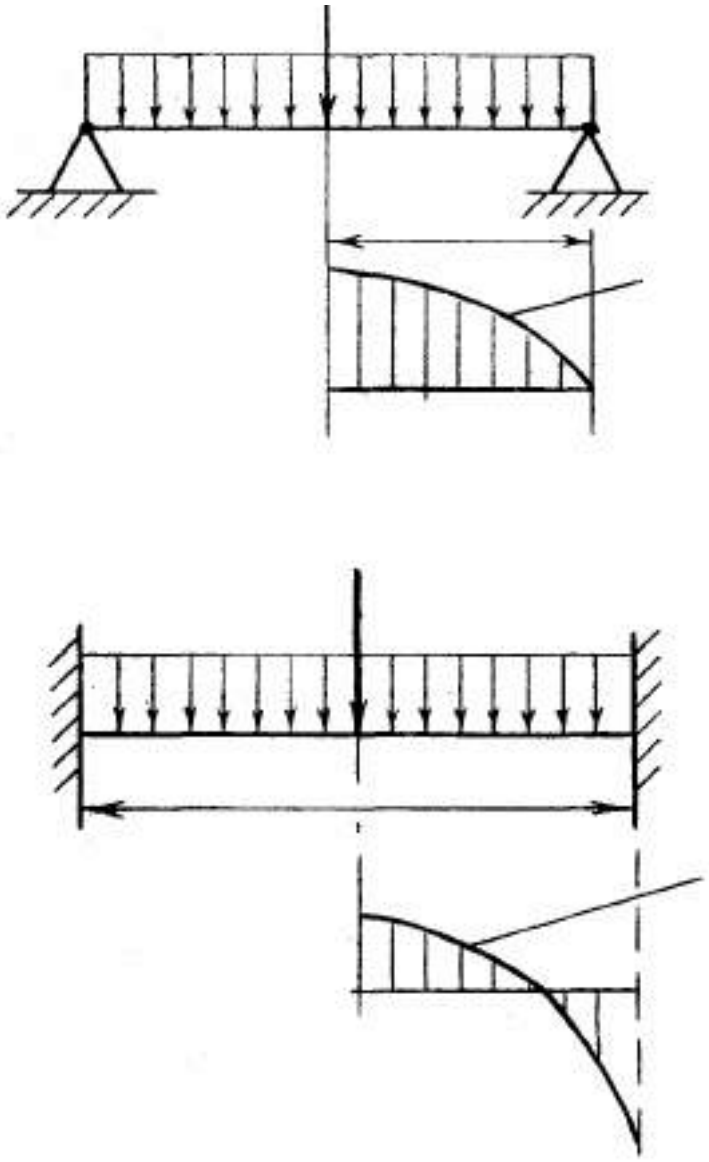


Рис. 2. Расчетные схемы крышек гидроцилиндров

7.3. Расчет фланцев гидроцилиндра

По окружности фланцевого соединения (рис. 3) действует создаваемое давлением жидкости усилие

$$T = p \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \tag{54}$$

где p - рабочее давление;

D - внутренний диаметр гидроцилиндра.

Усилие затяжки болтов фланца определится

$$T_3 = k \cdot T, \tag{55}$$

где k - коэффициент, учитывающий ослабление затяжки вследствие внутреннего давления k=1,25.

Момент затяжки, отнесенный к диаметру окружности размещения болтов:

для затяжки

$$M_З=1{,}25T_т, \tag{56}$$

под рабочей нагрузкой

$$M=T_т\cdot l, \tag{57}$$

где l - плечо приложения силы.

Суммарному моменту М противодействует момент внутренних сил, представляющий собой произведение напряжений в материале на момент сопротивления в наиболее опасном сечении. При проверочном расчете необходимо определить наиболее вероятные опасные сечения.

Момент сопротивления любого сечения А-А (рис. 3, *а*) переходной части фланца составит

$$W = 2\pi\left[2X + \frac{1}{8}(D + S_A)\left(S_A^2 - \frac{S_0^2}{4}\right)\right], \tag{58}$$

где X - статический момент п-го участка сечения фланца до линии А-А;

D - внутренний диаметр цилиндра;

S_A - толщина гильзы в сечении А-А;

S_0 - толщина гильзы.

Для случая, когда опасное сечение оказывается на переходе от конусной части гильзы к фланцу, момент сопротивления

$$W = 2\pi\left[(D_ф - D - 2d)h^2 + (D + S_1)\left(S_1^2 - \frac{S_0^2}{4}\right)\right], \tag{59}$$

где $D_ф$ — наружный диаметр фланца;

D - внутренний диаметр гильзы;

d - диаметр отверстия под болт;

h - толщина фланца;

S_1- толщина гильзы у перехода к фланцу.

Если фланец очень тонкий, опасное сечение окажется на диске фланца (рис. 3, *б,* сечение В-В). В этом случае момент сопротивления определится

$$W = \frac{\pi}{2}h^2\left(b_1 - d + \frac{d_1}{2}\right), \tag{60}$$

где b - вылет фланца (см. рис. 3, *б*);

d_1 - диаметр опасного сечения.

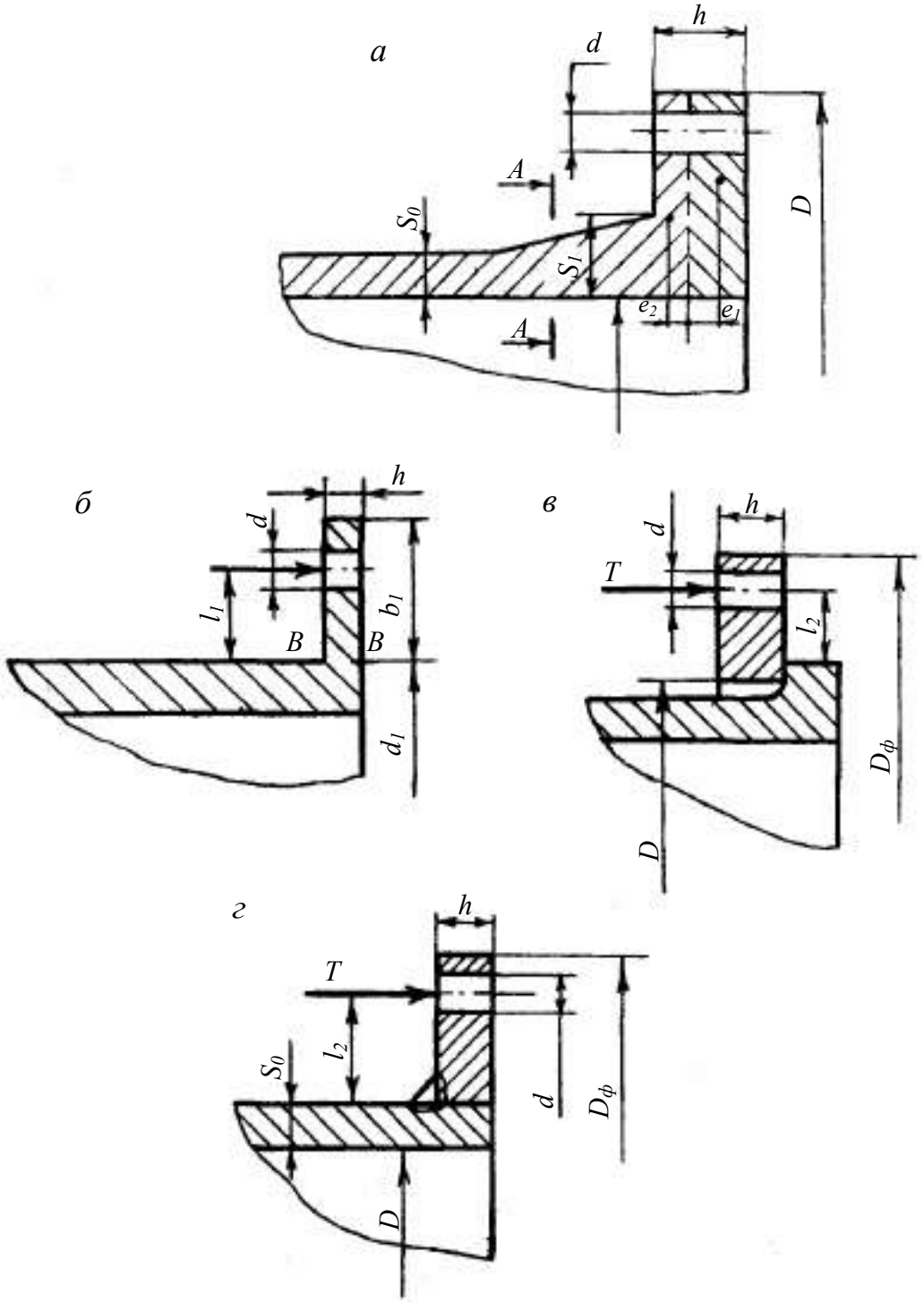


Рис. 3. Расчетные схемы фланцев

В этом случае

$$M = T_3 \cdot l_1, \quad (61)$$

где l_1 - плечо приложения силы.

При свободных фланцах (рис. 3, *в*) момент сопротивления определится

$$W = \frac{\pi}{2}\left(D_ф - D - 2d\right)h^2. \quad (62)$$

В этом случае

$$M=T \cdot l_2, \quad (63)$$

где T - усилие на болтах;

$1_:$ - плечо приложения силы.

Момент сопротивления приварных фланцев (рис. 3, *г*)

Таким образом, толщина фланца в опасном сечении определяется из выражения

$$\sigma_д = M/W, \quad (64)$$

где M - внешний момент на фланце;

W - момент сопротивления в опасном сечении.

7.4. Расчет элементов крепления крышек

Расчетные схемы соединений крышек с гильзой на внутренних полукольцах или на разрезном кольце круглого сечения показаны на рис. 4, *а*.

Упорное кольцо I рассчитывается на срез и смятие. Напряжение среза кольца определится

$$\tau_{ср} = T_c/F, \quad (65)$$

где T_c - усилие, срезывающее кольцо; $T_c = p\frac{\pi D^2}{4}$

F - площадь среза кольца; $F = \pi Dl$ или $F = \pi Dd$. Тогда

$$\tau_{ср} = \frac{pD}{4 \cdot l}, \quad (66)$$

(для круглого кольца d = l).

Напряжение смятия кольца определится

$$\sigma_{см} = \frac{pD^2}{2Dh - h^2}, \quad (67)$$

(для круглого кольца h = d).

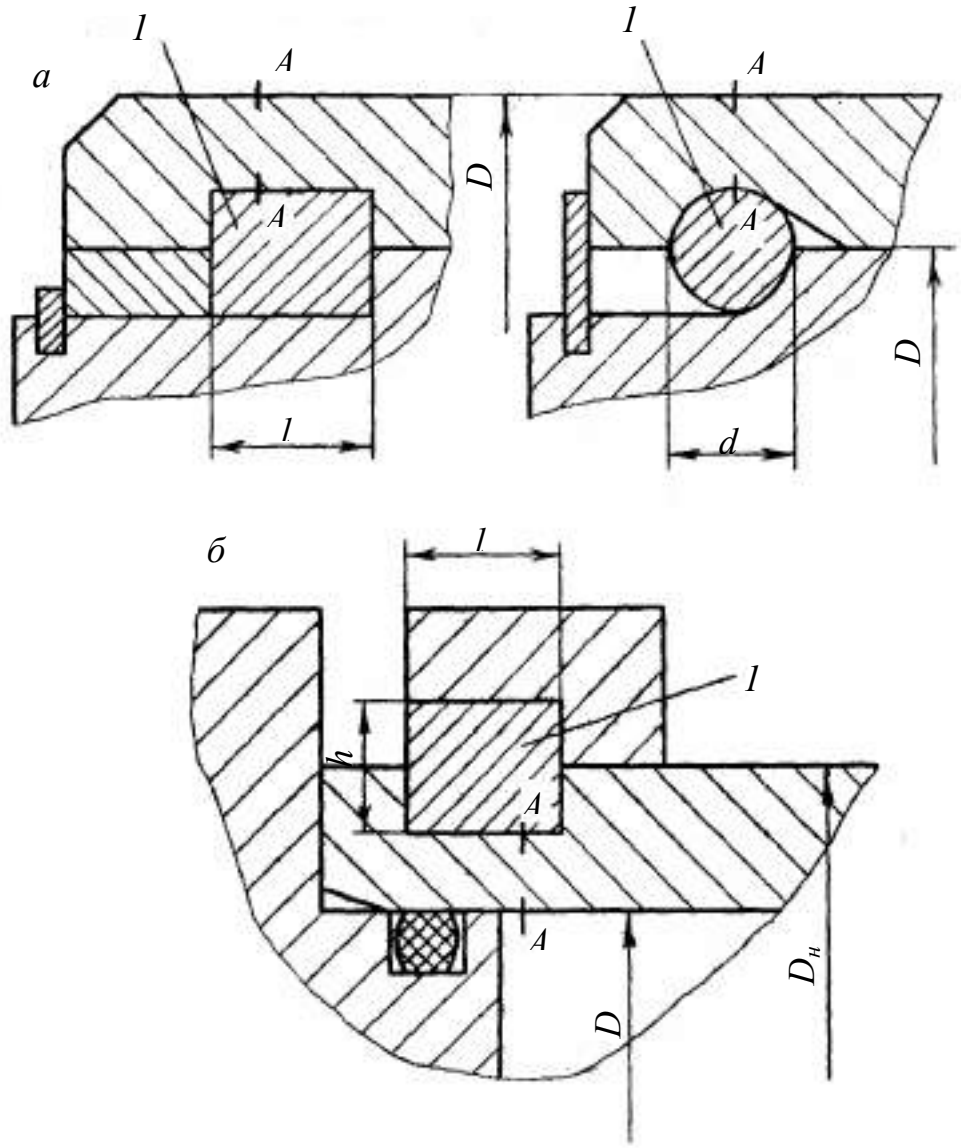


Рис. 4. Расчетные схемы соединений крышек с гильзой

Напряжение в опасном сечении А-А гильзы определится

$$\sigma = \frac{pD^2}{D_н^2 - (D + h)^2}, \tag{68}$$

Крепление крышки с помощью наружных полуколец изображено на рис. 4, *б*.

Упорное кольцо I рассчитывается:

на срез

$$\tau_{ср} = \frac{pD_н}{4 \cdot l}, \tag{69}$$

на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{pD_н^2}{2D_н h - h^2}, \tag{70}$$

Напряжение в опасном сечении А-А гильзы определится

$$\sigma = \frac{pD_н^2}{(D_н - h)^2 - D^2}, \qquad (71)$$

где p - расчетное давление;

D, $D_н$ - диаметры гильзы соответственно внутренний и наружный;

h - толщина кольца.

При креплении крышек к фланцам на болтах диаметр болта определится

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi n \sigma_д}} + C, \qquad (72)$$

где d - внутренний диаметр резьбы;

T - усилие, действующее на крышку;

n - количество болтов;

C - поправка к расчетному диаметру (C ≈ 3 мм).

7.5. Расчет стяжных шпилек

Нагрузка, действующая на стяжные шпильки гидроцилиндра, определяется многими факторами: давлением жидкости внутри гидроцилиндра, величиной предварительной затяжки шпилек, положением поршня в гидроцилиндре, способом установки гидроцилиндра.

Если шпильки установлены без предварительной затяжки, то нагрузка на них изменяется по прямой 1 (рис. 5, *б*).

Если цилиндр нагружен грузом G (рис. 5, *а)* и предварительная затяжка отсутствует, нагрузка изменяется по прямой 2:

$$T_ш = pF + G. \qquad (73)$$

При наличии предварительной затяжки шпилек нагрузка на них изменяется по прямой 3:

$$T_ш = T_з + \frac{1 - 2\mu}{k} pF + \frac{G}{k}, \qquad (74)$$

где $T_з$ - усилие предварительной затяжки шпилек;

μ - коэффициент Пуассона;

p - давление в гидроцилиндре;

F - активная площадь;

k - коэффициент жесткости,

$$k = 1 + \frac{F_ц \cdot L_ш}{F_ш \cdot L_ц}, \qquad (75)$$

где $F_ц$, $F_Ш$ - площади сечения соответственно гильзы и шпилек;

$L_ц$, $L_Ш$ - длины соответственно шпильки и гильзы.

В средних положениях поршня внутреннее давление в цилиндре не действует на гильзу по всей ее длине. В этом случае можно принять $\mu = 0$, тогда

$$T_ш = T_з + \frac{pF + G}{k}, \qquad (76)$$

Точки пересечения прямой 3 с прямой 1 и 2 указывают, при каком давлении в цилиндре произойдет отрыв головок цилиндра от гильзы. Из графиков (рис. 5, *б*) видно, что чем больше усилие предварительной затяжки, чем при большем давлении произойдет отрыв.

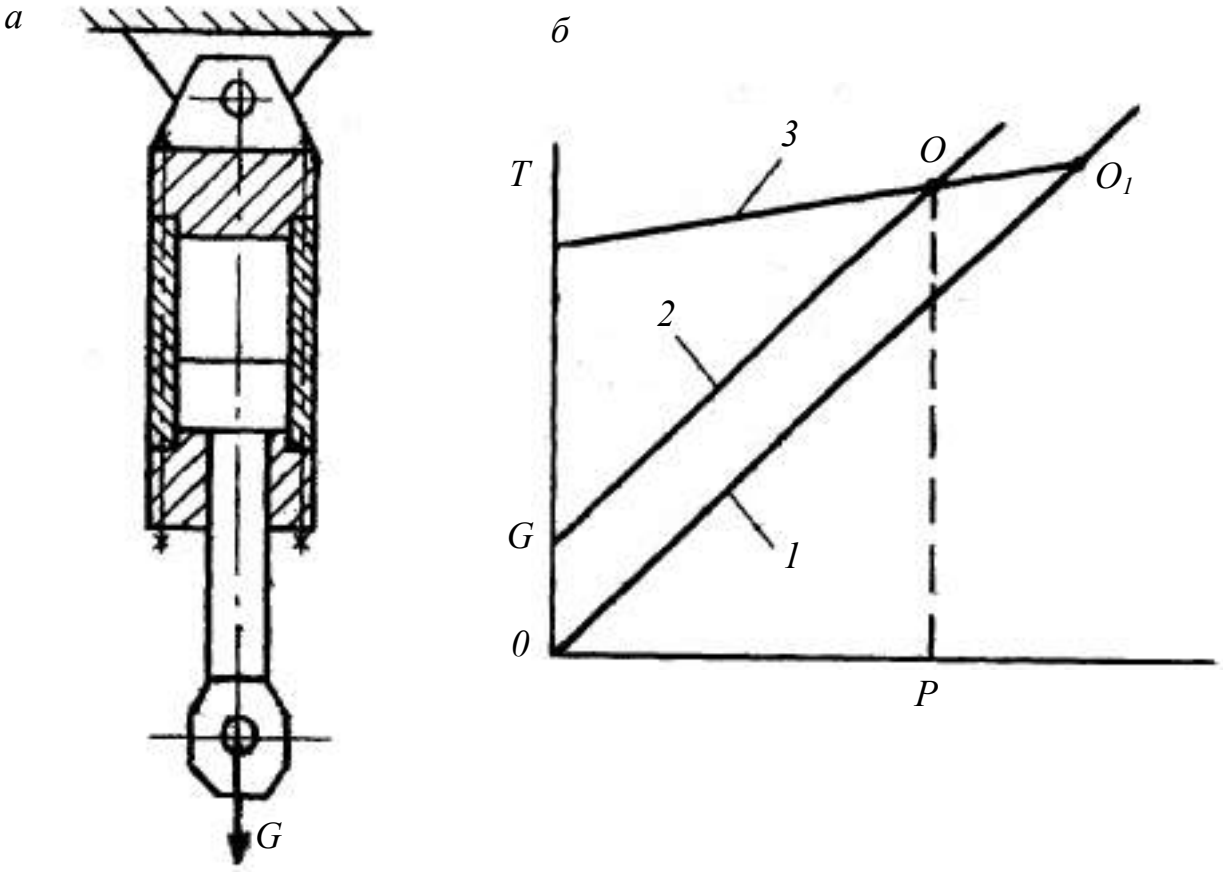


Рис. 5. К расчету стяжных шпилек

7.6. Расчет проушины, сварного соединении крышки с гильзой и резьбового крепления поршня

Запас прочности проушины на разрыв (рис. 6) можно определить из выражения

$$n = \frac{kF_n\sigma_т}{T_{шт}} \geq [n] = 1{,}5, \qquad (77)$$

где k - коэффициент концентрации напряжений;

$$k = 0{,}46\left(1 + \frac{h}{c}\right) - \frac{c}{5d_0} \leq 1, \qquad (78)$$

где h, c, d_0 – геометрические параметры (рис. 6, *б*)

F_n - площадь сечения проушины по центру отверстия (рис. 6, сечение А-А);

$T_ш$ - расчетная продольная сила, растягивающая шток.

Конструкция проушины рациональна, если c≤h. Если c>h, в расчетах принимают c=h и определяют расчетную площадь.

При расчете пальца изгибающий момент определяют при таком возможном положении проушины цилиндра, при котором соотношение a/b (рис. 6, *б*) стремится к единице:

$$M = T\left(\frac{ab}{L} + \frac{c}{b}\right), \tag{79}$$

где a, b, c, L - линейные размеры (рис. 6, б).

Момент сопротивления пальца на изгиб определится

$$W = \frac{\pi d^3}{32}\left[1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^4\right], \tag{80}$$

где $d_{l;}$ d - диаметры соответственно пальца и отверстия. Запас прочности пальца определится

$$n = \frac{\sigma_т W}{M} \geq [n] = 1{,}2\,. \tag{81}$$

Запас прочности сварного соединения крыгшки (проушины) с гильзой (рис. 6, *в*) определится

$$n = \frac{\varphi - 4K_ш(d - K_ш)}{D^2} \cdot \frac{\sigma_{т\,min}}{p_н} \geq [n] = 1{,}5\,, \tag{82}$$

где φ = 0,65 - коэффициент прочности при угловых соединениях;

$K_ш$ - катет сварного шва;

d - наибольший диаметр, описанный по поверхности шва;

$\sigma_{тmin}$ - наименьший предел текучести соединяемых деталей шва;

D - активный диаметр;

$p_и$ - испытательное давление (принимается на 50% выше рабочего давления).

Соединение поршня со штоком во многих случаях осуществляется с помощью резьбы. Запас прочности резьбового соединения на смятие (рис. 6, *г*) определится

$$n = \frac{\pi(d_н^2 - d_в^2)\sigma_т}{4k_н T_{шт}} \geq [n] = 2{,}5\,, \tag{83}$$

где $d_н$, $d_в$ - диаметр резьбы соответственно наружный и внутренний;

$\sigma_т$ - наименьший предел текучести материала соединяемых деталей (гайки или штока);

$k_н$ - коэффициент нагрузки (табл. 7);

$T_{шт}$ - сила гидроцилиндра при работе штоковой полостью.

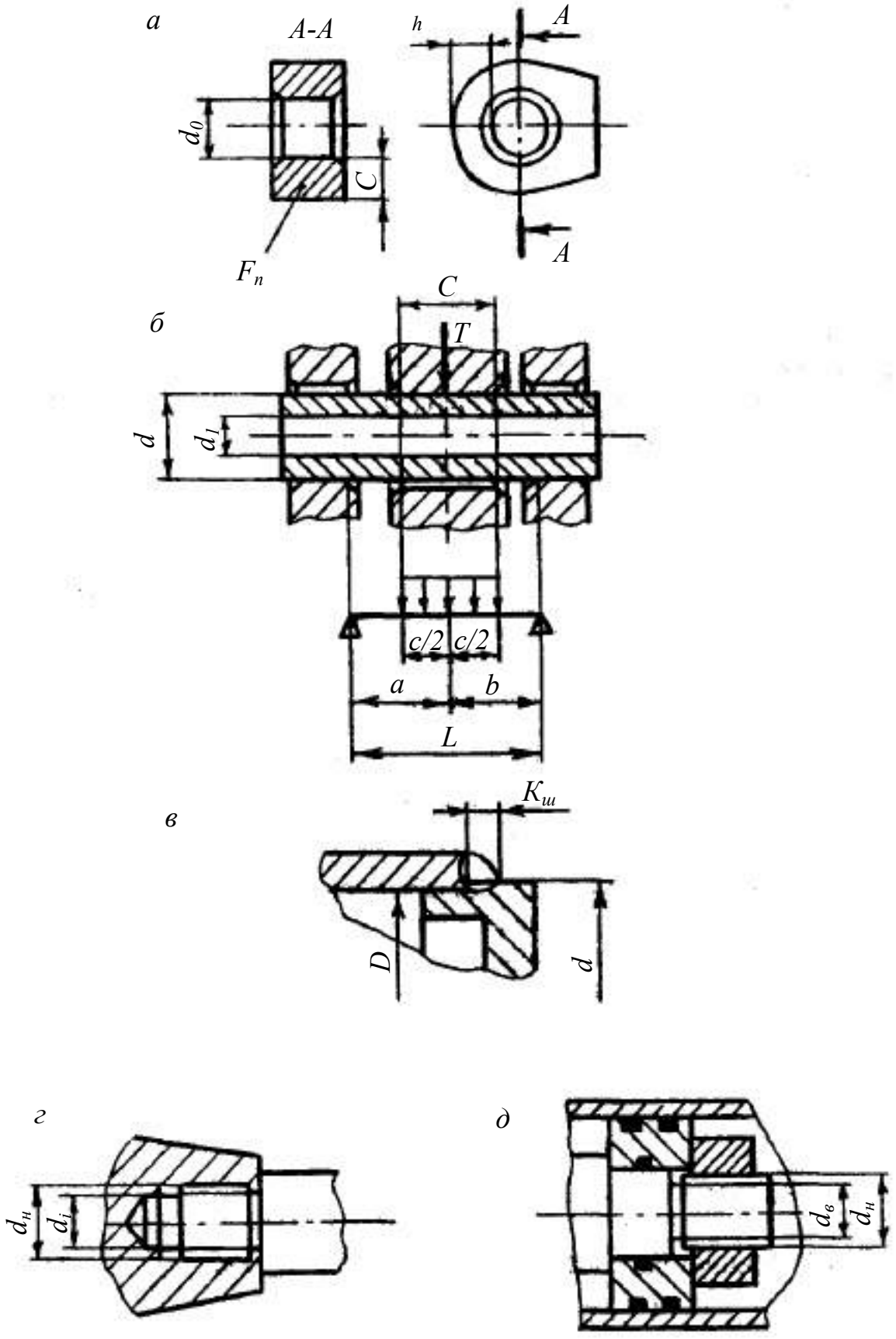


Рис. 6. Расчетные схемы проушины, пальцев, сварных швов и резьб

Таблица 7

Значения коэффициента нагрузки

$d_н/S$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$k_н$	0,45	0.37	0,33	0.30	0,25	0,25	0,23	0,22	0,21	0,19	0,18
$k_р$	0,83	0,71	0,62	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56

Запас прочности по срезу витков штока определится

$$n = \frac{\pi \cdot d_в \cdot k_н \cdot H \cdot \tau_т \cdot k_р}{T_{шт}} \geq [n] = 1{,}6, \qquad (84)$$

где $k_н$ - коэффициент полноты резьбы (для метрических резьб $k_н = 0{,}87$;

$k_р$ - коэффициент распределения нагрузки (см. табл. 7);

H - расчетная высота гайки;

$\tau_т$ - предел текучести материала штока на срез.

Запас прочности по срезу витков гайки определится

$$n = \frac{\pi \cdot d_н \cdot k_н \cdot H \cdot \tau_т \cdot k_р}{T_{шт}}, \qquad (85)$$

$\tau_т$ - предел текучести материала гайки на срез.

7. 7. Расчет гидроцилиндров на устойчивость

Условия продольной устойчивости

$$n_1 = \frac{T_{кр}}{T_ш} \geq [n_1]; n_2 = \frac{T_{кр}}{T_и} \geq [n_2], \qquad (86)$$

где n_1, n_2 - запас устойчивости при действии на шток соответственно продольной расчетной силы $T_{шт}$ и $T_{кр}$ при испытании;

$T_{кр}$ - критическая сила для гидроцилиндра, в качестве которой принимают наименьшее из значений эйлеровой силы $T_э$ и критической силы по строительным нормам $T_с$;

$[n_1]$ - минимально допустимый запас устойчивости, $[n_1] = 1{,}4$;

$[n_2]$ - минимально допустимый запас устойчивости при испытании по ГОСТ 18464-87, $[n_2]=1{,}1$.

Для гидроцилиндров, конструктивная схема которых соответствует рис. 7, расчетная продольная сила, сжимающая шток, определится

$$T_ш = p\frac{\pi \cdot D^2}{4}, \qquad (87)$$

где p - расчетное давление в поршневой полости, равное давлению настройки предохранительного клапана отчетом превышения давления при его срабатывании.

Для гидроцилиндров эйлерова сила определится

$$T_э = k\frac{\pi^2 \cdot E_ш J_ш}{L^2}, \qquad (88)$$

где k - коэффициент устойчивости (табл. П.1 и П.2);

$E_ш$ - модуль продольной упругости материала (табл. П.3);

$J_ш$ - осевой момент инерции площади поперечного сечения штока;

L - длина гидроцилиндра (см. рис. 7).

Критическая сила по строительным номерам определится

$$T_c = \varphi \cdot F_ш \cdot \sigma_{т.ш}, \qquad (89)$$

где φ - коэффициент продольного изгиба в зависимости от предела текучести $\sigma_{т.ш}$ материала штока и приведенной гибкости гидроцилиндра (табл.П.4).

Приведенная гибкость гидроцилиндра определится

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{k\frac{J_ш}{F_ш}}}, \qquad (90)$$

где $F_ш$ - площадь поперечного сечения штока.

Пример.

Гидроцилиндр выполнен по схеме, показанной на рис. 7, *в*.

Исходные данные. Поперечная сила N=0.

Диаметр цилиндра: внутренний D=100 мм, наружный $D_н$=114 мм; диаметр штока d=50 мм; расчетное давление p=20 МПа; ход штока S=800 мм; общая длина L=1886 мм; длина участка жесткости L_1=870 мм.

Материал штока - сталь 30ХГСА; модуль упругости согласно табл. П.3. $E_ш=1{,}98\cdot10^{11}$ Н/м^2; предел текучести $\sigma_{т.ш}=600\cdot10^6$ Н/м^2.

Подставив числовые значения в (87) получим

$$T_ш = \frac{20\cdot10^6 \cdot 3{,}14 \cdot 01^2}{4} = 0{,}157\cdot10^6 \text{ Н}.$$

Предварительно вычислив величины коэффициентов β и μ (см. табл. П.2).

$\beta = L_1/L = 870/1886 = 0{,}46$;

$$\mu = \frac{E_2 J_2}{E_1 J_1} = \frac{1{,}98\cdot10^{11}\cdot340\cdot10^{-8}}{1{,}98\cdot10^{11}\cdot30{,}7\cdot10^{-8}} = 11{,}02,$$

находим по табл. П.2 значение k=1,77.

Определим (согласно 88) эйлерову силу

$$T_э = 1{,}77\frac{3{,}14^2 \cdot 2{,}1\cdot10^{11}\cdot30{,}7\cdot10^{-8}}{1{,}886^2} = 0{,}3\cdot10^6 \text{ Н}.$$

Вычисляем (в соответствии с 90) гибкость гидроцилиндра

$$\lambda = \frac{1{,}886}{\sqrt{1{,}77\dfrac{30{,}7\cdot 10^{-8}}{19{,}63\cdot 10^{-4}}}} = 113{,}3\,.$$

Коэффициент продольного изгиба находим интерполированием по табл.П.4: φ=0,189.

Сила по строительным нормам (согласно 89)

$T_c = 0{,}189\cdot 19{,}63\cdot 10^{-4}\cdot 600\cdot 10^6 = 2{,}4\cdot 10^5$ Н.

т.е. критическая сила $T_{кр} = 2{,}4\cdot 10^5$ Н;

Условие устойчивости (по 86)

$$n_1 = \frac{T_{кр}}{T_ш} = \frac{2{,}4\cdot 10^5}{15{,}7\cdot 10^4} = 1{,}53\,.$$

Условие устойчивости выполнено, так как

$$n_1 \geq [\,n_1].$$

7.8. Расчет штока на прочность

Запас прочности штока в сечении А-А определится из уравнения.

$$\sigma_{т.ш} = n\cdot\sigma + \frac{n\cdot T_ш (f_н + n\cdot f_{TN})}{W\left(1 - n\cdot\dfrac{T_ш}{T_э}\right)}, \qquad (91)$$

где σ - напряжение на штоке без учета прогибов;

$$\sigma = \frac{T_ш}{F_ш} + \frac{M_{TN}}{W};$$

$T_ш$ - расчетная продольная сила;

$f_н$ - начальный прогиб, равный геометрической сумме прогиба от зазоров в заделке штока с цилиндром (первым цилиндром в телескопических гидроцилиндрах), заделке первого цилиндра со вторым и т.д. и прогиба от собственной силы тяжести гидроцилиндра;

f_{TN} - геометрическая сумма прогибов f_T и f_N от действия продольной силы Т и поперечной силы N;

W - момент сопротивления штока;

M_{TN} - геометрическая сумма изгибающих моментов M_T и M_N (Мт = $T_ш e_н$ - изгибающий момент от силы $T_ш$; M_N - изгибающий момент от силы N);

$e_н$ - эксцентриситет силы $T_ш$ в сечении А-А.

Запас прочности штока есть меньшее положительное значение корня, полученное в результате решения квадратного уравнения (91) относительно n.

$$n_{1,2} = -\frac{c_2}{2} \pm \sqrt{\frac{c_2^2}{4} - c_3}\,;$$

$$c_2 = \frac{T_э \cdot \sigma \cdot W + T_э \cdot T_ш \cdot f_н + T_ш \cdot \sigma_{т.ш} \cdot W}{c_1};$$

$$c_3 = \frac{-T_э \cdot \sigma_{т.ш} \cdot W}{c_1};$$

$$c_1 = T_ш \cdot (T_э \cdot f_{TN} - \sigma \cdot W).$$

Для одноступенчатого гидроцилиндра начальный прогиб определится

$$f_н = \frac{\Delta \cdot L_1}{b \cdot L}\left(L_2 - \frac{b}{2}\right),$$

где L_1, L_2 и L - длины выдвинутой части штока, корпуса цилиндра и гидроцилиндра соответственно;

Δ - диаметральный зазор в сопряжении штока с цилиндром (Δ = 0,3 мм);

b - база заделки штока в цилиндре;

b_1 и b_2 - база заделки штока в первом цилиндре и первого цилиндра во втором.

Для двухступенчатого гидроцилиндра начальный прогиб определится (см рис. 8)

$$f_н = \frac{L_1}{L}\left[\frac{\Delta_1}{b_1} \cdot L_2 + \left(\frac{\Delta_1}{b_1} + \frac{\Delta_2}{b_2}\right)L_3 - \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right],$$

где Δ_1 и Δ_2 - диаметральные зазоры в сопряжении штока с первым цилиндром и в сопряжении первого цилиндра со вторым.

Эксцентриситет силы $T_ш$ определится

$$e_н = e_A + \frac{L_1}{L}(e_B - e_A),$$

где e_A, e_B - эксцентриситеты в шарнирных опорах соответственно A и B.

$$e_A = e_0 + r_A \cdot \left(\text{arctg}\mu_A + \text{arctg}\frac{R_A}{T_ш}\right);$$

$$e_B = e_0 + r_B \cdot \left(\text{arctg}\mu_B + \text{arctg}\frac{R_B}{T_ш}\right)$$

где l_0 - эксцентриситет центров опор из-за погрешностей изготовления, 1_0=1,5мм;

r_A и r_B - радиусы опор штока и цилиндра;

μ_A и μ_B - коэффициенты, учитывающие тип опор; для опор качения шарнирных на пальцах μ=0,02; для опор скольжения μ=0,15;

R_A и R_B - реакции в опорах от поперечной силы.

Изгибающий момент от действия сил T и N определится

$$M_T = T_ш \cdot e_н,$$

$$M_N = N \cdot L_1.$$

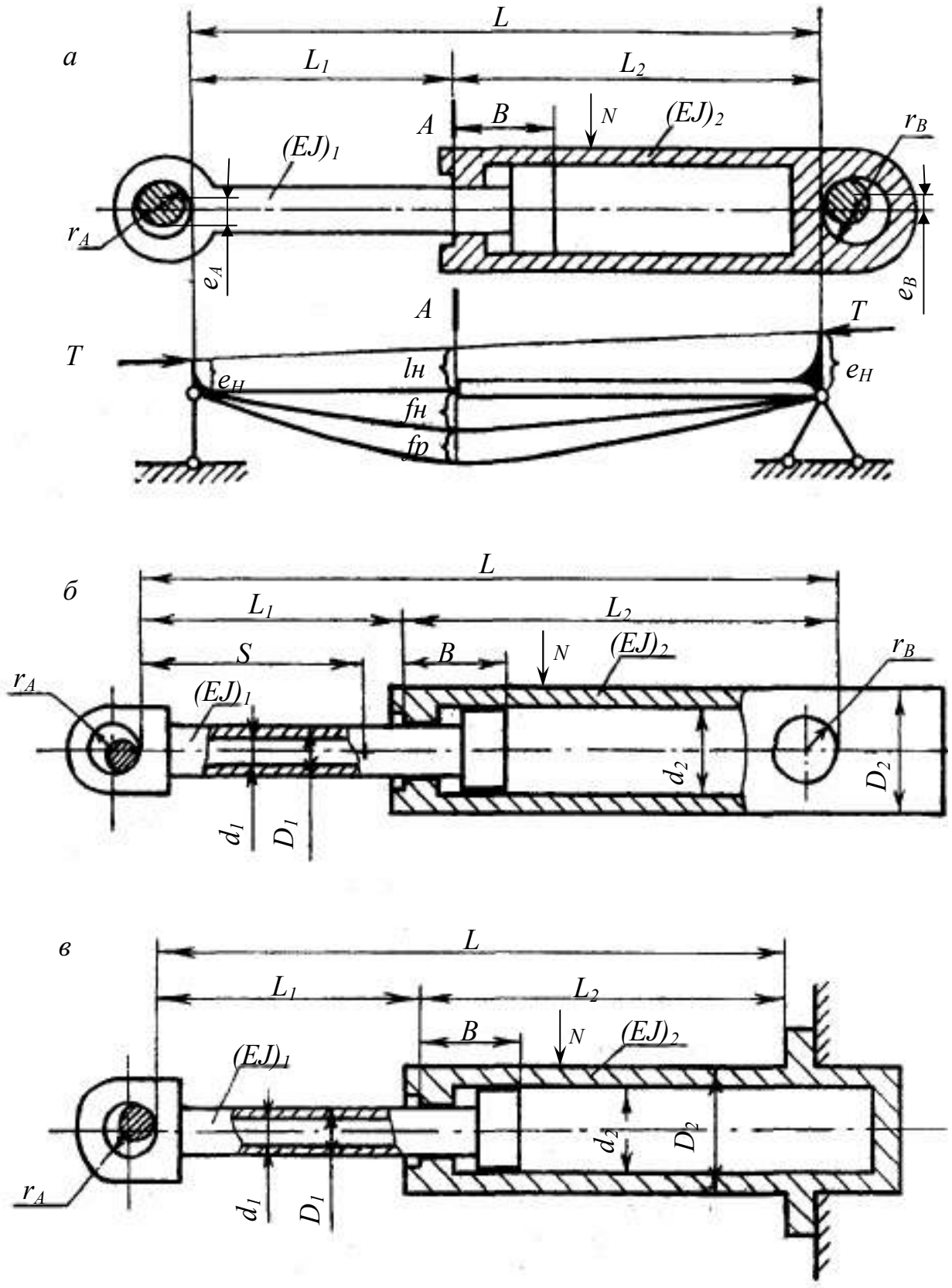


Рис. 7. Схемы нагружения цилиндров

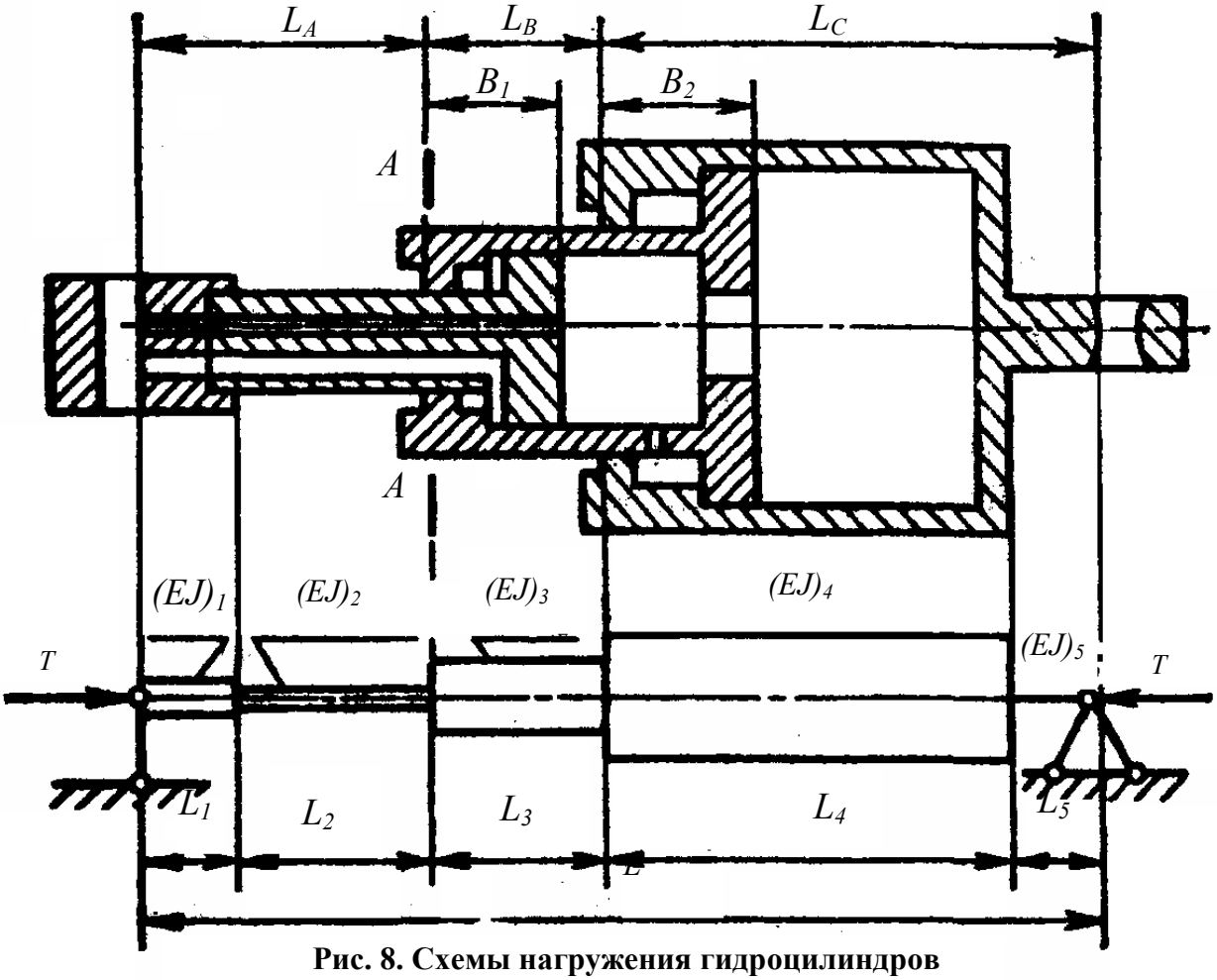


Рис. 8. Схемы нагружения гидроцилиндров

Прогиб в сечении А-А гидроцилиндра от действия силы $T_ш$ определится

$$f_T = \frac{T_ш \cdot L_1 \cdot L_2}{B \cdot L^2}\left\{e_A\left[\frac{L_1(L_1+3L_2)}{E_1 \cdot J_1}+\frac{2L_2^2}{E_2 \cdot J_2}\right]+e_B\left[\frac{2L_1^2}{E_1 \cdot J_1}+\frac{L_2(3L_1+L_2)}{E_2 \cdot J_2}\right]\right\};$$

при $e_A = e_B = e$

$$f_T = \frac{T_ш \cdot e \cdot L_1 \cdot L_2}{2L}\left(\frac{L_1}{E_1 \cdot J_1}+\frac{L_2}{E_2 \cdot J_2}\right).$$

Прогиб от N в сечении А-А гидроцилиндра определится

$$f_N = \frac{N \cdot L_1 \cdot L_B}{B \cdot E_1 \cdot J_1 \cdot L^2}\left[2L_1^2 L_2 \frac{E_1 \cdot J_1}{E_2 \cdot J_2}\left(2L_1^3 + L^3 - L \cdot L_B^2 - 3L_1^2 L\right)\right],$$

где L_B - расстояние от опоры В до точки приложения силы N.

Коэффициенты, учитывающие дополнительные прогибы вследствие формации заделанной части штока в цилиндре

от продольной силы $T_ш$

$$k_T = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{B - 0{,}5B_{min}}{L_1},$$

от поперечной силы N

$$k_N = 1 + \frac{B - 0{,}5B_{min}}{L_1},$$

где B_{min} - минимальная база сопряжения штока с цилиндром при полностью выдвинутом штоке.

Расчетный прогиб от сил T и N в сечении А-А при любых опорах определится

$$f_{TN} = f_T \cdot k_T + f_N \cdot k_N.$$

Пример.

Гидроцилиндр выполнен по схеме, изображенной на рис. 7, *б.*

Исходные данные. Радиусы опор: штока r_A = 0,0425 м; цилиндра r_B=0,04 м, длина штока $L_ш$ = 1,66 м; общая длина гидроцилиндра L = 1,92 м; расчетный зазор $\Delta = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ м; база сопряжения штока с цилиндром B = 0,171 м; диаметр штока d=0,09 м; продольная сила на штоке $T=0{,}8 \cdot 10^6$ Н; рабочий ход штока S = 1,6 м; эксцентриситет продольной силы относительно геометрической оси e_0 = 0,0015 м; материал штока - сталь 40Х; эйлерова сила $T_э=1{,}911 \cdot 10^6$ Н.

Расчет выполняется в такой последовательности:

$$e_A = 0{,}0015+0{,}0425\sin(\text{arctg}0{,}02) = 0{,}00235 \text{ м};$$

$$e_B = 0{,}0015+0{,}04 \cdot \sin(\text{arctg}0{,}015) = 0{,}00743 \text{ м};$$

$$e_H = 0{,}00235+ \frac{1{,}66}{1{,}92}(0{,}00743 - 0{,}00235) = 0{,}00674 \text{ м};$$

$$M_{TN}=0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 0{,}00674=5392 \text{ Н·м};$$

$$f_н = \frac{0{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}66}{0{,}171 \cdot 0{,}192}\left(0{,}26 - \frac{0{,}171}{2}\right) = 0{,}26 \cdot 10^{-3};$$

$$f_T = \frac{0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 1{,}66 \cdot 0{,}26}{6 \cdot 1{,}92}\left\{\begin{array}{l} 0{,}00235\left[\frac{1{,}66(1{,}66 + 3 \cdot 0{,}26)}{2{,}18 \cdot 10^{11} \cdot 322 \cdot 10^{-8}} + \frac{2 \cdot 0{,}26^2}{1{,}98 \cdot 10^{11} \cdot 3180 \cdot 10^{-8}}\right] + \\ +{,}0073\left[\frac{2 \cdot 1{,}66^2}{2{,}18 \cdot 10^{11} \cdot 322 \cdot 10^{-8}} + \frac{0{,}26(3 \cdot 168 + 0{,}26)}{1{,}98 \cdot 10^{11} \cdot 3180 \cdot 10^{-8}}\right] \end{array}\right\} = 1{,}148 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$k_T = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}171 - 0{,}5 \cdot 0{,}171}{1{,}66} = 1{,}034;$$

$$f_{TN} = 1{,}148 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}034 = 1{,}187 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\sigma = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{63{,}6 \cdot 10^{-4}} + \frac{5392}{71{,}5 \cdot 10^{-6}} = 201{,}2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$c_1 = 0{,}8\cdot10^6\cdot\left(1{,}911\cdot10^6\cdot1{,}187\cdot10^{-3} - 201{,}2\cdot10^6\cdot71{,}5\cdot10^{-6}\right) = -9{,}694\cdot10^9\ \text{Н}^2\cdot\text{м};$$

$$c_2 = \frac{1{,}911\cdot10^6\cdot201{,}2\cdot10^6\cdot71{,}5\cdot10^{-6} + 0{,}8\cdot10^6\cdot1{,}91\cdot10^6\cdot0{,}26\cdot10^{-3}}{-9{,}694\cdot10^9} +$$

$$+\frac{0{,}8\cdot10^6\cdot600\cdot10^6\cdot71{,}5\cdot10^{-6}}{-9{,}694\cdot10^9} = -6{,}418$$

;

$$c_3 = \frac{-1{,}911\cdot10^6\cdot600\cdot10^6\cdot71{,}5\cdot10^{-6}}{-9{,}694\cdot10^9} = 8{,}457;$$

$$n_{1,2} = -\frac{-6{,}418}{2} \pm \sqrt{\frac{-6{,}418^2}{4} - 8{,}457};$$

$$n_{1,2} = 4{,}566;\ n_2 = 1{,}852;$$

Запас прочности n = 1,852 > [n].

7.9. Расчет цилиндра на прочность

Условия прочности:

при действии продольных и поперечных сил

$$n_ц = \frac{\sigma_{т.ц}}{\sigma_{эmax}} \geq [n], \qquad (92)$$

где $\sigma_{т.ц}$ - предел текучести материалов цилиндров;

$\sigma_{эmax}$ - наибольшие эквивалентные напряжения на внутренних или наружных волокнах цилиндров;

при испытании внутренним давлением и отсутствии продольных и поперечных сил

$$n_и = \frac{D^2 - d^2}{D^2\sqrt{3}}\cdot\frac{\sigma_{т.ц}}{p_и} \geq [n], \qquad (93)$$

где D и d - соответственно наружный и внутренний диаметр рассчитываемых цилиндров;

$p_п$ - давление в поршневых полостях при испытаниях цилиндров по ГОСТ 18464-87, $p_п = 1{,}5\cdot p$.

Расчетные и изгибающие моменты в точке 2 (см. рис. 7 *а*, *б*)

$$M_ц = M_{цT} + M_{цN}, \qquad (94)$$

uде $M_{цT}$ - изгибающий момент от силы T; $M_{цT} = Te_ц$;

$e_ц$ - эксцентриситет T относительно геометрической оси гидроцилиндра в расчетных сечениях;

$M_{цN}$ - изгибающий момент от поперечной силы.

Если моменты $M_{цT}$ и $M_{цN}$ имеют разные направления в течение всего

времени эксплуатации гидроцилиндра, то в формуле (94) принимают абсолютную разность слагаемых.

Напряжения во внутренних стенках:

осевые

$$\sigma_{zB} = -\frac{M_ц D}{2J_p}, \qquad (95)$$

где J_p - осевой момент инерции рассчитываемого цилиндра;

окружные

$$\sigma_{tB} = p\frac{D^2_H + D^2}{D^2_H - D^2}, \qquad (96)$$

радиальные

$$\sigma_{rB} = -p, \qquad (97)$$

эквивалентные

$$\sigma_{эB} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_{rB} - \sigma_{tB})^2 + (\sigma_{tB} - \sigma_{zB})^2 + (\sigma_{zB} - \sigma_{rB})^2\right]}. \qquad (98)$$

Пример.

Исходные данные. Продольная сила на штоке $T=0{,}8\cdot10^6$ Н; эксцентриситет в шарнирной опоре $e_B=0{,}00743$ м; диаметры цилиндра: внутренний $D=0{,}16$ м, наружный $D_H=0{,}19$ м; рабочее давление $p=40$ МН/м^2; момент инерции цилиндра $J=3180\cdot10^{-8}$ м^4; поперечная сила $N=0$.

Расчет выполняется в такой последовательности:

$$M_ц = M_{цT} = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 0{,}00743 = 5944 \text{ Н·м};$$

$$\sigma_{zB} = -\frac{5944 \cdot 0{,}16}{2 \cdot 3180 \cdot 10^{-8}} = -15 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{tB} = 40 \cdot 10^6 \frac{0{,}19^2 + 0{,}16^2}{0{,}19^2 - 0{,}16^2} = 233{,}9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{rB} = -40 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{эB} = 10^6 \sqrt{\frac{1}{2}\left[(-40 - 233{,}9)^2 + (233{,}9 + 15)^2 + (-15 + 40)^2\right]} = 262{,}2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$n_ц = \frac{600 \cdot 10^6}{262{,}2 \cdot 10^6} = 2{,}288.$$

Испытательное давление

$$p_и = 1{,}5p = 1{,}5 \cdot 40 \cdot 10^6 = 60 \cdot 10^6;$$

$$n_и = \frac{0{,}19^2 - 0{,}16^2}{0{,}19\sqrt{3}} \cdot \frac{600 \cdot 10^6}{60 \cdot 10^6} = 1{,}688;$$

$1{,}688 > [n]$.

7.10. Материалы деталей гидроцилиндров и технические условия на изготовление

7.10.1. Гильзы

Гильзы изготавливают из бесшовных горячедеформированных труб по ГОСТ 8732-78. Эти детали определяют работоспособность гидроцилиндра, поэтому к ним предъявляются высокие требования по точности размеров, геометрической форме и чистоте обработки поверхностей.

При изготовлении гильз должны выполняться следующие технические требования:

1)шероховатость внутренней поверхности R_a = 0,32...0,15 мкм, продольные риски не допускаются;

2)непрямолинейность по оси гильзы - не более 0,03 мм на длине 500 мм;

3)конусность, овальность и бочкообразность внутреннего диаметра на всей длине гильзы - в пределах не более половины допуска на внутренний диаметр;

4)биение оси диаметра внешней обработанной поверхности относительно оси внутреннего диаметра - не более половины допуска на внешний диаметр;

5)биение торцов гильзы относительно продольной оси - не более 0,05 мм;

6)монтажные фаски, облегчающие заводку под углом 20^0 при шероховатости R_a=l,25 мкм;

7)резьбы и крепления головок должны быть выполнены по классу точности 2а, допускаемое биение среднего диаметра резьбы относительно поверхности центрирования головки - не более половины допуска на диаметр центрирующей поверхности;

8)у гильз, к которым приварены задние головки с проушинами, а также траверсы или цапфы, допускаются:

а)смещение оси отверстия под палец в задней проушине относительно оси внутреннего диаметра гильзы — не более 0,03 мм;

б)неперпендикулярность оси отверстия относительно оси внутреннего диаметра гильзы - не более 0,01 мм на длине 100 мм;

в)отклонение от соосности поверхности цапфы относительно внутреннего диаметра гильзы - не более 0,1 мм;

г)неперпендикулярность оси цапфы относительно оси внутреннего диаметра - не более 0,1 мм на длине 100 мм;

9)предельное отклонение рабочей поверхности в зависимости от типа применяемого уплотнения и давления рабочей жидкости (H9-H8).

В отечественном машиностроении гильзы силовых гидроцилиндров изготавливают из углеродистых сталей марок 35 и 45. В отдельных случаях

гильзы могут быть изготовлены из легированных сталей.

7.10.2. Штоки

Штоки гидроцилиндров изготовляют из сталей марок 35, 45, 20Х, 40Х и 40ХН. Они должны отвечать следующим техническим требованиям:

1)шероховатость рабочих поверхностей R,=0,32.. .0,16 мкм;

2)предельное отклонение рабочей поверхности в зависимости от типа применяемого уплотнения и давления рабочей жидкости (f9-f8);

3)овальность и конусность рабочих поверхностей, а также их относительное смещение - не более половины допуска на размер;

4)непрямолинейность образующей цилиндрической поверхности штока - не более 0,01 мм на длине 500 мм; .

5)рабочая поверхность штока должна иметь двухслойное хромирование для обеспечения стойкости к непосредственному воздействию шахтной среды и рабочей жидкости, износостойкости и антифрикционных свойств;

6)в сварных штоках следует предусматривать отверстия для выхода газов при сварке и термообработке во избежание разрыва трубы.

В качестве заготовки обычно используют круглый прокат, поэтому первой операцией служит отрезка заготовки, подрезка торцов и центрирование.

Если проушина спроектирована как одно целое со штоком, то для ее образования производится высадка конца штока перед фрезерно-центровальной операцией.

В сварных конструкциях перед фрезерно-центровальной операцией проушины приваривают на сварочном полуавтомате в среде углекислого газа (в заготовке штока предварительно растачивают отверстие дня, проушины). Качество сварного шва контролируют магнитным дефектоскопом.

Термическая обработка штоков заключается в улучшении после предварительной механической обработки до НВ 240...280 с последующей закалкой ТВЧ до HRC 45...55. Штоки из стали 20Х цементируются до h = 2...2 мм; HRC 54.. .60. Для этого перед шлифованием производится закалка ТВЧ с высокотемпературным отпуском или улучшение.

7.10.3. Поршни

Поршни изготавливают из серого чугуна СЧ 21, СЧ 28, СЧ 32, а также из стали 35 или 45 с покрытием бронзой, латунью, капроном.

При изготовлении поршней должны выполняться следующие технические требования:

1)рабочая поверхность поршня выполняется с предельными отклонениями по f8, f9, а отверстие, которым поршень насаживается на шток - Н9;

2)шероховатость сопрягаемых поверхностей - R_a = 32...0,16 мкм;

3)биение рабочей поверхности относительно посадочного отверстия, а также конусность и овальность - не более половины, допуска на размер;

4)биение торцов поршня не более - 0,05 мм.

Биметаллические поршни изготавливают наплавкой бронзы на основание стали 35 (реже - 45). Заготовку под наплавку подготавливают следующим образом. Места наплавки нужно очистить от масла и ржавчины травлением. Перед наплавкой заготовки подогревают в электропечи или газовой горелкой до температуры 700 ^{0}С. Наплавку выполняют газовой горелкой; заготовку в процессе наплавки постепенно поворачивают.

В качестве флюса при наплавке используется обезвоженная мелкотолченая бура, которой посыпают места наплавки. Бронзу применяют в виде прутков диаметром 6.,.10 мм или полос шириной 6...8 мм и толщиной 3...4 мм. Качество наплавки проверяют внешним осмотром (на наплавленной поверхности не должно быть газовых раковин и трещин). После окончательной механической обработки толщина наплавленного слоя должна быть не менее 2 мм, ширина - не менее 8 мм.

Реже применяют напрессовку бронзового кольца на стальное основание поршня.

7.10.4. Втулки

Биметаллические втулки изготовляют наплавкой бронзы на внутреннюю поверхность. Заготовкой служит стальной стакан с глухим или приваренным дном.

Общие технические требования для направляющих втулок:

1)шероховатость рабочей поверхности Ra=2,5...0,63 мм;

2)предельное отклонение рабочей поверхности в зависимости от типа применяемого уплотнения и давления рабочей жидкости (H9-H8);

3)отклонение от геометрической формы - в пределах половины допуска на размер;

4)неперпендикулярность рабочего торца втулки к оси отверстия рабочей поверхности - не более 0,05 мм.

7.10.5. Крышки

Крышки (головки) изготовляют из стальных поковок (сталь 35, 45), отливок из стали, серого чугуна СЧ 21, СЧ 28, СЧ 32, а также из сплавов алюминия Д16Т, АК4, АК6.

Если сама крышка является направляющей, то в этом случае она должна быть изготовлена из серого чугуна или иметь на рабочей поверхности наплавку из бронзы, развальцованную латунную втулку или наплавку капрона.

8. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГИДРОСИСТЕМЫ

В процессе эксплуатации гидросистем масло нагревается. Основной причиной нагрева является наличие гидравлических сопротивлений в системе гидропривода. С возрастанием температуры жидкости интенсифицируется процесс окисления масла, выпадают сгустки смол и шлама, что нарушает нормальную работу гидросистемы. Обычно принимают максимально допустимую температуру масла в баке 55-60°С. При длительной работе гидропривода температурный перепад достигает значения установившегося. Тепловая энергия расходуется на нагревание гидробака с маслом, а также рассеивается в пространство путем теплопередачи от нагретых поверхностей бака, трубопроводов, гидроаппаратов и гидродвигателей.

Для установившегося теплового режима температурный перепад в °С определится по формуле

$$\Delta T = \frac{\Delta N_{пот}}{\Sigma K_1 \cdot F_1}, \qquad (99)$$

где $\Delta N_{пот}$ - потерянная мощность, кВт;

F_1 - поверхность теплопередачи, $м^2$;

K_1 - коэффициент теплопередачи участка, $кВт/м^{2\cdot 0}С$ (таблица 8).

С другой стороны температурный перепад ΔT определится

$$\Delta T = T_м - T_в, \qquad (100)$$

где $T_м$ - установившаяся температура масла в баке, $^0С$;

$T_в$ - температура окружающего воздуха, $^0С$ (в расчетах можно принимать 20…25°С). Установившаяся температура масла должна быть не выше $60^0С$.

Таблица 8

Значения коэффициента теплопередачи

	Условия теплообмена	K_1, $кВт/м^{2\cdot 0}С$
1.	Свободно обтекаемая открытая поверхность	0,015
2.	Обдув поверхности вентилятором	0,023
3.	Затрудненная циркуляция воздуха вокруг нагретой поверхности (привод расположен в нише)	0,010
4.	Охлаждение проточной водой змеевиков и ребристых поверхностей	0,110…0,175

Потерянная мощность $N_{пот}$ в кВт определится

$$N_{пот} = N_{вх}(1-\eta).$$

При тепловых расчетах считается, что в бак масло залито до 0,8 его высоты. Площадь стенок бака $F_б$ в м^2, соприкасающихся с жидкостью, учитывается полностью (в том числе основание), а остальная площадь учитывается на 50%.

$$F_б = F_1 + \frac{F_2}{2}, \quad (101)$$

где $F_б$ - расчетная площадь бака, м^2;

F_1 - площадь стенок бака, соприкасающихся с жидкостью (в том числе крышка), м^2;

F_2 - площадь стенок бака, не соприкасающихся с жидкостью (в том числе крышка), м^2.

При отношении ребер бака от 1:1:1 до 1:2:3 расчетная площадь бака $F_б$ в м^2 может быть ориентировочно определена по формуле

$$F_б = 6{,}5\sqrt[3]{V_б^2}, \quad (102)$$

где $V_б$ - объем масла в баке, м^3.

Емкость бака должна быть не меньше емкости гидросистемы. Обычно емкость бака' выбирают равной трехминутной подачи насоса и более. Если длина трубопроводов невелика, то считают, что теплопередача происходит только через поверхности стенок бака.

Если установившаяся температура масла получается более 60^0С, следует выполнять бак с ребрами для увеличения площади поверхности теплоотдачи, увеличить площадь стенок или улучшить условия теплообмена.

9. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ И РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА

Возможности разработанной гидравлической схемы могут быть оценены путем построения регулировочной и механической характеристик гидропривода. Эти характеристики взаимоувязывают три основных параметра гидросистемы:

скорость движения выходного звена (V или n).

нагрузку на выходном звене (R или M).

параметр регулирования гидромашины ($U_н$ или $U_м$) или дросселя ($U_{др}$).

Скорость движения выходного звена определится:

для гидропривода с поступательным движением выходного звена

$$V = \frac{Q_п}{F_{п.р}}, \quad (103)$$

для гидропривода с вращательным движением выходного звена

$$n = \frac{Q_п}{q}, \quad (104)$$

где $Q_п$ - фактический полезный расход жидкости, затрачиваемый на совершение рабочих движений. м^3/с;

$F_{п.р}$ - рабочая площадь поршня, м^2.

Расход жидкости Q_n на совершение рабочих движений зависит от способа регулирования гидропривода, типа привода и места установки дросселя в гидросистему.

При объемном способе регулирования: для гидросистемы с гидроцилиндром

$$Q_п = Q_{нт} \cdot U_н - a_{п1}\left(\Sigma\Delta p + \frac{R}{F_{п.р}}\right), \quad (105)$$

для гидросистемы с гидромотором

$$Q_п = Q_{нт} \cdot U_н - a_{п2}\left(\Sigma\Delta p + \frac{2\pi \cdot M}{q_м}\right). \quad (106)$$

При дроссельном способе регулирования, когда дроссель установлен в напорной гидролинии:

для гидросистемы с гидроцилиндром

$$Q_п = Q_{др} - a_{п3} \cdot \frac{R}{F_{п.р}}, \quad (107)$$

для гидросистемы с гидромотором

$$Q_п = Q_{др} - a_{п4} \cdot \frac{2\pi \cdot M}{q_м}. \quad (108)$$

При дроссельном способе регулирования, когда дроссель установлен в сливной гидролинии

$$Q_п = Q_{др} \cdot \frac{F_{пр}}{F_{пд}}. \quad (109)$$

При дроссельном способе регулирования, когда дроссель установлен параллельно гидродвигателю: для гидросхемы с гндроцилиндром

$$Q_п = Q_{нт} - Q_{др} - a_{п5}\left(\Sigma\Delta p + \frac{R}{F_{п.р}}\right), \quad (110)$$

для гидросхемы с гидромотором

$$Q_п = Q_{нт} - Q_{др} - a_{п5}\left(\Sigma\Delta p + \frac{2\pi \cdot M}{q_м}\right). \quad (111)$$

где $\Sigma\Delta p$ - суммарные потери давления, определяемые по формулам 34, 35, 36, 37, 38 как сумма всех членов после ($p_р$+$p_{др}$);

$Q_{нт}$ - теоретическая подача насоса, м^3/с;

$Q_{др}$ - расход жидкости дросселем, м^3/с.

$$Q_{др} = \alpha \cdot f_{max} \cdot U_{др} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (112)$$

где f_{max} - максимальное значение величины расходного окна дросселя, $м^2$;

Δp - перепад давления на дросселе, Па.

Перепад давления на дросселе зависит от места установки дросселя в гидросистеме и типа гидродвигателя.

При установке дросселя в напорной гидролинии:

для гидросистемы с гидроцилиндром

$$\Delta p_{др} = p_{кл} - \Delta p_{нм} - \frac{R}{F_{п.р}} - \Delta p_{ц} - \Delta p_{сл} \cdot \frac{F_{шр}}{F_{п.р}}, \quad (113)$$

для гидросистемы с гидромотором

$$\Delta p_{др} = p_{кл} - \Delta p_{нм} - \frac{2\pi \cdot M}{q_{м}} - \Delta p_{м} - \Delta p_{сл}, \quad (114)$$

где $\Delta p_{ц}$ - потери давления на преодоление сил трения в гидроцилиндре;

$$\Delta p_{ц} = \frac{R_{п} + R_{ш}}{F_{пр}}, \quad (115)$$

$\Delta p_{м}$ - потери давления на преодоление сил трения в гидромоторе;

$$\Delta p_{м} = p(1 - \eta_{мм}), \quad (116)$$

где $\eta_{мм}$ - механический КПД гидромотора.

При установке дросселя в сливной гидролинии: для гидросистемы с гидроцилиндром

$$\Delta p_{др} = (p_{кл} - \Delta p_{нм} - \Delta p_{ц})\frac{F_{пр}}{F_{пд}} - \frac{R}{F_{пд}} - \Delta p_{сл} \quad (117)$$

для гидросистемы с гидромотором

$$\Delta p_{др} = p_{кл} - \Delta p_{нм} - \Delta p_{нм} - \frac{2\pi \cdot M}{q_{м}} - \Delta p_{сл} \quad (118)$$

При установке дросселя параллельно гидродвигателю для гидросистемы с гидроцилиндром

$$\Delta p_{др} = \Delta p_{нм} + \Delta p_{ц} + \frac{R}{F_{пд}} + \Delta p_{сл} \cdot \frac{F_{пр}}{F_{пд}} - \Delta p_{сл} \quad (119)$$

для гидросистемы с гидромотором

$$\Delta p_{др} = p_{нм} + \Delta p_{м} + \Delta p_{сл} + \frac{2\pi \cdot M}{q_{м}}. \quad (120)$$

Полный градиент утечек $a_{п}$ определится:

для гидросистемы с гидроцилиндром при объемном способе регулирования

$$a_{п1} = a_{н} + a_{р} + a_{кл};$$

для гидросистемы с гидроцилиндром при дроссельном способе регулирования

$$a_{п2} = a_н + a_м + a_{кл};$$

для гидросистемы с гидроцилиндром при дроссельном способе регулирования, когда дроссель установлен в напорной гидролинии

$$a_{п3} = a_р + a_ц;$$

для гидросистемы с гидромотором при дроссельном способе регулирования, когда дроссель в напорной гидролинии

$$a_{п4} = a_р + a_м;$$

для гидросистемы с гидромотором при установке дросселя параллельно или в сливной гидролинии

$$a_{п5} = a_н + a_м + a_р + a_{кл}.$$

В этих выражениях градиенты утечек аппаратов имеют обозначения: $a_н$ - насоса; $a_м$ - гидромотора; $a_р$ - гидрораспределителя; $a_{кл}$ – предохранительного или переливного клапана; $a_ц$.-гидроцилиндра.

Градиенты утечек отдельных шдроаппаратов определятся

$$a = \frac{\Delta Q_{ном.а}}{P_{ном.а}},$$

где $\Delta Q_{ном.а}$ - объемные потери в гидроаппарте при его номинальном давлении $P_{ном\cdot а.}$

Значения параметров берутся из паспортной характеристики соответствующего гидроаппарата.

Пользуясь выражениями (103),(104),(105),(106) вычисляем значения скоростей V и n при изменении параметров регулирования $U_{др}$ или $U_н$ от 0 до 1 для нескольких значений R или M (не менее пяти). По результатам вычислений строим регулировочную характеристику V = f(U) или n = f (U) для нескольких значений R или M.

Вычислив значения V или n при изменении R или M от нуля до максимального значения, для нескольких значений U (не менее пяти), строим механическую характеристику V = f(R) или n = f(M). Для удобства работы результаты вычислений можно свести предварительно в таблицу.

Момент M, Н·м R (кН)	Частота вращения, n, об/мин (υ, м/с)				
	U = 0	U = 0,25	U = 0,5	U = 0,75	U = 1
0					
2					
4					
6					
8					

10. НЕКОТОРЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРОСИСТЕМ

На гидравлических и пневматических схемах все машины и аппараты, а также линии связи изображаются сплошной линией толщиной S. Линии управления изображают сплошной линией толщиной S/2, дренажные линии изображают пунктиром толщиной S/2.

Функциональные группы гидросхем обводят тонкой штрихпунктирной линией S/3.

Все элементы схемы нумеруются по порядку по направлению потока рабочей среды. Номера проставляются на полках линий-выносок, другой конец которых оканчивается точкой. Все элементы схемы, имеющие номер, записываются в перечень элементов, который помещают на первом листе схемы над основной надписью.

На схемах с небольшим количеством входящих элементов их наименования, обозначения и характеристики указываются на полках линий-выносок. Перечень элементов отсутствует.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Значение коэффициента устойчивости К для гидроцилиндров конструкции, соответствующей рис. 7 *а, б*

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	1,2	**1,4**	**1,6**	**1,8**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0,10	1,199	1,397	1,594	1,791	1,927	2,960	3,917	4,858	5,780
0,20	1,188	1,372	1,552	1,727	1,898	2,683	3,351	3,908	4,365
0,21	1,187	1,368	1,545	1,717	1,883	2,639	3,66	3,776	4,186
0,22	1,185	1,364	1,537	1,705	1,867	2,592	3,178	3,643	4,010
0,23	1,183	1,359	1,520	1,693	1,850	2,543	3,088	3,511	3,839
0,24	1,181	1,354	1,570	1,680	1,832	2,492	2,999	3,383	3,675
0,25	1,178	1,349	1,511	1,666	1,813	2,441	2,909	3,257	3,518
0,26	1,176	1,343	1,501	1,652	1,794	2,388	2.821	3,136	3,369
0,27	1,173	1,337	1,491	1,637	1,773	2,336	2,735	3,020	3,228
0,28	1,170	1,330	1,481	1,621	1,752	2,283	2,650	2,908	3,095
0,29	1,167	1,324	1,470	1,605	1,731	2,231	2,568	2,802	2,970
0,30	1,164	1317	1,458	1,589	1,709	2,179	2,489	2,701	2,852
0,31	1,161	1310	1,446	1,572	1,686	2,128	2,413	2,605	2,741
0,32	1,158	1,303	1,434	1,555	1,664	2,078	2,340	2,515	2,637
0,33	1,155	1,295	1,422	1,537	1,641	2,029	2,270	2,429	2,540
0,34	1,152	1,288	1,411	1,522	1,621	1,986	2,209	2,355	2,457
0,35	1,148	1,280	1,399	1,504	1,598	1,940	2,145	2,278	2,370
0,36	1,144	1,272	1,386	1,486	1,576	1,895	2,084	2,205	2,289
0,37	1,141	1,264	1373	1,469	1,553	1,851	2,025	2,136	2,213
0,38	1,137	1,256	1,360	1.451	1,531	1,809	1,970	2,071	2,141
0,39	1,133	1,248	1,348	1,434	1,509	1,769	1,917	2,010	2,073
0,40	1,129	1,240	1,335	1,417	1,488	1,730	1,866	1,952	2,10
0,41	1,125	1,231	1,322	1,400	1,467	1,692	1,818	1,897	1,950
0,42	1.121	1,223	1,310	1,383	1,446	1,657	1,772	1,845	1,894
0,43	1,117	1,215	1,297	1367	1,426	1,729	1,622	1,796	1,840
0,44	1,113	1,207	1,285	1,350	1,406	1,589	1,688	1,749	1,790
0,45	1,109	1,198	1,273	1,335	1,387	1,557	1,649	1,705	1,743
0,46	1,105	1,190	1,261	1,319	1,368	1,527	1,611	1,663	1,698
0,47	1,101	1,182	1,249	1,304	1,350	1,498	1,576	1,624	1,656
0,48	1,097	1,174	1,237	1,289	1332	1,470	1,542	1,586	1,616
0,49	1,093	1,167	1,226	1,275	1,443	1,315	1,510	1,551	1,579
0,50	1,089	1,159	1,215	1.261	1,299	1,418	1,480	1,517	1,543
0,60	1,052	1,091	1,120	1,144	1,162	1,219	1,247	1,264	1,275
0,70	1,025	1,043	1,056	1,066	1,074	1,098	1,110	1,117	1,122
0,80	1,008	1,014	1,018	1,021	1,024	1,031	1,035	1,037	1,039
0,90	1,002	1,002	1,003	1,003	1,003	1,004	1,005	1,005	1,005

Продолжение таблицы П.1

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
0,10	6,684	7,566	8,427	9,264 I	10,077	10,863	11,622	12,352	13,053
0,20	4,741	5,047	5,300	5,509	5,684	5,833	5,959	6,069	6,164
0,21	4,516	4,782	4,999	5178	5,327	5,453	5,560	5,652	5,732
0,22	4,300	4,531	4,719	4,872	5,000	5,107	5,199	5,277	5,345
0,23	4,094	4.296	4,459	4,591	4,701	4,793	4,876	4,939	4,997
0,24	3,900	4,076	4,218	4,333	4,428	4,508	4,575	4,633	4,684
0,25	3,717	3,872	3,995	4,096	4,178	4,248	4,307	4,357	4,401
0,26	3,545	3,682	3,790	4,878	3,950	4,011	4,062	4,107	4,145
0,27	3,384	3,505	3,601	3,678	3,742	3,795	3,840	1,879	3,912
0,28	3,234	3,341	3,426	3,494	3,500	3,597	3,637	3,671	3,701
0,29	3,094	3,189	3,264	3,325	3,375	3,417	3,452	3,482	3,508
0,30	2,963	3,048	3,115	3,169	3,214	3,251	3,282	3,309	3,332
0,31	2,841	2,917	2,977	3,025	3,065	3,098	3,126	3,150	3,171
0,32	2,727	2,796	2,849	2,893	3,928	3,958	3,983	3,004	3,023
0,33	2,621	2,682	2,731	2,770	2,801	2,828	2,851	2,870	2,887
0,34	2,513	2,587	2,631	2,667	2,696	2,720	2,740	2,758	2,773
0,35	2,438	2,483	2,528	2,560	2,586	1,608	2,627	2,643	2,656
0,36	2,350	2,396	2,432	2,461	2,458	2,505	2,521	2,536	2,548
0,37	2,268	2,310	2,343	2,369	2,391	2,408	2,424	2,437	2,448
0,38	2,191	2,230	2,259	2,283	2,303	2,319	2,333	2,345	2,355
0,39	2,119	2,154	2,181	2,203	2,221	2,236	2,248	2,259	2,268
0,40	2,052	2,084	2,108	2,128	2,144	2,158	2,169	2,179	2,188
0,41	1,988	2,017	2,040	2,058	2,073	2,085	2,096	2,105	2,113
0,42	1,929	1,955	1,976	1,993	2,006	2,017	2,027	2,035	2,045
0,43	1,873	1,897	1,916	1,931	1,944	1,954	1,963	1,970	1,977
0,44	1,820	1,842	1,860	1,973	1,885	1,894	1,902	1,909	1,915
0,45	1,770	1,791	1,807	1,819	1,830	1,839	1,846	1,852	1.8581
0,46	1,723	1,742	1,757	1,768	1,778	1,786	1,793	1,799	1,804
0,47	1,679	1,696	1,710	1,721	1,729	1,737	1,743	1,748	1,753
0,48	1,637	1,653	1,666	1,676	1,684	1,690	1,696	1,701	1,705
0,49	1,598	1,613	1,624	1,633	1,641	1,647	1,652	1,657	1,661
0,50	1,561	1,574	1,585	1,593	1,600	1,606	1,611	1,615	1,618
0,60	1,283	1,289	1,294	1,297	1,300	1,303	1,305	1,037	1,308
0,70	1,125	1,128	1,130	1,131	1,132	1,133	1,134	1,135	1,136
0,80	1,040	1,041	1,040	1,042	1,042	1,043	1,043	1,043	1,043
0,90	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1.006	1,006	1,006	1,006

Продолжение таблицы П.1

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	16	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
0,10	1,3723	14,363	14,872	15,550	16,198	16,614	17,102	17,561	17,993
0,20	6,247	6,320	6,385	6,444	6,496	6,543	6,586	6,625	6,661
0,21	5,802	5,864	5.919	5,968	6,012	6,052	6,088	6,121	6,152
0,22	5,405	5,457	5,504	5,546	5,583	5,617	5,648	5,676	5,702
0,23	5,048	5.093	5,133	5,169	5,201	5,230	5,257	5,281	5,303
0,24	4,728	4,767	4,801	4,832	4,860	4,885	4,908	4,929	4,948
0,25	4,439	4,473	4,503	4,530	4,554	4,576	4,596	4,614	4,630
0,26	4,178	4,208	4,234	4,257	4,279	4,298	4,315	4,331	4,345
0,27	3,942	3,968	3,991	4,011	4,030	4,047	4,062	4,076	4,088
0,28	3,727	3,750	3,770	3,788	3,805	3,819	3,833	3,845	3,856
0,29	3,531	3,552	3,570	3,586	3,600	3,613	3,625	3,636	3.646
0,30	3,353	3,371	3,387	3,401	3,414	3,426	3,436	3,446	3,455
0,31	3,189	3,205	3,220	3,232	3,244	3,254	3,264	3,272	3,268
0,32	3,039	3,054	3,066	3,078	3,088	3,097	3,106	3,114	3,121
0,33	2,901	2,914	2,926	2,936	2,945	2,954	2,961	1,968	2,875
0,34	2,786	2,798	2,809	2,818	2,826	2,834	2,841	2,847	2,853
0,35	2,668	2,679	2,688	2,697	2,704	2,711	2,717	2,723	2,728
0,36	2,559	2,569	2,577	2,585	2,592	2,598	2,604	2,609	2,613
0,37	2,458	2,467	2,474	2,481	2,488	2,493	2,498	2,503	2,507
0,38	2,364	2,372	2,379	2,388	2,391	2,396	2,401	2,405	2,409
0,39	2,277	2,284	2,290	2,295	2,301	2,306	2,310	2,314	2,317
0,40	2,195	2,202	2,208	2,213	2,218	2,222	2,226	2,229	2,232
0,41	2,119	2,125	2,131	2,136	2.140	2,144	2,147	2,150	2,153
0,42	2,049	2,054	2,059	2,063	2,067	2.071	2,074	2,077	2,080
0,43	1,982	1,887	1,992	1,995	1,999	2,003	2,006	2,008	2,011
0,44	1,920	1,925	1,929	1,933	1,936	1,939	1,942	1,944	1,947
0,45	1,862	1,867	1,870	1,874	1,877	1,880	1,882	1,884	1,886
0,46	1,808	1,812	1,815	1,818	1,821	1,824	1,826	1,828	1,830
0,47	1,757	1,761	1,764	1,767	1,769	1,771	1,774	1,775	1,777
0,48	1,709	1,712	1,715	1,718	1,720	1,722	1,724	1,726	1,728
0,49	1,664	1,667	1,670	1,672	1,674	1676	1,678	1,680	1,681
0,50	1,621	1,624	1,627	1,629	1,631	1,633	1,634	1,636	1,637
0,60	1,310	1,311	1,312	1,313	1,314	1,315	1,315	1,316	1,317
0,70	1,136	1,137	1,137	1,138	1,138	1,138	1,139	1,139	1,139
0,80	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044
0,90	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006

Продолжение таблицы П.1

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	25	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**35**	**45**	**50**
0,10	18,399	18,779	19,136	19,470	19,784	20,079	21,300	22,883	23,413
0,20	6,694	6,724	6,752	6,778	6,802	6,824	6,916	7,036	7,080
0,21	6,179	6,205	6,228	6,250	6,270	6,289	6,367	6,47	6,506
0,22	5,727	5,747	5,767	5,786	5,803	5,819	5,886	5,974	6,005
0,23	5,323	5 342	5,359	5,375	5,390	5,404	5,461	5,537	5,563
0,24	4,965	4,981	4,996	5,010	5,023	5,035	5,084	5,150	5,173
0,25	4,645	4,659	4,672	4,684	4,696	4,706	4,749	4,805	4,826
0,26	4,358	4,371	4,382	4,393	4,402	4,411	4,449	4,499	4,517
0,27	4,100	4,111	4,121	4,130	4,139	4,147	4,180	4,224	4,739
0,28	3,867	3,876	3,885	3,893	3,901	3,908	3,937	3,976	3,990
0,29	3,655	3,664	3,671	3,679	3,685	3,692	3,718	3,752	3,764
0,30	3,463	3,470	3,477	3,484	3,490	3,495	3,519	3,549	3,560
0,31	3,288	3,294	3,300	3,306	3,312	3,317	3,337	3,365	3,374
0,32	3,127	3,133	3,139	3,144	3,149	3,153	3,172	3,197	3,205
0,33	2,980	2,986	2,991	2,995	3,000	3,004	3,020	3,043	3,005
0,34	2,858	2,863	2,868	2,872	2,876	2,880	2,895	2,915	2,922
0,35	2,733	2,738	2,742	2,746	2,749	2,752	2,766	2,784	2,791
0,36	2,618	2,622	2,625	2,629	2,632	2,635	2,647	2,664	2,670
0,37	2,511	2,515	2,518	2,521	2,524	2,527	2,538	2,553	2,558
0,38	2,412	2,416	2,419	2,422	2,424	2,427	2,437	2,451	2,455
0,39	2,321	2,324	2,326	2,329	2,331	2 334	2,343	2,355	2,360
0,40	2,235	2,238	2,241	2,243	2,245	2,247	2,256	2,267	2,271
0,41	2,156	2,159	2,161	2,263	2,165	2,167	2,175	2,185	2,189
0,42	2,082	2,084	2,086	2,088	2,090	2,092	2,099	2,109	2,112
0,43	2,013	2.015	2,017	2,019	2,021	2,022	2,029	2,037	2,040
0,44	1,949	1,951	1,962	1,954	1,955	1,957	1,963	1,971	1,974
0,45	1,888	1,890	1,892	1,893	1,895	1,896	1,901	1,909	1,911
0,46	1,832	1,833	1,835	1,836	1,838	1,839	1,844	1,850	1,853
0,47	1,779	1,780	1.782	1,783	1,784	1,785	1,790	1,796	1,798
0,48	1,729	1,730	1,732	1,733	1,734	1,735	1,739	1.745	1,747
0,49	1,682	1,684	1,685	1,686	1,687	1,688	1,692	1,697	1,699
0,50	1,638	1,640	1,641	1,642	1,643	1,643	1,647	1,652	1,653
0,60	1,317	1,318	1,318	1,319	1,319	1,319	1,321	1,323	1,324
0,70	1,390	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,141	1,142	1,142
0,80	1,045	1,0 15	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045
0,90	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006

Таблица П.2

Коэффициент устойчивости К для гидроцилиндров конструкции по рис. 7, *в*

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	1,2	**1,4**	**1,6**	**1,8**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0,10	0,2999	0,3497	0,3995	0,4494	0,4992	0,7475	0,9950	1,242	1,487
0,20	0,2992	0,3482	0,3968	0,4454	0,4935	0,7301	0,9595	1,182	1,396
0,21	0,2991	0,3480	0,3963	0,4450	0,4924	0,7270	0,9532	1,171	1,380
0,22	0,2990	0,3475	0,3957	0,4438	0,4913	0,7236	0,9466	1,160	1,363
0,23	0,2989	0,3473	0,3952	0,4428	0,4901	0,7198	0,9391	1,147	1,344
0,24	0,2986	0,3470	0,3948	0,4420	0,4888	0,7159	0,9309	1,134	1,325
0,25	0,2984	0,3464	0,3938	0,4409	0,4874	0,7115	0,9225	1,120	1,304
0,26	0,2984	0,3461	0,3934	0,4400	0,4857	0,7071	0,9132	1,105	1,282
0,27	0,2981	0,3457	0,3923	0,4387	0,4842	0,7022	0,9038	1,089	1,259
0,28	0,2979	0,3451	0,3915	0,4374	0,4826	0,6970	0,8936	1,073	1,236
0,29	0,2976	0,3445	0,3907	0,4361	0,4807	0,9615	0,8831	1,056	1,211
0,30	0,2975	0,3440	0,3898	0,4347	0,4787	0,6859	0,8718	1,038	1,186
0,31	0,2972	0,3436	0,3889	0,4330	0,4764	0,6798	0,8607	1,020	1,160
0,32	0,2969	0,3429	0,3877	0,4315	0,4745	0,6737	0,8484	1,002	1,134
0,33	0,2966	0,3421	0,3865	0,4299	0,4721	0,6669	0,8365	0,9828	1,109
0,34	0,2965	0,3413	0,3854	0,4281	0,4696	0,6600	0,8238	0,9636	1,083
0,35	0,2961	0,3408	0,3841	0,4262	0,4670	0,6531	0,8110	0,9445	1,057
0,36	0,2957	0,3400	0,3830	0,4242	0,4644	0,6460	0,7979	0,9251	1,031|
0,37	0,2954	0,3391	0,3816	0,4222	0,4518	0,6384	0,7848	0,9057	4,005
0,38	0,2950	0,3385	0,3802	0,4202	0,4590	0,6312	0,7716	0,8862	0,9800
0,39	0,2946	0,3376	0,3787	0,4181	0.4560	0,6235	0,7582	0,8670	0,9552
0,40	0,2942	0,3367	0,3772	0,4159	0,4529	0,6154	0,7445	0,8477	0,9309
0,41	0,2937	0,3348	0,3757	0,4138	0,4501	0,6076	0,7311	0,8288	0,9068
0,42	0,2933	0,3348	03739	0,4113	0,4467	1,5994	0,7177	0,8102	0,8833
0,43	0,2929	0,3336	0,3721	0,4088	0,4437	0,5915	0,7044	0,7918	0,8603
0,44	0,2924	0,3326	0,3705	0,4065	0,4402	0,5831	0,8911	0,7736	0,8382
0,45	0,2919	0,3315	0,3688	0,4037	0,4367	0,5749	0,6779	0,7558	0,8164
0,46	0,2916	0,3303	0,3669	0,4013	0,4333	0,5666	0,6647	0,7385	0,7951
0,47	0,2910	0,3292	0,3649	0,3985	0,4300	0,5584	0,6519	0,7213	0,7745
0,48	0,2905	0,3282	0,3632	0,3958	0,4263	0,5502	0,6392	0,7046	0,7544
0,49	0,2900	0,3270	0,3612	0,3931	0,4226	0.5420	0,6265	0,6884	0,7350
0,50	0,2894	0,3258	t03592	0,3901	0,4189	0,5336	0,6140	0,5724	0,7162
0,60	0,2829	0,3119	0,3377	0,3806	0,3803	0,4555	0,5027	0,5347	0,5577
0,70	0,2754	0,2966	0,3145	0,3297	0,3428	0,3881	0,4143	0,4314	0,4434
0,80	0,2670	0,2806	0,2914	0,3005	0,3080	0,3324	0,3457	0,3540	0,3598
0,90	0,2585	0,2643	0,2698	0,2737	0,2769	0,2870	0,2922	0,2954	0,2975

Продолжение таблицы П.2

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	7	**8**	**9**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
0,10	1,732	1,976	2,219	2,461	2,942	3,418	3,891	4,359	4,822
0,20	1,603	1,802	1,992	2,176	2,517	2,826	3,105	3,355	3,579
0,21	1,580	1,772	1,954	2,127	2,447	2,733	2,987	3,211	3,409
0,22	1,556	1,740	1,913	2,076	2,375	2,637	2,867	3,068	3,243
0,23	1,530	1,706	1,870	2,023	2,301	2,514	2,747	2,926	3,080
0,24	1,503	1,670	1,825	1,968	2,225	2,443	2,629	2,788	2,923
0,25	1,475	1,632	1,778	1,912	2,148	2,346	2,513	2,634	2,773
0,26	1,445	1,594	1,730	1,854	2,071	2,251	2,400	2,525	2,631
0,27	1,414	1,554	1,681	1,796	1,995	2,157	2,291	2,402	2,495
0,28	1,382	1,513	1,632	1,738	1,920	2,067	2,167	2,286	2,369
0,29	1,349	1,473	1,583	1,681	1,846	1,979	2,087	2,175	2,249
0,30	1,316	1,432	1,534	1,624	1,776	1,895	1,992	2,071	2,137
0,31	1,283	1,319	1,486	1,569	1,706	1,115	1,902	1,973	2,031
0,32	1,250	1,350	1,438	1,514	1,640	1,738	1,817	1,880	1,933
0,33	1,217	1,311	1,391	1,461	1,576	1,655	1,736	1,793	1,840
0,34	1,184	1,217	1,346	1,410	1,515	1,596	1,660	1,71.1	1,754
0,35	1,152	1,233	1,301	1,360	1,456	1,530	1,588	1,634	1,673
0,36	1,120	1,195	1,258	1,313	1,401	1,457	1,520	1,562	1,597
0,37	1,088	1,158	1,277	1,767	1,347	1,408	1,456	1,494	1,525
0,38	1,058	1,122	1,176	1,223	1,296	1,352	1,395	1,430	1,458
0,39	1,028	1,088	1,138	1,180	1,247	1,298	1,338	1,370	1,396
0,40	0,9983	1,054	1,100	1,139	1,201	1,248	1,284	1,313	1,337
0,41	0,9698	1,022	1,064	1,100	1,157	1,200	1,233	1,260	1,281
0,42	0,9424	0,9901	1,030	1,063	1,115	1,155	1,185	1,209	1,229
0,43	0,9153	0,959	0,9965	1,027	1,075	1,112	1,140	1,62	1,180
0,44	0,8891	0,9306	0,9648	0,9930	1,038	1,071	1,095	1,117	1,133
0,45	0,8641	0,9025	0,9340	0,9603	1,001	1,032	1,058	1,074	1,090
0,46	0,8395	0,8753	0,9047	0,9289	0,9670	0,9952	1,017	1,034	1,048
0,47	0,8161	0,8493	0,8765	0,9290	0,9342	0,9602	0,9803	0,9962	1,009
0,48	0,7933	0,8243	0,8495	0,8704	0,9029	0,9270	0,9456	0,9602	0,9721
0,49	0,7713	0,8002	0,8236	0,8430	0,8731	0,8954	0,9125	0,9261	0,9370
0,50	0,7501	0,7770	0,7988	0,8168	0,8447	0,8654	0,8812	0,8937	0,9039
0,60	0,5751	0,5885	0,5993	0,6081	0,6216	0,6314	0,6390	06449	0,6497
0,70	0,4522	0,4589	0,4643	0,4686	0,4753	0,4801	0,4837	0,4866	0,4889
0,80	0,3640	0,3672	0,3697	0,3717	0,3748	0,3770	0,3787	0,3800	0,3810
0,90	0,2991	0,3002	0,3012	0,3019	0,3030	0,3038	0,3044	0,3048	0,3052

Продолжение таблицы П.2

$\beta = \frac{L_1}{L}$	$\mu = \frac{E_2 \cdot J_2}{E_1 \cdot J_1}$								
	22	**24**	**26**	**28**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
0,10	5,281	5,734	6,182	6,625	7,065	8,130	9,158	10,14	11,08
0,20	3,778	3,956	4,114	4,256	4,383	4,646	4,849	5,011	5,140
0,21	3,584	3,379	3,875	3,996	4,103	4,325	4,496	4,630	4,739
0,22	3,396	3,529	3,647	3,750	3,812	4,030	4,174	4,287	4,378
0,23	3,214	3,350	3,431	3,520	3,599	3,789	3,881	3,977	4,054
0,24	3,040	3,141	3,229	3,308	3,373	3,511	3,615	3,697	3,763
0,25	2,876	2,964	3,040	3,106	3,165	3,283	3,374	3,444	3,500
0,26	2,721	2,797	2,864	2,922	2,973	3,075	3,154	3,215	3,264
0,27	2,575	2,642	2,701	2.751	2,795	2,885	2,953	3,006	3,049
0,28	2,438	2,498	2,549	2,593	2,632	2,711	2,740	2,817	2,854
0,29	2,311	2,363	2,408	2,448	2,482	2,551	2,603	2,664	2,677
0,30	2,191	2,223	2,278	2,313	2,343	2,404	2,451	2,487	2,516
0,31	2,080	2,122	2,157	2,188	2,515	2,269	2,310	2,343	2,368
0,32	1,976	2,013	2,045	2,073	2.097	2,145	2,182	2,210	2,233
0,33	1,879	1,913	1,941	1,966	1,987	2,030	1,063	2,089	2,109
0,34	1,789	1,819	1,844	1,866	1,885	1,924	1,954	1,954	1,995
0,35	1,704	1,731	1,754	1,774	1,791	1,826	1,853	1,853	1,890
0,36	1,625	1,650	1,670	1,688	1,704	1,735	1,759	1,759	1,793
0,37	1,551	1,573	1,592	1,608	1,622	1,651	1,672	1,672	1,703
0,38	1,482	1,502	1,519	1,534	1,546	1,572	1,592	1,592	1,619
0,39	1,417	1,435	1,451	1,464	1,472	1,499	1,517	1,517	1,542
0,40	1,356	1,373	1,387	1,399	1,410	1,431	1,447	1,447	1,470
0,41	1,299	1,314	1,327	1,338	1,348	1,367	1,382	1,382	1,403
0,42	1,245	1,259	1,271	1,281	1,290	1,308	1,321	1,321	1,340
0,43	1,195	1,207	1,218	1,227	1,235	1,252	1,264	1,264	1,274
0,44	1,147	1,159	1,169	1,177	1,184	1,199	1,211	1,211	1,226
0,45	1,102	1,113	1,122	1,130	1,136	1,150	1,160	1,160	1,175
0,46	1,060	1,070	1,078	1,085	1,091	1,104	1,113	1,113	1,127
0,47	1,020	1,029	1,036	1,043	1,049	1,060	1,069	1,076	1,081
0,48	0,9820	0,9902	0,9973	1,003	1,009	1,019	1,027	1,034	1,039
0,49	0,9462	0,9538	0,9603	0,9659	0,9708	0,9806	0,9880	0,9938	0,9985
0,50	0,9122	0,9193	0,9253	0,9305	0,9350	0,9441	0,9509	0,9563	0,9606
0,60	0,6536	0,6569	0,6597	0,6621	0,6642	0,6685	0,6717	0,8742	0,6762
0,70	0,49	0,4924	0,4937	0,4949	0,4959	0,4979	0,4934	0,5005	0,5015
0,80	0,3919	0,3826	0,3832	0,3837	0,3842	0,851	0,3858	0,3863	0,3867
0,90	0,3055	0,3058	0,3060	0,3062	0,3064	0,3067	0,3069	0,3071	0,3073

Таблица П.3

Механические характеристики сталей

Марка стали	Размер сечения* заготовки, мм	Твердость, НВ	Параметр, МПа		
			$\sigma_т$	$\tau_т$	E
35	До 100	До 207	320	190	$2{,}1 \cdot 10$
45	До 100	До 207	360	210	$2{,}04 \cdot 10$
	До 100	241...285	580	350	
40Х	Свыше 100 до 200	197...241	480	290	$2{,}18 \cdot 10$
	До 100	241...285	600	360	
40ХН	Свыше 100 до 200	197...241	580	350	$2{,}04 \cdot 10$
	До 100	241...285	600	360	
30ХГСА	Свыше 100 до 200	197...241	470	280	$1{,}98 \cdot 10^5$
	До 100	241...285	600	360	
	До 30	269...321	700	420	

* Диаметр сплошного круга или толщина стенки трубы.

Таблица П.4

Коэффициент продольного изгиба φ

Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Приведенная гибкость, λ											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	ПО	120
200	0,988	0,567	0,939	0,906	0,869	0,827	0,782	0,734	0,665	0,599	0,537	0,479
240	0,987	0,962	0,931	0,894	0,852	0,805	0,754	0,686	0,612	0,542	0,478	0,419
280	0,985	0,959	0,924	0,883	0,836	0,785	0,724	0,641	0,565	0,493	0,427	0,366
320	0,984	0,955	0,917	0,873	0,822	0,766	0,687	0,602	0,522	0,448	0,381	0,321
360	0,983	0,952	0,911	0,863	0,809	0,749	0,654	0,566	0,483	0,408	0,338	0,287
400	0,982	0,949	0,905	0,854	0,796	0,721	0,623	0,532	0,447	0,369	0,306	0,260
440	0,981	0,946	0,900	0,845	0,785	0,696	0,595	0,501	0,413	0,335	0,280	0,237
480	0,980	0,943	0,895	0,839	0,775	0,672	0,568	0,471	0,380	0,309	0,258	0,219
520	0,979	0,941	0,891	0,832	0,764	0,650	0,542	0,442	0,349	0,286	0,239	0,203
560	0,978	0,938	0,887	0,825	0,746	0,628	0,518	0,414	0,326	0,267	0,223	0,190
600	0,977	0,935	0,883	0,820	0,729	0,608	0,494	0,386	0,305	0.250	0,209	0,178
о40	0,977	0,934	0,879	0,814	0,712	0,588	0,470	0,359	0,287	0.235	0,197	0,167
680	0,977	0,932	0,875	0,808	0,694	0,568	0,446	0,332	0,259	0,220	0,185	0,156
720	0,977	0,930	0,871	0,802	0,678	0,548	0,422	0,305	0,251	0,205	0,173	0,145
760	0,977	0,928	0,867	0,796	0,661	0,528	0,398	0,278	0,233	0,190	0,161	0,134
800	0,977	0,926	0,863	0,790	0,644	0,508	0,374	0,251	0,215	0,175	0,149	0,123

При гибкости > 120 следует увеличить жесткость штока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.С.Гудилин и др. Гидравлика и гидропривод (под общей редакцией И.Л.Пастоева. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование». М.: Изд. МГГУ, 2006 г. – 520 с.
2. В.Н.Вернер и др. Гидро- и пневмопривод. Учебное пособие для студентов вузов РФ специальности «Горные машины и оборудование». Кемерово, 2003 г. – 225 с.
3. Н.М.Суслов, Ю.А.Лагунова. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов. Екатеринбург, Изд. УГГУ, 2008 г. - 358 с.
4. Н.М.Суслов. Инструкция по оформлению пояснительной записки к курсовому и дипломному проектам для студентов профилизаций направления 551800 – «Технологические машины и оборудование». Екатеринбург, 1995 г. - 20 с.
5. В.Ф.Ковалевский и др. Справочник по гидроприводам горных машин. М., Недра, 1978 г. – 502 с.
6. В.И.Анурьев. Справочник конструктора–машиностроителя. – М., Машиностроение, 1968 г. – 686 с.
7. Н.М.Суслов, В.С.Шестаков, И.И.Рутковская. Основные элементы объемного гидравлического привода. Методические указания по курсовой работе. Екатеринбург, УГГА, 1958 г. – 34 с.
8. С.Ф.Бердин. Расчет гидроцилиндров на устойчивость и прочность. Вестник машиностроения, 1981. № 7. с. 29-31.
9. Н.М.Суслов и др. Вспомогательные элементы объемного гидравлического привода. Методические указания по курсовой работе. Екатеринбург, УГГА, 1998 г. – 12 с.
10. В.А.Марутов и др. Гидроцилиндры. Конструкции и расчет. М.: Машиностроение, 1966 г. – 170 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ 5
3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 5
   3.1. Содержание пояснительной записки 6
   3.2. Содержание графического материала курсовой работы 6
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ..... 7
   4.1. Исходные данные для расчета 8
   4.2. Разработка принципиальной гидравлической схемы..... 15
   4.3. Выбор гидродвигателей 15
   4.4. Выбор насоса 17
   4.5. Выбор направляющей аппаратуры 18
   4.6. Выбор регулирующей аппаратуры 18
   4.7. Выбор фильтра 20
5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ 22
6. РАСЧЕТ КПД ГИДРОСИСТЕМЫ 29
7. РАСЧЕТ ГИДРОЦИЛИНДРА 30
   7.1. Толщина стенки цилиндра 30
   7.2. Толщина задней крышки цилиндра 31
   7.3. Расчет фланцев гидроцилиндра..... 32
   7.4. Расчет элемнтов крепления крышек 35
   7.5. Расчет стыжных шпилек 37
   7.6. Расчет проушины, сварного соединения крышки с гильзой и резьбового крепления поршня 38
   7.7. Расчет гидроцилиндров на устойчивость 41
   7.8. Расчет штока на прочность 43
   7.9. Расчет цилиндра на прочность 48
   7.10. Материалы деталей гидроцилиндров и технические условия на изготовление..... 50
      7.10.1. Гильзы 50
      7.10.2. Штоки 51
      7.10.3. Поршни 51
      7.10.4. Втулки 52
      7.10.5. Крышки 52
8. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГИДРОСИСТЕМЫ 53
9. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ И РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА 54
10. НЕКОТОРЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРОСХЕМ 58
Приложения 59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 68

Николай Максимович Суслов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

Методические рекомендации
по выполнению курсового проекта для обучающихся.

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Печ.л. Уч.изд.л. Тираж 300 экз. Заказ №
Печать на ризографе

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Ю.А. Лагунова, В.И. Бахарева

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Учебно-методическое пособие

Екатеринбург, 2023

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению курсового проекта
для обучающихся по дисциплине

Б1.О.35 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Авторы: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, профессор; Бахарева В.И., ст.преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 6
2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ 6
3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 7
4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗЧИКА 9
5. ЭТАПЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОМПОНОВАНИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОГРУЗЧИКА 12
6. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ 14
7. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ 18
7.1. Внешние нагрузки рабочего оборудования 18
7.2. Расчет усилий в элементах рабочего оборудования 20
8. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ЦИЛИНДРОВ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ 23
9. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ И ПОВОРОТА КОВША 26
10. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ 27
10.1 Расчет стрелы 28
10.2 Конструкция и расчет рычага механизма поворота стрелы 30
10.3 Расчет шарниров рабочего оборудования 30
10.4 Расчет шарниров рабочего оборудования 31
Приложение 1. Зависимости для предварительного определения основных параметров одноковшовых погрузчиков 33
Приложение 2. Базовые тракторы 35
Приложение 3. Погрузчики одноковшовые фронтальные на пневмоколесном ходу 36
Приложение 4. Погрузчики типа «PAY» фирмы «Дрессер» 37

Приложение 5. Допускаемые удельные давления
в подшипниках скольжения 38
Приложение 6. Нормы механических свойств низколегированных
сталей ГОСТ 5058-65 39
Приложение 7. Методика и примеры расчета гидроцилиндров 40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 44

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Курсовой проект выполняется студентами на 8-ом семестре после изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Теория машин и механизмов», «Сопротивление материалов», «Оптимизация параметров технологических машин», и др. Объединение знаний, полученных при изучении указанных дисциплин, достигается комплексным характером предварительной задачи, в которой осуществляется предварительный выбор параметров машины, кинематический анализ рабочего оборудования, статический и динамический расчеты погрузчика, расчет усилий в основных элементах и оценка их прочности.

1.2. Объем работы рассчитан на 44 часа и соответствует разработке узла конструкции на уровне технического проекта.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Темой курсового проекта может быть проектирование и разработка конструкции рабочего оборудования погрузчика заданной грузоподъемности для определенных условий его работы (грунт, вид транспорта и расстояние транспортирования).

Задание на курсовое проектирование разрабатывается руководителем проекта и должно содержать следующие разделы:

1. Тема работы с указанием отличительных конструктивных признаков проектируемого узла
2. Источники для обоснования выбора конструктивной схемы рабочего оборудования: монографии, патенты, рекламные проспекты, статьи и другие материалы
3. Предварительное определение содержания пояснительной записки: горная технология, обоснование и выбор параметров, проектные расчеты, отработка технологичности проектируемого узла
4. Графическая часть проекта: объем и содержание разрабатываемых чер-

тежей

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка объемом до 40 страниц рукописного текста содержит необходимые схемы, графики и другие иллюстрации расчетов.

Графическая часть включает три листа формата А1.

Во введении излагаются результаты изучения состояния вопроса в области создания фронтальных погрузчиков в стране и за рубежом, дается схема взаимодействия этих машин с транспортом, доказываются технико-экономические преимущества перед другими видами машин в определенных условиях эксплуатации. Необходимо также дать краткое обоснование выбора базовой машины для данного типоразмера погрузчика /1, 2/.

Погрузчики могут производить:

а) выемку мягких пород до III категории непосредственно из массива послойно (удельное усилие копания у современных погрузчиков K_L = 60…120).

б) выемку взорванных пород из развала высотой до 12 м при хорошем разрыхлении (связно-сыпучая или сыпучая горная масса с максимальным размером кусков в развале, не превышающим длины ковша, и с коэффициентом разрыхления K_P = 1,3…1,6).

Приспособляемость погрузчиков к различным горно-геологическим условиям достигается использованием сменных ковшей, от правильного выбора которых зависит эффективность работы погрузчика.

На экономичность погрузчика существенное влияние оказывает срок службы шин до смены протектора: на скальных породах 1250-2750 часов, на глинах 3000-5000 часов, на песках 5000-8500 часов.

Погрузчики с пневмоколесным ходовым оборудованием могут применяться для перемещения породы на расстояния до 500 м, однако наиболее про-

изводительно работают с транспортом.

Схема и пример взаимодействия погрузчика с автотранспортом показаны на рис. 1 и 2:

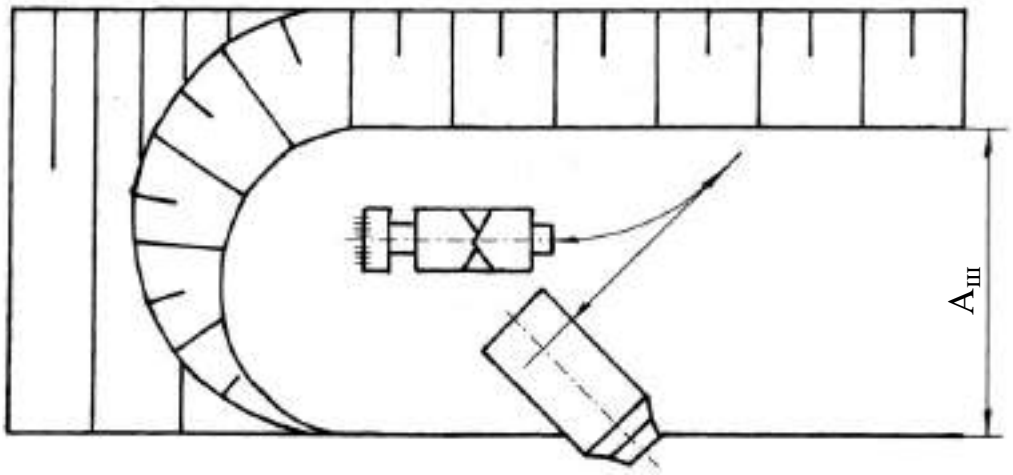


Рис. 1. Схема взаимодействия погрузчика с транспортом при торцевом забое

Рис. 2. Относительное положение автосамосвала и погрузчика при разгрузке ковша

При проектировании линейных параметров рабочего оборудования необходимо определить вместимость кузова и грузоподъемность автосамосвала. Задача решается экономическими методами, но для предварительного расчета

можно принять автосамосвал с кузовом в 3…5 раз больше вместимости ковша погрузчика.

Выемка породы осуществляется при перемещении всей машины.

Различают следующие способы выемки: раздельный, совмещенный, экскавационный и послойный (рис. 3).

При раздельном способе ковш внедряется усилием ходового механизма до упора задней стенки, затем ковш поворачивается на полный угол запрокидывания, поднимается на высоту 0,3…0,4 м, после чего погрузчик отъезжает от забоя.

При совмещенном способе ковш внедряется в забой до половины длины ковша и при движении машины к забою поднимается и поворачивается цилиндрами подъема стрелы и поворота ковша.

Послойная разработка применяется для пород II-III категорий, а также для более крепких грунтов с предварительным рыхлением навесными рыхлителями.

Рис. 3. Схема способов выемки пород погрузчиками:

а - раздельный; *б* – совмещенный.

4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗЧИКА

После ознакомления с конструктивными схемами погрузчиков и изучения схем взаимодействия с транспортом, выбирается базовая машина /1, 2/ и вычерчивается схема рабочих размеров погрузчика. Эмпирические зависимости для

предварительного определения основных параметров колесных фронтальных погрузчиков приведены в таблице приложения 1.

Размеры элементов рычажных систем определяются после расчета параметров погрузочного оборудования с основным ковшом при известных координатах точки подвески стрелы графическим построением (рис. 4).

Угол поворота стрелы должен быть 70-90°. Построив крайние положения и положение максимального вылета, два промежуточных положения выбирают произвольно.

В нижнем положении ковш устанавливается под рекомендуемым углом запрокидывания $\gamma_{зап} = 42…46°$, а в верхнем располагают под наибольшим углом разгрузки $\varepsilon_р = 50°$. Затем методом подбора, изменяя точки крепления стрелы, гидроцилиндров и звеньев рычажного механизма, находят наиболее выгодные положения ковша (разница в углах запрокидывания не должна превышать 15°). Точки крепления гидроцилиндров и ход штоков определяются конструктивно.

Размеры ковша, необходимые для графического построения рабочего оборудования, находятся по их отношению к расчетному радиусу поворота ковша $R_О$ (расстояние между осью шарнира O и режущей кромкой ковша (рис. 5)), определяемому по формуле:

$$R_О = \left(\frac{V_Н}{B_О}\right)^{0,5}\left[0,5\cdot\lambda_Д\cdot\left(\lambda_З+\lambda_К\cdot\cos j_О\right)\cdot\sin j_О-\lambda\,\frac{2}{r}\cdot\left(\operatorname{ctg}\frac{j_О}{2}-\frac{\pi}{2}+\frac{\pi j_О}{360^\circ}\right)\right]^{-0,5} \quad (4.1)$$

где $V_Н$ – номинальный объем ковша, м^3;

$B_О$ – внутренняя ширина ковша, принимается на 100 мм больше следа погрузчика;

$\lambda_Д$ – относительная длина днища ковша ($\lambda_Д = \dfrac{l_Д}{R_О} = 1,4…1,5$);

$\lambda_З$ – относительная длина задней стенки ($\lambda_З = 1,1…1,4$);

$\lambda_К$ – относительная высота козырька ($\lambda_К = 0,12…0,14$);

λ_r – относительный радиус сопряжения днища и задней стенки (λ_r = 0,35...0,40);

j_o – угол между днищем и задней стенкой (j_o = 48…52°);

j_1 – угол между задней стенкой и козырьком (j_1 = 5…10°).

Относительные величины: $h_5 = 0{,}1R_o$;

$$l_к = (0{,}12…0{,}14)R_o;$$

$$h_ш = (0{,}06...0{,}12)R_o$$

могут уточняться при построении.

При построении (рис. 5) размер $l_з$ получается как производный от $l_д$, j_o, h_5, δ_o.

Угол наклона режущих кромок боковых стенок относительно днища ковша должен быть α_o = 50…60°.

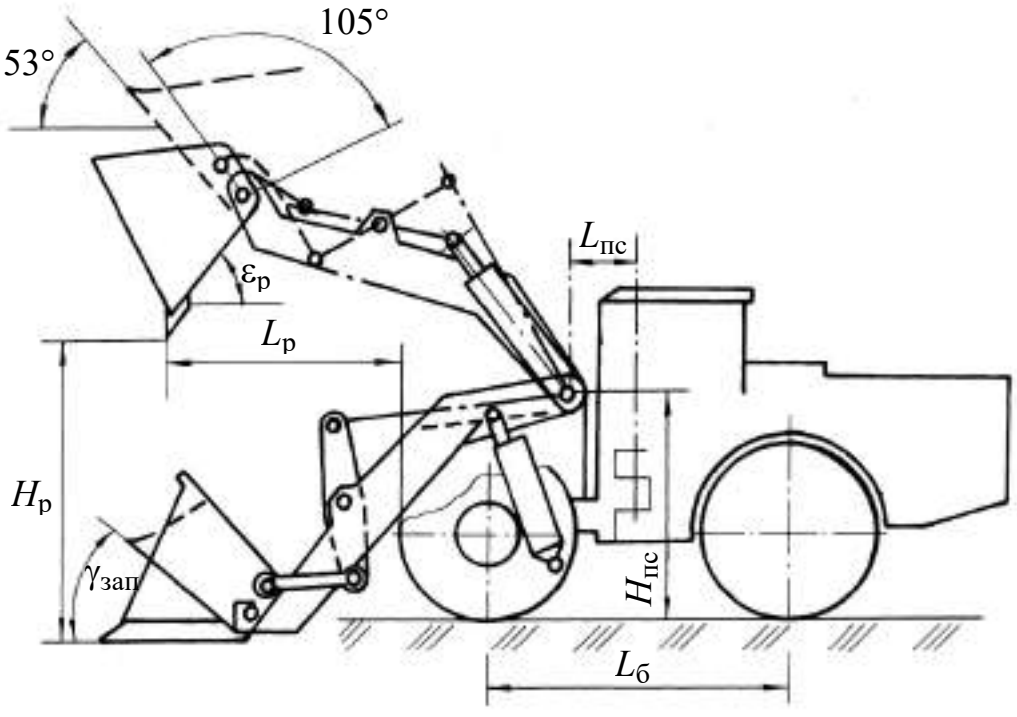


Рис. 4. Схема рабочего оборудования

По выбранным из таблицы приложения 1 и предварительно рассчитанным параметрам рабочего оборудования по конструкции при разработке общего ви-

да машины уточняются положения точек крепления ковша, стрелы, цилиндров.

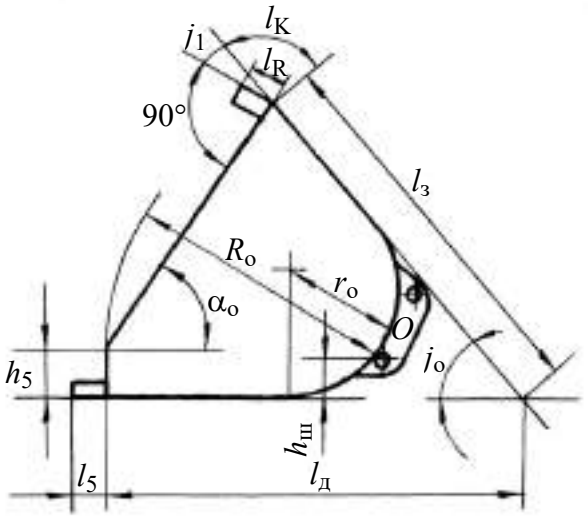


Рис. 5. Схема определения параметров ковша

5. ЭТАПЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОМПОНОВАНИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Содержанием проекта является разработка сменного рабочего оборудования погрузчика. В соответствии с этим базовая машина принимается как основа для размещения оборудования.

Процесс конструирования рабочего оборудования целесообразно разделить на два этапа:

1) эскизная компоновка без детальной проработки элементов

2) рабочая компоновка (выполняется после обоснования конструктивной схемы с учетом результатов кинематического и силового расчета)

Исходными данными для эскизной компоновки являются выбранная базовая машина, соответствующая заданной грузоподъемности, и контурные размеры ковша погрузчика.

Размеры базовой машины принимаются по ее технической характеристике, форма и размеры ковша определены в разделе 4. Предварительно рассчитываются ориентировочные координаты оси крепления стрелы к турельному бло-

ку: высота $H_{пс}$ и расстояние $L_{пс}$ от оси шарнира сочленения рам погрузчика (по формулам приложения 1).

На этапе эскизного проектирования в масштабе вычерчиваются контуры переднего колеса и положение оси сочленения рам (на расстоянии половины длины базы погрузчика от оси колеса). С максимально возможным приближением к машине размещается ковш. На этом эскизе конструктивно определяются размеры рычагов и положение шарниров механизма поворота ковша, точки крепления, максимальные ходы цилиндров подъема стрелы и поворота ковша.

На эскизе определяется возможность поворота ковша в транспортное положение и положение разгрузки в соответствии со схемой оборудования (рис. 4).

Схема рабочего оборудования, уточненная на этапе эскизного компонования, используется для рабочего компонования, где определяются сечения плеч стрелы, диаметры шарниров и схема компонования механизма поворота ковша, диаметры цилиндров, ход штоков и другие размеры, полученные в разделах 6, 7 и 8.

На этапе рабочего компонования выбирается схема стрелы: двухбалочная с раздельными плечами или двухбалочная с жесткой трубчатой поперечиной. Плечи выполняются монолитными или сварными коробчатого сечения. Механизмы поворота ковша рычажные, с одним или двумя рычагами и, соответственно, с одним или двумя исполнительными цилиндрами.

Монолитные подъемные плечи с трубчатой поперечиной, не подверженные перекосам, обеспечивают жесткую соосность пальцевых отверстий; они проще в изготовлении.

Раздельные плечи коробчатого сечения позволяют снизить вес стрелы, но при этом увеличивается объем сварочных работ.

Механизмы поворота ковша рычажные с одним или двумя исполнительными цилиндрами. Сдвоенные механизмы улучшают распределение нагрузки по ковшу, но при этом возрастает трудоемкость изготовления и обслуживания.

Ковши обычно изготавливаются сварными и должны соответствовать ус-

ловиям применения.

По конструкции ковши отличаются, прежде всего, наличием усилений, ребер и накладок.

Ковши, усиленные ребрами жесткости, лучше воспринимают изгибающую и одностороннюю нагрузку, рекомендуются для погрузки скальных пород.

Ковши с прямым профилем применяют для скальных пород в условиях ударных нагрузок.

Лопатообразные ковши с ломаной кромкой позволяют осуществлять более глубокое внедрение.

В абразивных породах поверхности и кромки, подверженные сильному износу, необходимо защищать накладками из твердых сплавов, устанавливать на режущей кромке сегменты между зубьями. Крепление накладок осуществляется штифтами и болтовыми соединениями.

При компоновке необходимо унифицировать детали шарнирных соединений.

6. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Экскаваторы и погрузчики имеют рабочее оборудование в виде плоских рычажных механизмов. Совершенствование таких машин без знания кинематических и динамических характеристик механизмов практически невозможно. Возможности кинематических исследований значительно возрастают в связи с широким внедрением ЭВМ в практику проектирования.

Можно выделить следующие этапы при проектировании рабочего оборудования:

1) выбор кинематической схемы механизма на основе сопоставления и анализа различных вариантов;

2) проведение кинематического и силового расчетов;

3) расчеты на прочность и выносливость.

Целью кинематического расчета в курсовой работе является определение необходимых скоростей выдвижения штока гидроцилиндра поворота ковша при условии, что ковш при подъеме стрелы сохраняет первоначальное транспортное положение. Этим обеспечивается подъем грунта без просыпания.

Кроме того, необходимо оценить ускорения в звеньях и для расчета динамических нагрузок при подъеме-опускании ковша.

Для выбранной в соответствии с заданием базовой машины по предварительно определенным параметрам после вычерчивания в масштабе схемы рабочего оборудования находятся размеры звеньев (стрелы, цилиндров, рычагов и т.д.).

По начальному положению рабочего оборудования определяются длины цилиндров *AB* и *DM* (рис. 6).

Для заданного угла поворота стрелы α ≈ 70° (1,22 рад) определяется ход поршня гидроцилиндра подъема стрелы:

$$S_{\text{П}} = l_5 - l_{\text{о}}.$$

По средней скорости подъема стрелы *V* (линейная скорость шарнира ковша, предварительно принимается 0,45 м/с и уточняется в техническом задании на проектирование) находится время движения стрелы из начального положения в конечное:

$$t = \frac{R_{\text{с}} \cdot \alpha}{V};\ \text{с}. \qquad (6.1)$$

Скорость поршня (штока) гидроцилиндра подъема стрелы:

$$V_{\text{П}} = \frac{S_{\text{П}}}{t};\ \text{м/с}. \qquad (6.2)$$

Необходимые скорости выдвижения штока гидроцилиндра поворота ковша находятся построением на схеме (рис. 6) нескольких положений рабочего оборудования. Обычно вычерчиваются пять положений: начальное, среднее (для максимального радиуса черпания) и два промежуточных:

$$S_1 = l_1 - l_{\text{о}}; \qquad S_2 = l_2 - l_1;$$

$$S_3 = l_3 - l_2; \qquad S_4 = l_4 - l_3; \qquad S_5 = l_5 - l_4$$

и определяется время выдвижения: $t = \frac{S_4}{V_П}$; $t = \frac{S_5}{V_П}$.

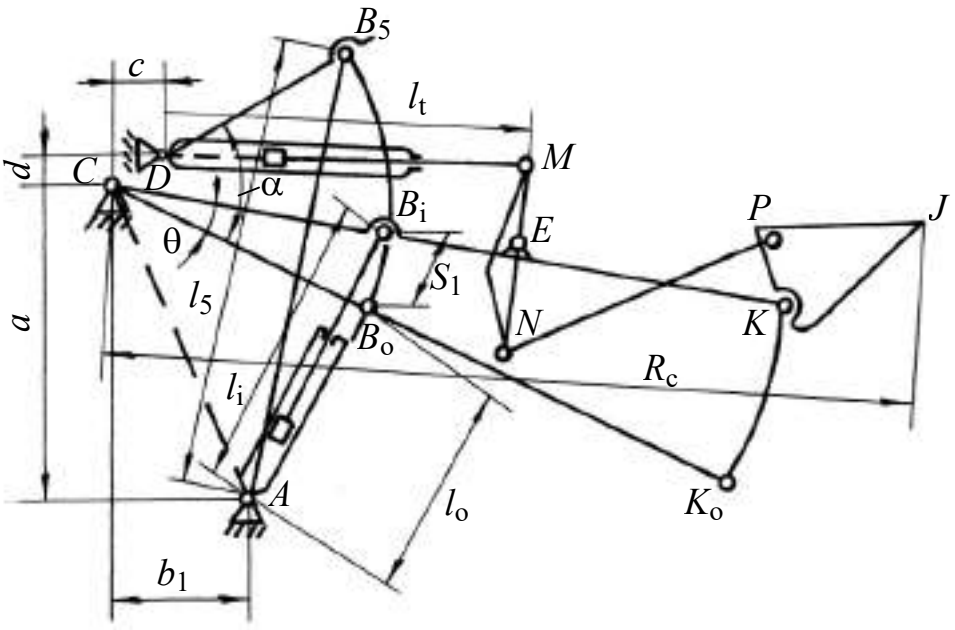


Рис. 6. Кинематическая схема рабочего оборудования фронтального погрузчика

Аналогично находятся выдвижения штока гидроцилиндра ковша, а по ним – скорости выдвижения штока $V_П = S_i / t_i$.

Скорости отдельных точек рабочего оборудования могут быть определены графически – построением плана скоростей. Уравнения для скорости точки B в векторной форме:

$$V_B = V_П + V_{BA};$$
$$V_B = V_C + V_{BC}. \qquad (6.3)$$

Модульное значение скорости движения поршня $V_П$ определено выше (6.2).

Графический метод прост и может быть использован при выполнении данной работы. Аналитическое решение записывают по методу преобразования координат в форме, предложенной Ю.Ф.Морошкиным /3/.

В простейшем случае зависимость между углом поворота стрелы и величиной изменения длины цилиндра $AB = S(t)$ может быть получена из геометрических соотношений треугольника ABC (рис. 6):

$$Q = \arccos\frac{b^2 + l_{\text{C}}^2 - S^2(t)}{2 \cdot b \cdot l_{\text{C}}} - \arccos\frac{b^2 + l_C^2 - S_{\text{o}}^2}{2 \cdot b \cdot l_{\text{C}}}, \qquad (6.4)$$

где $b = AC$; $l_{\text{C}} = BC$; $S_{\text{o}} = l_{\text{o}}$; $S(t) = S_{\text{o}} + S_{\text{П}}(t)$;

S_{o} – значение AB_{o}, соответствующее начальному положению стрелы;

$S_{\text{П}}(t)$ – ход поршня гидроцилиндра подъема стрелы.

Угловая скорость находится как первая производная от $Q(t)$ по времени:

$$\omega = \frac{(S_{\text{o}} + V_{\text{П}} \cdot t) \cdot V_{\text{П}}}{b \cdot l_{\text{C}} \cdot \sqrt{1 - u^2}}; \qquad (6.5)$$

$$u = \frac{b^2 + l_{\text{C}}^2 - S_{\text{o}}^2 - 2S_{\text{o}} \cdot S_{\text{П}}(t) - S_{\text{П}}^2(t)}{2 \cdot b \cdot l_{\text{C}}}. \qquad (6.6)$$

Угловое ускорение ε при повороте стрелы является второй производной по времени от $Q(t)$:

$$\varepsilon = \pm\frac{2 \cdot b \cdot l_{\text{C}} \cdot V_{\text{П}}(1 - u^2) + V_{\text{П}}^3 \cdot t \cdot (S_{\text{o}} + V_{\text{П}} \cdot t)}{2 \cdot b^2 \cdot l_{\text{C}} \cdot \sqrt{(1 - u^2)^3}} \qquad (6.7)$$

В выражении (6.7) знак «+» относится к подъему стрелы, знак «–» – к ее опусканию.

Зная ω и ε, можно определить линейные скорость и ускорение.

Линейная (окружная) скорость стрелы в точке K:

$$V_{\text{K}} = \omega \cdot l_{\text{K}}. \qquad (6.8)$$

Ускорение стрелы, направленное по нормали к траектории движения точки K:

$$a_{\text{K}}^n = \omega^2 \cdot l_{\text{K}}. \qquad (6.9)$$

Ускорение стрелы, направленное по касательной к траектории ее движения:

$$a_{\text{K}}^n = \varepsilon \cdot l_{\text{K}}. \qquad (6.10)$$

Суммарное ускорение стрелы в точке *K*:

$$a_{\mathrm{K}} = l_{\mathrm{K}} \cdot (\omega^4 + \varepsilon^2)^{0,5}, \qquad (6.11)$$

где l_{K} = СК.

Аналитический метод в данной работе может быть использован для проверки результатов, полученных построением планов скоростей и ускорений, а также графическим дифференцированием.

7. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

В силовой расчет входит определение внешних нагрузок и расчет в цилиндрах и шарнирах рабочего оборудования.

7.1. Внешние нагрузки рабочего оборудования

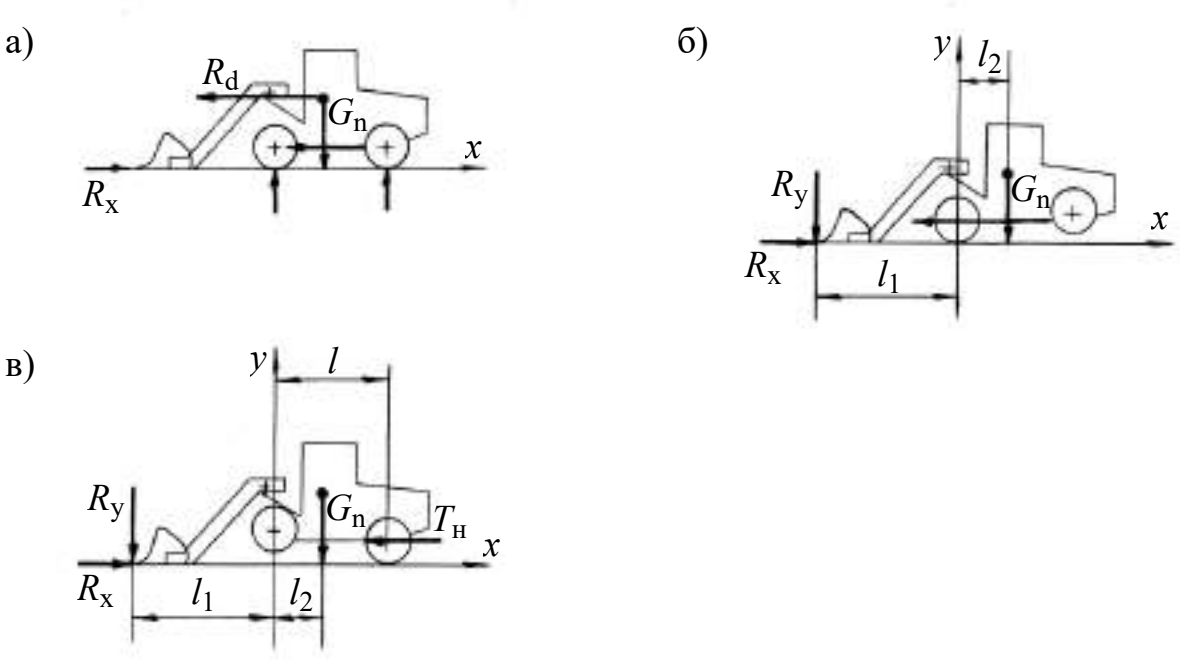


Рис. 7. Расчетные случаи нагружения погрузчика

Наибольшие нагрузки возникают при внедрении ковша в породу. Рассматривают три расчетных случая:

1. Удар ковша о труднопреодолимое препятствие при внедрении в породу, с запертыми гидроцилиндрами поворота стрелы и ковша (рис.7, *а*).

Горизонтальное усилие определяется при упоре в абсолютно жесткое препятствие:

$$R_{\text{х}} = T_{\varphi} - P_{\text{о}} + V_{\text{нач}} \cdot (C_1 \cdot m_{\text{пр}})^{0,5}, \qquad (7.1)$$

где T_{φ} – сила сцепления движителя с грунтом, $T_{\varphi} = 0{,}6 \cdot G_{\text{П}}$, кН,

где $G_{\text{П}}$ – рабочий вес погрузчика, кН;

$P_{\text{о}}$ – сопротивление качению, $P_{\text{о}} = 0{,}1 \cdot G_{\text{П}}$, кН;

$V_{\text{нач}}$ – скорость, соответствующая режиму максимальной мощности на первой передаче, м/с (принимается $V_{\text{нач}} = 1$ м/с);

C_1 – жесткость рабочего оборудования, $C_1 = K_{\text{ж}} \cdot m_{\text{о}}$, кН/м,

где $K_{\text{ж}}$ – удельный (на 1т массы) коэффициент жесткости рабочего оборудования ($K_{\text{ж}} = 900\ldots1000$ кН/м);

$m_{\text{о}}$ – масса рабочего оборудования, т;

$m_{\text{пр}}$ – приведенная масса погрузчика, $m_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot m_{\text{п}}$, т

где $m_{\text{п}}$ – масса погрузчика;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент приведения, учитывающий моменты инерции вращающихся частей двигателя и коробки передач ($K_{\text{пр}} = 1{,}05$ – для тихоходных и $K_{\text{пр}} = 1{,}15$ – для быстроходных двигателей).

2. Вывешивание погрузчика вокруг передней оси при повороте внедренного в развал горной массы ковша усилием гидроцилиндра его поворота (рис.7, *б*).

Вертикальную силу $R_{\text{у}}$ определяют из условия устойчивости машины:

$$R_{\text{у}} = G_{\text{П}} \cdot \frac{l_2}{l_1}. \qquad (7.2)$$

Горизонтальная сила принимается равной номинальному тяговому усилию $R_{\text{х}} = T_{\text{н}}$.

3. Вывешивание погрузчика вокруг задней оси под действием цилиндров подъема стрелы (рис.7, *в*).

Вертикальная сила равна усилию отпора, создаваемому при вывешивании машины на задних колесах и зубьях ковша:

$$R_{\text{у}} = G_{\text{П}} \cdot \frac{l - l_2}{l + l_1}. \qquad (7.3)$$

Горизонтальную силу определяют по сцепной силе тяжести с учетом разгрузки передней оси:

$$R_{\text{х}} = (G_{\text{П}} - R_{\text{у}}) \cdot \varphi \le T_{\text{н}}, \qquad (7.4)$$

где φ = 0,8 – наибольший коэффициент сцепления для колесного движителя.

Полученные усилия служат для расчета на прочность деталей рабочего оборудования и подбора параметров гидроцилиндров.

7.2. Расчет усилий в элементах рабочего оборудования

Силы, действующие в элементах рабочего оборудования, определяются по предварительно рассчитанным (п. 4) и конструктивно определенным параметрам (п. 4). Усилия в штоках гидроцилиндров подъема стрелы определяют при фиксированном положении ковша по сопротивлению вывода ковша из развала породы (рис. 8). Глубину внедрения ковша определяют по принятой конструкции ковша, принимая глубину внедрения равной длине днища ковша ($L_{\text{вн}} = C$).

Длину сдвига $l_{\text{о}}$ определяем из треугольника *ОДЕ* (рис. 8):

$$l_{\text{о}} = L_{\text{вн}} \cdot \frac{\sin\varphi}{\cos(45 + 0{,}5 \cdot \varphi)}, \qquad (7.5)$$

где φ – угол откоса осыпи (для средней крупности $d_{\text{ср}}$ = 20…40 см, φ = 34…38°;

для крупных кусков $d_{\text{ср}}$ = 40…60 см, φ = 42…45°).

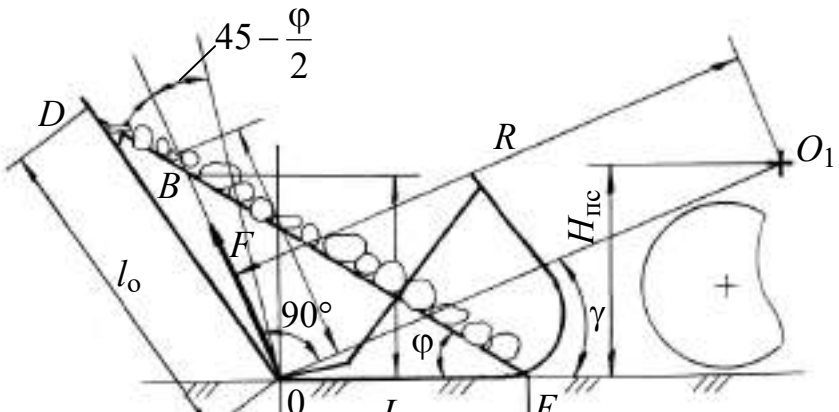


Рис. 8. Схема к расчету сопротивления выводу ковша из развала породы

Сопротивление выводу ковша из развала породы определяется по формуле:

$$F = 4{,}905 \cdot \rho \cdot K_{\text{р}}^{-1} \cdot L_{\text{вн}}^{2} \cdot \text{tg}^{2}\varphi \cdot \text{tg}(45^{\text{o}} + 0{,}5 \cdot \varphi) \cdot B_{\text{К}}, \qquad (7.6)$$

где $K_{\text{Р}}$ – коэффициент разрыхления горной массы в осыпи;

ρ – плотность породы, т/м^3 [2, табл. 2.1]

При выводе внедренного в породу ковша действуют силы тяжести стрелы с рычажным механизмом $G_{\text{С}}$ и ковша $G_{\text{К}}$, а также сопротивление выводу ковша из развала породы F, учитывающее массу в ковше.

Усилие в цилиндрах подъема стрелы при запертом цилиндре поворота ковша может быть найдено из уравнения сил сопротивления относительно O_1, (рис.9):

$$P_{\text{С}} = (l_{\text{С}} \cdot \cos\varepsilon)^{-1} \cdot [G_{\text{С}} \cdot b + G_{\text{К}} \cdot (r_{\text{о}} - a_1 + a_2) + F \cdot (r_{\text{о}}^{2} + H_{\text{ПС}}^{2})^{0{,}5}], \qquad (7.7)$$

где $G_{\text{С}}$ – вес стрелы и рычажной системы

$G_{\text{К}}$ – вес порожнего ковша;

$l_{\text{о}} = 0{,}5 \cdot l_{\text{А}}$ – расстояние от центра масс стрелы с рычажной системой до шарнира ее крепления

Усилие в цилиндре поворота ковша при запертых цилиндрах стрелы определяется по второму расчетному положению (п. 7.1) и схеме (рис. 7):

$$P_{\text{К}} = b_1 \cdot b_2^{-1} \cdot a_4^{-1} \cdot (R_x \cdot a_3 + R_y \cdot a_1 + G_{\text{К}} \cdot a_2) \cdot \sin^{-1}(\varphi + \delta). \qquad (7.8)$$

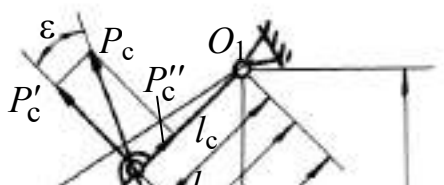


Рис.9. Схема к расчету усилий в цилиндре подъема стрелы при выводе ковша

б

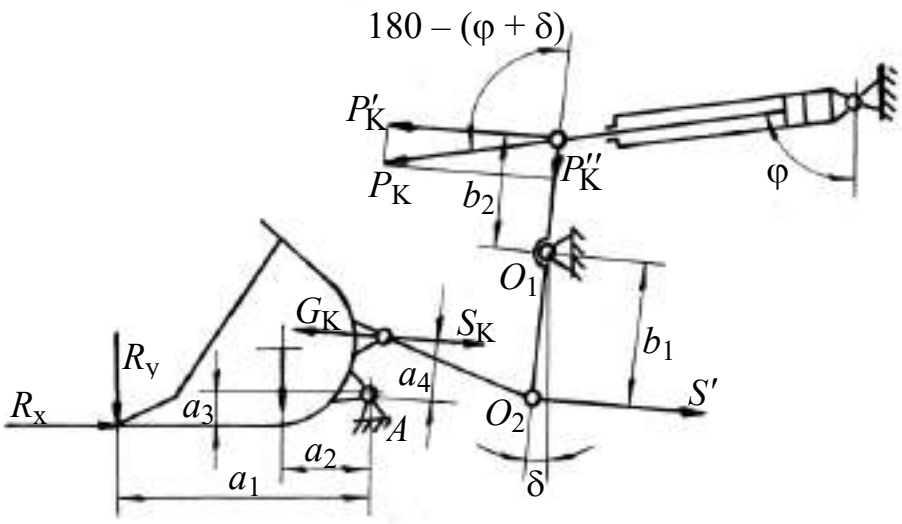


Рис. 10. Схема к расчету усилий в цилиндре поворота ковша

8. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ЦИЛИНДРОВ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ

Целью проектного расчета является такой выбор проектных параметров, при котором пиковое усилие в рабочем диапазоне движения стрелы будет наи-

меньшим. Очевидно, это позволит спроектировать рабочее оборудование с цилиндрами наименьшего размера, а, следовательно, наименьшей стоимости.

Исходные данные для проектирования механизма рабочего оборудования (рис. 11):

1) вес концевого груза (ковш с породой)

2) длина стрелы

3) ограничения на амплитуду движений

$$\varphi_{min} = -42^\circ \text{ , } S_{min}$$

$$\varphi_{max} = 80^\circ \text{ , } S_{max}$$

где S_{min}, S_{max} – минимальное и максимальное расстояния между осями шарниров цилиндра и штока.

Задача состоит в том, чтобы спроектировать механизм, который мог бы занимать указанные начальное и конечное положения, развивая при этом минимальное пиковое усилие T в цилиндре в диапазоне значений:

$$\varphi_{min} \leq \varphi \leq \varphi_{max}$$

Такая задача в инженерной практике получила название **задачи на «минимакс»**.

Независимые переменные величины, которые полностью и однозначно определяют решаемую задачу проектирования, называют **проектными параметрами**.

На рисунке 11 показаны проектные параметры, вычисленные в процессе оптимизации. Это независимые геометрические величины a, b и β, где принято $\beta = \alpha + \gamma$.

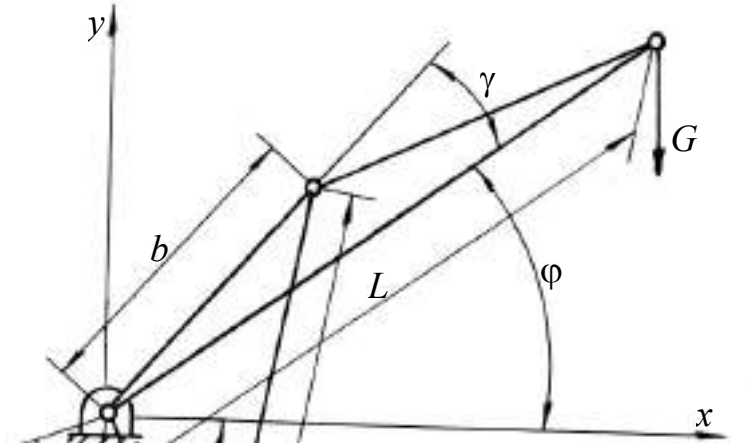


Рис.11. Схема к расчету наименьшего пикового усилия в цилиндрах подъема стрелы

Связь между линейными геометрическими параметрами и узлами можно найти по теореме косинусов

$$K_1 \cdot \cos(\beta + \varphi) - K_2 = -S^2, \tag{8.1}$$

где $K_1 = 2 \cdot a \cdot b$, $K_2 = a^2 + b^2$.

Так как вес поднимаемого груза G и длина стрелы L заданы, то из условия равновесия можно найти усилие T в цилиндре:

$$T(\varphi) = \frac{L \cdot G \cdot \sqrt{K_2 - K_1 \cdot \cos(\beta + \varphi)} \cdot \cos\varphi}{a \cdot b \cdot \sin(\beta + \varphi)}. \tag{8.2}$$

Итак, задача оптимизации:

Проектные параметры: a, b, β.

Целевая функция (минимум, который требуется найти):

$$M = T(\varphi)_{\max} \text{ при } \varphi_{\min} \le \varphi \le \varphi_{\max}.$$

Ограничения выражены следующими равенствами:

$$K_1 \cdot \cos(\beta + \varphi_{\min}) - K_2 = -S^2_{\min}$$

$$K_1 \cdot \cos(\beta + \varphi_{\max}) - K_2 = -S^2_{\max}$$

С помощью этих ограничений можно исключить два параметра из трех.

Если параметр β известен, то из указанных выше равенств найдем:

$$K_1 = \frac{S_{\min}^2 - S_{\max}^2}{\cos(\beta + \varphi_{\max}) - \cos(\beta + \varphi_{\min})}$$
$$K_2 = K_1 \cdot \cos(\beta + \varphi_{\max}) + S_{\max}^2 . \qquad (8.3)$$

Так как $K_1 = 2 \cdot a \cdot b$ и $K_2 = a^2 + b^2$, то a и b можно выразить в следующем виде:

$$a = \frac{K_1}{2 \cdot b} \quad \text{и} \quad b = \left(\frac{K_2 + \sqrt{K_2^2 - K_1^2}}{2} \right)^{0,5} . \qquad (8.4)$$

Таким образом, остается только один проектный параметр β. Значение $T(\varphi)_{\max}$ в интервале от $\varphi_{\min}$ до $\varphi_{\max}$ можно найти одним из методов одномерного поиска. Для этого потребуется отдельный поиск, помимо поиска оптимальной конструкции.

При поиске оптимума следует ограничить множество возможных значений β так, чтобы функция $T(\varphi)$ в процессе вычислений не обращалась в бесконечность, когда $\sin(\beta + \varphi) = 0$.

Чтобы избежать этого требуется ввести границы $0 < \beta + \varphi < \pi$, где $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$. Отсюда следует, что параметр β должен быть заключен в интервале: $-\varphi_{\max} \le \beta \le \pi - \varphi_{\min}$

В результате анализа определяются значения a, b и β, при которых $T(\varphi)$ примет пиковое значение $T_{\max}$, наименьшее во всем диапазоне вычислений. Это значение и принимается в расчете размеров цилиндров подъема стрелы.

9. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ И ПОВОРОТА КОВША

Исполнительные механизмы рабочего оборудования фронтальных погрузчиков обычно оснащаются одноступенчатыми гидравлическими цилиндра-

ми двухстороннего действия. Они состоят из гильзы цилиндра, штока, поршня, сквозной и глухой крышек (приложение 8).

Главным параметром силовых цилиндров является внутренний диаметр цилиндра.

К основным параметрам относят номинальное давление и ход поршня.

Согласно ГОСТ 6540-68 рекомендуется ряд номинальных давлений $P_{ном}$, МПа:

2,5; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63.

Из ряда значений активных диаметров цилиндров и штоков (в миллиметрах) рекомендуются:

20; 25; 32 (36); 40 (45); 50 (56); 63 (70); 80 (90); 100 (110); 125 (140); 160 (180); 200 (220).

В приложении 8 приведены конструкции гидроцилиндров и их узлов.

Конструктивные схемы гидроцилиндров, выбор и обоснование главного, основных и вспомогательных параметров, конструирование элементов и специальных устройств, технические требования на изготовление приведены в учебном пособии /7/. Там же указаны некоторые методы технологических процессов изготовления деталей гидроцилиндров, оказывающие определяющее влияние на долговечность основных узлов.

Расчеты на прочность элементов гидроцилиндров выполняются по специальным формулам и включают расчет:

- толщины стенки цилиндра,
- днища,
- фланцев,
- элементов крепления крышек,
- стяжных шпилек,
- проушин,
- пальцев,
- резьбового соединения штока с гайкой.

Гидравлические цилиндры работают как сжато-изогнутые стержни с

шарнирами по концам, поэтому необходима проверка их на продольный изгиб по критической силе /7/.

Постановочные размеры гидроцилиндров (расстояния между осями проушин при втянутых штоках) определяются в разделе 6 пособия при компоновании.

Точки крепления гидроцилиндров определяются конструктивно.

Длина хода поршней определяется по углам поворота стрелы и ковша.

10. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рабочее оборудование фронтального погрузчика состоит из стрелы, ковша и рычажного механизма.

Стрела двухбалочная. Балки (продольные лонжероны) коробчатого сечения, каждая состоит из двух боковин, верхнего и нижнего поясов. С порталом и ковшом балки соединяются шарнирно. Для придания жесткости стреле и устранения перекосов в шарнирах балки соединены между собой жесткой поперечной балкой коробчатого сечения или трубой, вваренной между лонжеронами.

Рычажный механизм обеспечивает движение ковша в процессе наполнения и выгрузки, а также его поступательное перемещение в процессе подъема и опускания стрелы. Механизм состоит из рычага, свободно качающегося относительно стрелы (рис. 6). Гидроцилиндр поворота ковша шарнирно соединен с порталом, а его шток – с рычагом. Нижнее плечо рычага через тягу соединяется с ковшом. В некоторых конструкциях применяются сдвоенные механизмы.

Ковш фронтальных погрузчиков бывает:

1) нормальной вместимости (основной) – для мелкокусковых материалов II – III категорий плотностью 1,2...1,8 т/м^3;

2) уменьшенной вместимости (0,6…0,8 основной емкости ковша) – для тяжелых пород плотностью выше 2 т/м^3, средней крупности ($d_{ср}$=20...40 см);

3) увеличенной вместимости (1,4...1,6 основной емкости ковша) – для легких пород плотностью до 1,2 т/м^3.

Все ковши делают в обычном исполнении, т.е. с разгрузкой путем опрокидывания.

Ковши специальных исполнений (челюстной, увеличенной высоты разгрузки) применяют на работах по складированию материала.

10.1. Расчет стрелы на прочность

Прочность стрелы проверяется при упоре в жесткое препятствие (п. 7.1).

Расчетные схемы 7, а и 8.

Усилия F и R_y не учитываются, ковш порожний.

Расчет выполняется для случая удара крайним зубом (рис. 12).

В случае z-образного рычажного механизма засчет смещения реакции породы на величину a_3 и усилия в тяге S_K нагрузка в шарнире стрелы будет:

$$P_1 = 0{,}5 \cdot [R_x \cdot (B + d) \cdot d^{-1} + a_5^{-1} \cdot (G_K \cdot a_2 + R_x \cdot a_3) \cdot \cos\beta], \qquad (10.1)$$

где R_x – реакция препятствия (7.1), кН;

B – ширина ковша, м;

d – расстояние между центрами сечений балок стрелы, м;

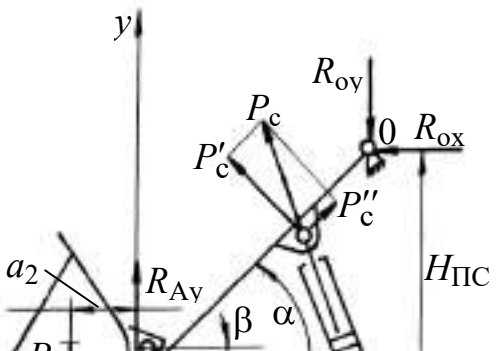
G_K – вес ковша погрузчика;

a_2, a_3, a_5 – плечи сил относительно шарнира А (рис. 7, *а*).

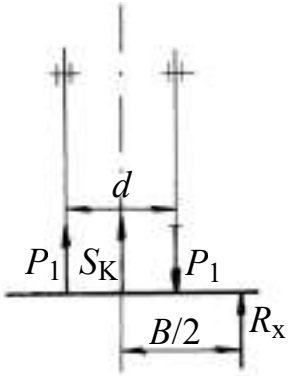
Момент изгиба балки стрелы:

$$M_1 = l_x \cdot (P_1 \cdot \sin\alpha - G_K \cdot \cos\alpha + S_K \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha), \qquad (10.2)$$

а)



б)



в)

Рис.12. Схемы к расчету стрелы на прочность:

а – нагрузки рабочего оборудования;

б – распределение усилий при нагружении крайнего зуба;

в – расчетная схема балки стрелы

Предварительно может быть найдена высота внутреннего контура сечения балки стрелы (для соотношения толщины обечайки и высоты внутреннего сечения $\delta / h - k$):

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot W_{\text{x}}}{b \cdot [(1+k)^3 - 1]}}, \qquad (10.3)$$

где W_{x} – момент сопротивления сечения изгибу

$$W_{\text{x}} = \frac{M}{[\sigma]},$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала балки;

b – ширина балки.

Высота сечения балки: $H = h + 2 \cdot \delta$

Напряжение в сечении определяется с учетом сжимающих сил:

$$\sigma = \frac{M_1}{W_{\text{x}}} \pm \frac{P_1}{F_1} \le [\sigma]. \qquad (10.4)$$

10.2. Конструкция и расчет рычага на прочность

Прочность рычага проверяется по усилию в цилиндре поворота ковша (7.9) расчетом на изгиб (рис. 10).

Размеры рычага и углы наклона элементов рычажной системы определяются по конструктивной схеме рабочего оборудования.

10.3. Конструкция и расчет шарниров

Соединения элементов рабочего оборудования с порталом передней рамы погрузчиков осуществляется посредством шарниров. Особенность работы подшипников в этих шарнирах заключается в том, что при ограниченных углах поворота ухудшаются условия смазки и, следовательно, сокращается срок службы деталей шарниров.

В конструкциях мощных гидравлических экскаваторов вместо сферических шарнирных подшипников, применявшихся с целью снижения неравномерности нагружения узлов, используют обычные втулки из твердой латуни ЛЦ23А6ЖЗМЦ2. Это позволяет вдвое увеличить площадь контакта и соответственно снизить контактные напряжения. Равномерность нагружения втулок по длине обеспечивается жесткостью соединения узлов, точностью обработки отверстий и податливостью цилиндров.

Шарниры необходимо унифицировать по диаметрам, материалам осей и втулок. Оси изготавливаются из стали марки 20Х2НЧА ГОСТ 4543-71 с цементацией, закалкой и шлифовкой рабочих поверхностей, твердость HRC = 56…62.

Для получения эффекта «трения без износа» рабочая поверхность осей подвергается латунированию путем фрикционного нанесения слоя латуни толщиной в несколько микрон по специальной технологии.

Смазка шарниров и установка деталей показаны на схеме (рис. 13):

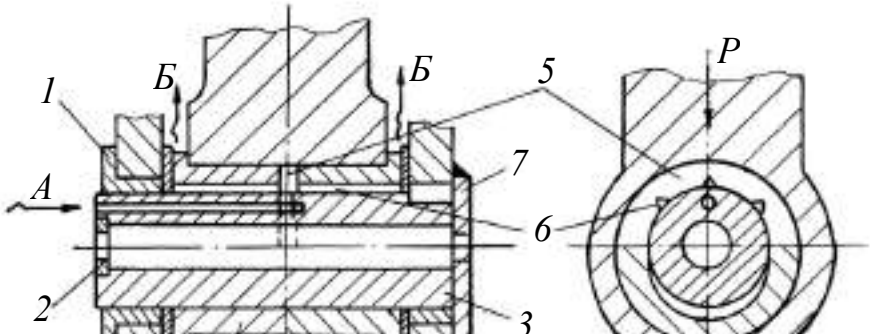


Рис. 13. Конструктивная схема и смазка шарниров рабочего оборудования:

1, *7* – упор; *2* – стопорная планка; *3* – ось шарнирная; *4* – втулка;

5 – полукольцевой канал; *6* – продольные пазы; *8* – регулировочные прокладки;

А – подвод смазки; *Б* – выход излишней смазки

Для смазки применяется Литол-24 ГОСТ 21150-87 с металлоплакирующими присадками МКФ-18 (коэффициент трения не превышает 0,08).

Давление в зоне контакта осей и втулок может достигать 50 МПа.

10.4. Расчет шарниров рабочего оборудования

При повышенной удельной нагрузке опоры и малой скорости скольжения при неправильном выборе смазочного материала может начаться быстрый износ трущихся поверхностей. В особенности это опасно в случае опор с реверсивным и качательным движением. Надежность подшипников скольжения в подобных условиях определяется антифрикционными и механическими свойствами материалов трущихся поверхностей и прочностью тонкой смазочной пленки.

Расчет опор скольжения в условиях недостаточной смазки выполняют как проверочный – по удельной нагрузке P, МПа, приходящейся на единицу проекции рабочей поверхности подшипника.

Для нормальной работы подшипника необходимо:

$$p = \frac{P}{dl} \le [p], \qquad (10.5)$$

где P – сила давления на опору в целом.

Значения допускаемого удельного давления $[p]$ в рабочем оборудовании

необходимо выбирать с учетом высоких нагрузок при ударном воздействии.

Материал вкладышей выбирается из таблицы приложения 5.

Диаметр цапфы d определяется конструктивно по расчетной прочности пальцев.

Длина цапфы вычисляется по формуле: $l = \varphi \cdot d^{-1}$, где φ = 0,5...1,2.

Если при расчете получится $p \geq [p]$, то надо либо изменить материал вкладышей, либо увеличить длину подшипника l, чтобы коэффициент φ не превышал допустимого предела.

Зазоры в подшипниках определяются по условиям монтажа с обеспечением посадок с гарантированным зазором по 7-му и 8-му квалитетам.

Расчет выполняется с целью проверки прочности при максимальных нагрузках.

При малой жесткости сопрягаемых узлов расчетные схемы должны учитывать узлы жесткости опор [8, с. 145]. Изменяя варианты конструкции опор, можно существенно снизить расчетные напряжения в оси. Учитывая размеры подшипника качения, подбирается требуемый диаметр оси, материал для ее заготовки соответствующего вида.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОКОВШОВЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

Параметры	Зависимости

	от грузоподъемности
Номинальная грузоподъемность, кН	$Q_{\text{Н}}$
Мощность, л. с.	$2{,}861 \cdot Q_{\text{Н}} + 63{,}62$
Наибольшая высота разгрузки, $H_{\text{Р}}$, м	$0{,}0135 \cdot Q_{\text{Н}} + 2{,}37$
Вылет кромки ковша при разгрузке, $L_{\text{Р}}$, м	$0{,}5 \cdot B_{\text{Т}} + 0{,}200$
Номинальный объем основного ковша, $V_{\text{ном}}$, м^3	$0{,}05 \cdot Q_{\text{Н}}$
Общая масса рабочего оборудования, $m_{\text{РО}}$	$(0{,}15\ldots0{,}25) \cdot m_{\text{П}}$
Высота оси крепления стрелы, $H_{\text{ПС}}$, м	$(0{,}68...0{,}98) \cdot \sqrt[3]{m_{\text{П}}}$
Масса погрузчика, $m_{\text{П}}$, т	$(0{,}90...1{,}20)(7{,}08 + 0{,}176 \cdot Q_{\text{Н}})$
Расстояние от оси крепления стрелы до средней оси погрузчика, $L_{\text{ПС}}$, м	$(0{,}20\ldots0{,}25) \cdot \sqrt[3]{m_{\text{П}}}$
Размер шин, дюймы (1 дюйм = 25,4 мм):	
диаметр диска, d	$0{,}0767 \cdot Q_{\text{Н}} + 21{,}89$
ширина колеса, b	$0{,}259 \cdot Q_{\text{Н}} + 9{,}1$
Внешний диаметр шины, D	$D = 2 \cdot b + d$
Координаты центра тяжести колесного трактора:	
по длине, от передней оси $x_{\text{Т}}$	$0{,}3 \cdot A$
по высоте, от уровня стояния $h_{\text{Т}}$	$1{,}75 \cdot d$
Вес рабочего оборудования, $G_{\text{о}}$	$(0{,}35\ldots0{,}45) \cdot G_{\text{Т}}$

где $B_{\text{Т}}$ – ширина кузова наиболее тяжелого автосамосвала, с которым будет работать рассчитываемый погрузчик;

$G_{\text{Т}}$ – вес базового тягача, кН;

A – расстояние между осями колес.

Нижний предел отношения объема кузова автосамосвала к вместимости ковша $V_{\text{А}} / E$ определяется прочностью автосамосвалов. Академик А.Е.Чудаков установил, что при погрузке скальных пород должно выполняться условие: $V_{\text{А}} / E \leq 2$. На зарубежных карьерах это отношение колеблется в пределах (2…9) /5/.

В курсовой работе наибольший типоразмер автосамосвала выбирается

сравнением высоты разгрузки *HP* с погрузочной высотой транспорта [2, таблицы 4.28 и 4.29].

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

БАЗОВЫЕ ТРАКТОРЫ ВТМ

Показатели	Двухосные				
	Опытный тягач «ОТ»	«Зауралец» 2×400	Мо АЗ-542	Специальное шасси	Специальное шасси
Двигатель:					
тип	У520-В	ЯМЗ-204А	ЯМЗ-238	СДМ-14НГ	А-01М
Мощность номинальная, кВт	405	265	177	55-59	99
Удельный расход топлива, г (кВ/т·ч)		265	265	252	252
Трансмиссия	Гидромеханическая				
Число ведущих мостов	2	2	2	2	2
Число передач (вперед / назад)	6/3	4/2	4/4	4/2	4/2
Скорость, км/ч: вперед	0-50	0-47	0-50	0-35	0-44
назад	0-26	0-27	0-13	0-20	0-25
Управление поворотом	Шарнирная рама	Задними колесами			Шарнирная рама
Подвеска мостов	Жесткая	Жесткая	Жесткая		
Шины	37.50-39	27.00-33	26.50-25	14.00-20	16.00-24
Наибольшее тяговое усилие по двигателю, кН	550-700	351	126	35	75
База, мм	4875	3900	3000	2150	2670
Колея, мм		2360	2400	1840	1840
Дорожный просвет, мм	530	520	300	475	400
Угол свеса (передний/задний), градус	25/25	60/27	60/27	37/37	35/35
Габариты, мм	8800×4200×4680	7980×3440×3350	6300×3150×3200	5660×2336×2700	6890×2434×3145
Радиус поворота, мм	7900	7500	7500	6300	5350
Масса тягача, кг	56000	21000	12500	4800	7100

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОДНОКОВШОВЫЕ ФРОНТАЛЬНЫЕ ПОГРУЗЧИКИ НА ПНЕВМОКОЛЕСНОМ ХОДУ

Параметры	Типы погрузчиков					
	ТО-18 А	ТО-25	ТО-11	ТО21-1	ТО-6 (Д-561 А)	ТО-17
Тип погрузчика	Базовый трактор				Универсальный с фронтальной разгрузкой	
Модель базового трактора или шасси	Спецшасси	Т-158	К-702	Опытный Тягач	Спецшасси	Спецшасси с шарнирносоч-ленненной рамой
Тяговый класс трактора, кН	-	30	60	250		
Грузоподъемность, кН	30	30	40	150	18,00	20,00
Вместимость основного ковша, $м^3$	1,5	1,5	2	7,5	1,0	
Высота разгрузки ковша, мм	2750	2770	3200	4500	2300	2700
Вылет кромки ковша при разгрузке, мм	1040	1268	1275	1700	1000	930
Ширина ковша, мм	2440	2572	2800	4400		
Скорость движения, км/ч:						
вперед	0-44	0-37	0-40	0-25	0-29	
назад	0-25,2	0-37	0-40	0-26	0-21,2	
Габариты, мм	8450×2800×3535	7000×2572×3335	8450×2800×3535	13595×4180×5010	5660×2336×2700	6080×2340×3025
Масса эксплуатационная, кг	9950	10000	19900	73200	7500	8500

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

КОЛЕСНЫЕ ПОГРУЗЧИКИ ТИПА «PAY» ФИРМЫ «ДРЕССЕР»

Номера моделей	Мощность на маховике, кВт	Объем ковша, $м^3$	Номинальная грузоподъемность, кг	Максимальная высота разгрузки, м	Опрокидывающая нагрузка при полном повороте, кг	Сила отрыва, кг	Рабочий вес, кг
580	820	16,8	30000	5,66	73010	878,2	126210
580*	820	15,3	27210	5,22	63912	800,2	127212
570	440	9,18	16330	4,19	44185	448,4	63326
570*	440	9,18	16330	4,7	37252	454,7	63410
570**	440	8,41	14968	5,13	33960	465,3	63637
560B	309	5,7-6,5	10205	3,74	25927	325,7	39059
560B*	309	5,35	9525	4,14	28840	341,2	39304
555	234,9	4,2-4,6	7484	3,3	17917	266,9	28708
555*	234,9	3,8	6804	3,65	15900	280,6	29530
540	152,8	2,87-3,83	5443	3,04	14750	149,6	17874
530	123	2,10-2,87	4082	2,90	10646	132	13612
520B	89,5	1,72-2,10	3400	2,81	7605	109,2	10239
515BH	78,3-85,8	1,24-1,62	2860	3,76	6516	77,4	9132
515B	78,3-85,8	1,24-1,62	2551	2,76	6071	77,4	8333
510B	59,7	1,05-1,43	2180	2,71	5147	69,9	7084

ДОПУСКАЕМЫЕ УДЕЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Материал вкладышей	[*P*], МПа	Область применения
ЛКС 80-3-3	10	Ответственные механизмы при тяжелых режимах работы. Ударные нагрузки.
Бр. СЗО	30	При ударных нагрузках для валов с закаленными шейками
Бр. АЖ 9-4 Бр. АЖМЦ 66-3-1.5 ЛАЖМЦ 66-6-3-2	30	Детали при ударных нагрузках и температурах до 300°

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

НОРМЫ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО ГОСТ 5058-65

Марки стали	Толщина проката	Механические свойства при растяжении, не менее		
		Предел прочности (временное сопротивление), кГ/мм^2	Предел текучести, кГ/мм^2	Относительное удлинение (ε_5), %
09Г2	4-20 21-32	45	31 30	21
14Г2	4-10 11-32	47	34 33	21
09Г2С	4-10 11-20 21-32 33-60	50 48 47 46	35 33 31 29	21
16ГС	4-10 11-20 21-32 33-60	50 49 48 47	33 32 30 29	21
14ХГС	4-10 11-32	50	35	22 21
15ХСНД	4-32	50	35	21
10Г2С1	4-10 11-20 21-32	52 51 50	38 36 35	21
10ХСНД	4-32 33-40	54 52	40	19

При T = -70°С ударная вязкость стали марки 10ХСНД любой толщины, а также сталей марок 10Г2С1 и 16ГС при толщине проката 4…10 мм должна быть не менее 0,3 МДж/м^2 (3,5 кГм/см^2), стали марки 09Г2С при толщине 4…10 мм – 0,35 МДж/м^2 (3,5 кГм/см^2) и при толщине более 10 мм – 0,3МДж/м^2 (3 кГм/см^2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Расчет толщины стенки гидроцилиндра

Таблица 1

№ п/п	Параметры, размерность	Обозначения	Расчетные зависимости	Пример расчета
1	2	3	4	5
Исходные данные и расчет				
1.	Вид заготовки			Прокат, труба
2.	Материал			Ст 20
3.	Термообработка			НВ = 11…156
4.	Предел прочности (с учетом размеров заготовки), кг/мм^2	σ_B		$\sigma_B = 40$
5.	Предел текучести, кг/мм^2	σ_T		$\sigma_T = 20$
6.	Предел выносливости, кг/мм^2	σ_{-1}	$\sigma_{-1} = 0{,}47 \cdot \sigma_B$	$\sigma_{-1} = 0{,}47 \cdot 40 = 18$
7.	Запас прочности по пределу текучести	n	$n > 2$	$n = 2$
8.	Допускаемое напряжение, МПа	$\sigma_д$	$\sigma_д = \sigma_T / n$	$\sigma_д = 200 / 2 = 100$
9.	Рабочее давление, МПа	p		$p = 15$
10.	Давление слива, МПа	p_c		$p_c = 0{,}4$
11.	Диаметр цилиндра, мм (внутренний, предварительно)	D		$D = 320$
12.	Толщина стенки толстостенного (S/D>0,1) цилиндра, мм	S	$S = 0{,}5 \cdot D \cdot ((\sigma_д + 0{,}4 \cdot p)^{0{,}5} \cdot (\sigma_д \cdot 1{,}3 \cdot p)^{0{,}5} - 1)$	$S = 0{,}5 \cdot 320 \cdot ((100 + 0{,}4 \cdot 15)^{0{,}5} \cdot (100 \cdot 1{,}3 \cdot 15)^{0{,}5} - 1) = 23{,}6 \approx 25$

Расчет толщины днища цилиндра

Таблица 2

№ п/п	Параметры, размерность	Обозна-чения	Расчетные зависимости	Пример расчета
1	2	3	4	5
Исходные данные и расчет				
1.	Диаметр зацепления днища, мм	D		$D = 355$
2.	Толщина стенки цилиндра, мм	S		$S = 25$
3.	Коэффициент, зависящий от отношения S/h	S/h k	0,5 | 1,6 | 1,5 | 2 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6	$S/h = 0,5$ $k = 0,8$
4.	Расчетное давление, МПа	P	15	$P = 15$
5.	Толщина днища, мм	h	$h = 0,433 \cdot D \cdot P^{0,5} \cdot \sigma_д^{-0,5}$	$h = 0,433 \cdot 355 \cdot 15^{0,5} \cdot 100^{-0,5} = 59,5$
6.	Толщина стенки в центре днища, мм	h_1	100	$h_1 = 100$
7.	Напряжение в центре днища, МПа	σ	$\sigma = k \cdot P \cdot R^2 \cdot h_1^{-2}$	$\sigma = 0,8 \cdot 15 \cdot 355^2 \cdot 0,5^2 \cdot 100^{-2} = 37,8$

Расчет проушины и пальца

Таблица 3

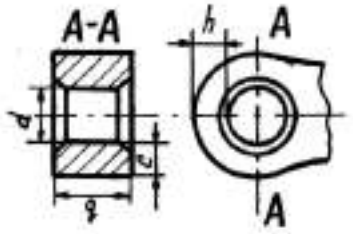
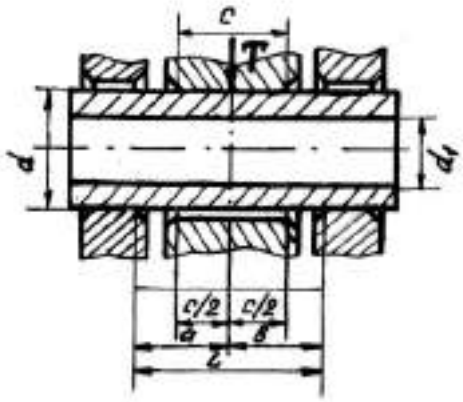
№ п/п	Параметры, размерность	Обозначения	Расчетные зависимости	Пример расчета
1	2	3	4	5
Исходные данные и расчет				
1.	Схема расчетная, 1			$h = c = 60$ мм $d_o = 180$ мм $q = 240$ мм
2.	Площадь сечения проушины, м^2	$F_П$	$F_П = 2 \cdot c \cdot q$	$F_П = 2 \cdot 0{,}060 \cdot 0{,}240 = 0{,}0288$
3.	Вид заготовки			поковка
4.	Материал			сталь 40Х
5.	Термообработка			НВ = 195…235
6.	Предел прочности, МПа	σ_B		650
7.	Предел текучести, МПа	σ_T		450
8.	Запас прочности по пределу текучести	n		1,5
9.	Диаметр штока, мм	$d_ш$		240
10.	Усилие в штоке при втягивании, МН	$T_ш$		$T_ш = \frac{3{,}14 \cdot (320^2 - 240^2)(15 - 0{,}4)}{4 \cdot 10^6} = 0{,}514$

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5
11.	Коэффициент концентрации напряжений	k	$k = 0{,}46 \cdot (1 + h \cdot c^{-1}) - 0{,}2 \cdot c \cdot d_o^{-1} < 1$	$k = 0{,}46 \cdot (1 + 60 \cdot 60^{-1}) - 0{,}2 \cdot 60 \cdot \cdot 180^{-1} = 0{,}853$
12.	Запас прочности проушины на разрыв	n	$n = k \cdot F_П \cdot \sigma_T \cdot T_ш^{-1}$	$n = 0{,}853 \cdot 0{,}0288 \cdot 450 \cdot 0{,}514^{-1} \approx 21$
13.	Схема расчетная, 2			$a = 125$ мм $b = 120$ мм $c = 230$ мм $L = 245$ мм
14.	Диаметры пальца (наружный и внутренний), мм	d, d_1		$d = 180$, $d_1 = 90$
15.	Момент сопротивления пальца на изгиб,м^3	W	$W = \pi \cdot d^3 \cdot 32^{-1} \cdot [1 - (d_1 \cdot d)^4]$	$W = \pi \cdot 180^3 \cdot 32^{-1} \cdot [1 - (90 \cdot 80)^4] = = 0{,}537 \cdot 10^{-3}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: Учебник для вузов. 2е изд., перераб. и доп.– М.: Недра, 1985.– 544 с.

2. Щадов М.И., Подэрни Р.Ю., Улицкий Е.Н. и др. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины цикличного действия. Под ред. Щадова М.И., Подэрни Р.Ю.– М.: Недра, 1989.– 374 с.

3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин.– М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979.– 576 с.

4. Гоберман Л.А., Степанян К.В., Яркин А.А., Зеленский В.С. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин: Учебник для техникумов по специальностям "Строительные машины и оборудование" и "Дорожные машины и оборудование". Под ред. Гобермана Л.А.– М.: Машиностроение, 1979.– 407 с., ил.

5. Винницкий К.Е. Управление параметрами технологических процессов на открытых разработках.– М.: Недра, 1984.– 237 с.

6. Динамический расчет рабочего оборудования шахтных погрузочно-транспортных машин. Методические рекомендации.– Свердловск: Изд. НИПИГОРМАШ, 1980.– 52 с.

7. Марутов В.А. Расчет и конструирование линейных гидродвигателей (гидроцилиндров) промышленного оборудования автоматизированного производства: Учебное пособие.– К.: УМКВО, 1991.– 116 с.

8. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 1.Изд. 2-е, переб. и доп.– М.: Машиностроение, 1977.– 623 с.

9. Комиссаров А.П., Лагунова Ю.А., Шестаков В.С. Проектирование карьерных экскаваторов. М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 232 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

и задания для обучающихся по дисциплине

Б1.О.35 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24

Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю.А.., д-р техн. наук, профессор

Одобрены на заседании кафедры

Горных машин и комплексов
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. Повторение материала лекций 3

2. Самостоятельное изучение тем 5

3. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям 8

4. Выполнение самостоятельного домашнего задания 8

Литература 9

ВВЕДЕНИЕ

Роль конструктора в развитии современного материального мира трудно переоценить. В машиностроении 80…85 % затрат зависят от технических решений, которые формируются в процессе конструирования и разработки технологий. Повышение эффективности конструирования является одной из основных задач современного машиностроения.

Цель самостоятельной работы: обучение студентов рациональному конструированию, то есть приобретение ими:

- умения непрерывно улучшать функциональные показатели машин, разумно сочетая новое со старым в конструкции изделия;
- навыков выбора из всего арсенала возможных конструкторских решений наиболее приемлемых для данных условий, базируясь на опыте, знаниях и убежденности в реальности предлагаемых решений.

Конструирование представляет собой одну из эмпирико-интуитивных форм творческой деятельности, плохо поддающихся изучению, формализации и алгоритмизации. Конкретные методы конструирования всегда индивидуальны, поэтому очень трудно формулировать однозначные рецепты по их применению.

Одним из важнейших условий самостоятельной работы студента является повторение материала лекций.

1. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Тема 1: Введение. Общие приемы и методы конструирования.

Разработка концепции машин и устройств. Этапы и методы разработки концепции. Алгоритмические методы проектирования. Эвристические методы проектирования. Принятие решений при проектировании [1, 2].

Тема 2: Основные операции проектирования.

Композиция – декомпозиция. Объединение – Дробление. Накапливание - Расходование. Преобразование – Восстановление. Колебание – Выравнивание. Управление - Неуправление. Концентрирование. Пропускание – Изолирование. Испускание – Поглощение. Сжатие – Разрежение. Фиксирование - Расфиксирование. [1, 2].

Тема 3: Система движений. Способы и механизмы для преобразования движений.

Соединение приводов. Последовательное соединение. Независимое параллельное соединение двигателя. Управление энергетическим потоком. Различные способы и механизмы для преобразования движений. Суммирование, реверсирование, прерывание, синхронизация движений. Преобразование движений. [1, 2].

Тема 4: Использование физико-технических эффектов при решении конструкторских задач.

Центробежные силы. Инерция. Клин. Рычаг. Эксцентрик. Гидростатический эффект. Упругость. Сила тяжести. Теплопроводность материалов. Колебание. Трение. Закономерности истечения. Тепловое расширение материалов. Давление – Разрежение. Электромагнитные явления. Ферромагнитные частицы. Магнитострикция, пьезоэффект. Закон Гука. Тензометрия. Удар. Фазовое и псевдофазовое превращения. Лазер. Капилляр. Эффект струны. Эффект «память формы». Избирательный перенос при трении. Внутреннее трение. Ультразвуковое диспергирование. [1, 2].

Тема 5: Выделение главных моментов при конструировании. Метод формообразования.

Схемы движений. Компоновка горной машины. Рациональная силовая схема. Разработка технического задания на проектирование. Формулировка задачи. Разработка технических требований с ограничениями. Основные показатели. Состав требований. [1, 2].

Тема 6: Приемы и методы технического творчества. Конструирование и изобретательство. **Унификация и стандартизация.**

Роль и место изобретений в создании машин. Уровни новизны изобретений. Понятия терминов унификация и стандартизация. Уровни стандартизации и унификации и методы их оценки. Понятие о коэффициентах применяемости, повторяемости, блочности, собираемости и коэффициента охвата составных частей изделия типовыми технологическими процессами при оценке качества изделия. Вопросы унификации. Основные принципы построения параметрических рядов оборудования. [1, 2].

Тема 7: Нетрадиционные конструкторские решения. Морфологический анализ.

Обеспечение компактности конструкции. Совмещение различных функций. Выборка зазоров в кинематических цепях. Компенсация упругих деформаций деталей. Приводы перемещений узлов. Создание оригинальной конструкции. Морфологический анализ. Составление морфологической карты. Учет «мелочей» при конструировании. Учет ошибок конструирования. Метод анализа ошибок. [1, 2].

Тема 8: Метод анализа ошибок.

Явные и неявные ошибки. Ошибки функционирования. Ошибки формообразования. Кинематические ошибки. Ошибки компоновки. Конструкции механизмов, в которых не в полной мере учтены условия эксплуатации. Нерациональное восприятие нагрузок. Погрешности изготовления и сборки. Нерациональные конструкции. Недостатки оформления чертежей. [1, 2].

Тема: 9: Преобразование объектов. Варьирование носителем эффекта как средство решения конструкторской задачи.

Изменение формы. Изменение вида рабочих поверхностей. Изменение положения элементов. Преобразование структуры. Изменение связей. Преобразование в пространстве, во времени, преобразование движения и силы. Изменение материала. Использование аналогий. Использование инверсии. Совмещение функций. [1, 2].

Тема 10: Особенности функционального конструирования

Функциональная целесообразность конструкции горной машины. Варианты конструкций. Расчетно-логический анализ по основным показателям работоспособности конструкции. Прямая и многокритериальная оптимизация. Качественные критерии работоспособности конструкции. Использование личного опыта и интуиции конструктора. Компромиссы при конструировании. Надежность, технологичность конструкции. Выход из тупиковых ситуаций. «Парадоксы» конструкций. [1, 2].

Тема 11: Обеспечение преемственности конструкции.

Конструктивный ряд. Типовые конструкции и модульный принцип конструирования. Конструкционный модуль. Конструирование с использованием каталогов. Конструирование с использованием аналогов. [1, 2].

Тема 12: Рациональное конструирование горных машин.

Основные этапы создания машин. Проектирование. Конструирование. Технологическая подготовка производства. Изготовление и испытание опытных образцов. Освоение серийного производства. Показатели функционирования, надежности, эргономичности, эстетичности, технологичности, ресурсопотребления, безопасности, экологичности, конкурентоспособности. [1, 2].

Тема 13: Виды и показатели технологичности конструкции. Способы повышения компактности.

Конструирование и силовые схемы. Силы, действующие в конструкциях. Факторы, влияющие на выбор рациональной силовой схемы. Рациональное нагружение деталей. Избыточные и недостающие связи в конструкциях. [1, 2].

Тема 14: Надежность конструкции горных машин на примере экскаваторостроения.

Показатели надежности и их структура. Единичные и комплексные показатели. Отказы оборудования и их характеристика. Законы распределения наработки до отказа – экспоненциальный, Вейбулла, нормальный, гамма-закон и др. Основные зависимости, характеризующие

законы распределения, применение законов к изучению нестационарных потоков отказов. Характерные признаки законов. Планы испытаний на надежность. Установление законов распределения наработки до отказа по данным выборки. Проверка согласованности теоретического и статистического распределений. Критерии согласия. Расчет надежности систем - восстанавливаемых и с плановым техническим обслуживанием. Расчет надежности в зависимости от распределения показателей прочности и нагрузки. [3, 4, 7, 8].

Тема 15: Конструктивные схемы рабочего оборудования прямых лопат. Определение рабочих размеров. Сопротивление копанию.

Расчет усилий на зубьях ковша. Динамика нагружения при стопорении ковша в забое. Влияние различных факторов на сопротивления копанию (конструкции режущей кромки, формы и состояния зубьев, угла резания и др.). [3, 4, 7, 8]

Тема 16: Кинематические особенности рабочего оборудования прямых лопат. Траектории движения ковша и краткий силовой анализ схем различных типов.

Расчет усилий на блоке ковша прямой лопаты. Динамические нагрузки в подъемных механизмах. Расчет усилий и скоростей напорного механизма. Динамика стопорных режимов напорного механизма. [3, 4, 7, 8]

Тема 17: Конструктивные схемы драглайнов. Усилия и скорости подъема и тяги.

Расчет мощности приводов. Допустимые усилия на зубьях ковша из условия устойчивости при копании. Зоны управления ковшом драглайна. Расчет усилий на зубьях ковша драглайна. Динамические нагрузки при отрыве ковша от забоя. [3, 4, 7, 8]

Тема 18: Силовое оборудование горных машин. Режимы работы приводов.

Требования к силовому оборудованию горных машин. Многомоторный привод постоянного тока по системе Г-Д. Структура и режимы управления. Типы двигателей и основные характеристики. [3, 4, 7, 8]

Тема 19: Рабочее оборудование прямых лопат. Требования к конструкции стрел, рукоятей и ковшей.

Типы рукоятей прямых лопат. Нагрузки и методы расчета рукоятей основ, типов. Типы стрел прямых лопат. Нагрузки и методы расчета стрел. Упругая схема стрелы драглайна для исследования колебаний и расчетные коэффициенты динамичности. Конструкция узлов рабочего оборудования драглайнов. Основные типы стрел. Нагрузки, действующие на стрелу. Конструкция ковшей одноковшовых экскаваторов. Характер работы, нагружение и методы расчета на прочность. [3, 4, 7, 8]

Тема 20: Ходовое оборудование одноковшовых экскаваторов.

Основные функции. Распределение давления на грунт. Мобильность и маневренность. Сравнение различных типов ходового оборудования и их применение. Компоновка приводов хода. Расчет распределения давления под опорными поверхностями. [3, 4, 7, 8]

Тема 21: Статический расчет экскаваторов.

Две основные задачи. Типы опорно-поворотных устройств. Методы определения нагрузок и методики расчета на прочность и выносливость. [3, 4, 7, 8]

Тема 22: Использование мехатронных устройств. Мехатроника.

Характерные особенности мехатронных систем. Основные признаки механической составляющей мехатронной системы. Основные функции мехатронных систем.

.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ

Тема 1: Общие приемы и методы конструирования.

Разработка концепции машин и устройств. Этапы и методы разработки концепции. Принятие решений при проектировании. Использование при конструировании элементарных физических операций [1-2].

Тема 2: Основные операции проектирования.

Композиция – декомпозиция. Объединение – Дробление. Накапливание - Расходование. Преобразование – Восстановление. Колебание – Выравнивание. Управление - Неуправление. Концентрирование. Пропускание – Изолирование. Испускание – Поглощение. Сжатие – Разрежение. Фиксирование - Расфиксирование. [1, 2].

Тема 3: Система движений. Способы и механизмы для преобразования движений.

Соединение приводов. Последовательное соединение. Независимое параллельное соединение двигателя. Управление энергетическим потоком. Различные способы и механизмы для преобразования движений. Суммирование, реверсирование, прерывание, синхронизация движений. Преобразование движений. [1, 2].

Тема 4: Использование физико-технических эффектов при решении конструкторских задач.

Центробежные силы. Инерция. Клин. Рычаг. Эксцентрик. Гидростатический эффект. Упругость. Сила тяжести. Теплопроводность материалов. Колебание. Трение. Закономерности истечения. Тепловое расширение материалов. Давление – Разрежение. Электромагнитные явления. Ферромагнитные частицы. Магнитострикция, пьезоэффект. Закон Гука. Тензометрия. Удар. Фазовое и псевдофазовое превращения. Лазер. Капилляр. Эффект струны. Эффект «память формы». Избирательный перенос при трении. Внутреннее трение. Ультразвуковое диспергирование. [1, 2].

Тема 5: Выделение главных моментов при конструировании. Метод формообразования.

Схемы движений. Компоновка горной машины. Рациональная силовая схема. Разработка технического задания на проектирование. Формулировка задачи. Разработка технических требований с ограничениями. Основные показатели. Состав требований. [1, 2].

Тема 6: Приемы и методы технического творчества. Конструирование и изобретательство. **Унификация и стандартизация.**

Роль и место изобретений в создании машин. Уровни новизны изобретений. Понятия терминов унификация и стандартизация. Уровни стандартизации и унификации и методы их оценки. Понятие о коэффициентах применяемости, повторяемости, блочности, собираемости и коэффициента охвата составных частей изделия типовыми технологическими процессами при оценке качества изделия. Вопросы унификации. Основные принципы построения параметрических рядов оборудования. [1, 2].

Тема 7: Нетрадиционные конструкторские решения. Морфологический анализ.

Обеспечение компактности конструкции. Совмещение различных функций. Выборка зазоров в кинематических цепях. Компенсация упругих деформаций деталей. Приводы перемещений узлов. Создание оригинальной конструкции. Морфологический анализ. Составление морфологической карты. Учет «мелочей» при конструировании. Учет ошибок конструирования. Метод анализа ошибок. [1, 2].

Тема 8: Метод анализа ошибок.

Явные и неявные ошибки. Ошибки функционирования. Ошибки формообразования. Кинематические ошибки. Ошибки компоновки. Конструкции механизмов, в которых не в полной мере учтены условия эксплуатации. Нерациональное восприятие нагрузок. Погрешности изготовления и сборки. Нерациональные конструкции. Недостатки оформления чертежей. [1, 2].

Тема: 9: Преобразование объектов. Варьирование носителем эффекта как средство решения конструкторской задачи.

Изменение формы. Изменение вида рабочих поверхностей. Изменение положения элементов. Преобразование структуры. Изменение связей. Преобразование в пространстве, во времени, преобразование движения и силы. Изменение материала. Использование аналогий. Использование инверсии. Совмещение функций. [1, 2].

Тема 10: Особенности функционального конструирования

Функциональная целесообразность конструкции горной машины. Варианты конструкций. Расчетно-логический анализ по основным показателям работоспособности конструкции. Прямая и многокритериальная оптимизация. Качественные критерии работоспособности кон-

струкции. Использование личного опыта и интуиции конструктора. Компромиссы при конструировании. Надежность, технологичность конструкции. Выход из тупиковых ситуаций. «Парадоксы» конструкций. [1, 2].

Тема 11: Обеспечение преемственности конструкции.

Конструктивный ряд. Типовые конструкции и модульный принцип конструирования. Конструкционный модуль. Конструирование с использованием каталогов. Конструирование с использованием аналогов. [1, 2].

Тема 12: Рациональное конструирование горных машин.

Основные этапы создания машин. Проектирование. Конструирование. Технологическая подготовка производства. Изготовление и испытание опытных образцов. Освоение серийного производства. Показатели функционирования, надежности, эргономичности, эстетичности, технологичности, ресурсопотребления, безопасности, экологичности, конкурентоспособности. [1, 2].

Тема 13: Виды и показатели технологичности конструкции. Способы повышения компактности.

Конструирование и силовые схемы. Силы, действующие в конструкциях. Факторы, влияющие на выбор рациональной силовой схемы. Рациональное нагружение деталей. Избыточные и недостающие связи в конструкциях. [1, 2].

Тема 14: Надежность конструкции горных машин на примере экскаваторостроения.

Показатели надежности и их структура. Единичные и комплексные показатели. Отказы оборудования и их характеристика. Законы распределения наработки до отказа – экспоненциальный, Вейбулла, нормальный, гамма-закон и др. Основные зависимости, характеризующие законы распределения, применение законов к изучению нестационарных потоков отказов. Характерные признаки законов. Планы испытаний на надежность. Установление законов распределения наработки до отказа по данным выборки. Проверка согласованности теоретического и статистического распределений. Критерии согласия. Расчет надежности систем - восстанавливаемых и с плановым техническим обслуживанием. Расчет надежности в зависимости от распределения показателей прочности и нагрузки. [3, 4, 7, 8].

Тема 15: Конструктивные схемы рабочего оборудования прямых лопат. Определение рабочих размеров. Сопротивление копанию.

Расчет усилий на зубьях ковша. Динамика нагружения при стопорении ковша в забое. Влияние различных факторов на сопротивления копанию (конструкции режущей кромки, формы и состояния зубьев, угла резания и др.). [3, 4, 7, 8]

Тема 16: Кинематические особенности рабочего оборудования прямых лопат. Траектории движения ковша и краткий силовой анализ схем различных типов.

Расчет усилий на блоке ковша прямой лопаты. Динамические нагрузки в подъемных механизмах. Расчет усилий и скоростей напорного механизма. Динамика стопорных режимов напорного механизма. [3, 4, 7, 8]

Тема 17: Конструктивные схемы драглайнов. Усилия и скорости подъема и тяги.

Расчет мощности приводов. Допустимые усилия на зубьях ковша из условия устойчивости при копании. Зоны управления ковшом драглайна. Расчет усилий на зубьях ковша драглайна. Динамические нагрузки при отрыве ковша от забоя. [3, 4, 7, 8]

Тема 18: Силовое оборудование горных машин. Режимы работы приводов.

Требования к силовому оборудованию горных машин. Многомоторный привод постоянного тока по системе Г-Д. Структура и режимы управления. Типы двигателей и основные характеристики. [3, 4, 7, 8]

Тема 19: Рабочее оборудование прямых лопат. Требования к конструкции стрел, рукоятей и ковшей.

Типы рукоятей прямых лопат. Нагрузки и методы расчета рукоятей основ, типов. Типы стрел прямых лопат. Нагрузки и методы расчета стрел. Упругая схема стрелы драглайна для исследования колебаний и расчетные коэффициенты динамичности. Конструкция узлов рабо-

чего оборудования драглайнов. Основные типы стрел. Нагрузки, действующие на стрелу. Конструкция ковшей одноковшовых экскаваторов. Характер работы, нагружение и методы расчета на прочность. [3, 4, 7, 8]

Тема 20: Ходовое оборудование одноковшовых экскаваторов.

Основные функции. Распределение давления на грунт. Мобильность и маневренность. Сравнение различных типов ходового оборудования и их применение. Компоновка приводов хода. Расчет распределения давления под опорными поверхностями. [3, 4, 7, 8]

Тема 21: Статический расчет экскаваторов.

Две основные задачи. Типы опорно-поворотных устройств. Методы определения нагрузок и методики расчета на прочность и выносливость. [3, 4, 7, 8]

Тема 22: Использование мехатронных устройств. Мехатроника.

Характерные особенности мехатронных систем. Основные признаки механической составляющей мехатронной системы. Основные функции мехатронных систем [5, 6].

3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ (СЕМИНАРСКИМ) ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическим занятиям должна вестись непрерывно по всем вышеперечисленным темам.

Примеры практических заданий приведены ниже.

Задача 1.Определите осевое и радиальное усилия, действующие на вал, если известны: момент двигателя 12,6 кН.м, делительный диаметр шестерни 212 мм, и угол профиля зуба 20 град

Задача 2. Рассчитать основные параметры карьерного экскаватора ЭКГ-5 при зубчато-реечном напорном механизме.

Задача 3. Провести функциональное преобразование деталей по предложенным чертежам.

Задача 4. Составить морфологическую карту конструкции привода карьерного экскаватора.

Задача 5. Провести анализ формообразования конструкции поворотного механизма шагающего драглайна.

Задача 6. Провести анализ компоновки конструкции бурового станка.

Задача 7. При проектировании привода хода карьерного экскаватора воспользоваться модульным принципом конструирования.

4. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняется студентами после изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Теория машин и механизмов», «Сопротивление материалов», «Детали машин», «Оптимизация параметров горных машин». Объединение знаний, полученных при изучении указанных дисциплин, достигается комплексным характером задачи, в которой осуществляется предварительный выбор параметров машины, кинематический анализ рабочего оборудования, статический и динамический расчеты погрузчика, расчет усилий в основных элементах и оценка их прочности.

Темой курсового проекта может быть проектирование и разработка конструкции рабочего оборудования погрузчика заданной грузоподъемности для определенных условий его работы (грунт, вид транспорта и расстояние транспортирования).

Задание на курсовое проектирование разрабатывается руководителем проекта и содержит следующие разделы.

Тема работы с указанием отличительных конструктивных признаков проектируемого узла

Источники для обоснования выбора конструктивной схемы рабочего оборудования: монографии, патенты, рекламные проспекты, статьи и другие материалы

Предварительное определение содержания пояснительной записки: горная технология, обоснование и выбор параметров, проектные расчеты, отработка технологичности проектируемого узла

Графическая часть проекта: объем и содержание разрабатываемых чертежей

ЛИТЕРАТУРА

1. Крайнев А.Ф. Идеалогия конструирования. М.: Машиностроение-1, 2003. - 384 с.

2. Орлов П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие в 2 кн. – 3-е изд., испр. М.: Машиностроение,1988.

3. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство «Майнинг Медиа Групп», 2011. - 640 с.

4. Лагунова Ю.А., Бочков В.С. Экскаваторы-драглайны: Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 120 с.

5. Лагунова Ю. А., Комиссаров А.П., Шестаков В.С. и др. Машиностроение. Энциклопедия. М.: Машиностроение. Горные машины. Т. IV-24, 2011. 496 с.

6. Горное оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов. Ответств. Редактор-составитель Г.Х. Бойко. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. – 240 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

для обучающихся по дисциплине

Б1.О.36 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24

Проектирование технологических машин и комплексов

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2024**

Автор: Калянов А. Е., доцент, к.т.н.

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

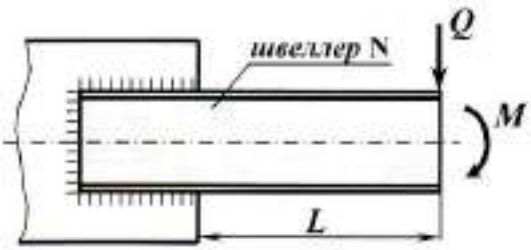
Екатеринбург

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задание № 1 «Оценка выносливости материала»

1. Дать развернутую характеристику материала 09Г2С. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,8. Вычислить предел выносливости для сварного соединения листов разной толщины.

Задание № 2 «Проектирование сварного соединения»

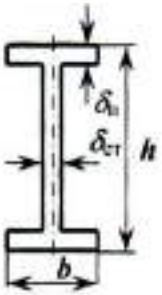


2. Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 2	Q, кН	M, кНм	L, м
швеллер N 27	44	25	4,1

материал соединения Сталь20

Задание № 3 «Проектирование болтового монтажного соединения»



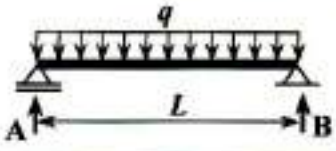
3. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_{п2}$, мм
8	15ХСНД	2000	400	30	30

Проверить соединение на выносливость r = -0,32.

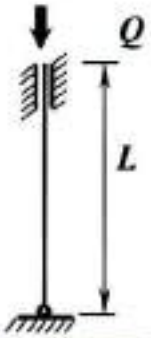
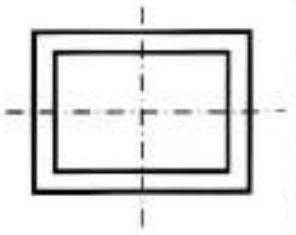
Задание № 4 «Проектирование составной балки»

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
8		q=14 кН/м L=8 м	10ХСНД

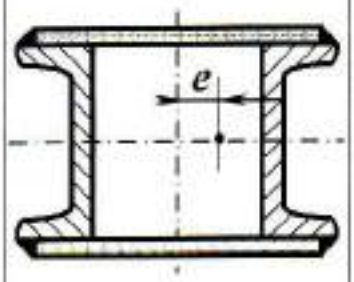
Задание № 5 «Проектирование центрально-сжатого стержня»;

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
10		
Q = 500 кН, L = 2,0 м		ст3

Задание № 6 «Проектирование внецентренно сжатого стержня»

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		
Q =2800кН,L =3,2м, e = 0,05м		10ХСНД

Задание № 7 «Подбор параметров башенной буровой вышки».

7. Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.

Условия:

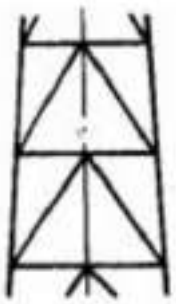
Грузоподъемность 2500кН.

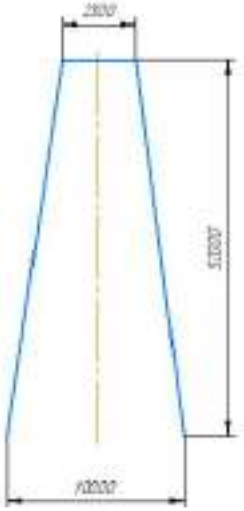
Высота вышки 52 м, 7 секций по высоте.

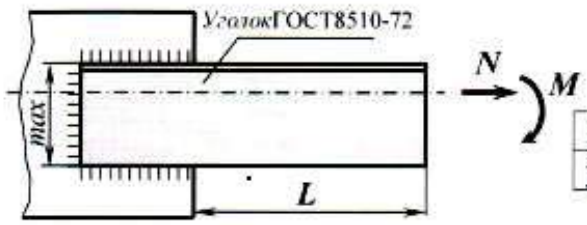
Схема решетки показана на рисунке.

Коэффициент устойчивости не менее 4.

Запас по прочности металлоконструкции не менее 2.



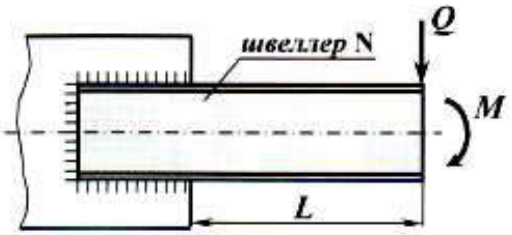




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 1	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 14/9(10)	94	40	0,94

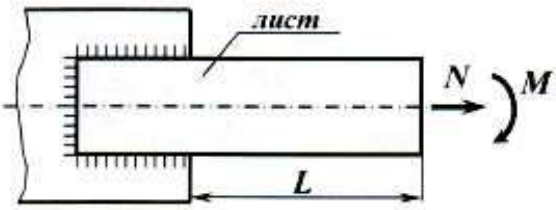
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 2	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
швеллер N 27	44	25	4,1

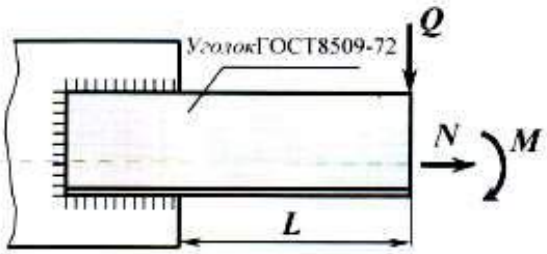
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 3	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
лист 280×25	270	166	1,8

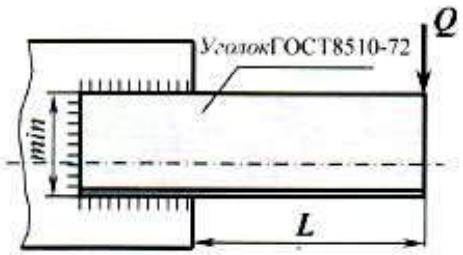
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 4	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20(14)	38	110	25	2,6

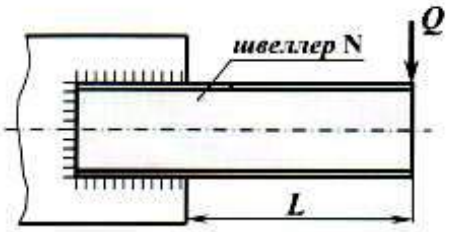
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 5	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 16/10(9)	46	2,82

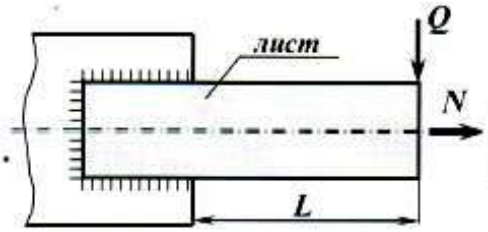
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 6	Q, кН	L, м
швеллер N33	34	2,6

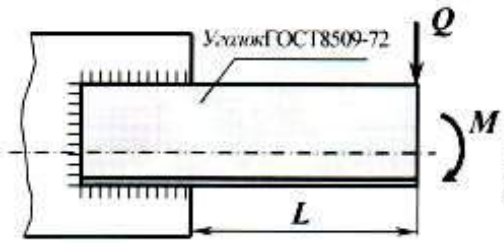
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 7	Q, кН	N, кН	L, м
лист 180×8	43	200	2,8

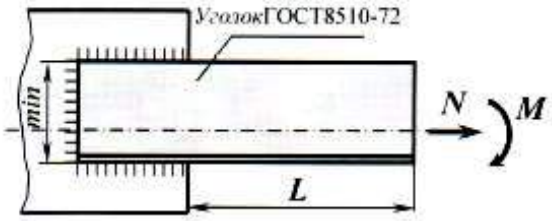
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 8	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N22 (14)	29	30	4,0

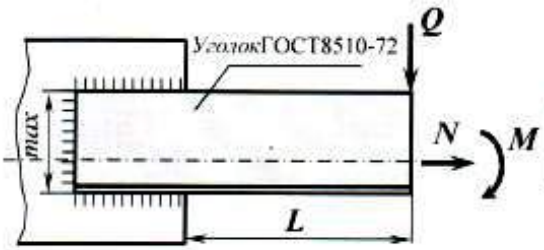
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 9	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(8)	53	22	1,72

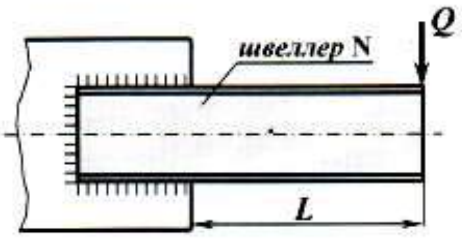
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 10	Q, кН	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N11/7(6,5)	17	64	32	2,5

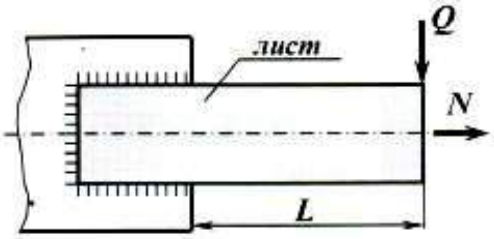
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 11	Q, кН	L, м
швеллер N20	18	1,8

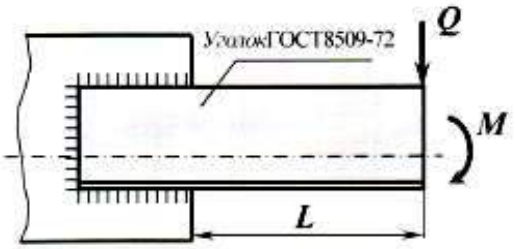
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 12	Q, кН	N, кН	L, м
лист 180×20	86	150	1,4

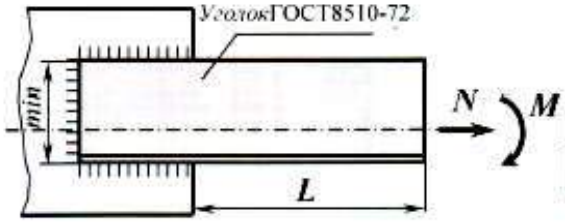
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 13	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N10 (8)	11	8	1,05

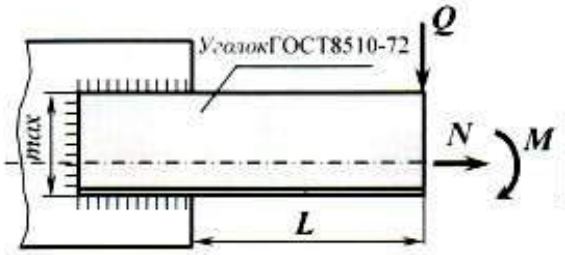
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 14	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(8)	25	13	0,7

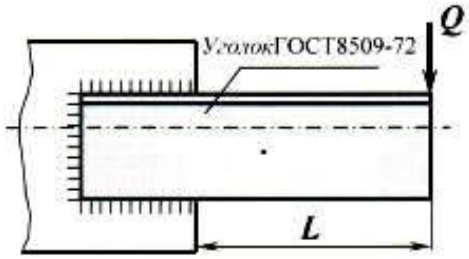
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 15	Q, кН	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(6,5)	25	55	28	0,9

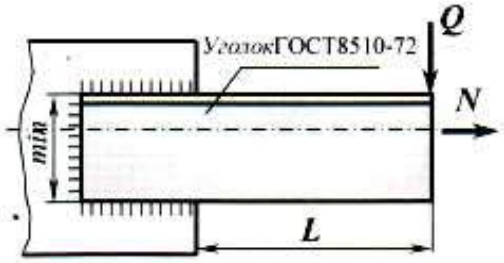
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 16	Q, кН	L, м
уголок N 10 (14)	16	1,52

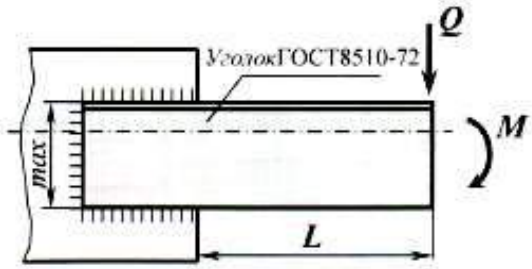
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 17	Q, кН	N, кН	L, м
уголок N 9/5,6 (8)	7	15	1,33

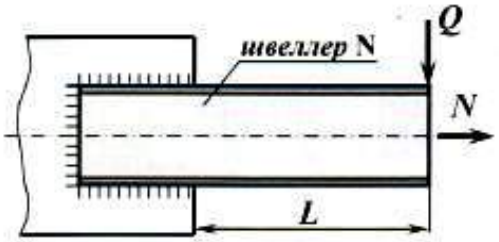
материал соединения 15ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 18	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N 9/5,6(6)	12	7	0,64

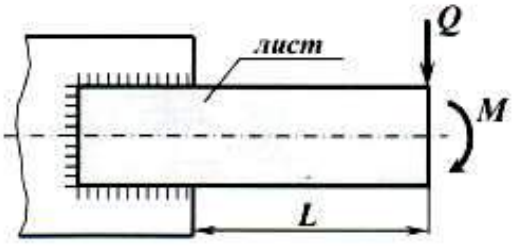
материал соединения Сталь15



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 19	Q, кН	N, кН	L, м
швеллер N 14	15	18	1,6

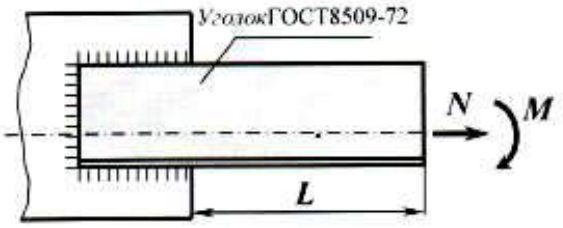
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 20	Q, кН	M, кНм	L, м
лист 120×12	18	16	1,3

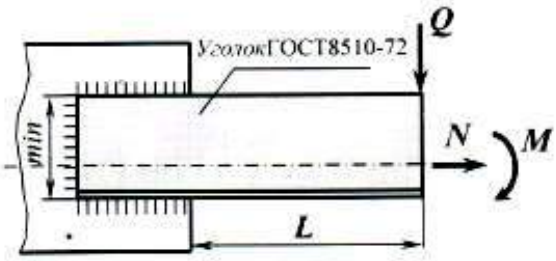
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 21	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 8 (7)	20	14	0,55

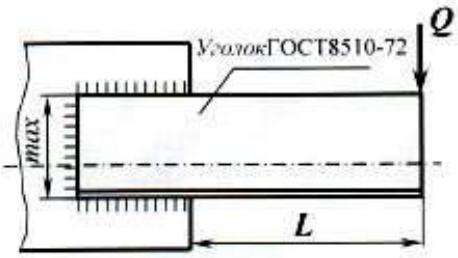
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 22	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 10/6,3(7)	15	35	11	0,62

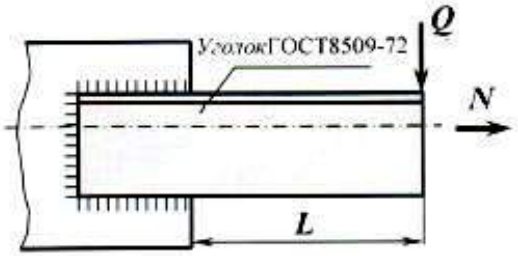
материал соединения сталь 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 23	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 10/6,3(10)	21	1,25

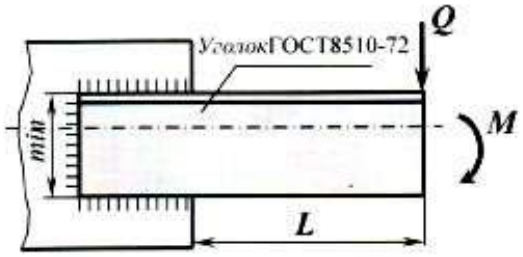
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 24	*Q* , кН	*N* , кН	*L* , м
уголок N 11 (8)	22	42	1,14

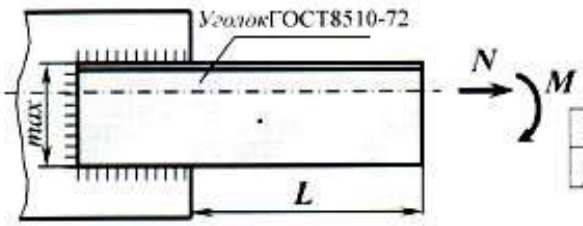
материал соединения 15ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 25	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20/12,5(11)	12	24	0,88

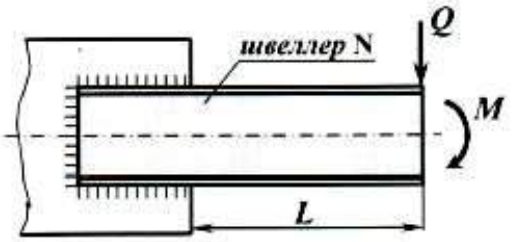
материал соединения Сталь15



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 26	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20/12,5(14)	61	67	0,58

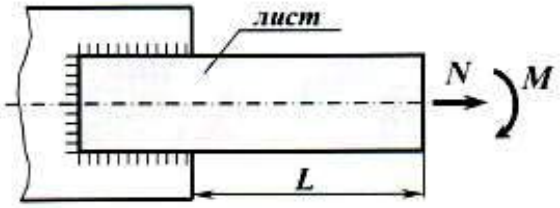
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 27	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
швеллер N 24	13	18	2,8

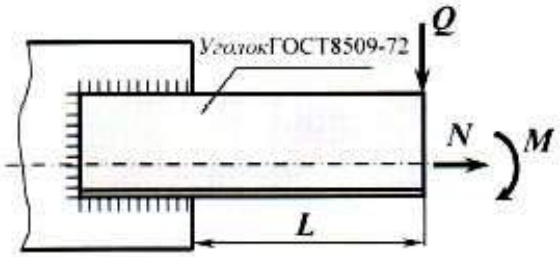
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 28	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
лист 280×25	270	166	1,8

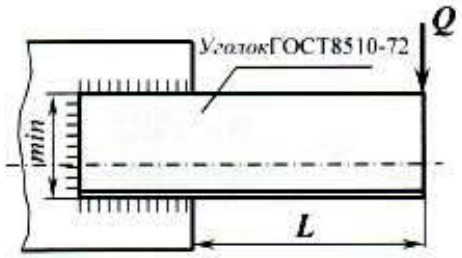
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 29	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 12,5(9)	44	80	32	1,65

материал соединения 20ХГС

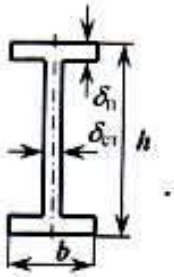


Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 30	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 16/10(9)	21	1,36

материал соединения 09Г2

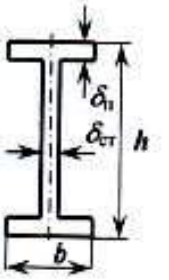
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
1	ст3	600	200	16	20

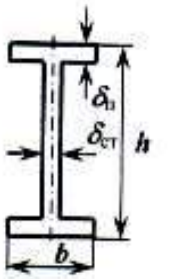
3. Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}8$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
2	10ХСНД	1000	250	20	25

3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}35$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

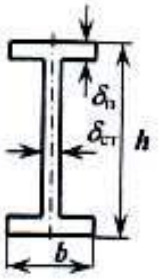
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
3	ст4	1200	300	16	20

3. Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}08$.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
4	15ХСНД	620	150	12	18

3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}6$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

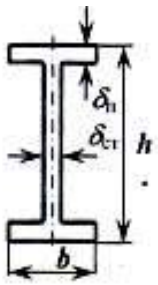
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
5	ст3	1080	300	16	20

3. Проверить соединение на выносливость $r = 1{,}7$.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
6	10ХСНД	1600	400	25	30

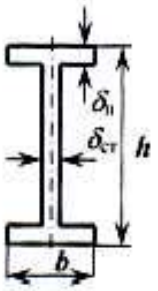
3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}54$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
7	ст4	1500	300	20	25

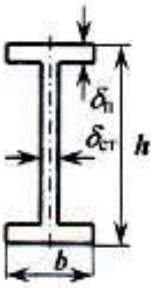
3. Проверить соединение на выносливость r = 2,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
8	15ХСНД	2000	400	30	30

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,32.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

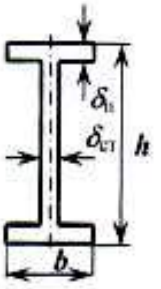
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
9	ст5	750	320	16	18

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,9.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
10	09Г2С	1100	360	18	22

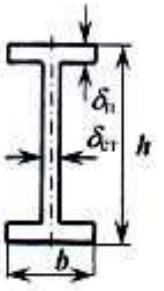
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,09.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
11	ст3	920	280	18	22

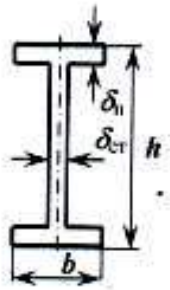
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,05.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
12	09Г2С	1800	380	25	30

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,6.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

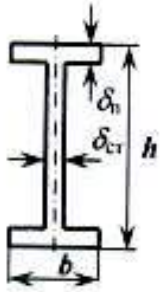
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
13	ст3	1400	320	22	25

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,8.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
14	10ХСНД	1550	300	25	28

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,5.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

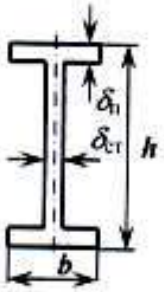
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
15	ст4	800	240	14	18

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,4.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
16	15ХСНД	1240	280	18	25

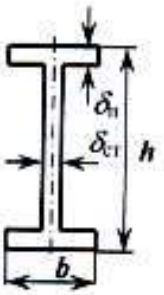
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,4.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
17	ст5	500	120	10	16

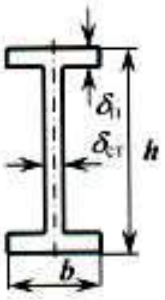
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,15.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
18	10ХСНД	360	80	8	14

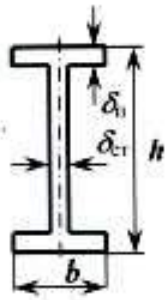
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,12.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
19	09Г2С	950	300	18	28

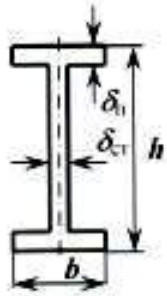
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,7.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
20	10ХСНД	1140	380	20	26

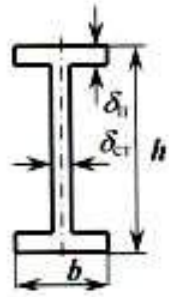
3. Проверить соединение на выносливость r = 1,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
21	ст4	600	160	10	14

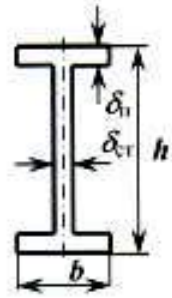
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,85.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
22	15ХСНД	2640	320	20	25

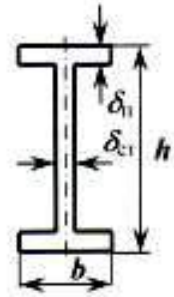
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,32.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
23	ст5	1420	220	15	20

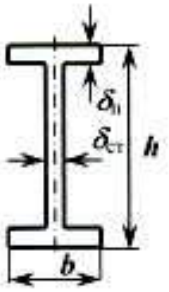
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,25.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
24	10ХСНД	860	210	14	20

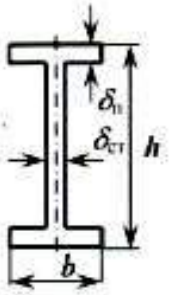
3. Проверить соединение на выносливость r = -1,3.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
25	09Г2С	800	240	14	18

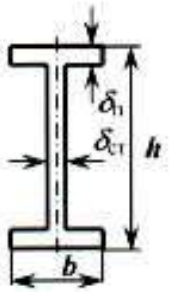
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,4.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
26	15ХСНД	1370	350	22	30

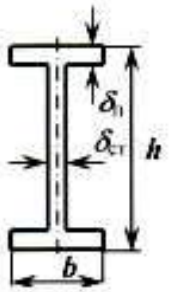
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,1.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
27	Ст3	700	130	14	20

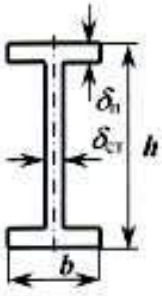
3. Проверить соединение на выносливость r = 0.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
28	10ХСНД	470	50	8	16

3. Проверить соединение на выносливость r = 1,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
29	ст4	1100	330	12	18

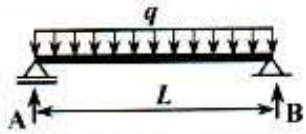
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,7.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

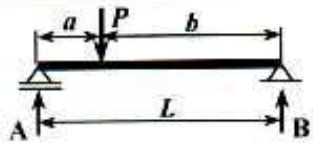
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	2
30	15ХСНД	970	200	16	25

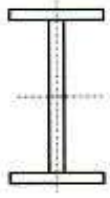
3. Проверить соединение на выносливость r = 2,4.

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

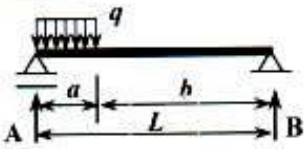
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
1		q=5 кН/м L=5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

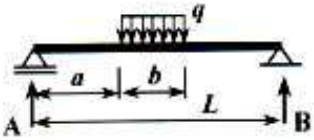
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
2		P=45 кН L=11,2 м a=4,8 м b=6,4 м	10ХСНД

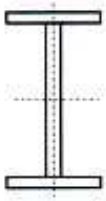


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

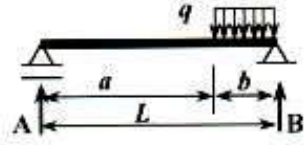
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
3		q=14 кН/м L=8 м a=3,2 м b=4,8 м	ст3

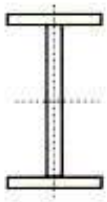
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
4		q=12 кН/м L=6 м a=1,8 м b=2,1 м	Сталь 20

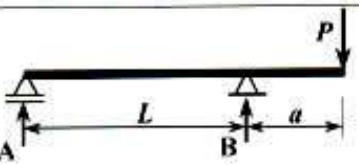


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

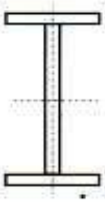
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
5		q=21 кН/м L=12 м a=7,4 м b=4,6 м	09Г2С

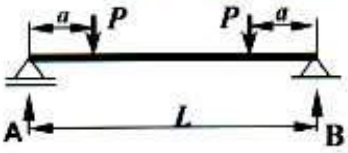


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

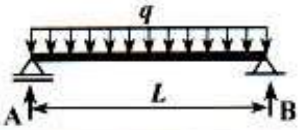
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
6		P=43,5 кН L=7,4 м a=0,94 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

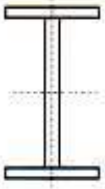


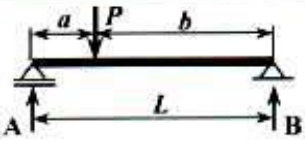
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
7		**P**=25 кН **L**=6 м **a**=1,2 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

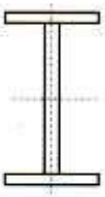
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
8		**q**=14 кН/м **L**=8 м	10ХСНД

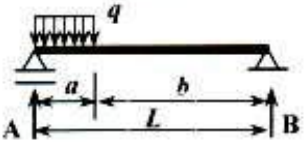
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



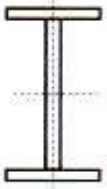
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
9		**P**=58 кН **L**=8,5 м **a**=3,8 м **b**=4,7 м	ст3

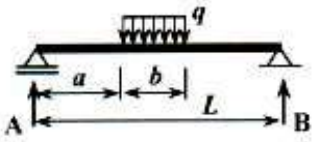
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



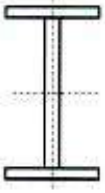
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
10		**q**=20 кН/м **L**=9 м **a**=2,2 м **b**=6,8 м	15ХСНД

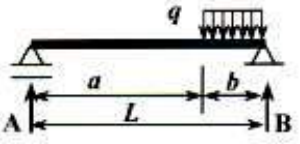
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



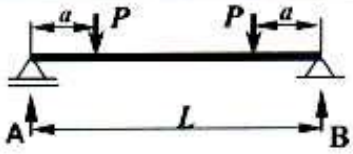
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
11		**q**=15 кН/м **L**=4 м **a**=1,4 м **b**=2,1 м	ст3

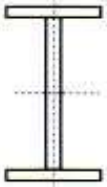
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



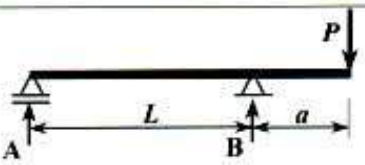
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
12		**q**=16 кН/м **L**=9 м **a**=6,4 м **b**=2,6 м	10ХСНД

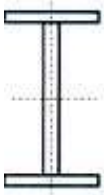
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
13		**P**=30 кН **L**=4,5 м **a**=1,6 м	ст3

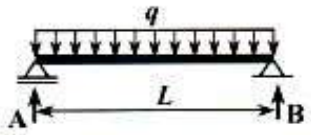


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

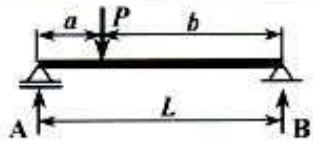
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
14		**P**=56 кН **L**=8м **a**=1,5 м	ст3

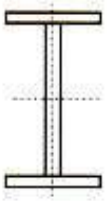


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

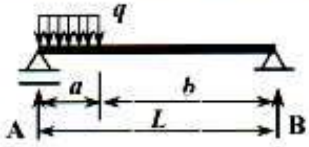
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
15		**q**=22 кН/м **L**=7,5 м	10ХСНД

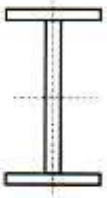
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
16		**P**=26 кН **L**=4,6 м **a**=0,8 м **b**=3,8 м	ст3

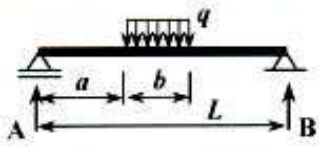


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

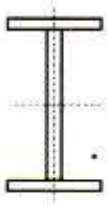
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
17		**q**=18 кН/м **L**=3,4 м **a**=0,6 м **b**=2,8 м	10ХСНД

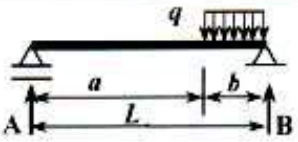


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

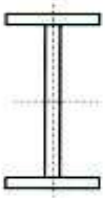
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
18		**q**=27 кН/м **L**=8,2 м **a**=3,5 м **b**=1,9 м	ст3

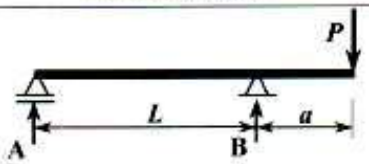
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



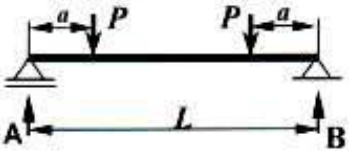
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
19		q=18 кН/м L=6 м a=4,3 м b=1,7 м	10ХСНД

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

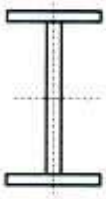


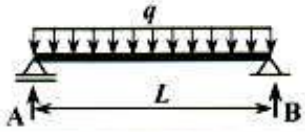
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
20		P=32 кН L=5,5 м a=1,5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

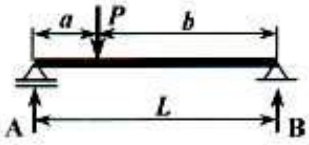
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
21		P=16 кН L=2,5 м a=0,3 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

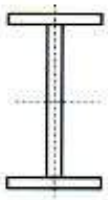


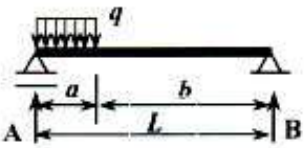
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
22		q=16 кН/м L=6,5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

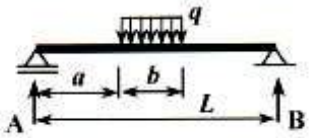
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
23		P=38 кН L=7,5 м a=2,4 м b=5,1 м	10ХСНД

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

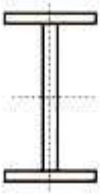


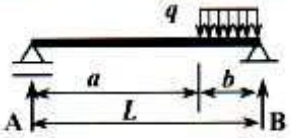
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
24		q=11 кН/м L=3 м a=0,4 м b=2,6 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

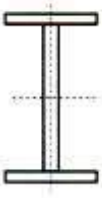
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
25		q=9 кН/м L=4,2 м a=0,8 м b=2,6 м	10ХСНД

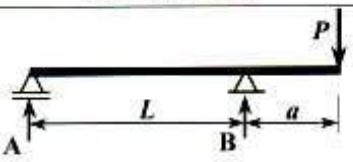
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



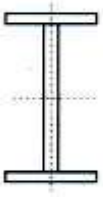
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
26		q=18 кН/м L=6,3 м a=3 м b=3,3 м	ст3

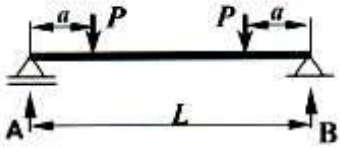
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



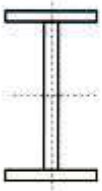
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
27		P=70 кН L=12 м a=3,5 м	10ХСНД

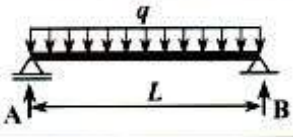
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



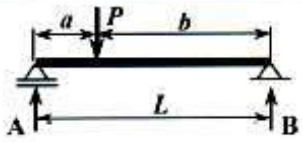
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
28		P=90 кН L=8,2 м a=2,6 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

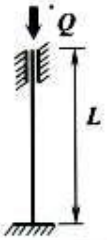
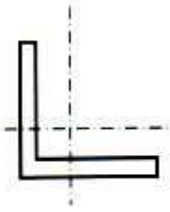


№	схема нагружения	Значение параметров	материал
29		q=35 кН/м L=4,2 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

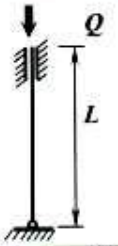
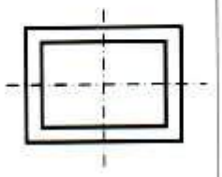
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
30		P=45 кН L=5,5 м a=1,4 м	10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
9		

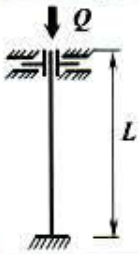
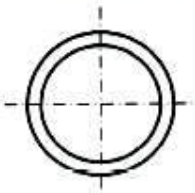
Q = 900 кН, L = 4,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
10		

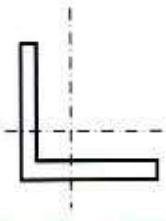
Q = 500 кН, L = 2,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
11		

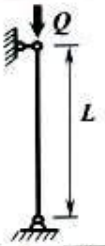
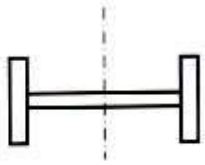
Q = 2500 кН, L = 12,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
12		

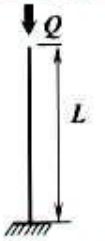
Q = 200 кН, L = 2,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
13		

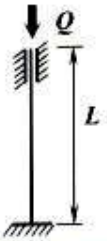
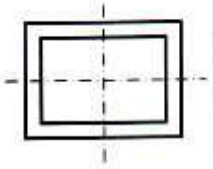
Q = 850 кН, L = 4,2 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
14		

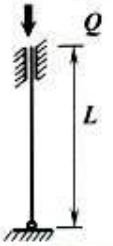
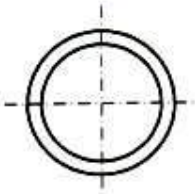
Q = 520 кН, L = 2,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
15		

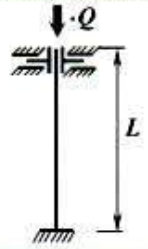
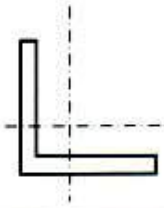
Q = 1300 кН, L =6,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

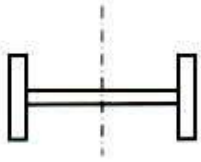
№	Схема нагружения	Сечение
16		

Q = 2200 кН, L = 9,0 м 10ХСНД

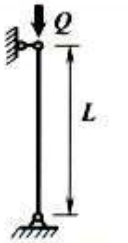
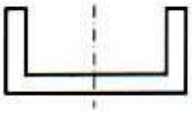
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
17		
Q = 400 кН, L = 3,0 м		ст3

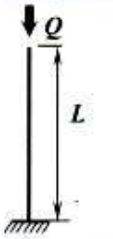
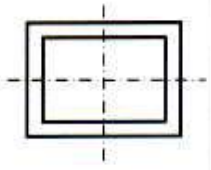
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
18		
Q = 4800 кН, L = 4,0 м		10ХСНД

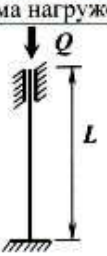
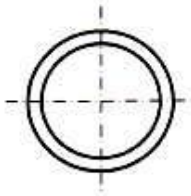
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
19		
Q = 600 кН, L = 3,0 м		10ХСНД

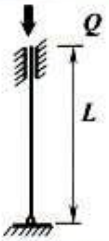
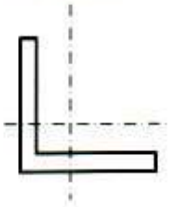
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
20		
Q = 620 кН, L = 3,0 м		ст3

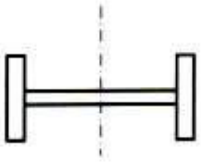
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
21		
Q = 760 кН, L = 3,3 м		10ХСНД

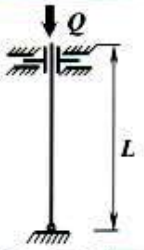
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
22		
Q = 420 кН, L = 2,8 м		ст3

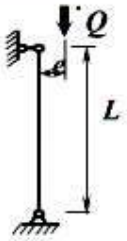
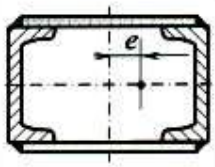
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
23		
Q = 2300 кН, L = 10,0 м		10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

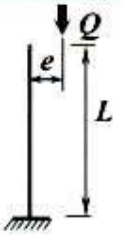
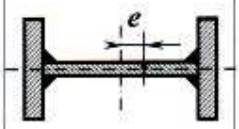
№	Схема нагружения	Сечение
24		
Q = 420 кН, L = 2,0 м		ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
1		

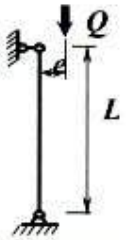
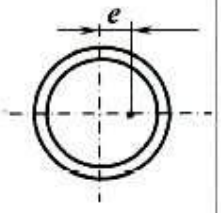
Q = 600 кН, L = 2,5 м, e = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
2		

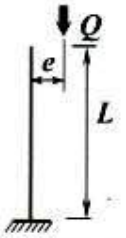
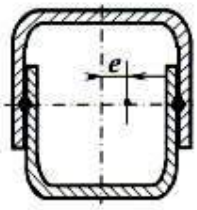
Q =500 кН, L =3,0 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
3		

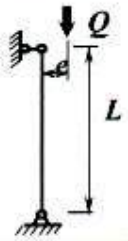
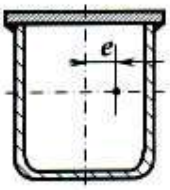
Q = 1000 кН, L = 5,0 м, e = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
4		

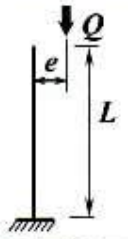
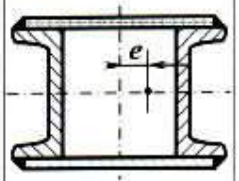
Q =2000кН, L =7,0м, e =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
5		

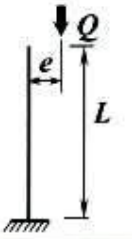
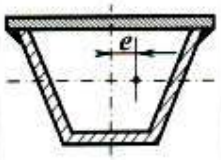
Q = 5000 кН, L = 3,5 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		

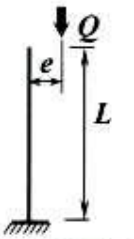
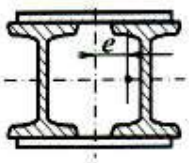
Q =2800кН, L =3,2м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
7		

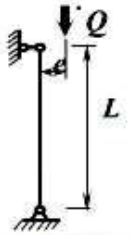
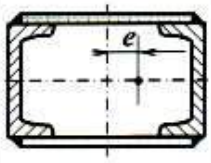
Q =4000кН, L =12,5м, e = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
8		

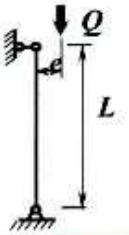
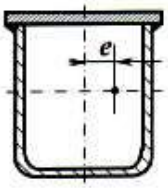
Q = 2000 кН, L = 2,6 м, e = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
1		

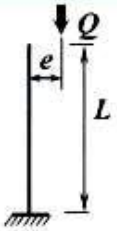
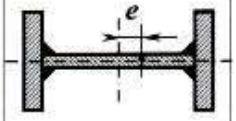
Q = 600 кН, L = 2,5 м, e = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
5		

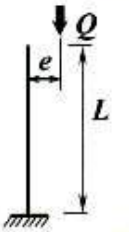
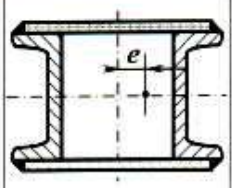
Q = 5000 кН, L = 3,5 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
2		

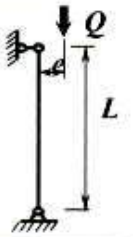
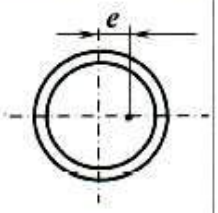
Q =500 кН, L =3,0 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		

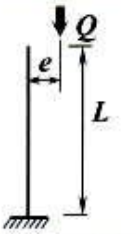
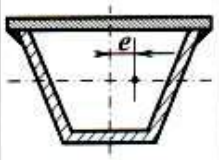
Q =2800кН, L =3,2м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
3		

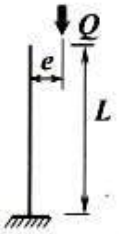
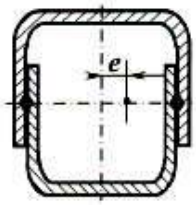
Q = 1000 кН, L = 5,0 м, e = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
7		

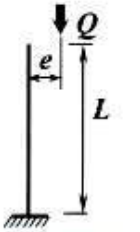
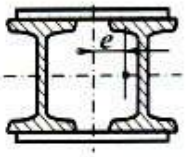
Q =4000кН, L =12,5м, e = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
4		

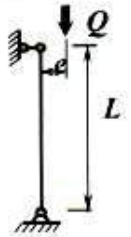
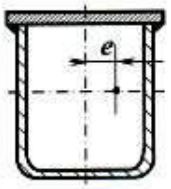
Q =2000кН, L =7,0м, e =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
8		

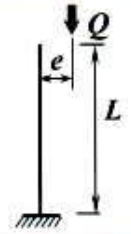
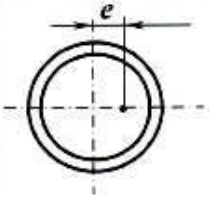
Q = 2000 кН, L = 2,6 м, e = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
17		

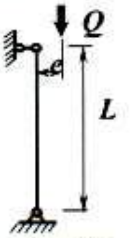
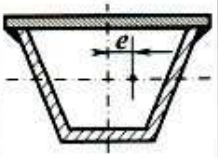
Q = 1200 кН, L = 1,6 м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
18		

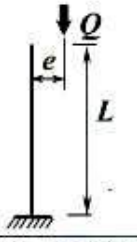
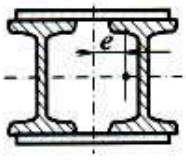
Q =800 кН, L =6,5м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
19		

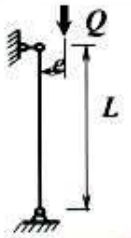
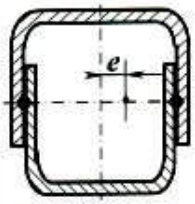
Q =3300кН, L =8,8 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
20		

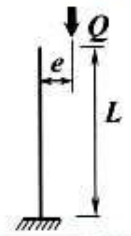
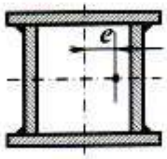
Q = 950 кН, L =1,2 м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
21		

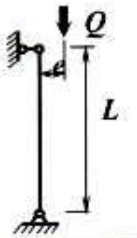
Q =700кН, L =3,0 м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
22		

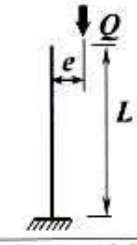
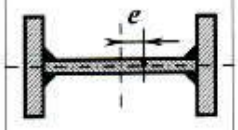
Q =1320 кН, L =6,2м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
23		

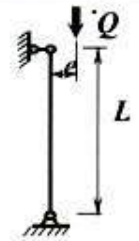
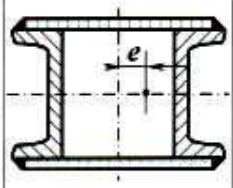
Q =1100кН, L =1,7м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
24		

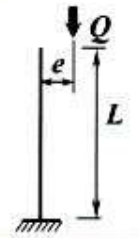
Q =3800 кН, L = 12,0 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
25		

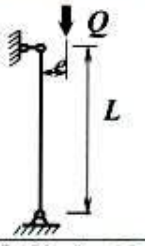
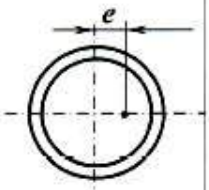
Q = 2400 кН, L = 9,0 м, e = 0,3м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
26		

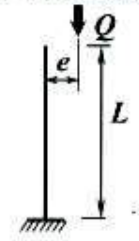
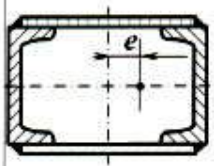
Q =2800кН,L =3,0м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
27		

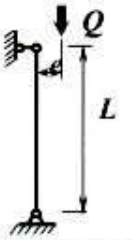
Q = 4000 кН, L = 12,0 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
28		

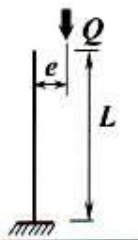
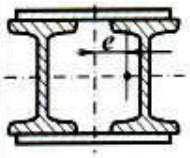
Q =3500кН,L =2,7 м,e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
29		

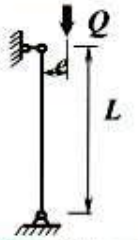
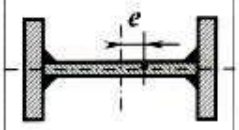
Q =5200 кН, L = 3,8 м, e = 0,1 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
30		

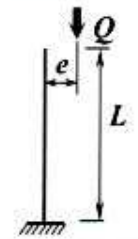
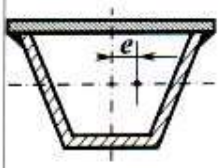
Q =840 кН,L =5,0 м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
31		

Q =700кН,L = 5,7 м, e = 0,02м Сталь 20

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
32		

Q=15200кН, L=12,8 м, e=0,1м 15ХСНД

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практической и контрольной работы по дисциплине

Б1.О.36 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2024**

Автор: Калянов А. Е., доцент, к.т.н.

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

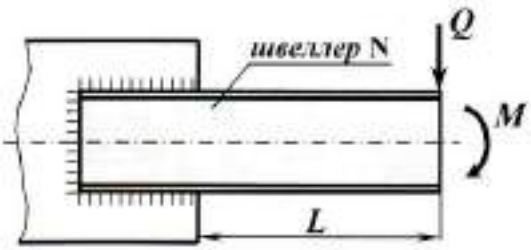
Екатеринбург

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задание № 1 «Оценка выносливости материала»

1. Дать развернутую характеристику материала 09Г2С. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,8. Вычислить предел выносливости для сварного соединения листов разной толщины.

Задание № 2 «Проектирование сварного соединения»

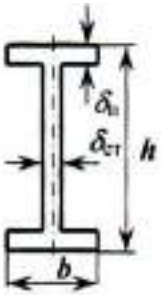


2. Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 2	Q, кН	M, кНм	L, м
швеллер N 27	44	25	4,1

материал соединения Сталь20

Задание № 3 «Проектирование болтового монтажного соединения»



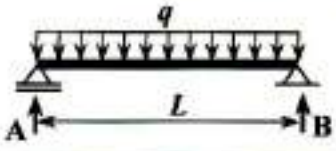
3. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_{п2}$, мм
8	15ХСНД	2000	400	30	30

Проверить соединение на выносливость r = -0,32.

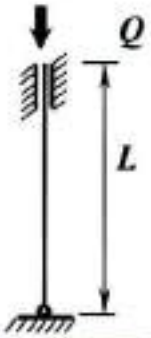
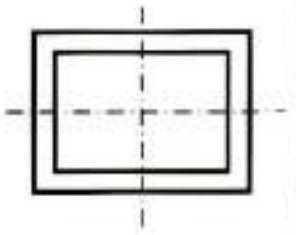
Задание № 4 «Проектирование составной балки»

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
8		q=14 кН/м L=8 м	10ХСНД

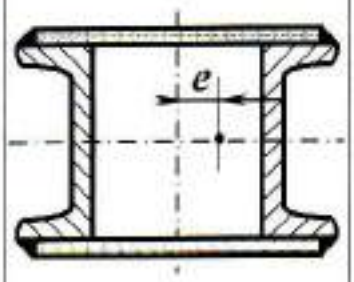
Задание № 5 «Проектирование центрально-сжатого стержня»;

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
10		
Q = 500 кН, L = 2,0 м		ст3

Задание № 6 «Проектирование внецентренно сжатого стержня»

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		
Q =2800кН,L =3,2м, e = 0,05м		10ХСНД

Задание № 7 «Подбор параметров башенной буровой вышки».

7. Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.

Условия:

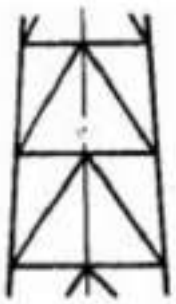
Грузоподъемность 2500кН.

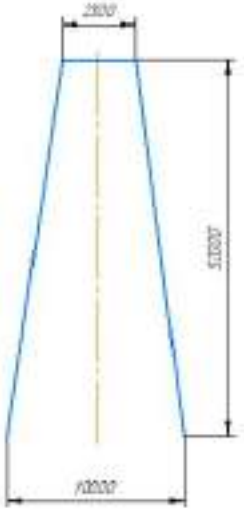
Высота вышки 52 м, 7 секций по высоте.

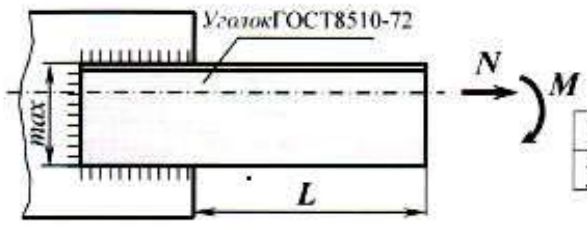
Схема решетки показана на рисунке.

Коэффициент устойчивости не менее 4.

Запас по прочности металлоконструкции не менее 2.



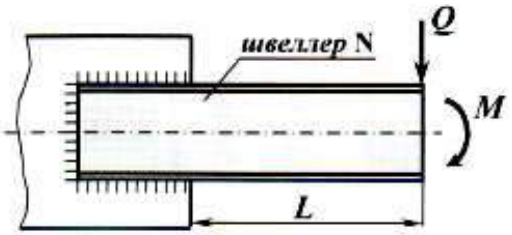




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 1	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 14/9(10)	94	40	0,94

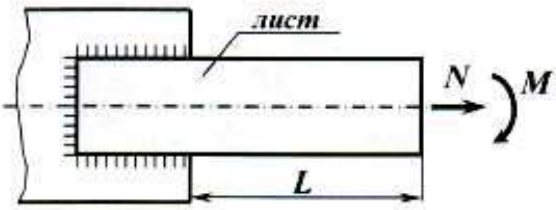
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 2	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
швеллер N 27	44	25	4,1

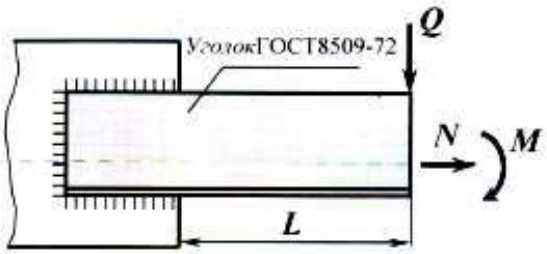
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 3	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
лист 280×25	270	166	1,8

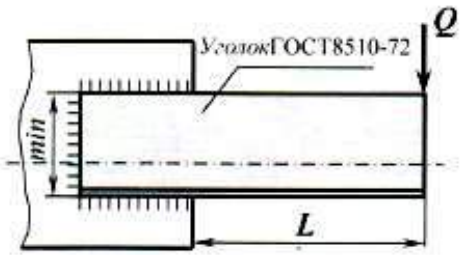
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 4	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20(14)	38	110	25	2,6

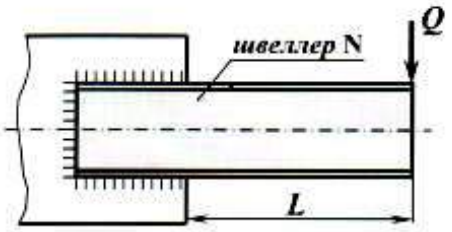
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 5	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 16/10(9)	46	2,82

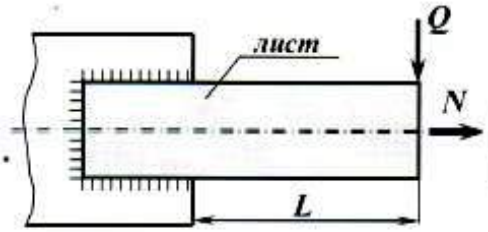
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 6	Q, кН	L, м
швеллер N33	34	2,6

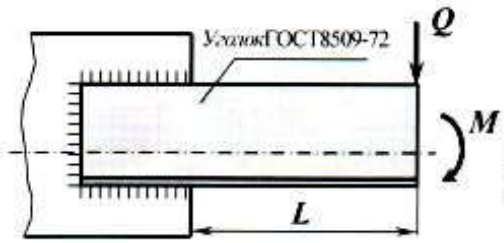
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 7	Q, кН	N, кН	L, м
лист 180×8	43	200	2,8

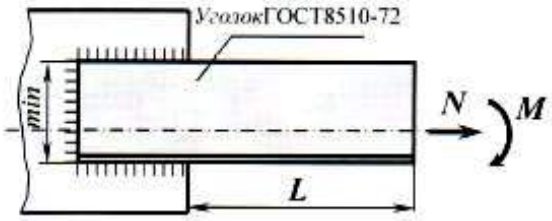
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 8	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N22 (14)	29	30	4,0

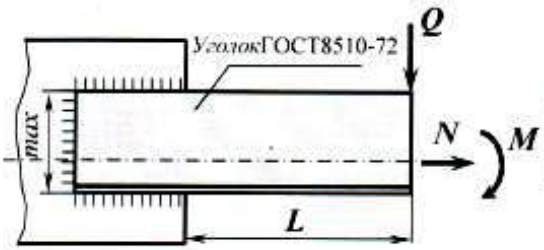
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 9	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(8)	53	22	1,72

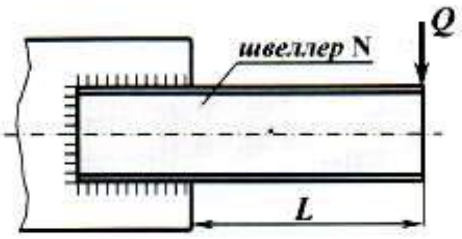
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 10	Q, кН	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N11/7(6,5)	17	64	32	2,5

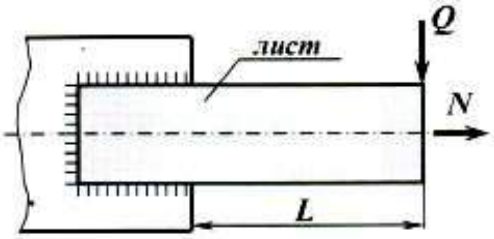
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 11	Q, кН	L, м
швеллер N20	18	1,8

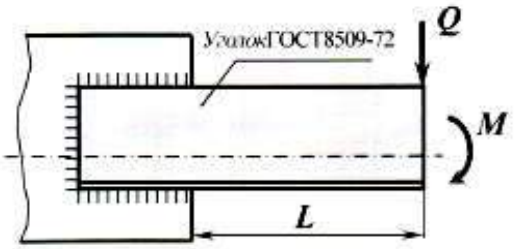
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 12	Q, кН	N, кН	L, м
лист 180×20	86	150	1,4

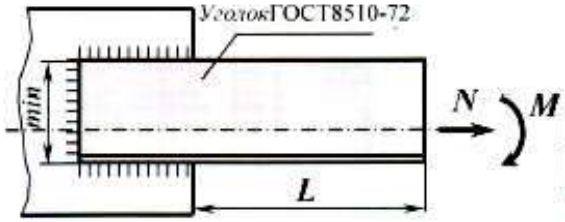
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 13	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N10 (8)	11	8	1,05

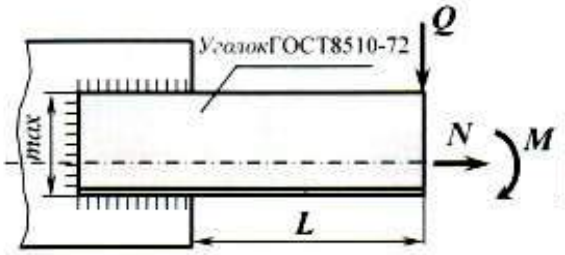
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 14	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(8)	25	13	0,7

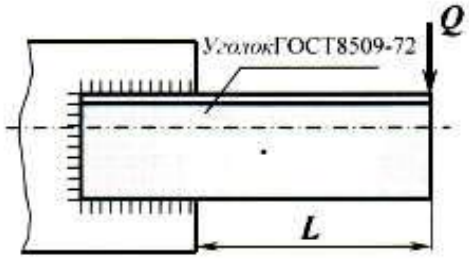
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 15	Q, кН	N, кН	M, кНм	L, м
уголок N 11/7(6,5)	25	55	28	0,9

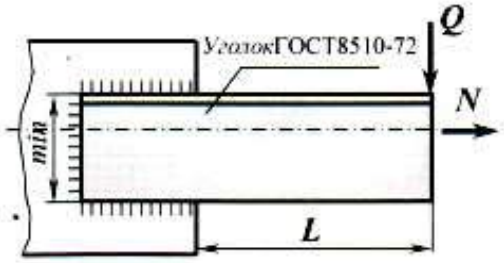
материал соединения 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 16	Q, кН	L, м
уголок N 10 (14)	16	1,52

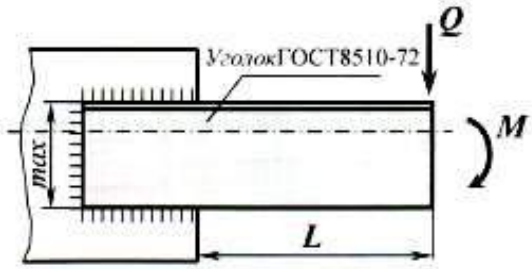
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 17	Q, кН	N, кН	L, м
уголок N 9/5,6 (8)	7	15	1,33

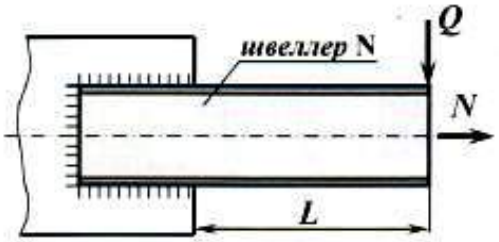
материал соединения 15ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 18	Q, кН	M, кНм	L, м
уголок N 9/5,6(6)	12	7	0,64

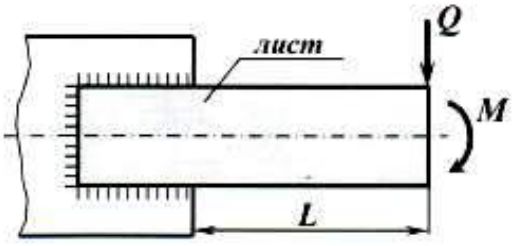
материал соединения Сталь15



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 19	Q, кН	N, кН	L, м
швеллер N 14	15	18	1,6

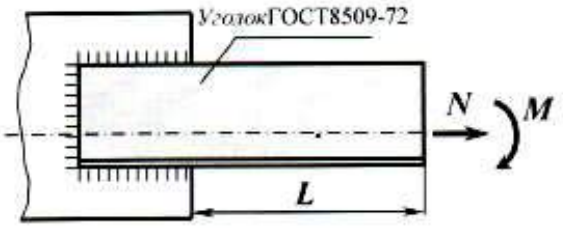
материал соединения 10Г2С1



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 20	Q, кН	M, кНм	L, м
лист 120×12	18	16	1,3

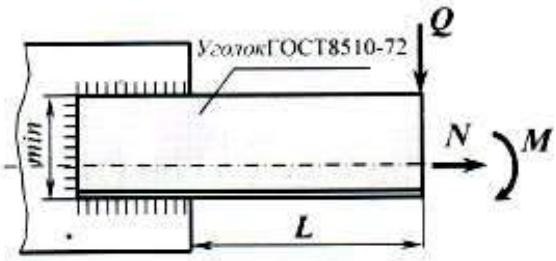
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 21	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 8 (7)	20	14	0,55

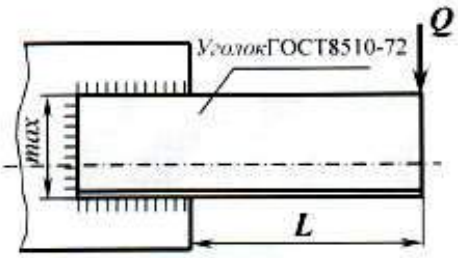
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 22	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 10/6,3(7)	15	35	11	0,62

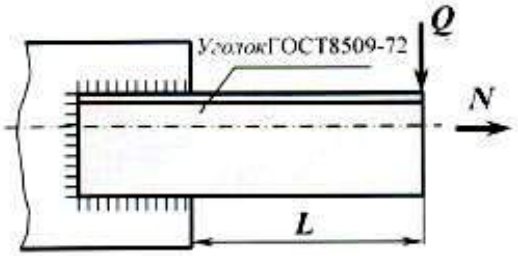
материал соединения сталь 20ХГС



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 23	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 10/6,3(10)	21	1,25

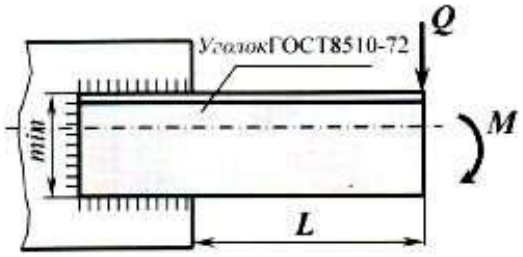
материал соединения 09Г2



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 24	*Q* , кН	*N* , кН	*L* , м
уголок N 11 (8)	22	42	1,14

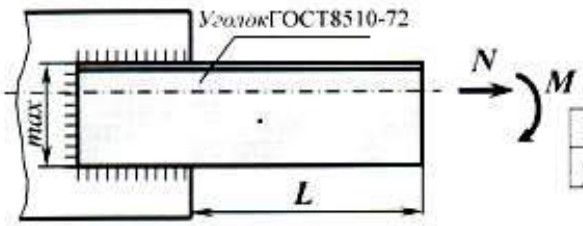
материал соединения 15ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 25	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20/12,5(11)	12	24	0,88

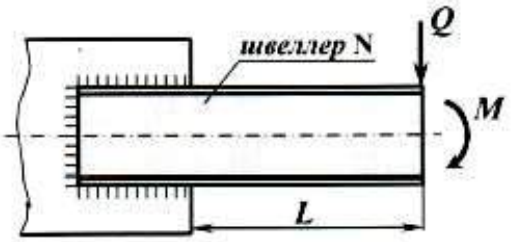
материал соединения Сталь15



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 26	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 20/12,5(14)	61	67	0,58

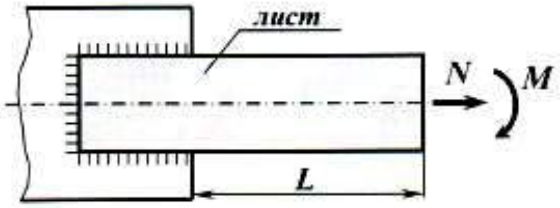
материал соединения Ст3



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 27	*Q* , кН	*M*, кНм	*L* , м
швеллер N 24	13	18	2,8

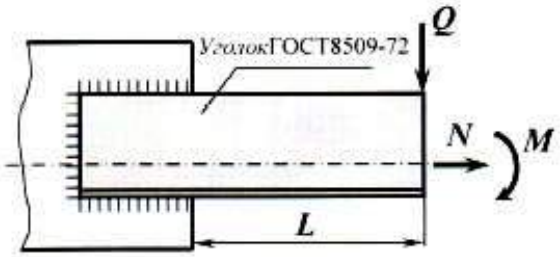
материал соединения Сталь20



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 28	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
лист 280×25	270	166	1,8

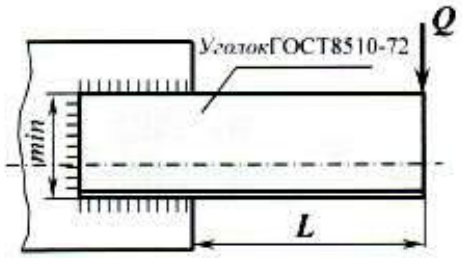
материал соединения 10ХСНД



Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 29	*Q*, кН	*N*, кН	*M*, кНм	*L* , м
уголок N 12,5(9)	44	80	32	1,65

материал соединения 20ХГС

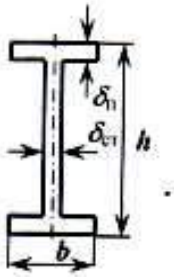


Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

Вариант 30	*Q* , кН	*L* , м
уголок N 16/10(9)	21	1,36

материал соединения 09Г2

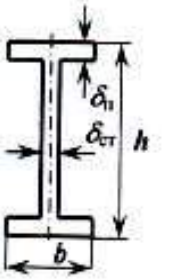
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
1	ст3	600	200	16	20

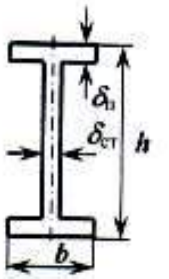
3. Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}8$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
2	10ХСНД	1000	250	20	25

3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}35$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

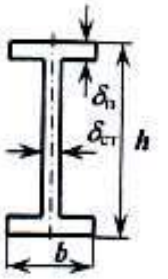
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
3	ст4	1200	300	16	20

3. Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}08$.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
4	15ХСНД	620	150	12	18

3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}6$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

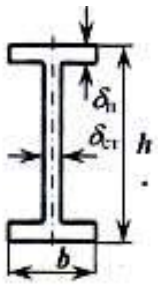
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
5	ст3	1080	300	16	20

3. Проверить соединение на выносливость $r = 1{,}7$.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
6	10ХСНД	1600	400	25	30

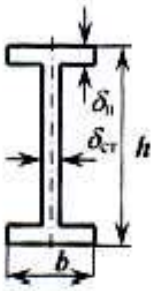
3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}54$.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
7	ст4	1500	300	20	25

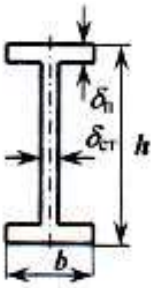
3. Проверить соединение на выносливость r = 2,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
8	15ХСНД	2000	400	30	30

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,32.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

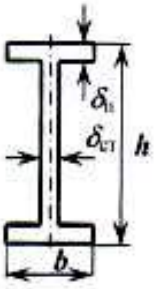
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
9	ст5	750	320	16	18

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,9.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
10	09Г2С	1100	360	18	22

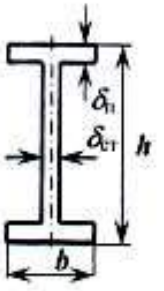
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,09.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
11	ст3	920	280	18	22

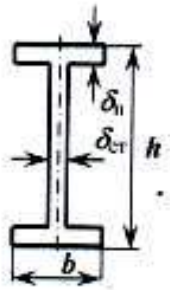
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,05.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
12	09Г2С	1800	380	25	30

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,6.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

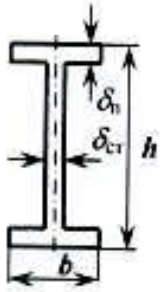
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
13	ст3	1400	320	22	25

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,8.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
14	10ХСНД	1550	300	25	28

3. Проверить соединение на выносливость r = 0,5.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

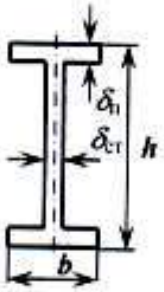
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
15	ст4	800	240	14	18

3. Проверить соединение на выносливость r = -0,4.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
16	15ХСНД	1240	280	18	25

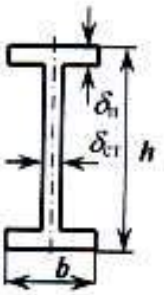
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,4.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
17	ст5	500	120	10	16

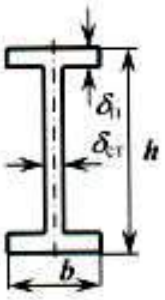
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,15.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
18	10ХСНД	360	80	8	14

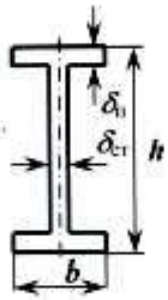
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,12.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
19	09Г2С	950	300	18	28

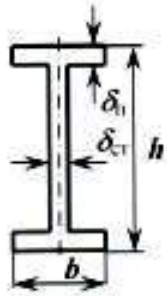
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,7.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
20	10ХСНД	1140	380	20	26

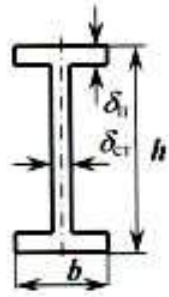
3. Проверить соединение на выносливость r = 1,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
21	ст4	600	160	10	14

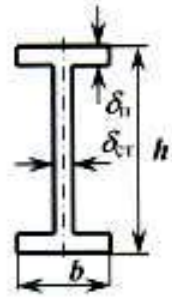
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,85.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
22	15ХСНД	2640	320	20	25

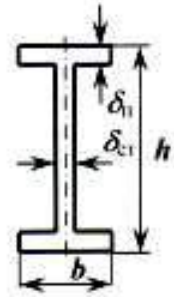
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,32.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
23	ст5	1420	220	15	20

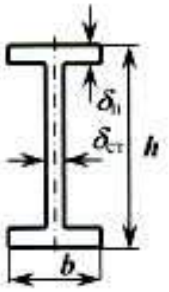
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,25.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
24	10ХСНД	860	210	14	20

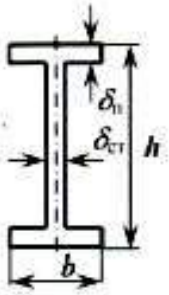
3. Проверить соединение на выносливость r = -1,3.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
25	09Г2С	800	240	14	18

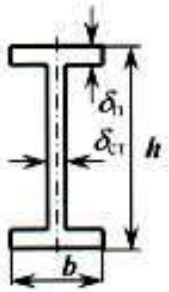
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,4.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
26	15ХСНД	1370	350	22	30

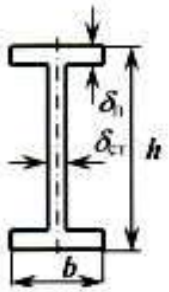
3. Проверить соединение на выносливость r = 0,1.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
27	Ст3	700	130	14	20

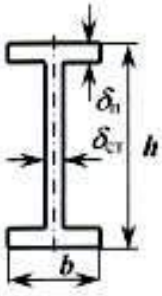
3. Проверить соединение на выносливость r = 0.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
28	10ХСНД	470	50	8	16

3. Проверить соединение на выносливость r = 1,2.



2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_п$, мм
29	ст4	1100	330	12	18

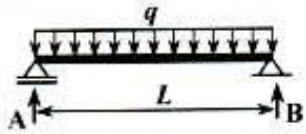
3. Проверить соединение на выносливость r = -0,7.

2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

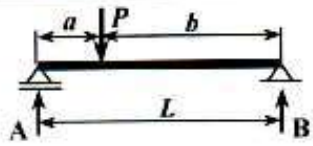
№	материал	h, мм	b, мм	$\delta_{ст}$, мм	2
30	15ХСНД	970	200	16	25

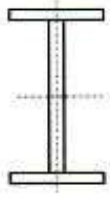
3. Проверить соединение на выносливость r = 2,4.

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

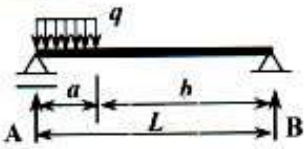
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
1		q=5 кН/м L=5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

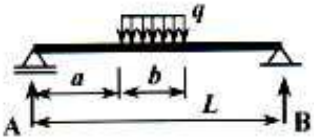
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
2		P=45 кН L=11,2 м a=4,8 м b=6,4 м	10ХСНД

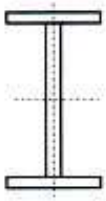


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

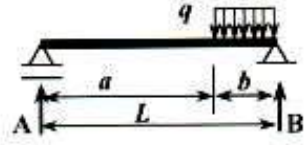
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
3		q=14 кН/м L=8 м a=3,2 м b=4,8 м	ст3

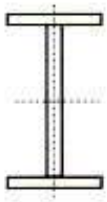
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
4		q=12 кН/м L=6 м a=1,8 м b=2,1 м	Сталь 20

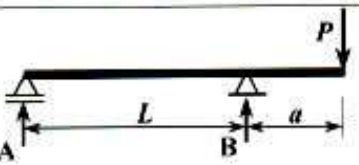


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

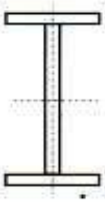
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
5		q=21 кН/м L=12 м a=7,4 м b=4,6 м	09Г2С

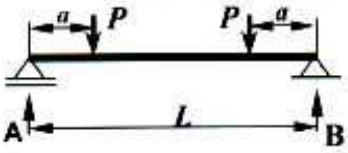


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

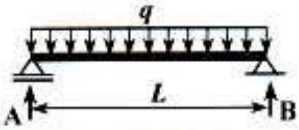
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
6		P=43,5 кН L=7,4 м a=0,94 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

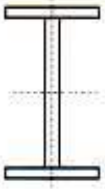


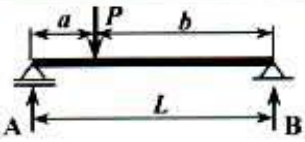
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
7		**P**=25 кН **L**=6 м **a**=1,2 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

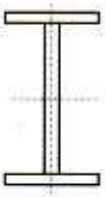
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
8		**q**=14 кН/м **L**=8 м	10ХСНД

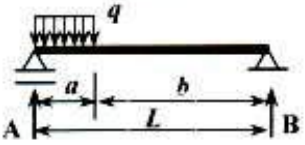
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



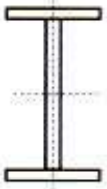
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
9		**P**=58 кН **L**=8,5 м **a**=3,8 м **b**=4,7 м	ст3

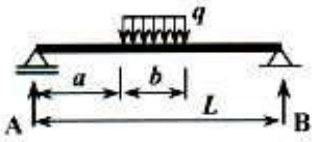
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



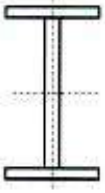
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
10		**q**=20 кН/м **L**=9 м **a**=2,2 м **b**=6,8 м	15ХСНД

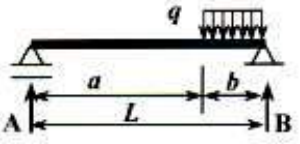
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



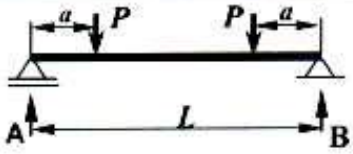
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
11		**q**=15 кН/м **L**=4 м **a**=1,4 м **b**=2,1 м	ст3

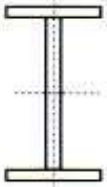
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



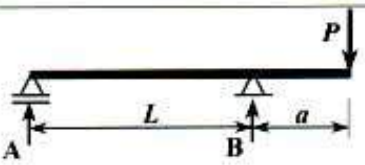
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
12		**q**=16 кН/м **L**=9 м **a**=6,4 м **b**=2,6 м	10ХСНД

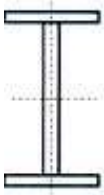
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
13		**P**=30 кН **L**=4,5 м **a**=1,6 м	ст3

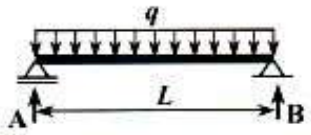


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

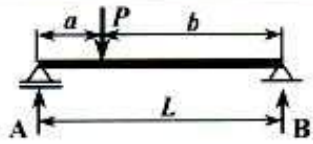
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
14		**P**=56 кН **L**=8м **a**=1,5 м	ст3

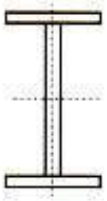


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

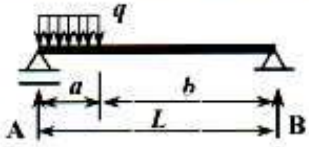
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
15		**q**=22 кН/м **L**=7,5 м	10ХСНД

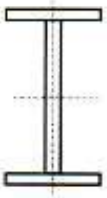
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

№	схема нагружения	Значение параметров	материал
16		**P**=26 кН **L**=4,6 м **a**=0,8 м **b**=3,8 м	ст3

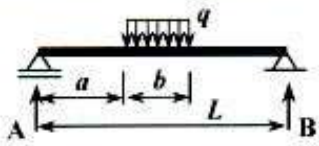


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

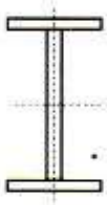
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
17		**q**=18 кН/м **L**=3,4 м **a**=0,6 м **b**=2,8 м	10ХСНД

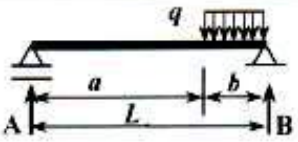


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

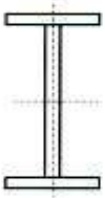
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
18		**q**=27 кН/м **L**=8,2 м **a**=3,5 м **b**=1,9 м	ст3

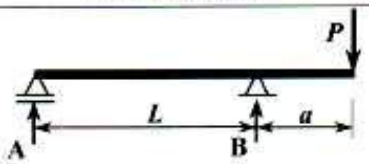
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



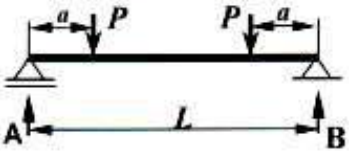
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
19		q=18 кН/м L=6 м a=4,3 м b=1,7 м	10ХСНД

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

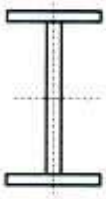


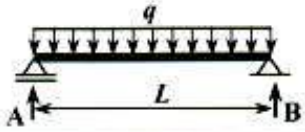
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
20		P=32 кН L=5,5 м a=1,5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

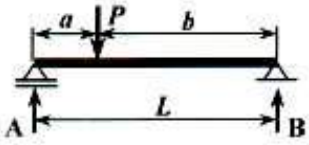
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
21		P=16 кН L=2,5 м a=0,3 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

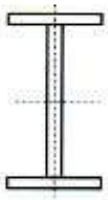


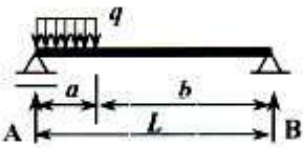
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
22		q=16 кН/м L=6,5 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

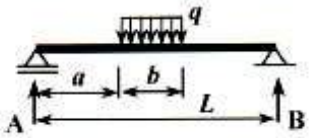
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
23		P=38 кН L=7,5 м a=2,4 м b=5,1 м	10ХСНД

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

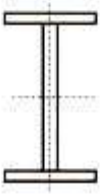


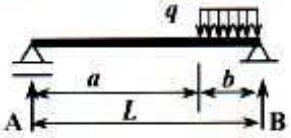
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
24		q=11 кН/м L=3 м a=0,4 м b=2,6 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

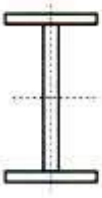
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
25		q=9 кН/м L=4,2 м a=0,8 м b=2,6 м	10ХСНД

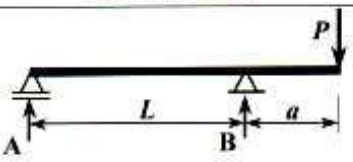
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



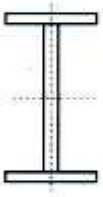
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
26		q=18 кН/м L=6,3 м a=3 м b=3,3 м	ст3

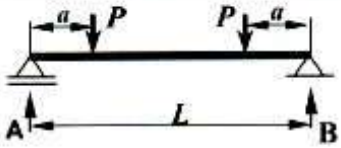
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



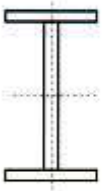
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
27		P=70 кН L=12 м a=3,5 м	10ХСНД

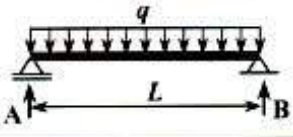
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



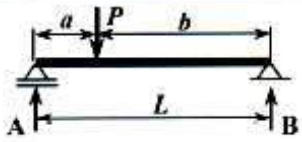
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
28		P=90 кН L=8,2 м a=2,6 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

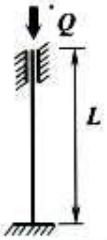
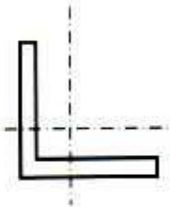


№	схема нагружения	Значение параметров	материал
29		q=35 кН/м L=4,2 м	ст3

4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

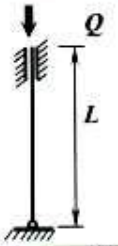
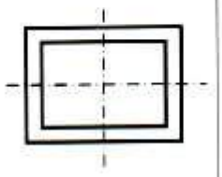
№	схема нагружения	Значение параметров	материал
30		P=45 кН L=5,5 м a=1,4 м	10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
9		

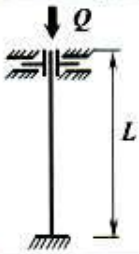
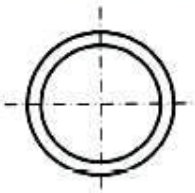
Q = 900 кН, L = 4,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
10		

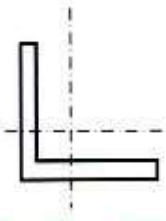
Q = 500 кН, L = 2,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
11		

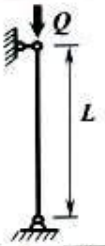
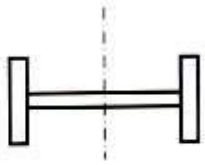
Q = 2500 кН, L = 12,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
12		

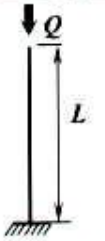
Q = 200 кН, L = 2,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
13		

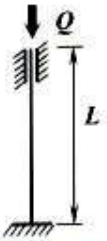
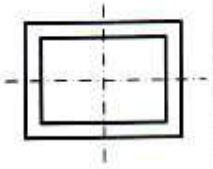
Q = 850 кН, L = 4,2 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
14		

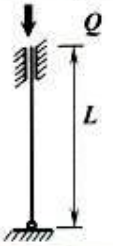
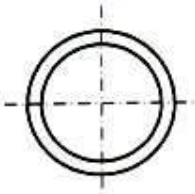
Q = 520 кН, L = 2,5 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
15		

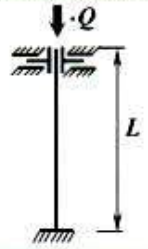
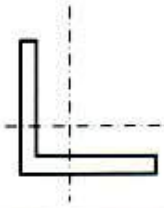
Q = 1300 кН, L =6,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

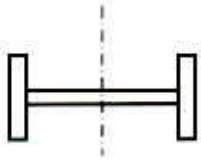
№	Схема нагружения	Сечение
16		

Q = 2200 кН, L = 9,0 м 10ХСНД

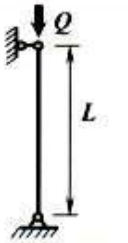
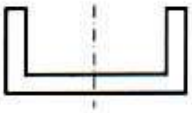
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
17		
Q = 400 кН, L = 3,0 м		ст3

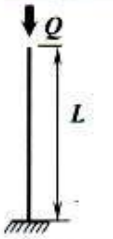
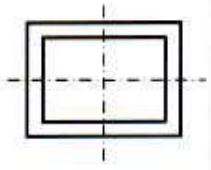
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
18		
Q = 4800 кН, L = 4,0 м		10ХСНД

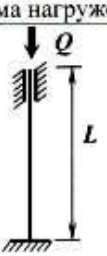
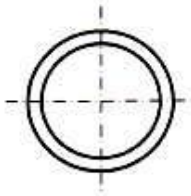
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
19		
Q = 600 кН, L = 3,0 м		10ХСНД

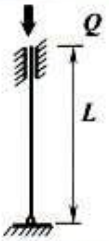
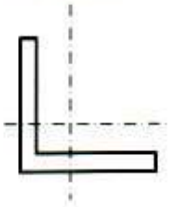
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
20		
Q = 620 кН, L = 3,0 м		ст3

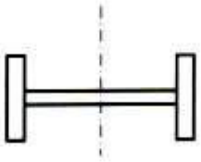
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
21		
Q = 760 кН, L = 3,3 м		10ХСНД

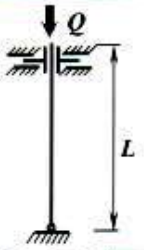
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
22		
Q = 420 кН, L = 2,8 м		ст3

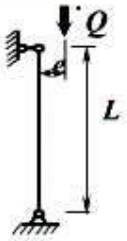
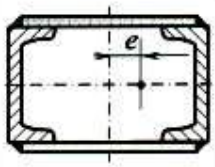
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
23		
Q = 2300 кН, L = 10,0 м		10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

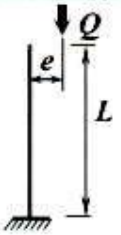
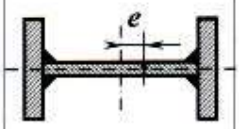
№	Схема нагружения	Сечение
24		
Q = 420 кН, L = 2,0 м		ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
1		

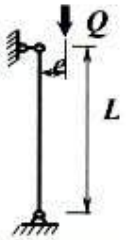
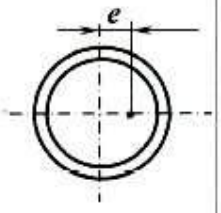
Q = 600 кН, L = 2,5 м, e = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
2		

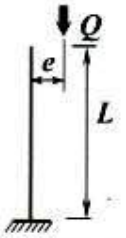
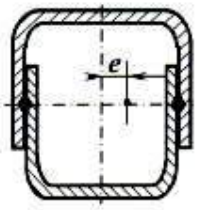
Q =500 кН, L =3,0 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
3		

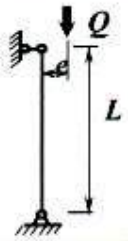
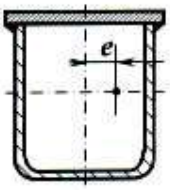
Q = 1000 кН, L = 5,0 м, e = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
4		

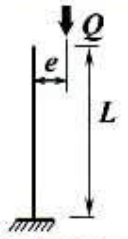
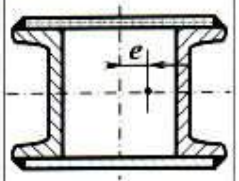
Q =2000кН, L =7,0м, e =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
5		

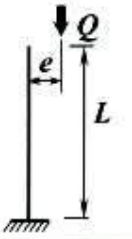
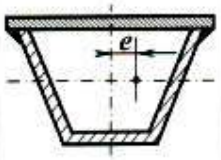
Q = 5000 кН, L = 3,5 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		

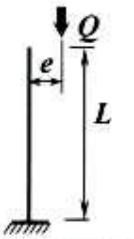
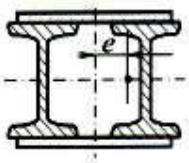
Q =2800кН, L =3,2м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
7		

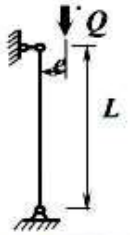
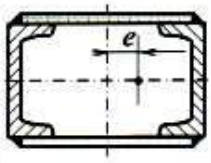
Q =4000кН, L =12,5м, e = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
8		

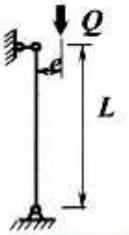
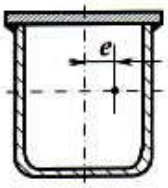
Q = 2000 кН, L = 2,6 м, e = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
1		

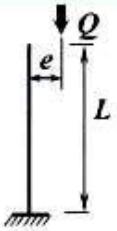
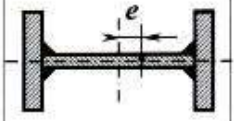
Q = 600 кН, L = 2,5 м, e = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
5		

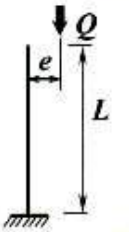
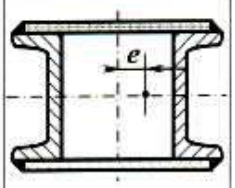
Q = 5000 кН, L = 3,5 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
2		

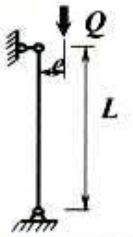
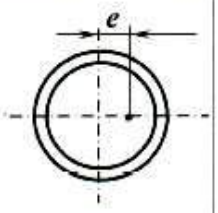
Q =500 кН, L =3,0 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
6		

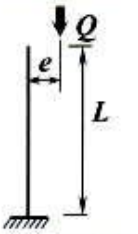
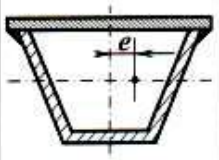
Q =2800кН, L =3,2м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
3		

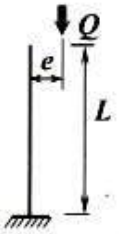
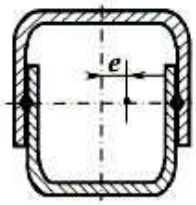
Q = 1000 кН, L = 5,0 м, e = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
7		

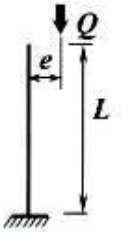
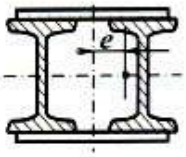
Q =4000кН, L =12,5м, e = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
4		

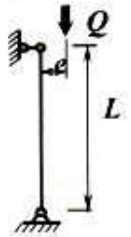
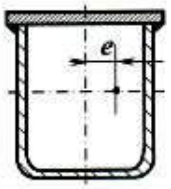
Q =2000кН, L =7,0м, e =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
8		

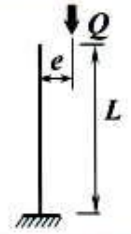
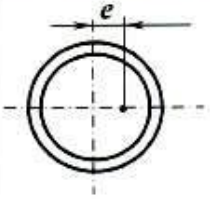
Q = 2000 кН, L = 2,6 м, e = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
17		

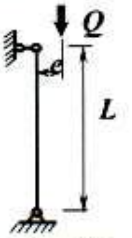
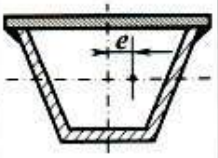
Q = 1200 кН, L = 1,6 м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
18		

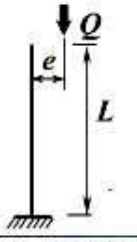
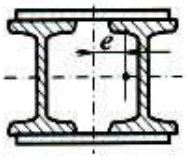
Q =800 кН, L =6,5м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
19		

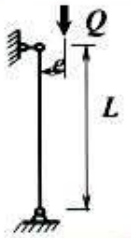
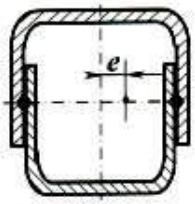
Q =3300кН, L =8,8 м, e =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
20		

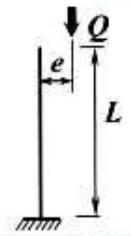
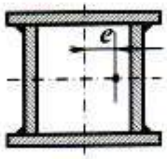
Q = 950 кН, L =1,2 м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
21		

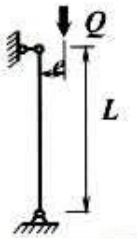
Q =700кН, L =3,0 м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
22		

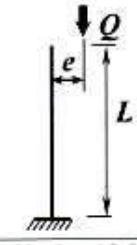
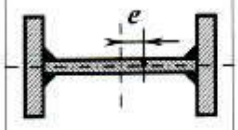
Q =1320 кН, L =6,2м, e = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
23		

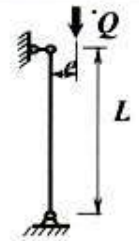
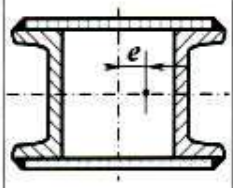
Q =1100кН, L =1,7м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
24		

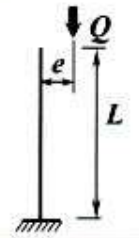
Q =3800 кН, L = 12,0 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
25		

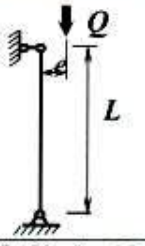
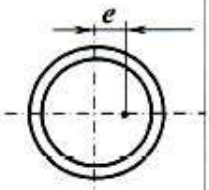
Q = 2400 кН, L = 9,0 м, e = 0,3м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
26		

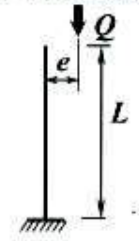
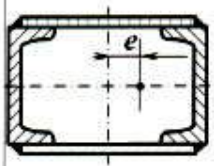
Q =2800кН,L =3,0м, e = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
27		

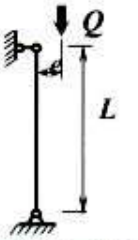
Q = 4000 кН, L = 12,0 м, e = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
28		

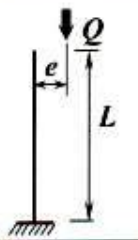
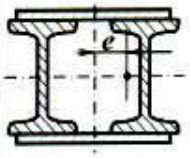
Q =3500кН,L =2,7 м,e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
29		

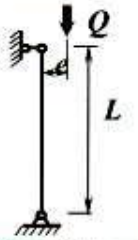
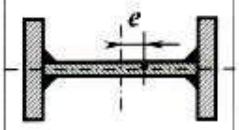
Q =5200 кН, L = 3,8 м, e = 0,1 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
30		

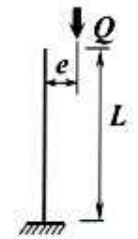
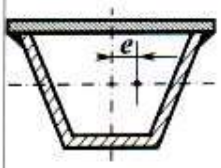
Q =840 кН,L =5,0 м, e = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
31		

Q =700кН,L = 5,7 м, e = 0,02м Сталь 20

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

№	Схема нагружения	Сечение
32		

Q=15200кН, L=12,8 м, e=0,1м 15ХСНД

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
для обучающихся по дисциплине

Б1.О.36 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2024**

Автор: Калянов А. Е., доцент, к.т.н.

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Целями дисциплины являются: формирование у обучающихся базовых знаний в области проектирования технологических машин и комплексов; подготовка студентов к решению профессиональных задач; развитие творческого естественнонаучного мышления.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (модуля):

профессиональные

- способен принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-1.1);
- способен проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования (ПК-1.7);
- способен выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин (ПК-1.8).

Результат изучения дисциплины (модуля):

Знать:

- типы металлоконструкций и их области применения;
- методы конструирования по критериям работоспособности;
- основные принципы расчётов на прочность, жесткость, устойчивость металлоконструкций;
- методы определения допускаемых и действующих напряжений;
- основы расчетов металлоконструкций в САПР.

Уметь:

- пользоваться терминологией, принятой в различных разделах строительной механики;
- выбирать прототипы конструкций при проектировании;
- проводить инженерные расчеты на прочность, устойчивость, осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ;
- выполнять чертежи металлоконструкций по требованиям ЕСКД;

Владеть:

- методами расчета и проектирования металлоконструкций;
- навыками подбора материалов;
- навыками составления расчетных схем;
- навыками создания технической документации.

1 ПОВТОРЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1: Металлы для несущих конструкций машин.

Металлы, применяемые в несущих конструкциях машин. Основные характеристики металлов: механические, технологические и характеристики химического состава. Конструкционные стали. Легкие сплавы. Сортамент профилей проката. Рекомендации по выбору материала конструкций [1, 2, 3].

Тема 2: Общие вопросы расчета и конструирования металлоконструкций.

Общие вопросы расчета и конструирования металлоконструкций. Типы металлоконструкций, классификация. Нагрузки, действующие на металлоконструкции. Нормативные документы. Строительные нормы и правила [1, 2, 3].

Тема 3: Расчет по методу допускаемых напряжений. Расчет по методу предельных состояний.

Расчет по методу допускаемых напряжений, определение допускаемых напряжений. Расчет по методу предельных состояний, виды предельных состояний, определения коэффициентов запаса. Усталостная прочность, кривые усталости, диаграмма предельных состояний. Расчет на выносливость, определение пределов выносливости. Меры по снижению концентрации напряжений [1, 2, 3].

Тема 4: Проектирование и расчет сварных и заклепочных соединений.

Сварка – технологический процесс создания неразъемного соединения. Виды сварных соединений. Типы и конструкция сварных швов. Расчет сварных швов на прочность. Алгоритм создания сварных соединений. Обозначение сварных швов на чертежах. Расчет сварных соединений в САПР. Типы заклепочных швов. Типы заклепок. Алгоритм формирования заклепочного соединения. Расчет заклепочного соединения на прочность. Выполнение чертежей с заклепочными швами. Расчет заклепочных соединений в САПР [1, 2, 3].

Тема 5: Резьбовые соединения. Расчет соединений на прочность.

Резьба, применяемость для создания соединений, типы резьб. Алгоритм формирования резьбового соединения. Расчет резьбового соединения на прочность. Монтажные соединения. Состав резьбового соединения. Расчет проушин. Расчет резьбовых соединений в САПР [1, 2, 3].

Тема 6: **Расчет и конструирование балок. Общие сведения о балках.**

Выбор сечения прокатных балок. Балки, классификация. Сечения прокатных балок. Расчет и конструирование балок. Проверочные расчеты с применением САПР. Общие принципы расчета и проектирования составных балок. Общая и местная устойчивость балок. Расчет сварных швов балок. Составное сечение балок, принцип формирования. Общие принципы расчета проектирования составных балок. Общая и местная устойчивость балок. Расчет сварных швов балок. Проверочные расчеты с применением САПР [1, 2, 3].

Тема 7: Расчет и конструирование стержней. Расчет центрально-сжатых стержней.

Общие сведения, классификация стержней. Алгоритм расчета центрально-сжатых стержней. Устойчивость стержней. Проверочные расчеты соединительных элементов. Проверочные расчеты с применением САПР [1, 2, 3].

Тема 8: Расчет внецентренно-сжатых стержней.

Стержни составного сечения. Алгоритм расчета внецентренно-сжатых стержней. Устойчивость стержней. Проверочные расчеты соединительных элементов. Проверочные расчеты с применением САПР [1, 2, 3].

Тема 9: Расчет и проектирование рамных и ферменных конструкций.

Общие сведения о рамах. Ферменные конструкции, классификация. Составление схемы нагружения, определения усилий в стержнях ферм. Типы сечений элементов ферм. Проверочные расчеты с применением САПР [1, 2, 3].

Тема 10: Металлоконструкции технологических машин и комплексов.

Общие сведения. Расчет металлоконструкций технологических машин. Расчет металлоконструкций оснований буровых установок. Классификаций буровых вышек и оснований. Составление структур и расчетных схем металлоконструкций. Подбор поперечных сечений металлоконструкций вышек и оснований. Проверочные расчеты с применением САПР [1, 2, 3].

2. ПРИМЕР ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

1. Критерии работоспособности буровой вышки величиной нагрузки
   - □ жесткость
   - □ гибкость
   - □ прочность
   - □ устойчивость
   - □ живучесть

2. Указать название элемента, обозначенного номер 1

   - o нижний пояс
   - o раскос
   - o стойка
   - o верхний пояс

   Ответ: верхний пояс

3. Зависимость для проверки устойчивости внецентренно-сжатых стержней в плоскости действия изгибающего момента

   - o $\sigma = \frac{N}{\varphi^{вн} F} \le [\sigma]_c$
   - o $\sigma = \mp\frac{M}{W} + \frac{N}{F} \le [\sigma]_c$
   - o $\sigma = \frac{N}{c \cdot \varphi_{min} F} \le [\sigma]_c$
   - o $\sigma = \frac{M}{W} \le [\sigma]_c$

Ответ: $\sigma = \frac{N}{\varphi^{вн} F} \le [\sigma]_c$

4. Вертикальные элементы, работающие на сжатие или сжатие с изгибом – это …
   - o балка
   - o стержень
   - o оболочка
   - o канат

Ответ: стержень.

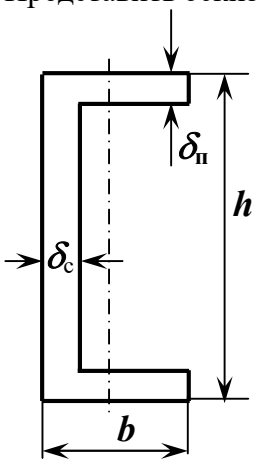
5. Из чего составлена балка

- двутавров
- листов
- уголков
- швеллеров

Ответ: листов

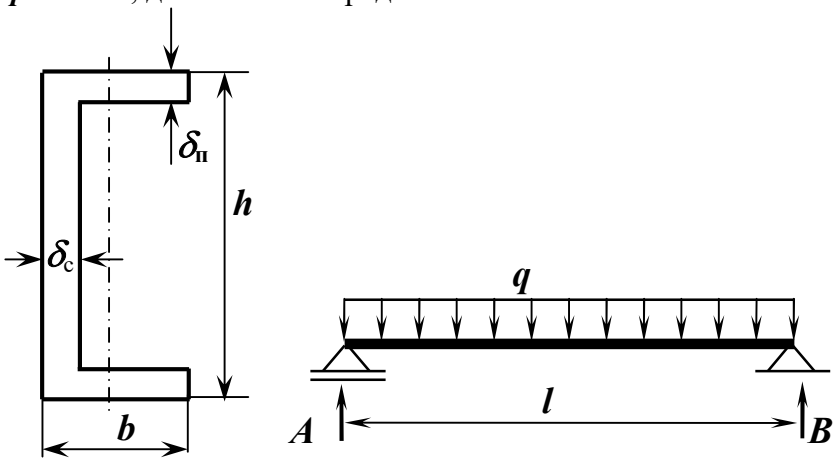
3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки, равнопрочное сечению. Обеспечить передачу усилий только через полки швеллера составного сечения. Представить эскиз соединения.



Материал	h,мм	b,мм	$\delta_{ст}$,мм	$\delta_{п}$,мм
09Г2С	800	320	16	24

2. Разработать конструкцию сварной двутавровой балки. Распределенная нагрузка q=8 кН/м, длина l=6 м. Представить эскиз сечения.



4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Метод предельных состояний, использование в практических расчетах.
2. Расчеты на выносливость. Мероприятия по снижению концентраций напряжений
3. Концентраторы напряжений, их влияние на предел выносливости.
4. Виды циклов нагружений, параметры, влияние на ресурс.
5. Материалы несущих конструкций, основные характеристики.
6. Основные характеристики материалов металлоконструкций.
7. Рекомендации при выборе материалов для металлоконструкций.
8. Типы металлоконструкций, классификация.
9. Нагрузки, действующие на металлоконструкции.
10. Нормативные документы. Строительные нормы и правила для выполнения расчетов металлоконструкций.
11. Предел ограниченной выносливости, зависимость от цикла напряжений и концентраторов напряжений.
12. Усталостная прочность, кривые усталости, диаграмма предельных состояний.
13. Расчет на выносливость, определение пределов выносливости.
14. Метод допускаемых напряжений, использование в практических расчетах.
15. Сварка – технологический процесс создания неразъемного соединения. Виды сварных соединений.
16. Типы и конструкция сварных швов. Расчет сварных швов на прочность.
17. Алгоритм создания сварных соединений. Обозначение сварных швов на чертежах.
18. Резьба, применяемость для создания соединений, типы резьб.
19. Алгоритм формирования резьбового соединения.
20. Расчет резьбового соединения на прочность
21. Монтажные резьбовые соединения, алгоритм проверочного расчета на прочность.
22. Заклепочные соединения. Типы заклепок. Типы заклепочных швов.
23. Алгоритм формирования заклепочного соединения. Расчет заклепочного соединения на прочность.
24. Балки, классификация. Сечения прокатных балок.
25. Алгоритм проектирования балок сплошного сечения.
26. Алгоритм проектирования балок составного сечения.
27. Составное сечение балок, принцип формирования. Общие принципы расчета проектирования составных балок.
28. Общая и местная устойчивость балок. Расчет сварных швов балок.
29. Общие сведения, классификация стержней. Устойчивость стержней.
30. Алгоритм проектирования центрально сжатых стержней составного сечения.
31. Алгоритм расчета внецентренно-сжатых стержней составного сечения.
32. Общие сведения о рамах. Примеры рамных конструкций. Алгоритм составления расчетной схемы в САПР.
33. Ферменные конструкции, классификация.
34. Составление схемы нагружения, определения усилий в стержнях ферм.
35. Типы сечений элементов ферм. Алгоритм расчета фермы в САПР.
36. Классификаций буровых вышек и оснований.
37. Составление структур и расчетных схем металлоконструкций вышек в САПР.
38. Алгоритм подбора поперечных сечений металлоконструкций вышек и оснований в САПР
39. Предпроцессорная подготовка модели вышки в САПР.
40. Комбинации нагрузок при расчете вышки по нормативным документам.

Литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Проектирование металлоконструкций горных машин : учебное пособие / В. И. Саитов, Н. В. Савинова, В. С. Шестаков ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., испр. . - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 212 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 208-209	20
2	Замрий А. А. Практический учебный курс. CAD/CAE система АРМ WinMachine : учебно-методическое пособие / А. А. Замрий. - Москва : АПМ, 2008. - 144 с. : ил. - ISBN 5-901346-07-6	40
3	Замрий А. А. Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде АРМ Structure3D : учебное пособие / А. А. Замрий. - Москва : АПМ, 2010. - 376 с. : ил. - Библиогр.: с. 373. – ISBN 5-901346-06-8; https://dwg.ru/dnl/5220	ЭОР
4	СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»; http://sniprf.ru/sp20-13330-2016 .	ЭОР
5	СНиП II-23-81 «Стальные конструкции»; https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14474/	ЭОР

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической комиссии
_____Упоров С.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ
для обучающихся по дисциплине

Б1.О.37 ТРАНСПОРТ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

форма обучения: очная

год набора: **2024**

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения заданий по контрольной работе кафедрой ГМК УГГУ подготовлены и изданы методические разработки (МР) и пособия:

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного автомобильного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 42 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного конвейерного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Горнопромышленный транспорт» предусмотрено выполнение 7 практических занятий. КОМ дисциплины промежуточную оценку умений и владений студента рекомендует оценивать как практико-ориентированное задание (ПОЗ). Оценка практико-ориентированного задания рассматривается как результат выполнения практического занятия по заданной теме дисциплины.

Перед началом практических занятий руководитель проводит инструктаж по технике безопасности с обязательной распиской студента в журнале лаборатории.

Практическое занятие выполняется в лаборатории транспортных машин кафедры ГМК УГГУ. Время проведения занятия 2-4 часа. Состав группы студентов преподаватель разделяет на несколько подгрупп (состав 3-5 чел.). Каждая подгруппа выполняет свое ПОЗ по конкретной теме рабочей программы. Каждому студенту подгруппы выдается методическая разработка из фондов кафедры.

В таблице 3 приведен перечень методических разработок кафедры по дисциплине «Горнопромышленный транспорт» и соответствующие им темы (ПОЗ) по рабочей программе дисциплины

Таблица 3

№	Методическая разработка (МР)			№№ тем рабочей программы	Наличие МР
	Автор	Наименование МР, шифр	Кол-во страниц		
1	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Верхнее строение железнодорожного пути и путевые измерения, №7	15 с. 10 рис.	2	Фонды каф. ГМК
2	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Механизированный путевой инструмент для путевых работ, №8	19 с. 12 рис.	2	Фонды каф. ГМК
3	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Вагоны, №13	17 с. 13 рис.	3	Фонды каф. ГМК
4	Юдин А.В.	Карьерные локомотивы, №14	48 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
5	Торов В.С.	Карьерные локомотивы, №14 (сокращенный)	21 с. 2 рис.	3	Фонды каф. ГМК
6	Торов В.С.	Шахтные электровозы, №9	18 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
7	Юдин А.В. Мальцев В.А.	Автомобильный транспорт карьеров, № 22	19 с. 3 рис.	5	Фонды каф. ГМК

8	Попов А.Г	Изучение конструкций ленточных конвейеров, №4	18 с. 10 рис.	7	Фонды каф. ГМК
9	Торов В.С.	Скребковые конвейеры для подземных работ, №3	10 с. 3 рис.	7	Фонды каф. ГМК
10	Осинников Б.Н. Попов А.Г	Скреперные установки, №6	13 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
11	Антонов В.А.	Гидромеханическая передача автосамосвала БелАЗ-7540А, №24	19 с 7 рис.	5	Фонды каф. ГМК
12	Осинников Б.Н.	Генеральный план поверхности шахты, №10	21 с 4 рис.		Фонды каф. ГМК

Практически все, перечисленные в табл. 3 МР содержат конструктивное исполнение общих видов транспортных машин, описание конструкции, а также конструкции отдельных элементов машин. Как правило, графическое исполнение приведено в виде чертежей общего вида, фотографий, в виде чертежей отдельных элементов ТМ, освоение которых и изображение в отчете требует значительного времени. Некоторые описания конструкций элементов ТМ в методических разработках перегружены подробностями.

Методические рекомендации при выполнении ПОЗ:

- общее ознакомление с содержанием МР, освоение цели выполнения задания;
- под руководством преподавателя рассмотрение конструкций натуральных образцов, действующих моделей и макетов машин и их элементов в лаборатории кафедры;
- в сопровождении учебного мастера кафедры производится включение и запуск в действие действующих образцов и моделей ТМ;
- при оформлении отчета по заданию простое переписывание содержания текста МР по изучаемому разделу – *не рекомендуется.* Целесообразно освоить содержание, выделить основные положения и изложить их суть своими словами;
- простое копирование чертежей из МР в отчет – *не рекомендуется.* Целесообоазно изобразить ТМ или ее элементы в принципиальной (структурной) форме с использованием условных стандартных кинематических знаков;
- на схемах, в отчете по работе, элементы машин должны быть обозначены позициями 1,2,3… с разяснением элементов в подрисуночной надписи;
- каждый студент задание выполняет индивидуально и представляет свой отчет преподавателю для оценки.

Порядок проведения ПОЗ рассмотрим на примере методической разработки №2 (табл.3) «Механизированный путевой инструмент для путевых работ». Время выполнения задания 2 часа.

Цель задания:

изучить назначение, принципиальное устройство гидравлического и электрического путевого инструмента, особенности технологии его применения.

1.1. В методической разработке (МР) приведены схемы конструкций и описание следующих путевых инструментов: гидродомкрата, рихтовочного прибора, разгоночного прибора, костылевыдергивателя, гаечного ключа, рельсорезного станка, рельсосверлильного станка, рельсошлифовального станка, шпалоподбойки и др.

1.2. Студенту рекомендуется ознакомиться с конструкцией и описанием каждого инструмента, уяснить его назначение и особенности применения. Из-за сложности чертежей инструментов в МР схемы и подробное описание в отчете не приводить. Рекомендуется в отчете по каждому инструменту дать краткое описание.

Например: путевой домкрат ДГП-6 (рис.1) предназначен для поднятия (вывешивания) рельсов или звеньев рельсошпальной решетки при всех видах ремонта железнодорожного пути.

Включает: ручной масляный насос, плунжер, подвижный цилиндр и неподвижный поршень. Имеет грузоподъемность 80 кН и высоту подъема рельса 200 мм

Костылевыдергиватель КВД-1 (рис. 5) предназначен для выдергивания костылей из деревянных шпал при текущем содержании и ремонте железнодорожного пути. Онт

состоит из встроенного электродвигателя, приводящего в действие одноплунжерный масляный насос и двухступенчатый гидроподъемный механизм с цилиндром и двумя поршнями.

2.3. По заданию преподавателя отчет по работе завершить составлением технологического процесса по ремонту или восстановлению участка пути с использованием изученных конструкций путевых инструментов.

2.4. При составлении технологического процесса студент строго соблюдает требуемую последовательность операций.

2.5. Задание может быть сформулировано следующим образом:

- обнаружен лопнувший рельс на одном из участков путей. Выполнить ремонт пути с использованием инструментов при условии, что нового рельса в наличии не имеется;
- заменить изношенный рельс новым;
- заменить целиком поврежденную рельсошпальную решетку и др.

2.6. Отчет по заданию заканчивается составлением технологического процесса, представляемого по форме

№ операции	Наименование технологической операции	Тип применяемого инструмента	Примечание
1			
2			
3			

2.7. Каждый член подгруппы представляет отдельный отчет для оценки. При соответствии материала требованиям задания работа оценивается как «зачтено», при несоответствии – отчет требует доработки.

Список литературы

1. Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах / под общ. ред. В.С. Виноградова. М.: Недра, 1976. 385 с.
2. Элеуктроподвижной состав промышленного транспорта: справочник / под общ. ред. Л.В. Баллона. М.: Транспорт, 1987. 295 с.
3. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 383 с.
4. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 509 с.
5. *Шешко Е.Е.* Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2006. 266 с.
6. Транспорт на горных предприятиях / под общ. ред. Б.А. Кузнецова. М.: Недра, 1976. 548 с.
7. *Кулешов А.А.* Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. М.: Недра, 1980. 317 с.
8. *Смирнов В.*П., *Лель Ю.И.* Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрОРАН, 2002ю 325 с.
9. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г., Приседский Г.В.* Карьерный конвейерный транспорт. М.: Недра, 1979. 260 с.
10. *Васильев М.В., Волотковский В.С., Кармаев Г.Д.* Конвейерный большой протяженности на открытых работах. М.: Недра, 1977. 246 с.
11. Справочник по горнотранспортным машинам непрерывного действия. М.: Недра, 1982. 191 с.
12. Конвейеры: Справочник Л.: Машиностроение, 1984. 368 с.

13. *Дьяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г.* Ленточные конвейеры в горной промышленности. М.: Недра, 1982.

14. *Бирюков И.В., Савоськин А.Н., Бурчак Г.П. и др.* Механическая часть подвижного состава: учебник для вузов ж-д трансп. / Под ред. И.В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 440 с.

15. *Медель В.Б.* Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика: учебник для вузов ж-д транспорта, изд. 4-е, М.: Транспорт, 1974. 232 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической комиссии
_____Упоров С.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических заданий по дисциплине

Б1.О.37 ТРАНСПОРТ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

форма обучения: очная

год набора: **2024**

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

Введение

Цель дисциплины «Транспорт горных предприятий» - формирование практического представления об устройстве, характеристиках, положений о выборе и основах тяговых и эксплуатационных расчетах горнопромышленного транспортного оборудования.

Результат изучения дисциплины:

Знать:

- требования, методики и программы отрасли по разработке проектных инновационных решений при переработке твердых полезных ископаемых, транспортных систем горных предприятий;
- методику обоснования параметров транспортных машин и систем горных предприятий;
- нормативы и требования ГОСТ и отраслевых положений состава и стадий проектной документации для машиностроительного производства;
- требования экологической и промышленной безопасности транспортных систем горных предприятий;
- правила и нормы технической готовности транспортных машин, обеспечивающие показатели рациональной эксплуатации в условиях конкретного горного предприятия;
- особенности горно-геологических и горнотехнических условий горного предприятия, оказывающие влияние на эффективность эксплуатации транспортных машин;
- характеристики транспортных машин и области рационального их применения;
- основные положения инструкций: единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом, правила устройства электроустановок, заводов-изготовителей по безопасности отдельных типов транспортных машин;
- основные источники техногенного воздействия транспортных машин на окружающую среду и перечень мероприятий по снижению техногенного воздействия.

Уметь:

- выполнять расчеты транспортных процессов, производительности подвижного состава транспорта, пропускной способности транспортных систем;
- составлять график организации работ инновационных решений и планы развития транспортных систем;
- обосновать проектные решения и разработать техническое задание и другую предпроектную документацию применительно к транспортному оборудованию в соответствии с ЕСКД;
- проектировать транспортное оборудование;
- проводить анализ фактического состояния готовности транспортных машин и оценить перспективу применения действующего транспортного оборудования;
- разработать рекомендации по повышению эффективности транспортных машин при изменившихся горнотехнических условиях.
- дать оценку фактического состояния эксплуатируемых транспортных машин и определить стадии их ремонта и обслуживания;
- осуществлять комплекс организационных мероприятий и подготовку технических средств по обеспечению безопасной эксплуатации транспортных машин цикличного и непрерывного действия на конкретном горном предприятии;
- оценить степень техногенного воздействия транспортных машин на окружающую среду и разработать рекомендации по снижению вредного воздействия.

Владеть:

- навыками обоснования проектных решений при обеспечении промышленной и экологической безопасности транспортных систем горных предприятий;

- навыками выполнения проектных решений в области транспортных систем;

- навыками разработки технической документации, паспортов и графиков организации работ на транспорте;

- навыками изучения информации о готовности транспортных машин к эффективному режиму эксплуатации;

- опытом рациональной эксплуатации транспортных машин и информационными данными по повышению эффективности их эксплуатации в России и за рубежом;

- навыками подготовки и осуществления технических и организационных мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации транспортных машин на конкретном горном предприятии;

- информацией по передовым методам снижения вредного влияния транспортных машин цикличного и непрерывного действия на окружающую среду.

Для выполнения заданий по контрольно работе кафедрой ГМК УГГУ подготовлены и изданы методические разработки (МР) и пособия:

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного автомобильного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 42 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного конвейерного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;

- Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 51 с. Фонды библиотеки УГГУ [7];

Методические указания по выполнению расчетной работы приведены также в учебном пособии для вузов:

Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ [8].

Железнодорожный транспорт (ЖТ) получил большое применение на карьерах и разрезах страны и СНГ. Как правило, он используется при мощных и средних грузопотоках горных предприятий. Глубина разработки с применением железнодорожного транспорта достигает 250 м.

На карьерах железнодорожный транспорт используется как самостоятельно в течение всего срока разработки месторождения, так и в сочетании с автомобильным транспортом, когда он применяется в основном при развитии верхних горизонтов. Для ЖТ характерны большой фронт работ, сравнительно прямолинейные забои, малые уклоны путевых трасс на горизонтах.

Достоинствами ЖТ являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость от климатических условий, относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудова-

ния. Железнодорожный транспорт оказывает незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Недостатками ЖТ, ограничивающими область его применения, являются большая протяженность фронта работ (не менее 300-500 м), значительные радиусы поворота (не менее 80-100 м), незначительные подъемы (40‰), существенные затраты на перемещение коммуникаций и контактной сети, большие капитальные затраты и другие.

Широкое распространение ЖТ получил в составе комбинированного транспорта. Комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт применяется на многих крупных карьерах значительной глубины: карьерах Казахстана, КМА, Кривбасса (Украина), уральских карьерах. В настоящее время комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт является самым распространенным на карьерах, глубина которых составляет более 150-200 м.

Методическая разработка (МР) «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» предназначена для углубления и закрепления знаний студентов по прослушанному теоретическому курсу дисциплины; приобретения навыков самостоятельной работы по проектированию и освоению основ расчета параметров и обоснования средств железнодорожного транспорта.

Материалы МР включают разделы, объем которых достаточен для выполнения практических занятий и проектных разработок. В состав МР включены характеристики подвижного состава, приведены схемы применения железнодорожного транспорта в карьерах и параметры транспортных коммуникаций. Приведены тяговые расчеты, включающие определение прицепной массы состава, скорости и времени движения, тормозных свойств и проверку тяговых двигателей на нагрев. В эксплуатационных расчетах определено время рейса и инвентарный парк подвижного состава.

В методической разработке приведен числовой пример определения параметров системы при железнодорожном транспорте в карьере.

Для выполнения практического занятия в записке даны краткие методические указания и приведены параметры индивидуальных заданий студентам.

Постановка задачи: выбрать оборудование подвижного состава ЖТ, определить параметры коммуникаций, выполнить тяговые и эксплуатационные расчеты ЖТ при транспортировании известняка из карьера до бункера дробильно-сортировочной фабрики.

Исходные данные на проектирование:

- годовая производительность карьера $Q_г$, млн.т;
- глубина карьера, м. Добычные горизонты располагаются на высотных отметках H_3 и H_4 условного карьера;
- загрузка составов экскаваторами с вместимостью ковша $W_к$, м^3. Время цикла экскавации 28-30 с;
- транспортируемая ГМ – известняк, вскрыша, насыпная плотность $\gamma_н$, т/м^3;
- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12;
- пункт разгрузки – бункера ДСФ, отвал;

Исходные данные к индивидуальным заданиям по вариантам приведены в табл. 1 и 2 данного пособия.

Таблица 1. Исходные данные к расчетной работе

Исходные данные к расчетному заданию №2

вариант	Схема условного карьера	Годовая произвть $Q_г$, млн.т	Трансп-я горная масса*)	Способ загрузки в карьере**)	Вмест-ть ковша экск-ра $W_к$, м^3	Производть питателя ПС, $Q_п$, т/мин	Пункт разгрузки	Примерное кол-во и номер трассы на

								схеме
1	1(рис.9)	5,0	Р	Э	4,0	-	ДСФ	I, II, III
2	2(рис.10)	5,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VII
3	3(рис.11)	8,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	IX, X, XII
4	1(рис.9)	8,5	СП	Э	6,3	-	ОТ	IV, II, I
5	2(рис.10)	10,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	VIII, VI, V
6	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	45	ОТ	XI, XII, IX
7	1(рис.9)	12,0	СП	Э	12,5	-	ОТ	III, IV, I
8	2(рис.10)	12,5	Р	Э	10,0	-	ДСФ	VII, VIII, V
9	3(рис.11)	15,0	Р	ПС	-	40	ОТ	XII, IX, X
10	3(рис.11)	16,0	Р	ПС	-	35	ОТ	XI, XII. XIII
11	1(рис.9)	18,0	СП	Э	16	-	ОТ	IV, II, III
12	3(рис.11)	18,5	СП	ПС	-	35	ОТ	X, XI, XIII
13	2(рис.10)	20,0	СП	Э	20	30	ОТ	VI, VII, VIII
14	3(рис.11)	21,0	СП	ПС	-	30	ОТ	X, XII, XIII
15	1(рис.9)	6,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	III, IV, I
16	2(рис.10)	6,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VIII
17	1(рис.9)	7,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	I, IV, III
18	2(рис.10)	9,0	Р	Э	6,3	-	ДСФ	VIII, VII, VI
19	3(рис.11)	9,5	СП	Э, ПС	12,5	-	ОТ	IX, X, XII
20	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	40	ОТ	XII, XIII, XI

*) Р – руда, СП – скальная порода; **) Э - экскаваторная погрузка, ПС – погрузка на перегрузочной системе

4,6

Таблица 2. Исходные данные к расчетной работе

Номер схемы	Номер трассы	Участок l_1		Участок l_2				Участок l_3		Участок l_4		Участок l_5	
		H_1,м	$\beta_{1,}{}^{o}/_{oo}$	l_2'		l_2''		H_3,м	$\beta_{3,}{}^{o}/_{oo}$	H_4,м	$\beta_{4,}{}^{o}/_{oo}$	H_5,м	$\beta_{5,}{}^{o}/_{oo}$
				H_2,м	$\beta_{2,}{}^{o}/_{oo}$	H_2,м	$\beta_{2,}{}^{o}/_{oo}$						
1 (рис.9)	I	5	10	15	35	-	-	5	5	10	10	-	-
	II	5	6	30	35	-	-	10	10	20	10	-	-
	III	5	12	30	35	-	-	8	8	25	8	-	-
	IV	5	15	45	35	-	-	10	10	30	10	-	-
2 (рис.10)	V	5	2	-	-	15	35	6	5	12	10	-	-
	VI	5	3	-	-	30	35	11	10	22	10	-	-
	VII	15	10	-	-	30	35	9	8	27	8	-	-
	VIII	15	15	15	30	30	35	12	10	32	10	-	-
3 (рис.11)	IX	5	2	-	-	-	-	35	40	4	5	15	10
	X	5	2.5	-	-	-	-	30	40	9	10	20	10
	XI	6	1	90	35	-	-	30	40	9	8	25	10
	XII	6	1	90	35	-	-	30	40	11	10	20	10
	XIII	2	2	120	35	-	-	30	40	10	9	25	10

Методические рекомендации к выполнению расчетной работы

Последовательность выполнения расчетной работы проводится в соответствии с требоываниями МР.

Внимание! Далее в тексте последовательность этапов работы, ссылка на нумерацию разделов, таблиц, рисунков, формул сохранены и соответствуют исходной МР [7].

Для упрощения расчетов во всех вариантах заданий некоторые показатели приняты одинаковыми:

- глубина карьера – 150 м;
- высота уступа 15 м;

- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12 часов;

- транспортируемая горная масса: скальные породы (СП) с насыпной плотностью $\gamma_н$ = 3,0 т/м^3;

показатели для расчетов:

- коэффициент готовности оборудования, $К_г$ = 0,7-0,8;

- коэффициент заполнения ковша экскаватора, $К_з$ = 0,8;

- коэффициент снижения производительности экскаватора при передвижке и установке думпкаров под погрузку, $К_t$ = 0,91-0,94;

- время на обмен состава при погрузке $t_{об}$ = 5-8 мин;

коэффициент снижения производительности ПС:

- при непрерывной загрузке состава $К_t^{`}$ = 0,85;

- при раздельной загрузке думпкаров $К_t^{`}$ = 0,7;

- коэффициент удлинения трассы $К_у$ = 1,2;

- коэффициент нераномерности движения поездов $К_н$ = 1,15.

Последовательность расчетов практического занятия соответствует содержанию методической разработки «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» с полномасштабным числовым примером.

Первоначально студент знакомится с содержанием методической разработки, осмысливая исходные данные по заданному варианту, а также с содержанием числового примера. Далее студент последовательно выполняет расчетную работу по этапам.

Выбор типа подвижного состава

Выбор локомотивов выполняют в соответствии с рекомендациями раздела 2.1 МР, принимая во внимание заданные годовые объемы перевозки ГМ, глубину карьера, руководящие уклоны трасс, расстояния транспортирования.

Выбор рационального типа думпкара выполняют в соответствии с разделом 2.2 МР, сделав сравнительные расчеты по формулам (1), (2), (3).

Определение производительности погрузочного оборудования и количества железнодорожных трасс

Согласно заданному типу погрузочного оборудования (Э, ПС), по формулам (6) или (8) рассчитывается годовая производительность Э или ПС, а по формулам (5) или (7) определяется требуемое количество железнодорожных трасс ($N_э$, $N_{пс}$). При получении дробного результата (1,6; 2,3 и т.д.) значение округляется до ближайшего большего целого. Например, при значении $N_э$ = 1,6 для расчета принимается значение $N_э$ = 2. На прилагаемой схеме (см.рис.9) в соответствии с рассчитанным количеством забоев или ПС ($N_э$, $N_{пс}$) и заданными номерами трасс (см.таблицу 1), студент выделяет (другим цветом) трассы по варианту задания. В задании для всех вариантов определено 3 трассы. Если при расчете получилось 2 трассы, то студент принимает первые 2 трассы по заданию.

Рекомендации по выбору трассы

Трассы карьер – ДСФ (рудное направление) включают 3-4 характерных участка, трассы карьер – отвал (породное направление) – 4-5 участков в зависимости от заданного способа загрузки состава и схемы путевого развития (см.рис.9).

При экскаваторном способе загрузки:

- участок l_1 – временный путь в забоях, на уступах с углом наклона до 15‰;

- участок l_2 – постоянный путь во внутренних и внешних траншеях с руководящим уклоном не более 40‰. В отдельном случае (при тупиковой форме трассы) участок l_2 может быть составлен из двух частей: $l_2^{'}$ - участок во внутренней траншее с углом наклона до 30‰ и участок $l_2^{''}$ во внешней траншее с углом наклона до 40‰. Участки пути на тупиках имеют уклон 5‰;

- участок l_3 – постоянный путь на поверхности (до ДСФ, отвала). Уклон устанавливается в зависимости от рельефа поверхности (по согласованию с преподавателем);

- участок l_4 – временный путь на отвале и заезде на отвал с уклоном до 10‰.

При загрузке состава на ПС:

- участок l_1 – постоянный путь с продольным уклоном до 5‰;

- участок l_2 – постоянный путь внутренней траншеи с тупиками, уклон до 30‰;

- участок l_3 – постоянный путь выездной траншеи без учета длины тупиков с руководящим уклоном до 40‰, на тупиках с уклоном до 5‰;

- участок l_4 – постоянный путь на поверхности;

- участок l_5 – временный путь на отвале с уклоном до 10‰.

На схеме (см. рис. 9) отмечены трассы I, II, III, IV. Все трассы могут быть использованы как в рудном, так и в породном направлениях.

Студент на своем рисунке отмечает номера трасс, принятых к расчету, намечает границы (высотные отметки h_i), определяет углы подъема трасс (β_i) характерных участков в соответствии с исходными данными по таблице 2.

Далее, по ф. (9) МР рассчитываются расстояния транспортирования (l_i) на каждом характерном участке. Результаты расчетов представляются в виде табл. 8 МР.

Определение прицепной массы состава и количества вагонов в составе

Расчет выполняется в соответствии с рекомендациями раздела 4.1 МР по формулам (10), (11), (12). В качестве проверки результаты можно сопоставить с реальными показателями карьеров. При применении тяговых агрегатов состав, включающий 9-10 думпкаров ВС-105, при значении руководящего уклона $i_р$ = 30-40‰ вывозит за рейс 900-1000 т ГМ.

Расчет скорости и времени движения состава

Скорость движения состава определяется с использованием ЭМХ двигателя (см. раздел 4.2 МР) по известному значению силы тяги одного двигателя (ф. (13)) на каждом участке трассы.

Время движения состава на каждом участке определяется по ф. (14).

Результаты тяговых расчетов оформляются в виде табл. 10 МР.

Эксплуатационные расчеты

Время рейса состава определяется по ф. (26)-(29) МР, количество подвижного состава – по ф. (30)-(34) МР.

По завершении расчетов делается краткое заключение по результатам практического занятия.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Горнопромышленный транспорт» предусмотрено выполнение 7 практических занятий. КОМ дисциплины промежуточную оценку умений и владений студента рекомендует оценивать как практико-ориентированное задание (ПОЗ). Оценка практико-ориентированного задания рассматривается как результат выполнения практического занятия по заданной теме дисциплины.

Перед началом практических занятий руководитель проводит инструктаж по технике безопасности с обязательной распиской студента в журнале лаборатории.

Практическое занятие выполняется в лаборатории транспортных машин кафедры ГМК УГГУ. Время проведения занятия 2-4 часа. Состав группы студентов преподаватель разделяет на несколько подгрупп (состав 3-5 чел.). Каждая подгруппа выполняет свое ПОЗ по конкретной теме рабочей программы. Каждому студенту подгруппы выдается методическая разработка из фондов кафедры.

В таблице 3 приведен перечень методических разработок кафедры по дисциплине «Горнопромышленный транспорт» и соответствующие им темы (ПОЗ) по рабочей программе дисциплины

Таблица 3

№	Методическая разработка (МР)			№№ тем рабочей программы	Наличие МР
	Автор	Наименование МР, шифр	Кол-во страниц		
1	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Верхнее строение железнодорожного пути и путевые измерения, №7	15 с. 10 рис.	2	Фонды каф. ГМК
2	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Механизированный путевой инструмент для путевых работ, №8	19 с. 12 рис.	2	Фонды каф. ГМК
3	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Вагоны, №13	17 с. 13 рис.	3	Фонды каф. ГМК
4	Юдин А.В.	Карьерные локомотивы, №14	48 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
5	Торов В.С.	Карьерные локомотивы, №14 (сокращенный)	21 с. 2 рис.	3	Фонды каф. ГМК
6	Торов В.С.	Шахтные электровозы, №9	18 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
7	Юдин А.В. Мальцев В.А.	Автомобильный транспорт карьеров, № 22	19 с. 3 рис.	5	Фонды каф. ГМК
8	Попов А.Г	Изучение конструкций ленточных конвейеров, №4	18 с. 10 рис.	7	Фонды каф. ГМК
9	Торов В.С.	Скребковые конвейеры для подземных работ, №3	10 с. 3 рис.	7	Фонды каф. ГМК
10	Осинников Б.Н. Попов А.Г	Скреперные установки, №6	13 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
11	Антонов В.А.	Гидромеханическая передача автосамосвала БелАЗ-7540А, №24	19 с 7 рис.	5	Фонды каф. ГМК
12	Осинников Б.Н.	Генеральный план поверхности шахты, №10	21 с 4 рис.		Фонды каф. ГМК

Практически все, перечисленные в табл. 3 МР содержат конструктивное исполнение общих видов транспортных машин, описание конструкции, а также конструкции отдельных элементов машин. Как правило, графическое исполнение приведено в виде чертежей общего вида, фотографий, в виде чертежей отдельных элементов ТМ, освоение которых и изображение в отчете требует значительного времени. Некоторые описания конструкций элементов ТМ в методических разработках перегружены подробностями.

Методические рекомендации при выполнении ПОЗ:

- общее ознакомление с содержанием МР, освоение цели выполнения задания;
- под руководством преподавателя рассмотрение конструкций натуральных образцов, действующих моделей и макетов машин и их элементов в лаборатории кафедры;
- в сопровождении учебного мастера кафедры производится включение и запуск в действие действующих образцов и моделей ТМ;
- при оформлении отчета по заданию простое переписывание содержания текста МР по изучаемому разделу – *не рекомендуется.* Целесообразно освоить содержание, выделить основные положения и изложить их суть своими словами;
- простое копирование чертежей из МР в отчет – *не рекомендуется.* Целесообоазно изобразить ТМ или ее элементы в принципиальной (структурной) форме с использованием условных стандартных кинематических знаков;
- на схемах, в отчете по работе, элементы машин должны быть обозначены позициями 1,2,3… с разяснением элементов в подрисуночной надписи;
- каждый студент задание выполняет индивидуально и представляет свой отчет преподавателю для оценки.

Порядок проведения ПОЗ рассмотрим на примере методической разработки №2 (табл.3) «Механизированный путевой инструмент для путевых работ». Время выполнения задания 2 часа.

Цель задания:

изучить назначение, принципиальное устройство гидравлического и электрического путевого инструмента, особенности технологии его применения.

2.1. В методической разработке (МР) приведены схемы конструкций и описание следующих путевых инструментов: гидродомкрата, рихтовочного прибора, разгоночного прибора, костылевыдергивателя, гаечного ключа, рельсорезного станка, рельсосверлильного станка, рельсошлифовального станка, шпалоподбойки и др.

2.2. Студенту рекомендуется ознакомиться с конструкцией и описанием каждого инструмента, уяснить его назначение и особенности применения. Из-за сложности чертежей инструментов в МР схемы и подробное описание в отчете не приводить. Рекомендуется в отчете по каждому инструменту дать краткое описание.

Например: путевой домкрат ДГП-6 (рис.1) предназначен для поднятия (вывешивания) рельсов или звеньев рельсошпальной решетки при всех видах ремонта железнодорожного пути.

Включает: ручной масляный насос, плунжер, подвижный цилиндр и неподвижный поршень. Имеет грузоподъемность 80 кН и высоту подъема рельса 200 мм

Костылевыдергиватель КВД-1 (рис. 5) предназначен для выдергивания костылей из деревянных шпал при текущем содержании и ремонте железнодорожного пути. Онт состоит из встроенного электродвигателя, приводящего в действие одноплунжерный масляный насос и двухступенчатый гидроподъемный механизм с цилиндром и двумя поршнями.

2.3. По заданию преподавателя отчет по работе завершить составлением технологического процесса по ремонту или восстановлению участка пути с использованием изученных конструкций путевых инструментов.

2.4. При составлении технологического процесса студент строго соблюдает требуемую последовательность операций.

2.5. Задание может быть сформулировано следующим образом:

- обнаружен лопнувший рельс на одном из участков путей. Выполнить ремонт пути с использованием инструментов при условии, что нового рельса в наличии не имеется;
- заменить изношенный рельс новым;
- заменить целиком поврежденную рельсошпальную решетку и др.

2.6. Отчет по заданию заканчивается составлением технологического процесса, представляемого по форме

№ операции	Наименование технологической операции	Тип применяемого инструмента	Примечание
1			
2			
3			

2.7. Каждый член подгруппы представляет отдельный отчет для оценки. При соответствии материала требованиям задания работа оценивается как «зачтено», при несоответствии – отчет требует доработки.

Список литературы

1. Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах / под общ. ред. В.С. Виноградова. М.: Недра, 1976. 385 с.

2. Элеуктроподвижной состав промышленного транспорта: справочник / под общ. ред. Л.В. Баллона. М.: Транспорт, 1987. 295 с.

3. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 383 с.

4. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 509 с.

5. *Шешко Е.Е.* Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2006. 266 с.

6. Транспорт на горных предприятиях / под общ. ред. Б.А. Кузнецова. М.: Недра, 1976. 548 с.

7. *Кулешов А.А.* Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. М.: Недра, 1980. 317 с.

8. *Смирнов В.*П., *Лель Ю.И.* Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрОРАН, 2002ю 325 с.

9. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г., Приседский Г.В.* Карьерный конвейерный транспорт. М.: Недра, 1979. 260 с.

10. *Васильев М.В., Волотковский В.С., Кармаев Г.Д.* Конвейерный большой протяженности на открытых работах. М.: Недра, 1977. 246 с.

11. Справочник по горнотранспортным машинам непрерывного действия. М.: Недра, 1982. 191 с.

12. Конвейеры: Справочник Л.: Машиностроение, 1984. 368 с.

13. *Дьяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г.* Ленточные конвейеры в горной промышленности. М.: Недра, 1982.

14. *Бирюков И.В., Савоськин А.Н., Бурчак Г.П. и др.* Механическая часть подвижного состава: учебник для вузов ж-д трансп. / Под ред. И.В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 440 с.

15. *Медель В.Б.* Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика: учебник для вузов ж-д транспорта, изд. 4-е, М.: Транспорт, 1974. 232 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической комиссии
_____Упоров С.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине

Б1.О.37 ТРАНСПОРТ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

форма обучения: очная

год набора: **2024**

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

Введение

Цель дисциплины «Транспорт горных предприятий» - формирование практического представления об устройстве, характеристиках, положений о выборе и основах тяговых и эксплуатационных расчетах горнопромышленного транспортного оборудования.

Результат изучения дисциплины:

Знать:

- требования, методики и программы отрасли по разработке проектных инновационных решений при переработке твердых полезных ископаемых, транспортных систем горных предприятий;
- методику обоснования параметров транспортных машин и систем горных предприятий;
- нормативы и требования ГОСТ и отраслевых положений состава и стадий проектной документации для машиностроительного производства;
- требования экологической и промышленной безопасности транспортных систем горных предприятий;
- правила и нормы технической готовности транспортных машин, обеспечивающие показатели рациональной эксплуатации в условиях конкретного горного предприятия;
- особенности горно-геологических и горнотехнических условий горного предприятия, оказывающие влияние на эффективность эксплуатации транспортных машин;
- характеристики транспортных машин и области рационального их применения;
- основные положения инструкций: единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом, правила устройства электроустановок, заводов-изготовителей по безопасности отдельных типов транспортных машин;
- основные источники техногенного воздействия транспортных машин на окружающую среду и перечень мероприятий по снижению техногенного воздействия.

Уметь:

- выполнять расчеты транспортных процессов, производительности подвижного состава транспорта, пропускной способности транспортных систем;
- составлять график организации работ инновационных решений и планы развития транспортных систем;
- обосновать проектные решения и разработать техническое задание и другую предпроектную документацию применительно к транспортному оборудованию в соответствии с ЕСКД;
- проектировать транспортное оборудование;
- проводить анализ фактического состояния готовности транспортных машин и оценить перспективу применения действующего транспортного оборудования;
- разработать рекомендации по повышению эффективности транспортных машин при изменившихся горнотехнических условиях.
- дать оценку фактического состояния эксплуатируемых транспортных машин и определить стадии их ремонта и обслуживания;
- осуществлять комплекс организационных мероприятий и подготовку технических средств по обеспечению безопасной эксплуатации транспортных машин цикличного и непрерывного действия на конкретном горном предприятии;
- оценить степень техногенного воздействия транспортных машин на окружающую среду и разработать рекомендации по снижению вредного воздействия.

Владеть:

- навыками обоснования проектных решений при обеспечении промышленной и экологической безопасности транспортных систем горных предприятий;

- навыками выполнения проектных решений в области транспортных систем;

- навыками разработки технической документации, паспортов и графиков организации работ на транспорте;

- навыками изучения информации о готовности транспортных машин к эффективному режиму эксплуатации;

- опытом рациональной эксплуатации транспортных машин и информационными данными по повышению эффективности их эксплуатации в России и за рубежом;

- навыками подготовки и осуществления технических и организационных мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации транспортных машин на конкретном горном предприятии;

- информацией по передовым методам снижения вредного влияния транспортных машин цикличного и непрерывного действия на окружающую среду.

1. ПОВТОРЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА САМОСТОЯТЕЛЬНО

Тема 1: Основные подходы и принципы при проектировании транспортных комплексов

Условия эксплуатации транспортных комплексов (ТК). Требования при проектировании ТК. Работы, предшествующие проектированию. Стадии проектирования. Основы системного подхода при проектировании транспортных систем.

Тема 2: Общие сведения о горнопромышленном транспорте

Основные положения теории расчета транспортных машин. Назначение и принцип действия транспортных машин. Классификация транспорта и транспортных машин. Сравнительный выбор транспортных машин. Грузы и физико-механические свойства грузов. Общие положения теории транспортных машин: производительность циклического и непрерывного действия; силы, действующие на транспортные машины при движении; мощность привода транспортных машин.

Тема 3: Железнодорожный транспорт горных предприятий

Элементы проектирования коммуникаций нормальной и узкой рельсовой колеи. Условия применения железнодорожного транспорта, достоинства и недостатки. Железнодорожный карьерный и шахтный путь: характеристика и параметры рельсовой колеи на прямолинейных и криволинейных участках трассы; соединение путей. Путевые работы в карьерах, средства механизации и путевой инструмент. Особенности эксплуатации железнодорожных путей.

Тема 4: Подвижной состав железнодорожного транспорта: вагоны, вагонетки, локомотивы

Вагоны: типы вагонов, применяемых на горных предприятиях; параметры вагонов; общего пользования и думпкары, их основные схемы и элементы конструкций; особенности эксплуатации. Вагонетки: типы вагонеток, применяемых в шахтах, параметры вагонетки. Локомотивы: сведения об электротяге на горных предприятиях; электровозы и тяговые агрегаты, их схемы и основные параметры, достоинства и недостатки; тепловозы, особенности и область применения; элементы устройства локомотивов; особенности эксплуатации локомотивов; схемы и особенности шахтных локомотивов.

Тема 5: Расчеты железнодорожного транспорта

Основы теории движения поезда, тяговые и эксплуатационные расчеты. Уравнение движения поезда. Сила тяги и сила сопротивления движению. Сцепная масса локомотива. Тяговые расчеты: определение скорости и времени движения поезда; тормозной путь; расчет прицепной массы состава. Эксплуатационные расчеты: время рейса, количество и инвентарный парк подвижного состава.

Тема 6: Автомобильный транспорт горных предприятий

Элементы проектирования и устройство автомобильных дорог. Область применения, достоинства и недостатки. Автомобильные дороги, параметры и устройство, особенности эксплуатации автодорог. Элементы проектирования: план и профиль.

Тема 7: Подвижной состав АТ горных предприятий: автосамосвалы, автопоезда, самоходное транспортное оборудование подземных разработок

Подвижной состав автомобильного транспорта, автосамосвалы и автопоезда, параметры и основной типаж. Устройство автосамосвалов, схемы и трансмиссии. Особенности эксплуатации в карьерах. Подвижной состав самоходного транспортного оборудования в шахтах: самоходные вагоны, автосамосвалы, погрузочно-транспортные машины, типаж, схемы и основные параметры.

Тема 8: Расчеты автомобильного транспорта: теория движения автомобиля, тяговые и эксплуатационные расчеты

Силы, действующие на автомобиль при его движении. Сила тяги по условиям машины и по условиям сцепления колес с дорогой. Расчет сил сопротивления движению автомобиля при движении на уклоне и на криволинейных участках трассы. Тяговые расчеты. Эксплуатационные расчеты: определение времени рейса, количества подвижного состава.

Тема 9: Применение транспортной задачи при проектировании перевозок автотранспортом

Формулировка, сущность и постановка транспортной задачи. Методы построения начального плана перевозок. Нахождение оптимального решения.

Тема 10: Конвейерный транспорт горных предприятий

Общие сведения и устройство ленточных конвейеров**.** Область применения, классификация, достоинства и недостатки конвейерного транспорта (КТ). Устройство ленточных конвейеров: лента, роликоопоры, приводная и натяжная станции, опорная конструкция, загрузочное и разгрузочное устройства, очистительные приспособления. Особенности эксплуатации ленточных конвейеров (ЛК).

Тема 11: Методика расчета ЛК: расчетная схема, основы теории передачи тягового усилия трением

Исходные данные при проектировании конвейеров. Определение ширины и скорости ленты. Расчетная схема конвейера и способы ее упрощения. Расчет распределенных и сосредоточенных сопротивлений при движении ленты. Определение усилий в ленте. Основы передачи тягового усилия трением. Расчет мощности привода. Выбор типа ленты.

Тема 12: Конвейеры специальных типов: крутонаклонные, с цепным тяговым приводом

Классификация крутонаклонных конвейеров (КНК), схемы КНК, способы удержания груза на рабочем органе КНК. Скребковые и пластинчатые конвейеры, схемы и основные параметры.

Тема 13: Гидротранспортные установки горных предприятий

Общие сведения и методика расчета и проектирования. Область применения гидротранспотрных установок на горных предприятиях, достоинства и недостатки. Напорные и безнапорные гидротранспортные установки, оборудование установок. Основные параметры и последовательность расчета.

Тема 14: Подвесные канатные дороги горных предприятий

Основная схема и особенности расчета параметров и проектирование. Особенности применения подвесных канатных дорог (ПКД). Схемы маятниковых и кольцевых ПКД. Оборудование дорог, основные параметры, особенности расчета тяговых и несущих канатов ПКД, проектирование трассы ПКД, последовательность расчета параметров и выбор типа вагонеток.

Тема 15: Вибротранспортные установки горных предприятий

Основы методики расчета и выбора параметров. Особенности применения вибротранспортных установок (ВУ) на горных предприятиях, достоинства и недостатки, классификация. Схемы ВУ: вибропитатели и виброгрохоты. ВУ с круговыми и направ-

ленными колебаниями рабочего органа. Вибровозбудители. Основные параметры ВУ и основы теории расчета параметров.

Тема 16: Проектирование генерального плана и транспорта горных предприятий

Общие положения генплана и состав горного предприятия. Основные положения и требования строительных норм и правил при разработке генплана. Методические рекомендации по выполнению чертежа генплана предприятия и промплощадки. Требования к транспортной системе.

Кафедрой подготовлены следующие учебные материалы:

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного автомобильного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 42 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного конвейерного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 51 с. Фонды библиотеки УГГУ [7];

Методические указания по выполнению расчетной работы приведены также в учебном пособии для вузов:

Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ [8].

Железнодорожный транспорт (ЖТ) получил большое применение на карьерах и разрезах страны и СНГ. Как правило, он используется при мощных и средних грузопотоках горных предприятий. Глубина разработки с применением железнодорожного транспорта достигает 250 м.

На карьерах железнодорожный транспорт используется как самостоятельно в течение всего срока разработки месторождения, так и в сочетании с автомобильным транспортом, когда он применяется в основном при развитии верхних горизонтов. Для ЖТ характерны большой фронт работ, сравнительно прямолинейные забои, малые уклоны путевых трасс на горизонтах.

Достоинствами ЖТ являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость от климатических условий, относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудования. Железнодорожный транспорт оказывает незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Недостатками ЖТ, ограничивающими область его применения, являются большая протяженность фронта работ (не менее 300-500 м), значительные радиусы поворота (не менее 80-100 м), незначительные подъемы (40‰), существенные затраты на перемещение коммуникаций и контактной сети, большие капитальные затраты и другие.

Широкое распространение ЖТ получил в составе комбинированного транспорта. Комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт применяется на многих крупных карьерах значительной глубины: карьерах Казахстана, КМА, Кривбасса (Украина), уральских карьерах. В настоящее время комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт является самым распространенным на карьерах, глубина которых составляет более 150-200 м.

Методическая разработка (МР) «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» предназначена для углубления и закрепления знаний студентов по прослушанному теоретическому курсу дисциплины; приобретения навыков самостоятельной работы по проектированию и освоению основ расчета параметров и обоснования средств железнодорожного транспорта.

Материалы МР включают разделы, объем которых достаточен для выполнения практических занятий и проектных разработок. В состав МР включены характеристики подвижного состава, приведены схемы применения железнодорожного транспорта в карьерах и параметры транспортных коммуникаций. Приведены тяговые расчеты, включающие определение прицепной массы состава, скорости и времени движения, тормозных свойств и проверку тяговых двигателей на нагрев. В эксплуатационных расчетах определено время рейса и инвентарный парк подвижного состава.

В методической разработке приведен числовой пример определения параметров системы при железнодорожном транспорте в карьере.

Для выполнения практического занятия в записке даны краткие методические указания и приведены параметры индивидуальных заданий студентам.

Постановка задачи: выбрать оборудование подвижного состава ЖТ, определить параметры коммуникаций, выполнить тяговые и эксплуатационные расчеты ЖТ при транспортировании известняка из карьера до бункера дробильно-сортировочной фабрики.

Исходные данные на проектирование:

- годовая производительность карьера $Q_г$, млн.т;
- глубина карьера, м. Добычные горизонты располагаются на высотных отметках H_3 и H_4 условного карьера;
- загрузка составов экскаваторами с вместимостью ковша $W_к$, $м^3$. Время цикла экскавации 28-30 с;
- транспортируемая ГМ – известняк, вскрыша, насыпная плотность $\gamma_н$, $т/м^3$;
- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12;
- пункт разгрузки – бункера ДСФ, отвал;

Исходные данные к индивидуальным заданиям по вариантам приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Исходные данные к практической работе

Расчетное задание №1

вариант	Схема условного карьера	Годовая произвть $Q_г$, млн.т	Трансп-я горная масса*)	Способ загрузки в карьере**)	Вмест-ть ковша экск-ра $W_к$, $м^3$	Производть питателя ПС, $Q_п$, т/мин	Пункт разгрузки	Примерное кол-во и номер трассы на схеме
1	1(рис.9)	5,0	Р	Э	4,0	-	ДСФ	I, II, III
2	2(рис.10)	5,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VII
3	3(рис.11)	8,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	IX, X, XII
4	1(рис.9)	8,5	СП	Э	6,3	-	ОТ	IV, II, I
5	2(рис.10)	10,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	VIII, VI, V
6	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	45	ОТ	XI, XII, IX
7	1(рис.9)	12,0	СП	Э	12,5	-	ОТ	III, IV, I

8	2(рис.10)	12,5	Р	Э	10,0	-	ДСФ	VII, VIII, V
9	3(рис.11)	15,0	Р	ПС	-	40	ОТ	XII, IX, X
10	3(рис.11)	16,0	Р	ПС	-	35	ОТ	XI, XII. XIII
11	1(рис.9)	18,0	СП	Э	16	-	ОТ	IV, II, III
12	3(рис.11)	18,5	СП	ПС	-	35	ОТ	X, XI, XIII
13	2(рис.10)	20,0	СП	Э	20	30	ОТ	VI, VII, VIII
14	3(рис.11)	21,0	СП	ПС	-	30	ОТ	X, XII, XIII
15	1(рис.9)	6,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	III, IV, I
16	2(рис.10)	6,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VIII
17	1(рис.9)	7,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	I, IV, III
18	2(рис.10)	9,0	Р	Э	6,3	-	ДСФ	VIII, VII, VI
19	3(рис.11)	9,5	СП	Э, ПС	12,5	-	ОТ	IX, X, XII
20	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	40	ОТ	XII, XIII, XI

*) Р – руда, СП – скальная порода; **) Э - экскаваторная погрузка, ПС – погрузка на перегрузочной системе

4,6

Таблица 2. Исходные данные к расчетной работе

Номер схемы	Номер трассы	Участок l_1		Участок l_2				Участок l_3		Участок l_4		Участок l_5	
		H_1,м	β_1,‰	l_2'		l_2''		H_3,м	β_3,‰	H_4,м	β_4,‰	H_5,м	β_5,‰
				H_2,м	β_2,‰	H_2,м	β_2,‰						
1 (рис.9)	I	5	10	15	35	-	-	5	5	10	10	-	-
	II	5	6	30	35	-	-	10	10	20	10	-	-
	III	5	12	30	35	-	-	8	8	25	8	-	-
	IV	5	15	45	35	-	-	10	10	30	10	-	-
2 (рис.10)	V	5	2	-	-	15	35	6	5	12	10	-	-
	VI	5	3	-	-	30	35	11	10	22	10	-	-
	VII	15	10	-	-	30	35	9	8	27	8	-	-
	VIII	15	15	15	30	30	35	12	10	32	10	-	-
3 (рис.11)	IX	5	2	-	-	-	-	35	40	4	5	15	10
	X	5	2.5	-	-	-	-	30	40	9	10	20	10
	XI	6	1	90	35	-	-	30	40	9	8	25	10
	XII	6	1	90	35	-	-	30	40	11	10	20	10
	XIII	2	2	120	35	-	-	30	40	10	9	25	10

Методические рекомендации к выполнению расчетной работы

Последовательность выполнения расчетной работы проводится в соответствии с требованиями МР.

Внимание! Далее в тексте последовательность этапов работы, ссылка на нумерацию разделов, таблиц, рисунков, формул сохранены и соответствуют исходной МР [7].

Для упрощения расчетов во всех вариантах заданий некоторые показатели приняты одинаковыми:

- глубина карьера – 150 м;
- высота уступа 15 м;
- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12 часов;
- транспортируемая горная масса: скальные породы (СП) с насыпной плотностью $\gamma_н$ = 3,0 т/м^3;

показатели для расчетов:

- коэффициент готовности оборудования, $К_г$ = 0,7-0,8;
- коэффициент заполнения ковша экскаватора, $К_з$ = 0,8;
- коэффициент снижения производительности экскаватора при передвижке и установке думпкаров под погрузку, $К_t$ = 0,91-0,94;
- время на обмен состава при погрузке $t_{об}$ = 5-8 мин;

коэффициент снижения производительности ПС:

- при непрерывной загрузке состава $K_t^{`} = 0,85$;
- при раздельной загрузке думпкаров $K_t^{`} = 0,7$;
- коэффициент удлинения трассы $K_у = 1,2$;
- коэффициент нераномерности движения поездов $K_н = 1,15$.

Последовательность расчетов практического занятия соответствует содержанию методической разработки «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» с полномасштабным числовым примером.

Первоначально студент знакомится с содержанием методической разработки, осмысливая исходные данные по заданному варианту, а также с содержанием числового примера. Далее студент последовательно выполняет расчетную работу по этапам.

Выбор типа подвижного состава

Выбор локомотивов выполняют в соответствии с рекомендациями раздела 2.1 МР, принимая во внимание заданные годовые объемы перевозки ГМ, глубину карьера, руководящие уклоны трасс, расстояния транспортирования.

Выбор рационального типа думпкара выполняют в соответствии с разделом 2.2 МР, сделав сравнительные расчеты по формулам (1), (2), (3).

Определение производительности погрузочного оборудования и количества железнодорожных трасс

Согласно заданному типу погрузочного оборудования (Э, ПС), по формулам (6) или (8) рассчитывается годовая производительность Э или ПС, а по формулам (5) или (7) определяется требуемое количество железнодорожных трасс ($N_э$, $N_{пс}$). При получении дробного результата (1,6; 2,3 и т.д.) значение округляется до ближайшего большего целого. Например, при значении $N_э = 1,6$ для расчета принимается значение $N_э = 2$. На прилагаемой схеме (см.рис.9) в соответствии с рассчитанным количеством забоев или ПС ($N_э$, $N_{пс}$) и заданными номерами трасс (см.таблицу 1), студент выделяет (другим цветом) трассы по варианту задания. В задании для всех вариантов определено 3 трассы. Если при расчете получилось 2 трассы, то студент принимает первые 2 трассы по заданию.

Рекомендации по выбору трассы

Трассы карьер – ДСФ (рудное направление) включают 3-4 характерных участка, трассы карьер – отвал (породное направление) – 4-5 участков в зависимости от заданного способа загрузки состава и схемы путевого развития (см.рис.9).

При экскаваторном способе загрузки:

- участок l_1 – временный путь в забоях, на уступах с углом наклона до 15‰;
- участок l_2 – постоянный путь во внутренних и внешних траншеях с руководящим уклоном не более 40‰. В отдельном случае (при тупиковой форме трассы) участок l_2 может быть составлен из двух частей: $l_2^{'}$ - участок во внутренней траншее с углом наклона до 30‰ и участок $l_2^{''}$ во внешней траншее с углом наклона до 40‰. Участки пути на тупиках имеют уклон 5‰;
- участок l_3 – постоянный путь на поверхности (до ДСФ, отвала). Уклон устанавливается в зависимости от рельефа поверхности (по согласованию с преподавателем);
- участок l_4 – временный путь на отвале и заезде на отвал с уклоном до 10‰.

При загрузке состава на ПС:

- участок l_1 – постоянный путь с продольным уклоном до 5‰;
- участок l_2 – постоянный путь внутренней траншеи с тупиками, уклон до 30‰;
- участок l_3 – постоянный путь выездной траншеи без учета длины тупиков с руководящим уклоном до 40‰, на тупиках с уклоном до 5‰;
- участок l_4 – постоянный путь на поверхности;
- участок l_5 – временный путь на отвале с уклоном до 10‰.

На схеме (см. рис. 9) отмечены трассы I, II, III, IV. Все трассы могут быть использованы как в рудном, так и в породном направлениях.

Студент на своем рисунке отмечает номера трасс, принятых к расчету, намечает границы (высотные отметки h_i), определяет углы подъема трасс (β_i) характерных участков в соответствии с исходными данными по таблице 2.

Далее, по ф. (9) МР рассчитываются расстояния транспортирования (l_i) на каждом характерном участке. Результаты расчетов представляются в виде табл. 8 МР.

Определение прицепной массы состава и количества вагонов в составе

Расчет выполняется в соответствии с рекомендациями раздела 4.1 МР по формулам (10), (11), (12). В качестве проверки результаты можно сопоставить с реальными показателями карьеров. При применении тяговых агрегатов состав, включающий 9-10 думпкаров ВС-105, при значении руководящего уклона $i_р$ = 30-40‰ вывозит за рейс 900-1000 т ГМ.

Расчет скорости и времени движения состава

Скорость движения состава определяется с использованием ЭМХ двигателя (см. раздел 4.2 МР) по известному значению силы тяги одного двигателя (ф. (13)) на каждом участке трассы.

Время движения состава на каждом участке определяется по ф. (14).

Результаты тяговых расчетов оформляются в виде табл. 10 МР.

Эксплуатационные расчеты

Время рейса состава определяется по ф. (26)-(29) МР, количество подвижного состава – по ф. (30)-(34) МР.

По завершении расчетов делается краткое заключение по результатам практического занятия.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Приведите классификацию транспортных комплексов (ТК) горных предприятий с открытым и подземным способами разработки.
2. Приведите классификацию транспортных машин (ТМ) горных предприятий.
3. Поясните классификационный признак разделения ТМ по принципу действия. Приведите примеры.
4. Назовите основные физико-механические свойства насыпных грузов горных предприятий и дайте их характеристику.
5. Что означает параметр «насыпная плотность горной массы»? Приведите пример применения параметра в расчетах ТМ.
6. Приведите уравнение движения ТМ в тяговом режиме. Поясните суть значений составляющих этого уравнения.
7. Приведите уравнение движения ТМ в тормозном режиме. Поясните суть значений составляющих этого уравнения.
8. Приведите уравнение движения ТМ при постоянной скорости перемещения. Поясните практическое значение этого уравнения при расчете ТМ.
9. Поясните физический смысл (природу) понятия «Силы сопротивления движению ТМ». Укажите на примере места возникновения сил сопротивлений при движении ТМ.
10. Что означает термин «основные и дополнительные сопротивления» при движении ТМ.
11. Приведите выражение для расчета мощности привода ТМ. Какая связь существует между параметрами «затраченная работа и расход мощности»?
12. Приведите расчет теоретической и технической производительности ТМ циклического действия.

13. Приведите расчет теоретической и технической производительности ТМ непрерывного действия.

14. Приведите выражение для расчета эксплуатационной производительности ТМ.

15. Перечислите достоинства и недостатки железнодорожного транспорта (ЖТ) горных предприятий.

16. Приведите и укажите на примерах параметры железнодорожной колеи на прямолинейных и криволинейных участках трассы.

17. Перечислите основные параметры вагонов и вагонеток подвижного состава ЖТ горных предприятий. Раскройте понятие «коэффициент тары» вагона.

18. Назовите параметры локомотивов (электровозов, тепловозов, тяговых агрегатов), используемых при тяговых и эксплуатационных расчетах ЖТ.

19. Приведите уравнение движения железнодорожного состава в основном и удельном видах, раскройте значение составляющих.

20. Изобразите расчетную схему при взаимодействии приводного колеса с рельсом и поясните образование силы тяги.

21. Укажите какими условиями ограничивается значение силы тяги локомотива? Приведите выражение силы тяги по условию сцепления колеса с рельсом.

22. Поясните смысл понятия «коэффициент сцепления колеса с рельсом», приведите примеры.

23. Дайте определение понятия «сцепная масса локомотива», приведите примеры.

24. Приведите полный перечень сопротивлений, возникающих при движении состава по трассе.

25. Поясните смысл основных сопротивлений движению состава

26. Приведите перечень дополнительных сопротивлений при движении состава по трассе. Покажите на примере.

27. Какие параметры необходимо знать, чтобы рассчитать значение прицепной массы железнодорожного состава?

28. Приведите выражение для расчета прицепной массы состава при движении на руководящем уклоне.

29. Приведите выражение для расчета прицепной массы состава из условия трогания с места на руководящем уклоне.

30. Как определяется количество вагонов в составе?

31. Изобразите электромеханическую характеристику электродвигателя карьерного локомотива.

32. Приведите выражение для расчета силы тяги локомотива при движении по конкретному участку трассы.

33. Приведите методику определения скорости движения состава по конкретному участку трассы.

34. Покажите последовательность проверки тяговых двигателей локомотивов на нагрев из условия эффективного тока.

35. Как определяется время движения состава по трассе? Какие составляющие определяют время рейса (оборота) состава?

36. Изобразите схемы погрузки и разгрузки железнодорожных составов в карьерах, фабриках, отвалах.

37.Приведите выражение для расчета сменной производительности состава.

38. Приведите методику расчета комплекта рабочих локомотивов и вагонов, инвентарного парка подвижного состава.

39. Какие типы локомотивов применяются в условиях подземных разработок? Их особенности условия применения.

40. Какие типы вагонеток применяются в условиях подземных разработок? Их особенности и характеристики?

41. Поясните, что означает параметр «уклон равного сопротивления» при проектировании трассы рельсового транспорта в шахтах. Приведите выражение для определения уклона в транспортных расчетах.

42. Перечислите достоинства и недостатки при применении автомобильного транспорта (АТ) на горных предприятиях.

43. Изобразите схему и охарактеризуйте конструкции автодорог в карьерах. Укажите варианты сопряжения участков автодорог.

44. Изобразите принципиальные схемы и устройство автосамосвалов (А) и автопоездов, применяемых на карьерах.

45. Изобразите схемы типов трансмиссий А, отметьте область их применения.

46. Дайте перечень и приведите схемы самоходного горного оборудования, применяемого в шахтных условиях.

47. Назовите силы, действующие на А при его движении в тяговом и тормозном режимах.

48. Приведите выражения для расчета силы тяги А. Укажите ограничения силы тяги при конкретных дорожных условиях.

49. Поясните понятие «движение автомобиля юзом»

50. Характеризуйте основные и дополнительные сопротивления при движении А.

51. Приведите уравнение движения А в удельной форме.

52. Поясните термин «тяговый фактор А» и приведите пример тяговой характеристики А.

53. Приведите методику определения скорости движения А по характерному участку трассы.

54. Приведите выражения для определения времени рейса А.

55. Приведите выражение для расчета годовой эксплуатационной производительности карьерного А.

56. Как определяется рабочий и инвентарный парк А горного предприятия?

57. Перечислите какие типы конвейеров (К) применяются на горных предприятиях.

58. Назовите достоинства и недостатки ленточных конвейеров (ЛК).

59. Изобразите схему ЛК и назовите основные элементы конструкции.

60. Назовите правила, принятые стандартом при упрощении расчетной схемы ЛК. Изобразите простейшую расчетную схему наклонного ЛК.

61. Назовите перечень исходных данных указываемых в задании на проектирование ЛК.

62. Как рассчитывается ширина конвейерной ленты и выбирается скорость ее движения?

63. Приведите на схеме участки и места возникновения распределенных и сосредоточенных сопротивлений при движении ленты конвейера.

64. Приведите выражение для расчета распределенных сопротивлений движению ленты на рабочей и порожней ветвях наклонного ЛК.

65. Дайте определение значения натяжений ленты в точке конвейера «методом обхода по контуру». Приведите пример расчета натяжений в ленте простейшей схемы конвейера.

66. Укажите элементы теории передачи тягового усилия – «трещин». Приведите выражение формулы Эйлера.

67. Поясните понятие «тяговый фактор привода». Укажите способы повышения силы тяги привода ЛК.

68. Как определяется значение усилия натяжного барабана ЛК

69. Какие параметры необходимо знать, чтобы определить мощность двигателя приводного барабана ЛК?

70. Приведите методику проверки прочности выбранной ленты конвейера. Каков нормативный запас прочности конвейерной ленты?

71. Изобразите основные принципиальные схемы крутонаклонных конвейеров. Перечислите известные способы удержания горной массы на рабочем органе крутонаклонного конвейера.

72. Укажите элементы теории передачи тягового усилия – «зацеплением».

73. Изобразите схему скребкового конвейера, отметить достоинства и недостатки конвейера.

74. Изобразите схему пластинчатого конвейера, отметьте достоинства и недостатки конвейера.

75. Укажите особенности тягового расчета конвейеров с цепным тяговым органом.

76. Изобразите схемы гидротранспортных установок (ГУ), применяемых в условиях открытых и подземных разработок и обогатительных фабрик.

77. Назовите оборудование ГУ и дайте их характеристики.

78. Приведите исходные данные для расчета ГУ.

79. Приведите выражение для определения показателя – «концентрация пульпы».

80. Приведите выражение для расчета производительности ГУ.

81. Приведите выражение для расчета диаметра трубопровод.

82. Дайте понятие «критическая скорость» транспортирования пульпы ГУ, как проверяется турбулентность потока?

83. От каких показателей зависит необходимый напор гидронасоса?

84. Изобразите схемы канатных подвесных дорог (КПД), применяемых на горных предприятиях и дайте их характеристику.

85. Назовите основное оборудование КПД, изобразите схемы и устройство.

86. Назовите исходные данные для расчета КПД и изложите методику расчета установок.

87. Приведите выражение для расчета производительности КПД.

88. Назовите составляющие, оказывающие влияние на величину сопротивлений при движении вагонеток по КПД.

89. Как определяется мощность привода КПД?

90. Изобразите принципиальные схемы и элементы вибропитателей и виброгрохотов с линейными и круговыми колебаниями рабочего органа (РО)

91. Приведите схему и принцип действия вибраторов, образующих круговые и линейные колебания РО.

92. Приведите дифференциальное уравнение одномассной вибротранспортной машины (ВТМ) с консервативными и диссипативными свойствами.

93. Перечислите основные параметры ВТМ и приведите выражение для расчета производительности ВТМ.

94. Изобразите амплитудно-частотную характеристику одномассной ВТМ с зарезонансным режимом работы.

95. Поясните понятие «частота вынужденных и собственных колебаний» ВТМ.

96. Приведите выражение для расчета коэффициента режима работы ВТМ и поясните технический смысл значения этого коэффициента.

97. Приведите основные объекты генерального проекта на плане горного предприятия.

98. Изобразите условные обозначения объектов генпроектирования и транспортных коммуникаций, принятые в нормативах для предприятий с открытым и подземным способами разработки.

99. Изобразите (без соблюдения масштаба) пример генерального плана горного предприятия.

100. Изобразите (без соблюдения масштаба) пример генерального плана промплощадки (автотранспортного предприятия)

101. Изобразите (без соблюдения масштаба) пример генерального плана поверхности шахты.

102. Приведите перечень работ, предшествующих проектированию объектов горного машиностроения и горных предприятий.

103. Назовите стадии разработки технической документации в соответствии с требованиями ЕСКД.

104. Назовите перечень инструкций по безопасности работ, учитываемых при проектировании горных предприятий.

105. Какие положения и требования входят в состав технического задания на проектирование?

4. ПРИМЕР ТЕСТА

1	Какие виды транспорта относятся к транспорту непрерывного действия?	1. Конвейерный транспорт 2. Погрузочно-транспортные машины 3. Скреперные установки 4. Локомотивный транспорт
2	Что представляет собой система загрузки погрузочно-транспортной машины ПТ?	1. Ковшовый погрузочный орган на шарнирной рукояти машины загружает бункер 2. Вибропитатель из рудоспуска загружает в бункер машины 3. Секторный затвор, регулирующий поток руды из рудоспуска в бункер машины 4. Скреперная установка через полок загружает бункер машины
3	Комбинированный транспорт это	1. Когда используются два или три отдельных видов транспорта 2. Когда кузов имеет отделения для крупно- и мелкокусковых грузов 3. Когда применяются автосамосвалы разной грузоподъемности 4. Когда в составе поезда применены моторные думпкары
4	Дайте определение технической скорости автомобиля	1. Техническая скорость определяется отношением длины пути ко времени его прохождения 2. Это максимальная скорость, которую может развить порожний автомобиль на горизонтальной прямолинейной дороге 3. Техническая скорость определяется отношением пройденного пути ко времени его прохождения, включая время на погрузку и разгрузку 4. Это максимальная скорость, которую может развить автомобиль полной массы на горизонтальной прямолинейной дороге
5	Укажите, в каких автомобилях применяется «мотор-колесо»	1. В автомобилях семейства БелАЗ грузоподъемностью свыше 100 т 2. В автомобилях семейства КамАЗ 3. В автомобилях семейства БелАЗ грузоподъемностью 30, 40 т 4. В автомобилях семейства КрАЗ
6	Укажите максимальную крупность кусков грузов, которые могут транспортировать ленточные конвейеры	1. 500 мм 2. 400 мм 3. 300 мм 4. 200 мм
7	Чему равна мощность приводного электродвигателя конвейера N, кВт, если сила тяги на приводном барабане F = 10000 Н, скорость движения	1. (24÷25) кВт 2. (40÷41) кВт 3. (100÷105) кВт 4. 200 кВт

	ленты $V = 2$ м/с, коэффициент запаса мощности $K_N = 1{,}1$, а кпд передаточного механизма $\eta = 0{,}9$?	
8	Перечислите все виды шпал, применяющихся на карьерных ж/д путях	1. Железобетонные, деревянные, металлические 2. Железобетонные 3. Железобетонные и деревянные 4. Металлические и резинометаллические
9	Укажите величину широкой колеи карьерных путей	1. 1520^{+6}_{-2} мм 2. 1435^{+4}_{-2} мм 3. 1000^{+4}_{-2} мм 4. 1600^{+6}_{-2} мм
10	Укажите предназначение контррельсов в стрелочном переводе	1. Для предотвращения схода состава на стрелочном переводе 2. Для усиления устойчивости крестовины 3. Для повышения надежности работы переводного механизма 4. Для повышения надежности срабатывания автоматического перевода стрелок
11	Сила тяги по сцеплению колес локомотива с рельсами равна 200 кН, локомотив имеет 6 осей: 4 ведущих и 2 неведущих. Вес по осям распределен равномерно. Определить полный вес локомотива, если коэффициент сцепления равен 0,2	1. 1500 кН 2. 1200 кН 3. 1000 кН 4. 2000 кН
12	Укажите, каким способом перемещается груз качающимся питателем	1. Скольжением по лотку 2. Перемещением с отрывом груза от лотка 3. Не касаясь лотка 4. Перемещаясь вместе с лотком

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах / под общ. ред. В.С. Виноградова. М.: Недра, 1976. 385 с.

2. Элеуктроподвижной состав промышленного транспорта: справочник / под общ. ред. Л.В. Баллона. М.: Транспорт, 1987. 295 с.

3. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 383 с.

4. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 509 с.

5. *Шешко Е.Е.* Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2006. 266 с.

6. Транспорт на горных предприятиях / под общ. ред. Б.А. Кузнецова. М.: Недра, 1976. 548 с.

7. *Кулешов А.А.* Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. М.: Недра, 1980. 317 с.

8. *Смирнов В.*П., *Лель Ю.И.* Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрОРАН, 2002ю 325 с.

9. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г., Приседский Г.В.* Карьерный конвейерный транспорт. М.: Недра, 1979. 260 с.

10. *Васильев М.В., Волотковский В.С., Кармаев Г.Д.* Конвейерный большой протяженности на открытых работах. М.: Недра, 1977. 246 с.

11. Справочник по горнотранспортным машинам непрерывного действия. М.: Недра, 1982. 191 с.

12. Конвейеры: Справочник Л.: Машиностроение, 1984. 368 с.

13. *Дьяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г.* Ленточные конвейеры в горной промышленности. М.: Недра, 1982.

14. *Бирюков И.В., Савоськин А.Н., Бурчак Г.П. и др.* Механическая часть подвижного состава: учебник для вузов ж-д трансп. / Под ред. И.В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 440 с.

15. *Медель В.Б.* Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика: учебник для вузов ж-д транспорта, изд. 4-е, М.: Транспорт, 1974. 232 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.О.38 ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

форма обучения: **очная**

Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Старостин А.Н., к. ист. н.

Одобрены на заседании кафедры

Теологии
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Бачинин И.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 14.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Горно-механического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

Содержание

Методические указания по освоению дисциплины 3
Освоение лекционного курса 3
Самостоятельное изучение тем курса 3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям 6
Подготовка к тестированию 8
Подготовка к промежуточной аттестации 9

Методические указания по освоению дисциплины

Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать); Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

- Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

- Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

- Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

- Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

- Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять

план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

Подготовка к практическим (семинарским) занятиям

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Практическое (семинарское) занятие — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

1. Россия: географические факторы и природные богатства.

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Анализ предпосылок и факторов становления российской государственности (исторических, социально-экономических, географических).	УК-5
2.	Природные ресурсы и национальные богатства России.	
3.	Культуры этносов России и их основные достижения.	
4.	Религии этносов России.	

2. Многообразие российских регионов

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Российская Федерация: основные этапы становления современного государственного устройства.	УК-5
2.	Географическое, политическое, социально-экономическое, многообразие российских регионов.	
3.	Свердловская область: природно-экономический потенциал.	
4.	История родного города на примере города Екатеринбурга – столицы Татарстана.	

Результатом обсуждения проблемы на практическом (семинарском) занятии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие его всегда пролонгировано,

что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по обсуждаемой теме.

Незадолго до проведения практического (семинарского) занятия преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

Подготовка к тестированию

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Основы российской государственности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-5.

Образец тестового задания

1. Ключевую роль в формировании мировоззрения играют:
- мысли
- эмоции
- ценности
-все перечисленное

2. Какое место в мире по площади занимает Россия:
- первое

- второе
- третье
- пятое

3. К преимуществам географического положения России относят:
- межграничное положение между Европой и Азией
- большая протяженность транспортных магистралей
- сложность управления страной
+ выход к большому количеству морей и двум океанам

4. С каким государством у России самая большая сухопутная граница:
- Казахстан
- Белоруссия
- Китай
- Монголия

5. Первое летописное упоминание о Москве связано с именем князя:
- Ярослава Мудрого
- Владимира Мономаха
- Александра Невского
- Юрия Долгорукого

Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы российской государственности*» обучающемуся рекомендуется:

1. 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 российской государственности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью

построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

Б2.В.01(П) ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Гаврилова Л. А., канд. техн. наук, доцент

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИЯ

№ п/п	Этапы и краткое содержание практики	Практическая подготовка час.	Самостоятельная работа, час	Формы контроля
	Информационный	*3*	*0*	
1	Организационное собрание, формулирование задания на практику, получение необходимых консультаций по организации и методике проведения работ со стороны руководителя практики от университета	2	0	Собеседование, отчёт по практике
2	Ознакомление с требованиями охраны труда, безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности, правил внутреннего трудового распорядка	1	0	Запись в журнале организации, заполнение соответствующего раздела в направлении на практику
	Практический	*134*	*50*	
3	Знакомство с организацией, изучение условий её функционирования (ознакомление с организационной структурой, системой управления организации, функциями подразделения, основными нормативными правовыми актами)	*6*	10	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
4	Изучение требований по эксплуатации оборудования	*4*	*10*	Собеседование, отчёт по практике
5	Выполнение заданий, участие в различных видах профессиональной деятельности, непосредственное участие в работе эксплуатационного оборудования, а также в мероприятиях, проводимых по его ремонту и (или) проектированию	124	30	Собеседование, отчёт по практике, дневник практики характеристика с места практики
	Результативно-оценочный	*7*	*22*	
6	Подготовка отчёта о практике, получение характеристики, заверение документов по месту практики, защита отчёта	7	22	Защита отчета по итогам прохождения практики
Всего:		144	72	Зачёт

При реализации практики образовательная деятельность организована в форме практической подготовки путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы.

Обучающийся выполняет в соответствии с целями, задачами и заданием руководителя практики работы по месту прохождения практики, фиксирует все виды выполняемой работы в дневнике прохождения практики.

Конкретное содержание практики зависит от места её прохождения.

Практика проводится на основе договоров между организацией, осуществляющей деятельность по образовательной программе соответствующего профиля (далее – организация), и университетом.

Обучающемуся предоставляется право самостоятельно выбрать базу практики.

Обучающиеся, совмещающие обучение с трудовой деятельностью, вправе проходить преддипломную практику в организации по месту работы, в случаях если осуществляемая ими профессиональная деятельность соответствует целям практики.

Перед началом практики для студентов проводится организационное собрание, на котором разъясняются цели и задачи, содержание, сроки практики, порядок её прохождения, формулируются задания практики, разъясняются формы, виды отчётности, порядок заполнения бланков отчетности, требования к оформлению отчётных документов, порядок защиты отчёта по практике, даются иные рекомендации по прохождению практики.

Перед прохождением практики студент должен изучить программу практики, при необходимости подготовить: ксерокопии своих свидетельств о постановке на учет в налоговом органе (ИНН), пенсионного страхования; получить при необходимости медицинскую справку по форме, требуемой организацией-базой практики, в поликлинике, к которой прикреплены; подготовить фотографии (формат по требованию организации-базы практики) и паспортные данные (ксерокопии разворотов с фотографией и регистрацией места жительства) для оформления пропусков в организации.

Студенты получают программу практики, направление на практику и иную необходимую для прохождения практики документацию.

По прибытии на практику производится согласование конкретного структурного подразделения, где будет проходить практика (при необходимости), проводится инструктаж по охране труда и технике безопасности.

Практику целесообразно начать с экскурсии по организации (структурному подразделению организации), ведущими специалистами организации обучающимся могут быть прочитаны установочные лекции, отражающие характеристику организации/продукции организации, технологию её производства, контроль качества продукции, решение вопросов охраны труда и окружающей среды и т.д.

Организацию и руководство практикой осуществляют руководители практики от организации и от университета.

Руководители практики от университета контролируют реализацию программы практики и условия проведения практики организациями, проводят индивидуальные и групповые консультации в ходе практики, оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими заданий практики, оценивает результаты практики.

Руководители практики от организаций (назначаемые руководителем организации)) знакомят обучающихся с порядком прохождения практики, проводят инструктаж со студентами по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка, помогают обучающимся овладевать профессиональными навыками.

При прохождении практики *обучающиеся обязаны:*

своевременно прибыть на место прохождения практики, иметь при себе все необходимые документы;

соблюдать действующие правила внутреннего трудового распорядка организации – места прохождения практики;

соблюдать требования охраны труда, пожарной безопасности;

выполнять задания, предусмотренные программой практики, вести дневник практики с фиксацией результатов выполненной работы, фактических материалов, наблюдений, оценок и выводов как фрагментов будущего отчета;

получить по месту проведения практики характеристику, отзыв о проделанной работе, подписанный надлежащим лицом;

в установленный срок отчитаться о прохождении практики руководителю практики от университета, подготовить и сдать отчет и другие документы практики.

При возникновении затруднений в процессе практики студент может обратиться к руководителю практики от университета либо от организации-базы практики и получить необходимые разъяснения.

Примерный план прохождения практики:

Задание	Отчетность
1. Ознакомиться с организаций, правилами безопасной работы, технологией производства/технологическим циклом горных работ предприятия и его организационной структурой, пройти инструктаж по технике безопасности, охране труда	Запись в соответствующем журнале организации и направлении на практику. Первый раздел отчета - Описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности.
2. Ознакомиться с подразделением, в котором студент проходит практику, организацией деятельности слесаря, рабочего, должностными инструкциями рабочих мест и инженерно-технического персонала…	Первый раздел отчета - Описание подразделения – название, функции, задачи подразделения, должностные обязанности работников (кратко).
3. Выполнить задания по поручению и под наблюдением мастера участка: - работа дублёрами техников, мастеров. Изучение состава и порядка хранения информации на предприятии (организации) (архивы, базы данных, программное обеспечение), получение и применение информации в расчетах. Участие в работе контролера ОТК, в разработке конструкций оснастки, инструментов; - работа с документацией в соответствии с индивидуальным заданием, с учетом фактического и литературного материала (сборочный чертеж изделия с выбранной деталью, чертеж детали, чертеж исходной заготовки, альбом карт технологического процесса, чертежи зажимных и контрольных приспособлений, режущего инструмента и т.д.); - установление маршрута изготовления деталей. Проектирование операционного технологического процесса изготовления детали. Определение баз, выбор технологического оборудования и технологической оснастки: приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента. Назначение режимов резания, определение норма времени	Второй раздел отчета - Составленные студентом документы – чертежи, отчеты контроля качества, технологические карты, графики, таблицы результатов, описание выполненной деятельности.

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРАКТИКЕ

По результатам практики обучающийся представляет набор документов: направление на практику с отметкой организации-базы практики; дневник практики; характеристику с места практики; отчет по практике.

В процессе прохождения практики студент ведет *дневник практики.* Дневник практики должен быть оформлен надлежащим образом, в него записываются сведения о выполненных студентом работах и заданиях. Записи должны быть конкретными, с указанием характера и объёма проделанной работы. Руководитель практики от организации проверяет дневник. В дневнике должна быть отметка о выполнении работ студентом с подписью руководителя практики от организации.

Характеристика с места практики должна обязательно содержать Фамилию. И. О. студента полностью, указание на отношение студента к работе, наличие или отсутствие жалоб на

студента, оценку его теоретических знаний, умение применять теоретические знания на практике, степень выраженности необходимых личностных и профессиональных качеств, степень сформированности компетенций, др.

Отчет вместе с документами служит основанием для оценки результатов практики руководителем. Полученная оценка выставляется в ведомость и зачетную книжку обучающегося.

Содержание отчёта должно соответствовать программе практики, в нем обобщается и анализируется весь ход практики, выполнение заданий и других запланированных мероприятий. Отчет должен иметь четкое построение, логическую последовательность, конкретность.

Отчет по практике имеет следующую структуру: титульный лист, содержание, введение, основная часть (первый и второй разделы), заключение, приложения.

Титульный лист отчета содержит*:* указание места прохождения практики, данные о руководителе практики от университета.

Содержание отчета о прохождении практики помещают после титульного листа. В содержании отчета указывают: перечень разделов (при желании параграфов), номера страниц, с которых начинается каждый из них.

Во введении следует отразить*:* место и сроки практики; её цели и задачи; выполненные обязанности, изученный информационный материал.

Введение не должно превышать 1 страницы компьютерного набора.

Основная часть отчета содержит два раздела, каждый из которых может быть подразделен на параграфы.

Первый раздел «Краткая характеристика организации-базы практики» представляет собой характеристику места практики по следующей схеме: описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности; описание подразделения, где проходила учебная практика – название, функции, задачи подразделения, взаимосвязи (взаимодействие) с другими структурными подразделениями, полномочия, должностные обязанности работников (кратко).

Второй раздел отчета о прохождении практики носит практический характер.

В нем должно быть сделано описание выполненной работы, указания на затруднения, которые встретились при прохождении практики.

Для повышения эффективности прохождения практики в отчете рекомендуется зафиксировать:

обязанности, которые было поручено выполнять в ходе практики (а также анализ – какие из порученных обязанностей было интересно выполнять, а какие нет, почему, с чем это связано?);

трудности, которые было необходимо преодолеть (что не получалось, почему, какие были предложены для решения проблем?);

внутренняя культура взаимоотношений между работниками (возникло ли желание работать в данной организации, почему?).

Объем основной части не должен превышать 10 страниц.

В *заключении* студент должен дать общую оценку работ по эксплуатации горного или нефтегазового оборудования, технологического оборудования машиностроительных предприятий, дать характеристику практики (как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики), сделать вывод о ее значении для подготовки специалиста конструктора.

или

В *заключении* студент должен указать, как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики, выводы и предложения, к которым пришел студент в результате прохождения практики.

Заключение должно быть по объему не более 1-2 стр.

В *приложениях* располагают вспомогательный материал:

перечень материалов, с которыми ознакомился студент в ходе практики;

таблицы цифровых данных;

копии полевых журналов;
вычислительные ведомости;
патентные исследования;
графические, аудио-, фото-, видео- материалы;
проч.

Объем отчета (без приложений) не должен превышать 10-15 страниц, набранных на компьютере.

Все документы практики должны быть подшиты в папку-скоросшиватель, заполнены в соответствии с требованиями. Документы располагаются и сшиваются в следующей последовательности: направление и задание на практику, дневник практики, характеристика (приложение 1), отчёт по практике - титульный лист, содержание (приложение 2 и 3), основной текст.

Готовый отчет вместе с документами практики направляется на проверку руководителю практики от университета, который готовит отзыв об отчёте о прохождении практики.

К защите допускаются студенты, предоставившие руководителю практики от университета полный комплект документов о прохождении практики в установленные сроки.

По итогам практики проводится защита отчёта.

Защита отчета по практике проводится руководителем практики от университета. К защите могут привлекаться руководители организаций - баз проведения практики и непосредственные руководители практики от принимающих организаций.

Форма защиты результатов практики - собеседование. Обучающийся кратко докладывает о содержании своей работы во время практики, отвечает на вопросы принимающих отчет (проводящих защиту).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1.ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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.

3.2. 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 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

3.3. 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.

3.4. 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, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;
б) …;
1) …;
2) …;
в) …

3.5. 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 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

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:

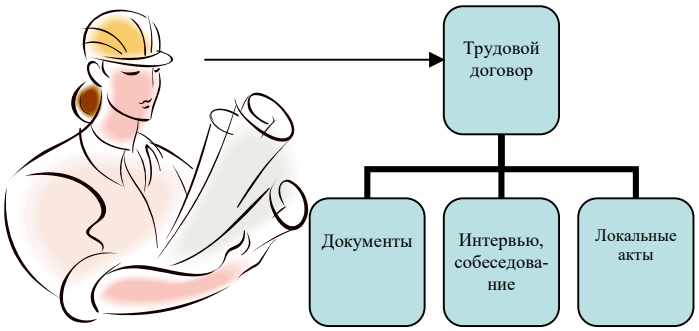
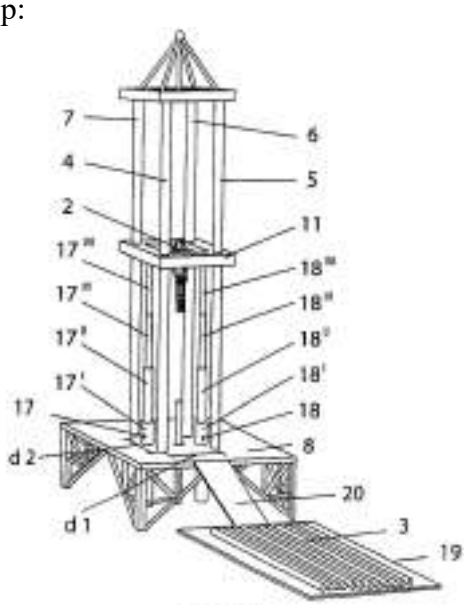


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

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:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.6. 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)».

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 абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

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 – Количество оборудования

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	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.

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).

3.7. 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.

3.8. 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.

9. Трудовое право России [Текст]: учебник / Под ред. Л.А.Сыроватской. - М.: Юристъ, 2006. - 280 с.

10. Семенов, В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология [Текст] / В.В. Семенов; Рос. акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. - Пущино: ПНЦ РАН, 2000. - 64 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социумы: журнал Уральского гос. ун-та. - 2002. - N 8. – Режим доступа: http://www2/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Юридический советник [Электронный ресурс]. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв., цв. ; 12 см. - Прил.: Справочник пользователя [Текст] / сост. В.А. Быков. - 32 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. / Свердл. 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

5) **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 скобках[1]:

- [Видеозапись];
- [Мультимедиа];
- [Текст];
- [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.9. 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.

[1] 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.

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, Ь, 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 заголовок, 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.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.3:

1. Сколько операций включает рабочий цикл карьерного экскаватора?
2. Из каких элементов состоит рабочее оборудование драглайна?
3. От чего зависит вид ходового оборудования?
4. Каким образом достигается равномерное распределение нагрузки на опорные колеса рельсового хода?
5. Чем обусловлены низкие сопротивления повороту одноковшовых экскаваторов?
6. Какие усилия преодолевает привод механизма подъема карьерной механической лопаты при черпании породы?
7. По какой зависимости определяют эксплуатационную производительность карьерной мехлопаты?
8. Как подразделяются машины и механизмы в структуре комплекса?
9. Что такое выемочно-транспортирующая машина?
10. Что является основным рабочим органом бульдозера?
11. По какой зависимости определяют сопротивление копанию на ноже бульдозера?
12. От чего зависят мощность и тяговое усилие скрепера?
13. Какими способами производится разрушение горной породы водой?
14. В чем отличие рабочего оборудования гидравлического экскаватора?
15. Что относится к конструкции рабочего оборудования цепного экскаватора?
16. По какой зависимости определяют относительный показатель трудности бурения?
17. Каков характер ударного разрушения прочных горных пород?
18. Под действием каких факторов при вращательном бурении порода разрушается?
19. Как подразделяются шарошечные долота по способу расположения зубьев?
20. Чем количественно характеризуется термобуримость?
21. По какой зависимости определяется скорость хода шагающих экскаваторов?
22. От чего зависит мощность оборудования комплекса?
23. От скорости основных механизмов комплекса

24. С помощью чего открывают электромагнитный вентиль автоматизированной гидромониторной установки?
25. Что такое многоопорный гусеничный ход?
26. Каково назначение главного привода драги?
27. С какой скоростью направляется на забой вода через гидромонитор?
28. Какое значение имеет скорость перемещения ковша при повороте и опускании ковша в забой?
29. По какой зависимости определяют производительность бульдозера при планировочных работах?
30. Когда применяют ротор с цепной конструкцией ковшей?
31. Для чего предназначен понтон драги?
32. Что является одним из главных признаков различия одноковшовых экскаваторов?
33. На сколько групп по конструктивным признакам делятся стрелы драглайнов?
34. На каких машинах применяют рельсовый ход?
35. Что происходит при переходе с четырех- на шести рельсовый путь?
36. От чего зависит надежная работа экскаватора и его весовая характеристика?
37. Какие усилия преодолевает привод механизма подъема карьерной мехлопаты при повороте платформы и ковша на разгрузку?
38. Чем оценивается качество забоя?
39. Какая машина является основной в комплексе?
40. Какие типы выемочно-транспортирующих машин существуют?
41. Из каких элементов состоит неповоротный отвал?
42. По какой зависимости определяют сопротивление перемещению призмы волочения перед отвалом бульдозера?
43. Какие функции входят в эмпирические зависимости для определения основных параметров одноковшовых погрузчиков?
44. Как вода попадает в гидромонитор?
45. Каким образом пульпа поступает в зумпф уровня?
46. С помощью чего осуществляется маневрирование драги?
47. Чем количественно характеризуется термобуримость?
48. По какой зависимости определяют силу удара в станках СБУ?
49. По какой зависимости определяют толщину срезаемой стружки породы?
50. От чего зависит эффективность шарошечного бурения?
51. В чем заключается сущность работы перфораторов?
52. Где устанавливают направляющие блоки тяговых канатов?
53. Сколько у экскаватора ЭШ-40.85 синхронно работающих механизмов шагания?
54. По какой зависимости определяется расчетная сила сопротивления породы копанию на зубьях ковша?
55. Какой параметр влияет на возможность размещения ковша механической лопаты в крайнем положении – у гусениц?
56. По какой зависимости определяют среднее статическое удельное давление рыхлителя на грунт?
57. Какие мероприятия не приводят к повышению производительности бульдозеров?
58. От чего зависит величина напряжений в породе при термическом бурении?
59. В чем заключается сущность работы пневмоударника?
60. Чем достигается создание компактной нераспыляющейся струи гидромонитора?
61. С помощью чего стрела карьерного экскаватора опирается на поворотную платформу?
62. Как называется стрела, элементы которой, работающие на растяжение, выполнены из канатов?

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.4:

Понятие и роль информации в жизни современного общества.
2. Виды информации.
3. Понятие интеллектуальной собственности. Значение интеллектуальной собственности в со- временном информационном обществе.
4. Субъекты и объекты права интеллектуальной собственности.
5. Источники права интеллектуальной собственности.
6. Понятие авторского права РФ.
7. Субъекты и объекты авторского права.
8. Личные неимущественные и имущественные авторские права.
9. Понятие смежных прав.
10. Источники смежных прав.
11. Объекты смежных прав: постановки, исполнения, радио- и телевизионные передачи, фоно- граммы.
12. Субъекты смежных прав.
13. Патентное право в объективном и субъективно смысле.
14. Источники патентного права.
15. Объекты патентного права.
16. Субъекты патентного права.
17. Регистрация объекта патентования в Патентном ведомстве.
18. Правовое понятие программы для ЭВМ и базы данных.
19. Регистрация программ для ЭВМ и баз данных.
20. Понятие средств индивидуализации предпринимателей.
21. Понятие фирменного наименования.
22. Субъекты прав на фирменное наименование.
23. Понятие товарного знака (знака обслуживания). Виды товарных знаков.
24. Понятие наименования места происхождения товаров.
25. Субъекты права на наименование мест происхождения товаров.
26. Секрет производства (ноу-хау). Условия правовой охраны ноу-хау.
27. Топологии интегральных микросхем.
28. Лицензионный договор.
29. Виды лицензий.
30. Понятие государственной тайны. Виды грифов секретности.
31. Получение допуска к государственной тайне.
32. Понятие и виды конфиденциальной информации.
33. Ответственность за нарушение конфиденциальности.
34. Административная и уголовная ответственность за нарушение права интеллектуальной собственности. Виды наказаний.
35. Дисциплинарная, материальная и имущественная ответственность за нарушение права интеллектуальной собственности.
36. Правовые проблемы Интернета.
37. Нормативная правовая база по вопросам функционирования сети Интернет в России.
38. Правовые аспекты обеспечения безопасности в Интернете.
39. Проблемы охраны авторских прав в российском секторе Интернета.
40. Интеллектуальная собственность в Интернете.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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 _____ практики
(название практики)

_____
(наименование организации прохождения практики)

Специальность:
15.05.01 *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ*

Специализация:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Студент: Борисов А. В.
Группа: ПТМК-24-1

Руководители практики от университета:
Порожский К.П., Гаврилова Л.А.

Оценка _____

Подпись _____

Руководитель практики от организации:
Бородулин Д.В., директор учебного комбината
Подпись _____

Екатеринбург
2024

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

НАПРАВЛЕНИЕ НА ПРАКТИКУ

Обучающийся _____
(фамилия, имя, отчество)

Специальности/направления подготовки _____
(шифр и наименование специальности/направления подготовки)

_____курса _____факультета

направляется в_____
(наименование организации, город)

_____

для прохождения _____ практики

с _____ по _____
(прописью) (прописью)

Декан факультета _____

М.П.

Руководитель практики от университета

_____

тел. кафедры: 8(343) _____

Отметка организации

Дата прибытия обучающегося в организацию «____» _____ 20 г.

Направлен _____
(наименование структурного подразделения)

Практику окончил «_____» _____ 20 г.

Руководитель практики от организации

_____
(ф. и. о.)

М.П.

_____
(должность)

Прохождение инструктажа по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, правилами внутреннего трудового распорядка с оформлением в соответствующем журнале:

Дата проведения	Ф.И.О., должность, подпись проводившего инструктаж	Подпись обучающегося, прошедшего инструктаж

Задание на период практики

_____

_____

_____

ДНЕВНИК ПРАКТИКИ

Период	Характеристика работ	Подпись руководителя практики от организации/ университета

Характеристика с места практики обучающегося
(заполняется руководителем практики от организации)

_____
(фамилия, имя, отчество)

Заключение организации о работе обучающегося за период практики (технологические навыки, деловые качества, активность, дисциплина, участие в общественной работе)

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Руководитель практики от организации _____ _____
(Фамилия И.О) (подпись)

Отзыв

об отчёте о прохождении практики обучающегося
(заполняется руководителем практики от университета)

1. Выводы (характеристика отчёта в целом, соответствие содержания отчёта программе):

_____

_____

_____

_____

_____

2. Недостатки отчёта:

_____

_____

_____

_____

_____

Руководитель практики от университета _____ _____
(Фамилия И.О) (подпись)

Характеристика обучающегося с места практики описывает его профессиональную подготовку, теоретические знания, практические навыки и деловые качества, которые он проявил в период прохождения практики. Писать документ нужно в официальном стиле, при этом необходимо указать в характеристике следующие сведения:

фамилия и инициалы обучающегося;

обязанности обучающегося в период прохождения практики;

профессиональные качества обучающегося;

особенности обучающегося, проявленные при общении с трудовым коллективом;

практические навыки, освоенные обучающимся;

оценку, выставленную обучающемуся по результатам прохождения практики.

Главная цель составления характеристики обучающегося с места практики — описание его профессиональной подготовки, а также новых знаний и навыков, которые он приобрел в процессе практической деятельности в конкретной организации. Подробная характеристика позволит руководителю практики со стороны учебного заведения объективно оценить ее эффективность и поставить обучающемуся справедливую оценку.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Образец оформления содержания отчета по практике

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Краткая характеристика организации - места практики	5
1.1	Организационная структура организации и нормативная основа ее деятельности	…
1.2	Характеристика структурного подразделения	…
	….	…
2	Практический раздел – выполненные работы	
3	Характеристика условий труда на практике	
	Заключение	
	Приложения	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

Б2.О.01(У) ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, проф.

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

1 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИЯ

№ п/п	Этапы и краткое содержание практики	Практическая подготовка час.	Самостоятельная работа, час	Формы контроля
	Информационный	*2*	0	
1	Организационное собрание, формулирование задания на практику, получение необходимых консультаций по организации и методике проведения работ со стороны руководителя практики от университета	1	0	Собеседование, отчёт по практике
2	Ознакомление с требованиями охраны труда, безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности, правил внутреннего трудового распорядка	1	0	Запись в журнале организации, заполнение соответствующего раздела в направлении на практику
	Практический	*68*	*0*	
1	Экскурсия по карьеру с изучением технологических машин и оборудования	*2*	*0*	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
2	Экскурсия в водоотливную шахту с изучением технологических машин и оборудования	*2*	*0*	
3	Экскурсия на отвалы с изучением технологических машин, формирующих отвалы	*2*	*0*	
4	Экскурсия в цеха ремонтного машиностроительного завода	*2*	*0*	
5	Экскурсия на обогатительную фабрику, завод теплоизоляционных материалов	*2*	*0*	
1) Получение рабочей профессии «Слесарь-ремонтник» (по выбору)				
1.6	Основы ведения буровых работ на карьере, изучение принципиального устройства буровых станков, их рабочих процессов и особенностей взаимодействия рабочего органа с породой	*6*	2	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
1.7	Вращательно-подающий механизм бурового станка	6	2	
1.8	Ходовое оборудование бурового станка	6	2	
1.9	Обучение слесарным работам	6	2	Выполнение практического задания
1.10	Слесарный инструмент	6	2	
1.11	Технология ведения слесарных работ	6	5	
1.12	Приобретение навыков работы при ремонте и техническом обслуживании бурового станка	10	5	
1.13	Сборка-разборка редукторов разных типов	6	5	
1.14	Виды технического обслуживания бурового станка	6	5	
2) *Получение рабочей профессии «Слесарь по ремонту горного оборудования» (по выбору)*				
2.6	Функционирование механического оборудования в карьере, изучение принципиального устройства карьерных экскаваторов, их рабочих процессов и особенностей взаимодействия рабочего органа с породой	*6*	2	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
2.7	Рабочее оборудование карьерного экскаватора	6	2	
2.8	Основные механизмы карьерного экскаватора	6	2	
2.9	Ходовое оборудование карьерного экскаватора	6	2	
2.10	Слесарный инструмент	6	2	Выполнение

2.11	Технология ведения слесарных работ	6	5	практического задания
2.12	Приобретение навыков работы при ремонте и техническом обслуживании бурового станка	10	5	
2.13	Сборка-разборка редукторов разных типов	6	5	
2.14	Виды технического обслуживания карьерного экскаватора	6	5	
	Результативно-оценочный	*2*	*6*	
15	Подготовка отчёта о практике, получение характеристики, заверение документов по месту практики, защита отчёта		6	Защита отчета по итогам прохождения практики
16	Квалификационный экзамен	2		Экзамен
Всего:		72	36	Зачёт

Примерный план прохождения практики:

Задание	Отчетность
Знакомство с основами будущей профессии	
1. Ознакомиться с организаций, технологическим циклом горных работ предприятия и его организационной структурой, пройти инструктаж по технике безопасности	Отчет об экскурсиях по предприятиям.
2. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия технологических машин и оборудования на предложенных производствах	Отчет по трем предприятиям
Формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций (умений и навыков)	
3. Выполнить практические задания по поручению и под наблюдением преподавателя, мастера производства: 1. Разобрать цилиндрический редуктор, провести измерения деталей (валов, крышек, подшипников, зубчатых колес, шестерен) редуктора, сделать эскизы деталей в объемном виде, начертить рабочие чертежи вышеперечисленных деталей редуктора, выполнить необходимые расчеты. 2. Разобрать конический редуктор, провести измерения деталей (валов, крышек, подшипников, зубчатых колес, шестерен) редуктора, сделать эскизы деталей в объемном виде, начертить рабочие чертежи вышеперечисленных деталей редуктора, выполнить необходимые расчеты. 3. Разобрать червячный редуктор, провести измерения деталей (валов, крышек, подшипников, червяков) редуктора, сделать эскизы деталей в объемном виде, начертить рабочие чертежи вышеперечисленных деталей редуктора, выполнить необходимые расчеты.	Копия удостоверения о полученной во время практики рабочей квалификации

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРАКТИКЕ

По результатам учебной практики обучающийся представляет набор документов: дневник практики; копию квалификационного удостоверения о приобретении рабочей профессии «Слесарь по ремонту горного оборудования» или «Слесарь-ремонтник» (по выбору); отчет по практике.

В процессе прохождения практики студент ведет *дневник практики.* Дневник практики должен быть оформлен надлежащим образом, в него записываются сведения о выполненных студентом работах и заданиях. Записи должны быть конкретными, с указанием характера и объёма проделанной работы.

Отчет вместе с копией квалификационного удостоверения служит основанием для оценки результатов учебной практики руководителем практики от университета. Полученная оценка - «зачтено» выставляется в ведомость и зачетную книжку студента.

Содержание отчета должно соответствовать программе практики, в нем обобщается и анализируется весь ход практики, выполнение заданий и других запланированных мероприятий. Отчет должен иметь четкое построение, логическую последовательность, конкретность.

Отчет по учебной практике имеет следующую структуру: титульный лист (приложение А), содержание (приложение Б), введение, основная часть (из трех разделов), заключение, приложения.

Титульный лист отчета содержит*:* указание места прохождения практики, данные о руководителе практики от университета и от организации (образец – приложение А).

Содержание отчета о прохождении учебной практики помещают после титульного листа. *В* содержании отчета указывают: перечень разделов (при желании параграфов), номера страниц, с которых начинается каждый из них (образец – приложение Б).

Во введении следует отразить*:* место и сроки практики; её цели и задачи; выполненные обязанности, изученный информационный материал.

Введение не должно превышать 1 страницы компьютерного набора.

Основная часть отчета содержит два раздела, каждый из которых может быть подразделен на параграфы.

Первый раздел. **Получение квалификации «Слесарь по ремонту горного оборудования» или «Слесарь-ремонтник» на базе учебного комбината (г. Асбест, ПАО «Ураласбест»).**

Второй раздел. **Основные сведения по предприятиям, входящим в состав ПАО «Ураласбест».**

Горное предприятие ОАО «Ураласбест»

Общие сведения о предприятии. Месторождение, пути сообщения. Краткая история развития и перспективы предприятия. Организационная структура предприятия. Краткая геологическая характеристика месторождения.

Открытые горные работы.

Особенности открытого способа разработки месторождения. Горно-геологические условия. Коэффициент вскрыши на данном предприятии. Вскрытие месторождения. Проведение траншей и съездов, размеры траншей, транспортных площадок, уклонов. Оборудование, применяемое при нарезке горизонтов. Порядок отработки уступов. Вскрышные и добычные работы. Элементы забоев. Высота уступов, ширина заходки, угол откоса их, ширина предохранительных, транспортных и рабочих площадок (схема).

Буровзрывные работы. Расположение, глубина и диаметр скважин, размещение в них зарядов, схема соединения взрывной сети. Типы буровых станков, применяемых в карьере. Их основные узлы, назначение и взаимодействие. Основные операции и их последовательность при бурении. Производительность станков. Качество подготовки горной массы. Породоразрушающий инструмент. Правила безопасности ведения буровзрывных работ.

Экскавационные работы. Характеристика пород. Объемный вес их в плотном теле при естественной влажности. Коэффициент разрыхления. Взаимное расположение экскаваторов и транспортных средств в забое. Типы применяемых экскаваторов, их общее устройство. Рабочий процесс экскаватора. Длина передвижек. Условие опирания экскаватора на грунт при экскавации и перемещении. Фактическая высота копания, средняя продолжительность рабочего цикла. Производительность экскаватора. Техника безопасности.

Транспорт. Виды транспорта. Расстояние доставки горной массы. Скорость движения, емкость транспортных сосудов. Отношение данной емкости к вместимости ковша экскаватора. Способы передвижения железнодорожных путей. Сведения по обслуживанию оборудования. Порядок передачи рабочих смен. Характер подготовительных работ перед началом смены (осмотр узлов оборудования, крепежный ремонт, смазка и т.д.). Форма, содержание и порядок ведения журналов эксплуатации оборудования. Степень износа, длительность использования наиболее сильно изнашивающихся деталей. Способы очистки ковшей в случае налипания при черпании липких пород. Способы перемещения гибких кабелей.

Обогатительная фабрика. Общее знакомство с обогатительной фабрикой. Особенности обогащения ПИ, технологическая схема подготовки и обогащения ПИ. Организация труда на фабрике. Порядок передачи смен, основные виды работ перед началом смены, неотложный ремонт, смазка оборудования и т.п. Дробильное отделение. Схема дробления. Схема цепи аппаратов отделения. Типы применяемого оборудования, устройство дробилок, кинематика, рабочие процессы дробления. Способы предохранения дробилок в случае попадания недробимых предметов. Питание дробилок и удаление готового продукта. Характеристика оборудования для грохочения: количество грохотов, характеристика. Наиболее быстро изнашивающиеся детали оборудования, длительность их использования до замены, методы ремонта. Корпус обогащения. Схема обогащения. Качественно-количественная схема и схема цепи аппаратов. Продукты обогащения. Характеристика основного оборудования. Методы контроля процессов обогащения. Транспорт. Виды транспортных устройств, их характеристика. Бункерное хозяйство фабрики. Цех готовой продукции. Упаковка и хранение.

Вентиляция и водоотлив в карьере.

Схемы вентиляции и водоотлива. Осушение месторождения. Водоотливные, компрессорные и подъемные установки, их техническая характеристика и назначение. Наиболее быстро изнашивающиеся детали оборудования, методы ремонта. Вентиляционные установки. Вентиляторы, их назначение и характеристика. Направление вентиляционной струи. Реверсивные струи. Компрессоры, воздухосборник, канализация сжатого воздуха.

Ремонтно-механическая база предприятия. Механические мастерские. Их характеристика. Количество цехов, основное оборудование, типы металлообрабатывающих станков, их мощности. Литейный, кузнечный цехи. Структура механической службы. Организация работы в механических мастерских и проведение профилактических ремонтов на рабочих объектах. Объем работ, выполняемых при различных видах ремонтов и тех. обслуживания. Планирование ремонтов, определение количества ремонтов, учет ремонтных работ.

Слесарные работы и ремонт оборудования.

Приобретение основных навыков ремонта горного оборудования. Сборка, разборка трех видов редукторов. Снятие размеров, эскизирование, выполнение рабочих чертеже деталей, указанных преподавателем. Меры безопасности при выполнении слесарных, ремонтных и электросварочных работ.

Техническое обслуживание горных машин и оборудования в процессе эксплуатации. Смазка механизмов машин и устранение мелких неисправностей.

Практическое участие в работах по плановому и капитальному ремонтам горных машин. Участие в проведении внеплановых ремонтов.

Самостоятельное выполнение ряда работ по ремонту горного оборудования. Участие в работах по техническому обслуживанию горных машин.

Обучение методам наладки и ремонта обслуживаемых механизмов; обнаружение и устранение неисправностей, возникающих при эксплуатации оборудования.

Объем основной части не должен превышать 10 страниц в компьютерном наборе и 20-25 в рукописном варианте.

В *заключении* студент должен указать, как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики, выводы и предложения, к которым пришел студент в результате прохождения учебной практики.

Заключение должно быть по объему не более 1 стр.

В *приложениях* располагают:

индивидуальное задание;

рабочие чертежи предложенных преподавателем деталей;

копию квалификационного удостоверения;

справочные, табличные данные;

проч.

Объем отчета (без приложений) не должен превышать 10-15 страниц, набранных на компьютере и до 30 страниц рукописного текста.

Все документы практики должны быть подшиты в папку-скоросшиватель, заполнены в соответствии с требованиями. Документы располагаются и сшиваются в следующей последовательности: дневник практики, отчёт по практике - титульный лист, содержание (приложение 2 и 3), основной текст.

Готовый отчет направляется на проверку руководителю практики от университета. По итогам отчета о прохождении учебной практики по получению первичных умений и навыков выставляется зачет.

К защите допускаются студенты, предоставившие руководителю практики от университета отчет и копию удостоверения о полученной рабочей квалификации «Слесарь по ремонту горного оборудования» или «Слесарь-ремонтник», протокол о сдаче квалификационного экзамена в установленные сроки.

По итогам практики проводится защита отчёта.

Защита отчета по практике проводится руководителем практики от университета. К защите могут привлекаться руководители организаций - баз проведения практики и непосредственные руководители практики от принимающих организаций.

Форма защиты результатов практики - собеседование. Обучающийся кратко докладывает о содержании своей работы во время практики, отвечает на вопросы принимающих отчет (проводящих защиту).

При постановке оценки учитываются сроки представления отчета защиты, содержание и качество оформления отчета и дневника, практическая работа обучающегося, достижение целей и задач практики, трудовая дисциплина, отзывы руководителей практики и мастеров производственного обучения от предприятия, ответы обучающегося на вопросы в ходе защиты отчета.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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.

3.2. 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 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

3.3. 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.

3.4. 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, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

3.5. 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 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

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:

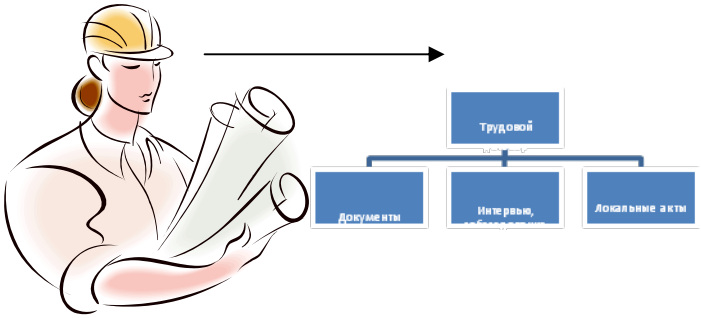
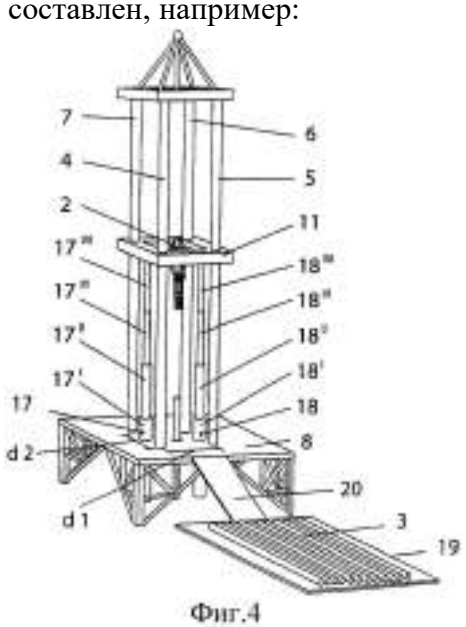


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

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:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.6. 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)».

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 абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

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 – Количество оборудования

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	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.

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).

3.7. 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.

3.8. 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.

9. Трудовое право России [Текст]: учебник / Под ред. Л.А.Сыроватской. - М.: Юристъ, 2006. - 280 с.

10. Семенов, В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология [Текст] / В.В. Семенов; Рос. акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. - Пущино: ПНЦ РАН, 2000. - 64 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социемы: журнал Уральского гос. ун-та. - 2002. - N 8. – Режим доступа: http://www2/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Юридический советник [Электронный ресурс]. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв., цв. ; 12 см. - Прил.: Справочник пользователя [Текст] / сост. В.А. Быков. - 32 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. / Свердл. 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

5) **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 скобках[1]:

- [Видеозапись];
- [Мультимедиа];
- [Текст];
- [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.9. 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, Ь, 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 заголовок, 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.

---

[1] 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 _____ практики

(название практики)

_____

(наименование организации прохождения практики)

Специальность:
15.05.01 *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ*

Специализация:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Студент: Борисов А. В.
Группа: ПТМК-24-1

Руководители практики от университета:
Калянов А.Е., Абраров Р.Р.

Руководитель практики от организации:
Бородулин Д.В., директор учебного комбината

Оценка _____

Подпись _____

Екатеринбург
2024

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец оформления содержания отчета по учебной практике

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Краткая характеристика организации - места практики	5
1.1	Оборудование	…
1.2	Характеристика структурного подразделения	…
	….	…
2	Практический раздел – выполненные работы	
2.1	Виды и объем выполненных работ	
2.2	…….	
	Заключение	
	Приложения	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ДНЕВНИК ПРАКТИКИ

Период	Характеристика работ	Подпись руководителя практики от организации/ университета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для обучающихся
ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ
Б2.О.02(У) ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРАКТИКА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Шестаков В.С., канд. техн. наук, проф.

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

1 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИЯ

№ п/п	Этапы и краткое содержание практики	Практическая подготовка час.	Самостоятельная работа, час	Формы контроля
	Информационный	*4*	0	
1	Организационное собрание, сбор и изучение рекомендуемой литературы, получение необходимых консультаций по организации и методике проведения работ со стороны руководителя практики от кафедры	2	0	Собеседование, отчёт по практике
2	Правила техники безопасности при работе на компьютерной технике	2	0	Запись в журнале организации, заполнение соответствующего раздела в направлении на практику
	Практический	*134*	*52*	
3	**Применение компьютерных технологий при проектировании**	***80***	30	Индивидуальные задания, отчёт по практике
3.1	Общие сведения о графических конструкторских пакетах, о пакетах прочностного анализа. Достоинства конструкторского пакета Компас . Документы, создаваемы в системе Компас.	4	0	Индивидуальные задания, отчёт по практике
3.2	Графический пользовательский интерфейс конструкторской системы трехмерного параметрического моделирования Компас. Управление командами.	4	2	
3.3	Понятия чертежа и модели. Трехмерное и плоское моделирование. Достоинства и недостатки. Масштабы. Форматы листов. Образование новых документов. Присваивание имен.	4	2	
3.4	Понятие эскиза при 3D моделировании. Использование стандартных плоскостей для создания эскизов. Команды для создания эскизов. Типы линий. Размеры и ограничения.	4	4	
3.5	Операции создания 3D элементов: выдавливания, вращения, по траекториям, по сечениям.	4	4	
3.6	Создание сложных деталей	20	4	
3.7	Создание сборок	10	4	
3.8	Создание рабочих чертежей	10	4	
3.9	Создание спецификаций	4	2	
3.10	Создание сборочных чертежей, простановка позиций	16	4	
4	**Изучение системы выполнение прочностных расчетов при проектировании**	**54**	22	Индивидуальные задания, отчёт по практике
4.1	Назначение системы АРМ WinMachine	4	0	Индивидуальные задания, отчёт по практике
4.2	Выполнение расчетов стержневых конструкций	16	8	
4.3	Выполнение расчетов пластинчатых конструкций	16	6	
4.4	Выполнение расчетов объемных моделей	18	8	

	Результативно-оценочный	*6*	*20*	
5	Подготовка отчёта о практике, защита отчёта	6	20	Защита отчета по итогам прохождения практики
Всего:		**144**	**72**	Зачёт

При прохождении практики *обучающиеся обязаны:*

своевременно прибыть на место прохождения практики, иметь при себе все необходимые документы;

соблюдать действующие правила внутреннего трудового распорядка организации – места прохождения практики;

соблюдать требования охраны труда, пожарной безопасности;

выполнять задания, предусмотренные программой практики, вести дневник практики с фиксацией результатов выполненной работы, фактических материалов, наблюдений, оценок и выводов как фрагментов будущего отчета;

в установленный срок отчитаться о прохождении практики руководителю практики от университета, подготовить и сдать отчет и другие документы практики.

При возникновении затруднений в процессе практики студент может обратиться к руководителю практики от университета либо от организации-базы практики и получить необходимые разъяснения.

Примерный план прохождения практики:

Задание	Отчетность
Применение компьютерных технологий при проектировании	
1. Изучить сведения о графических конструкторских пакетах, о пакетах прочностного анализа. Выявить достоинства конструкторского пакета Компас . Понять назначение документов, создаваемы в системе Компас.	Раздел отчета.
2. Изучить графический пользовательский интерфейс конструкторской системы трехмерного параметрического моделирования Компас. Изучить способы задания команд командами.	Раздел отчета.
3. Изучить отличия чертежа и модели, трехмерного и плоского моделирования, их достоинства и недостатки. Рассмотреть задание масштабов, форматов листов, образование новых документов, присваивание имен.	Раздел отчета.
4. Изучить виды эскизов при 3D моделировании, образование новых эскизов при использование стандартных плоскостей. Усвоить назначение типов линий для создания эскизов, способы задания размеров и ограничений. Выполнить эскизы для создания простых деталей.	Раздел отчета.
5. Изучить операции создания 3D элементов: выдавливания, вращения, по траекториям, по сечениям. Выполнить создание детали с одной операцией типа планки и втулки.	Раздел отчета.
6. Изучить порядок создания сложных деталей. Создать деталь из нескольких элементов типа кронштейна, вилки и др.	Раздел отчета.
7. Создать сборки из нескольких деталей	Раздел отчета.
8. Создать рабочие чертежи нескольких деталей, оформить в соответствии с ГОСТ.	Раздел отчета.
9. Создать спецификацию по сборке.	Раздел отчета.
10. Создать и оформить сборочные чертежи, проставить позиции	Раздел отчета.
Изучение системы выполнение прочностных расчетов при проектировании	
1. Изучить назначение системы АРМ WinMachine	Раздел отчета.
2. Выполнить задание по расчету стержневых конструкций	Раздел отчета.
3. Выполнить задание по расчету пластинчатых конструкций	Раздел отчета.
4. Выполнить задание по расчету объемных моделей	Раздел отчета.

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРАКТИКЕ

По результатам практики обучающийся представляет отчет по практике.

Отчет служит основанием для оценки результатов практики руководителем. Полученная оценка - «зачтено» выставляется в ведомость и зачетную книжку обучающегося.

Содержание отчета должно соответствовать программе практики, в нем обобщается и анализируется весь ход практики, выполнение заданий и других запланированных мероприятий. Отчет должен иметь четкое построение, логическую последовательность, конкретность.

Отчет по практике имеет следующую структуру: титульный лист (приложение А), содержание (приложение Б), введение, основная часть (из двух разделов), заключение, приложения.

Титульный лист отчета содержит*:* указание места прохождения практики, данные о руководителе практики (образец – приложение А).

Содержание отчета о прохождении учебной практики помещают после титульного листа. *В* содержании отчета указывают: перечень разделов (при желании параграфов), номера страниц, с которых начинается каждый из них (образец – приложение Б).

Во введении следует отразить*:* место и сроки практики; её цели и задачи; изученные разделы, выполненные работы.

Введение не должно превышать 1 страницы компьютерного набора.

Основная часть отчета содержит два раздела, каждый из которых может быть подразделен на параграфы.

Первый раздел. **Применение компьютерных технологий при проектировании**

Сведения о графическом конструкторском пакете Компас: создаваемые документы, порядок создания 3D моделей деталей, требования к эскизам, выбор плоскостей для создания эскиза, операции выдавливания, вращения, кинематическая, по сечениям. Алгоритм создания 2-х деталей. Выполненные по заданиям детали, сборки, рабочие и сборочные чертежи, спецификации.

Второй раздел отчета: **Изучение системы выполнение прочностных расчетов при проектировании**.

Сведения о системе АРМ WinMacine. Примеры выполненных заданий расчета стержневых конструкций, пластинчатых конструкций, объемных моделей, соединений, механических передач.

Объем основной части в пределах 20-30 страниц.

В *заключении* обучающийся должен указать, как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики, выводы и предложения, к которым пришел обучающийся в результате прохождения практики.

Заключение должно быть по объему не более 1 стр.

В *приложениях* располагают:

индивидуальное задание;

рабочие чертежи предложенных преподавателем деталей;

Готовый отчет представляется на проверку руководителю практики. По итогам отчета о прохождении практики выставляется зачет.

К защите допускаются обучающиеся, выполнившие все задания и предоставившие руководителю практики отчет у в установленные сроки.

Во время проведения итогового контроля проверяется наличие всех надлежаще оформленных документов, выполнение студентом индивидуальных заданий, самостоятельной работы и объем изученного материала, отраженные в отчете.

По итогам практики на кафедре проводится защита отчета.

Форма защиты результатов практики - собеседование. Обучающийся кратко докладывает о содержании своей работы во время практики, отвечает на вопросы принимающих отчет преподавателей.

При защите учитываются сроки представления отчета защиты, содержание и качество оформления отчета, практическая работа студента, достижение целей и задач практики, трудовая дисциплина, доклад студента и ответы его на вопросы в ходе защиты отчета.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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.

3.2. 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. Применение компьютерных технологий при проектировании объектов нефтегазовой отрасли

2. Изучение системы выполнение прочностных расчетов при проектировании объектов нефтегазовой отрасли.

Заключение

Приложения

3.3. 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.

3.4. 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, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

3.5. 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 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

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:

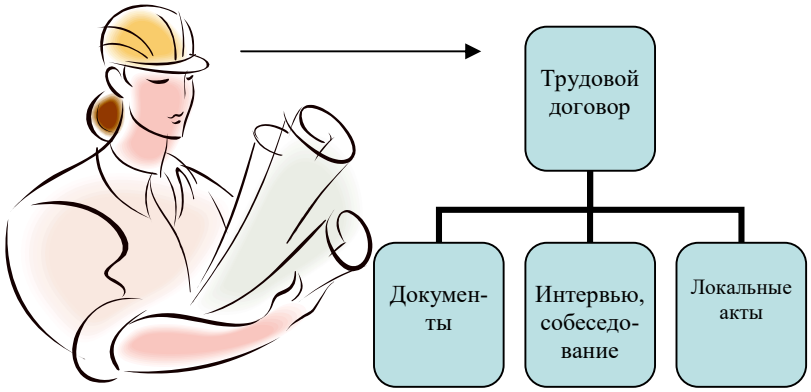


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

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:

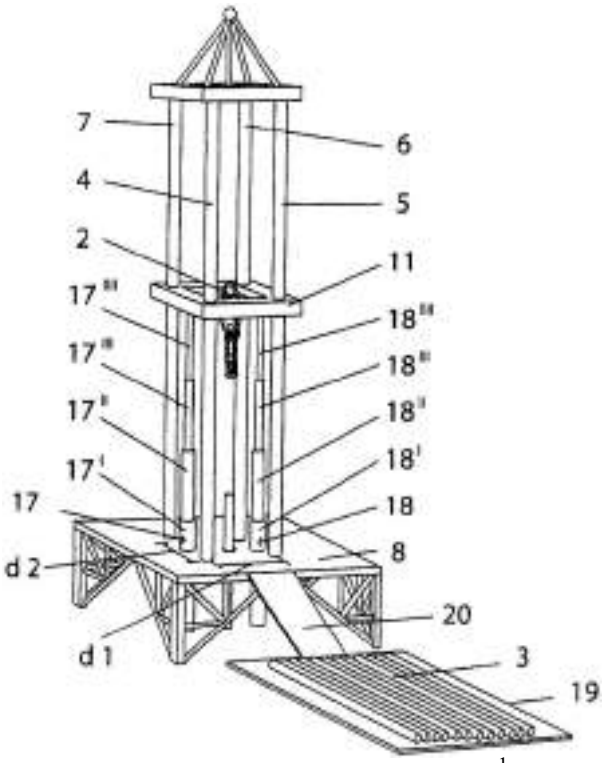


Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.6. 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)».

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 абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

Объем строительства, млрд. руб.				
……				

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 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	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.

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 необ-

[1] Составлено автором по: [2, 7, 10]

ходимо 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).

3.7. 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.

3.8. 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.

9. Трудовое право России [Текст]: учебник / Под ред. Л.А.Сыроватской. - М.: Юристъ, 2006. - 280 с.

10. Семенов, В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология [Текст] / В.В. Семенов; Рос. акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. - Пущино: ПНЦ РАН, 2000. - 64 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социемы: журнал Уральского гос. ун-та. - 2002. - N 8. – Режим доступа: http://www2/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Юридический советник [Электронный ресурс]. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв., цв. ; 12 см. - Прил.: Справочник пользователя [Текст] / сост. В.А. Быков. - 32 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. / Свердл. 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

5) **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 скобках[2]:

- [Видеозапись];
- [Мультимедиа];
- [Текст];
- [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.9. 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, Ь, 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.

[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 должно иметь заголовок, 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.

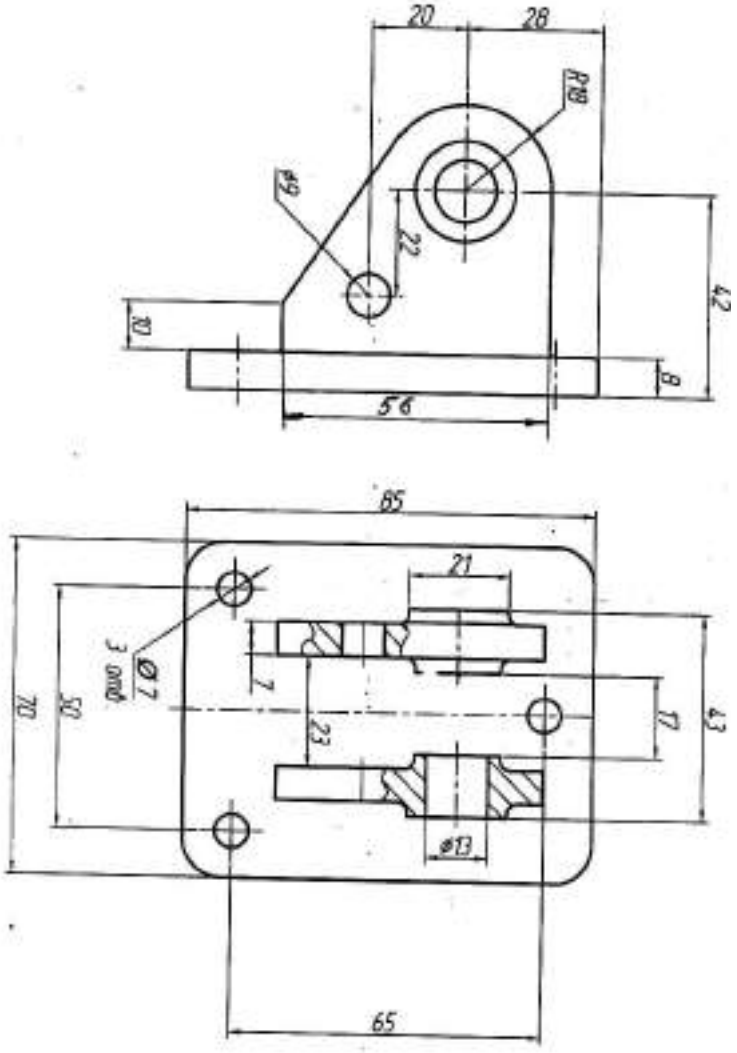
5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Дайте характеристику системы *Компас*.
2. В чем заключается параметризация моделей?
3. Объясните разницу параметрических систем и непараметрических.
4. Какие документы создаются в системе *Компас*?
5. Каким образом выполняются чертежи создаваемых объектов?
6. Какие чертежные стандарты поддерживаются системой?
7. В чем заключается принцип ассоциативности чертежей с 3*D* моделями?
8. С какими системами совместима система *Компас*?
9. Приведите последовательность создания детали.
10. Каким образом внести изменения в созданную деталь?
11. Как изменить размер детали?
12. В чем суть восходящего и нисходящего проектирования?
13. Какие имеются особенности пакетов трехмерного параметрического моделирования по сравнению с непараметрическими плоскими пакетами?
14. Укажите, где должна располагаться исходная точка в симметричных деталях?
15. Каким образом создаются в модели детали одинаковые элементы?
16. Каковы преимущества использования инструментов зеркального отражения и образования массивов по сравнению с самостоятельным использованием объектов эскиза?
17. Какая информация выводится в строке состояния?
18. Какие действия выполняются при создании нового документа?
19. Какие используются наименования в моделях элементов *Компас*?
20. Как отображаются пояснения к кнопкам?
21. Назначение и отображение исходной точки эскиза.
22. Какая информация выводится указателем курсора при выполнении действия в эскизе?
23. Как выполняется управление видом изображения на экране?
24. Как переместить объект эскиза?
25. Для чего нужны размеры?
26. Каким образом добавляется уравнение между параметрами?
27. Как связать размеры уравнением?
28. Каким образом отразить на экране наименования размеров?
29. С чего начинается процесс создания детали?
30. Каким образом происходит образование элемента детали?
31. Что требуется выполнить для редактирования эскиза?
32. Какие инструменты используются при создании эскиза?
33. Назначение объекта «Осевая линия».
34. Поясните назначение и порядок использования инструмента эскиза «Спроецировать объект».
35. Назначение и порядок использования зеркального отражения в эскизах.

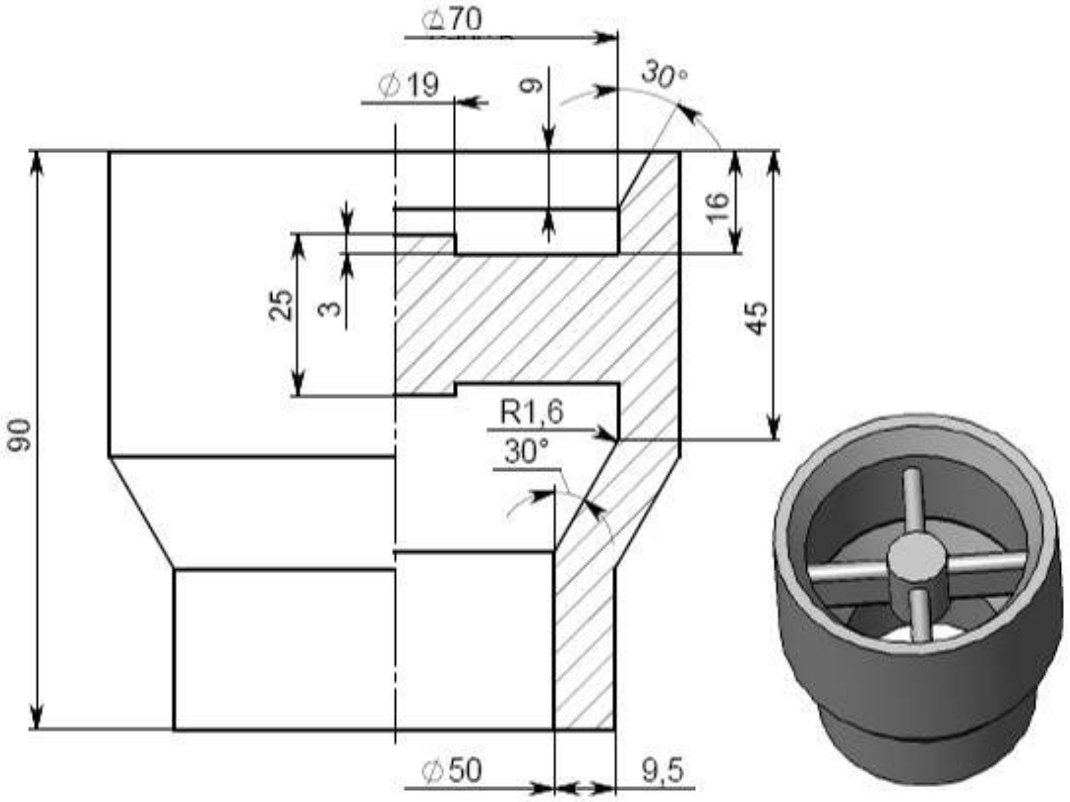
36. Назначение и порядок использования круговых массивов.
37. Назначение и порядок использования линейных массивов.
38. Назначение и порядок использования скруглений.
39. Назначение и порядок использования фасок.
40. Назначение и порядок использования инструмента «Усечь кривую».
41. Назначение и порядок использования инструмента «Удлинить».
42. Какие требования по контурам должны соблюдаться при создании эскизов?
43. Приведите примеры использования в эскизах незамкнутых контуров.
44. Какую роль в эскизах играют размеры?
45. Как устанавливается ограничения между параметрами, имеющими одинаковые численные значения?
46. Каким образом задаются уравнения между размерами?
47. Назначение ограничений.
48. Назовите основные ограничения, используемые в эскизах.
49. Перечислите основные элементы образования деталей.
50. Каким образом создаются новые плоскости?

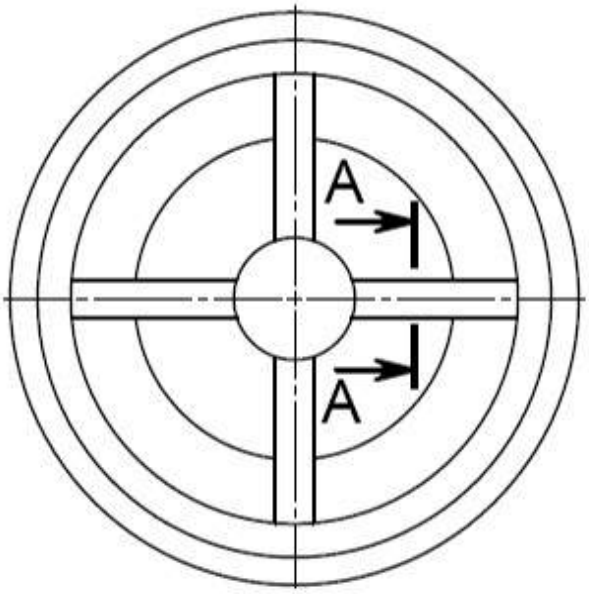
6. ЗАДАНИЯ

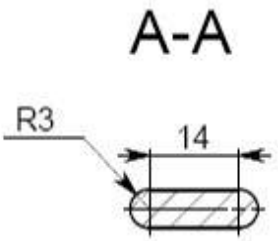
ЗАДАНИЯ для выполнения работ (3Д модели, чертежи)
Задание 1. Составить 3Д модель по прилагаемому эскизу, оформить чертеж



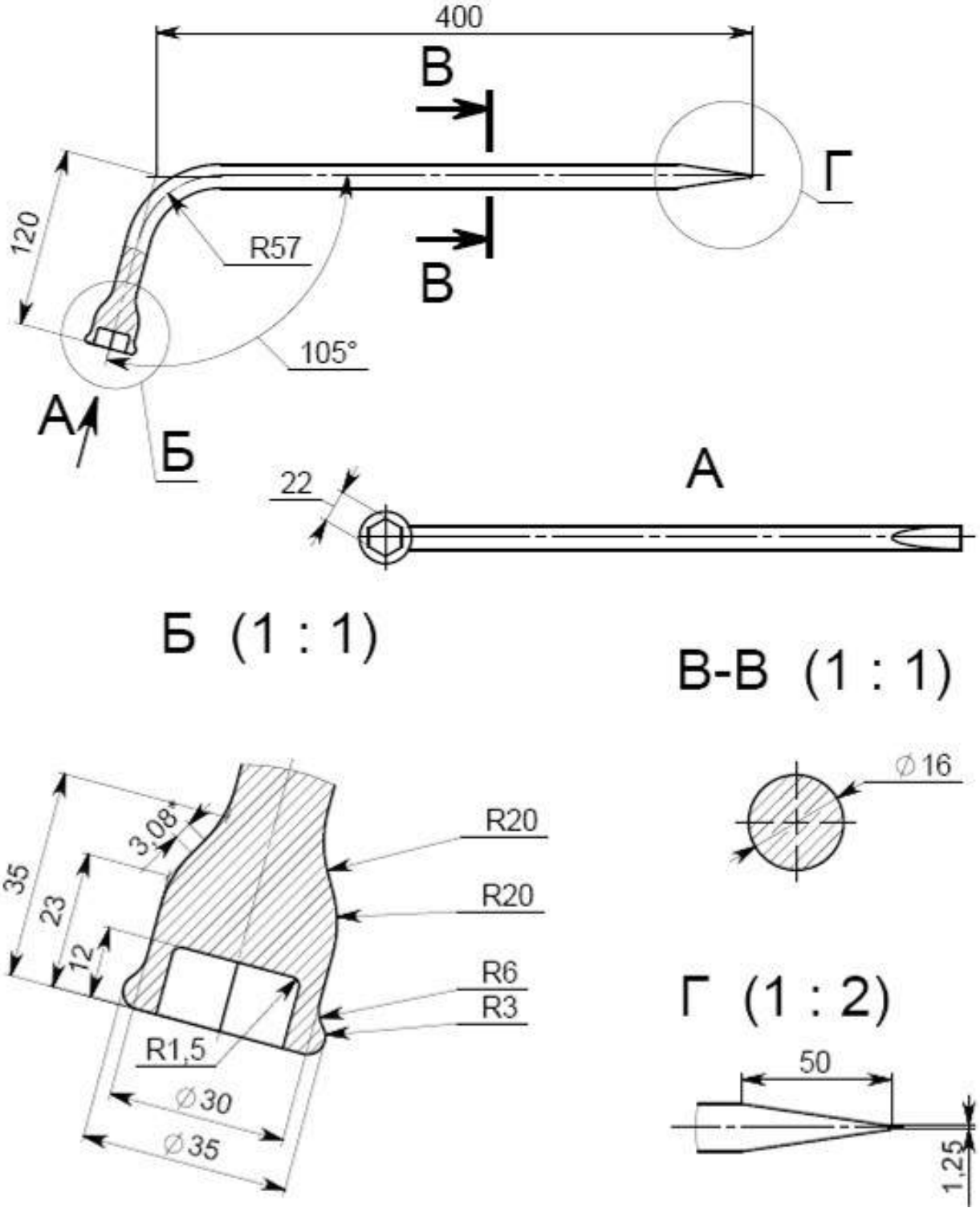
Задание 2. Составить 3Д модель по прилагаемому эскизу, оформить чертеж



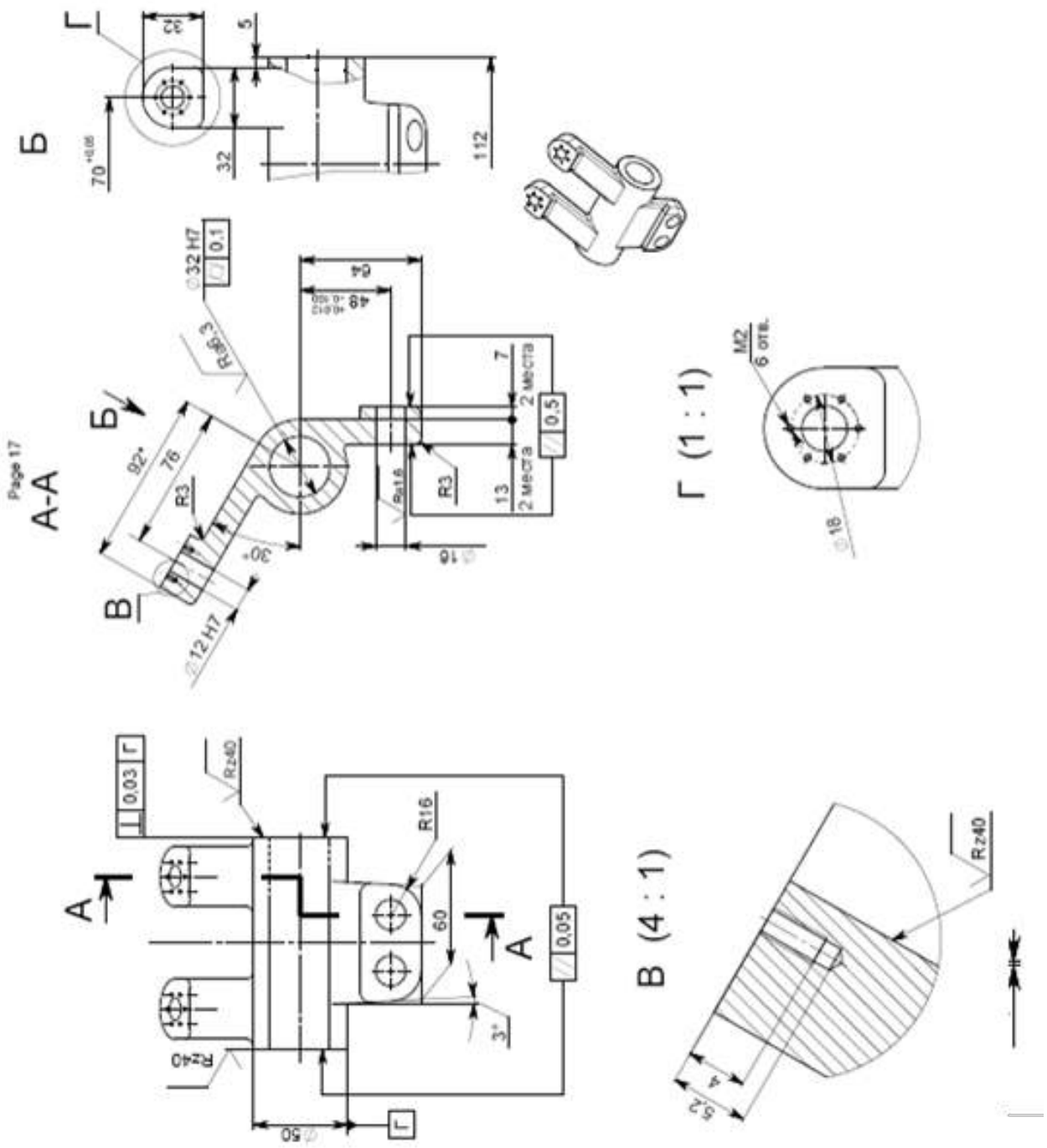




Задание 3. Составить 3Д модель по прилагаемому эскизу, оформить чертеж



Задание 4. Составить 3Д модель по прилагаемому эскизу, оформить чертеж



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 _____ практики

(название практики)

_____

(наименование организации прохождения практики)

Специальность:

15.05.01 *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ*

Специализация:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Оценка

_____

Студент: Борисов А. В.
Группа: ПТМК-24-1

_____

Руководители практики:
Шестаков В.С., Хорошавин С.А.

_____

Екатеринбург
2024

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

Б2.О.03(П) КОНСТРУКТОРСКАЯ ПРАКТИКА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация
Проектирование технологических машин и комплексов

Год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИЯ

№ п/п	Этапы и краткое содержание практики	Практическая подготовка час.	Самостоятельная работа, час	Формы контроля
	Информационный	*3*	0	
1	Организационное собрание, формулирование задания на практику, получение необходимых консультаций по организации и методике проведения работ со стороны руководителя практики от университета	2	0	Собеседование, отчёт по практике
2	Ознакомление с требованиями охраны труда, безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности, правил внутреннего трудового распорядка	1	0	Запись в журнале организации, заполнение соответствующего раздела в направлении на практику
	Практический	*205*	*80*	
3	Знакомство с организацией, изучение условий её функционирования (ознакомление с организационной структурой, системой управления организации, функциями конструкторского отдела и другими структурами с ним взаимодействующими, основными нормативными правовыми актами)	*5*	10	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
4	Изучение требований по проектированию и конструированию технологических машин и комплексов	*10*	10	Собеседование, отчёт по практике
5	Выполнение заданий, участие в различных видах профессиональной деятельности, непосредственное участие в работе конструкторского отдела	190	60	Собеседование, отчёт по практике, дневник практики характеристика с места практики
	Результативно-оценочный	*8*	*28*	
6	Подготовка отчёта о практике, получение характеристики, заверение документов по месту практики, защита отчёта	8	28	Защита отчета по итогам прохождения практики
Всего:		216	108	Зачёт

При реализации практики образовательная деятельность организована в форме практической подготовки путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы.

Обучающийся выполняет в соответствии с целями, задачами и заданием руководителя практики работы по месту прохождения практики, фиксирует все виды выполняемой работы в дневнике прохождения практики.

Конкретное содержание практики зависит от места её прохождения.

Практика проводится на основе договоров между организацией, осуществляющей деятельность по образовательной программе соответствующего профиля (далее – организация), и университетом.

Обучающемуся предоставляется право самостоятельно выбрать базу практики.

Обучающиеся, совмещающие обучение с трудовой деятельностью, вправе проходить преддипломную практику в организации по месту работы, в случаях если осуществляемая ими профессиональная деятельность соответствует целям практики.

Перед началом практики для студентов проводится организационное собрание, на котором разъясняются цели и задачи, содержание, сроки практики, порядок её прохождения, формулируются задания практики, разъясняются формы, виды отчётности, порядок заполнения бланков отчетности, требования к оформлению отчётных документов, порядок защиты отчёта по практике, даются иные рекомендации по прохождению практики.

Перед прохождением практики студент должен изучить программу практики, при необходимости подготовить: ксерокопии своих свидетельств о постановке на учет в налоговом органе (ИНН), пенсионного страхования; получить при необходимости медицинскую справку по форме, требуемой организацией-базой практики, в поликлинике, к которой прикреплены; подготовить фотографии (формат по требованию организации-базы практики) и паспортные данные (ксерокопии разворотов с фотографией и регистрацией места жительства) для оформления пропусков в организации.

Студенты получают программу практики, направление на практику и иную необходимую для прохождения практики документацию.

По прибытии на практику производится согласование конкретного структурного подразделения, где будет проходить практика (при необходимости), проводится инструктаж по охране труда и технике безопасности.

Практику целесообразно начать с экскурсии по организации (структурному подразделению организации), ведущими специалистами организации обучающимся могут быть прочитаны установочные лекции, отражающие характеристику организации/продукции организации, технологию её производства, контроль качества продукции, решение вопросов охраны труда и окружающей среды и т.д.

Организацию и руководство практикой осуществляют руководители практики от организации и от университета.

Руководители практики от университета контролируют реализацию программы практики и условия проведения практики организациями, проводят индивидуальные и групповые консультации в ходе практики, оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими заданий практики, оценивает результаты практики.

Руководители практики от организаций (назначаемые руководителем организации)) знакомят обучающихся с порядком прохождения практики, проводят инструктаж со студентами по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка, помогают обучающимся овладевать профессиональными навыками.

При прохождении практики *обучающиеся обязаны:*

своевременно прибыть на место прохождения практики, иметь при себе все необходимые документы;

соблюдать действующие правила внутреннего трудового распорядка организации – места прохождения практики;

соблюдать требования охраны труда, пожарной безопасности;

выполнять задания, предусмотренные программой практики, вести дневник практики с фиксацией результатов выполненной работы, фактических материалов, наблюдений, оценок и выводов как фрагментов будущего отчета;

получить по месту проведения практики характеристику, отзыв о проделанной работе, подписанный надлежащим лицом;

в установленный срок отчитаться о прохождении практики руководителю практики от университета, подготовить и сдать отчет и другие документы практики.

При возникновении затруднений в процессе практики студент может обратиться к руководителю практики от университета либо от организации-базы практики и получить необходимые разъяснения.

Примерный план прохождения практики:

Задание	Отчетность
1. Ознакомиться с организаций, правилами безопасной работы, технологией производства/технологическим циклом горных работ предприятия и его организационной структурой, пройти инструктаж по технике безопасности, охране труда	Запись в соответствующем журнале организации и направлении на практику. Первый раздел отчета - Описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности.
2. Ознакомиться с подразделением, в котором студент проходит практику, организацией деятельности конструктора, должностными инструкциями рабочих мест и инженерно-технического персонала…	Первый раздел отчета - Описание подразделения – название, функции, задачи подразделения, должностные обязанности работников (кратко).
3. Выполнить задания по поручению и под наблюдением наставника: - работа дублёрами техников, мастеров. Изучение состава и порядка хранения информации на предприятии (организации) (архивы, базы данных, программное обеспечение), получение и применение информации в расчетах. Участие в работе контролера ОТК, в разработке конструкций оснастки, инструментов; - работа с конструкторской документацией в соответствии с индивидуальным заданием, с учетом фактического и литературного материала (сборочный чертеж изделия с выбранной деталью, чертеж детали, чертеж исходной заготовки, чертежи узловые сборочные, чертежи общего вида машины и т.д.); - освоение компьютерного моделирования, работа в программном обеспечении конструкторского отдела предприятия.	Второй раздел отчета - Составленные студентом документы – чертежи, отчеты контроля качества, технологические карты, графики, таблицы результатов, описание выполненной деятельности.

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРАКТИКЕ

По результатам практики обучающийся представляет набор документов: направление на практику с отметкой организации-базы практики; дневник практики; характеристику с места практики; отчет по практике.

В процессе прохождения практики студент ведет *дневник практики.* Дневник практики должен быть оформлен надлежащим образом, в него записываются сведения о выполненных студентом работах и заданиях. Записи должны быть конкретными, с указанием характера и объёма проделанной работы. Руководитель практики от организации проверяет дневник. В дневнике должна быть отметка о выполнении работ студентом с подписью руководителя практики от организации.

Характеристика с места практики должна обязательно содержать Фамилию. И. О. студента полностью, указание на отношение студента к работе, наличие или отсутствие жалоб на студента, оценку его теоретических знаний, умение применять теоретические знания на практике, степень выраженности необходимых личностных и профессиональных качеств, степень сформированности компетенций, др.

Отчет вместе с документами служит основанием для оценки результатов практики руководителем. Полученная оценка выставляется в ведомость и зачетную книжку обучающегося.

Содержание отчёта должно соответствовать программе практики, в нем обобщается и анализируется весь ход практики, выполнение заданий и других запланированных мероприятий. Отчет должен иметь четкое построение, логическую последовательность, конкретность.

Отчет по практике имеет следующую структуру: титульный лист, содержание, введение, основная часть (первый и второй разделы), заключение, приложения.

Титульный лист отчета содержит*:* указание места прохождения практики, данные о руководителе практики от университета.

Содержание отчета о прохождении практики помещают после титульного листа. В содержании отчета указывают: перечень разделов (при желании параграфов), номера страниц, с которых начинается каждый из них.

Во введении следует отразить*:* место и сроки практики; её цели и задачи; выполненные обязанности, изученный информационный материал.

Введение не должно превышать 1 страницы компьютерного набора.

Основная часть отчета содержит два раздела, каждый из которых может быть подразделен на параграфы.

Первый раздел «Краткая характеристика организации-базы практики» представляет собой характеристику места практики по следующей схеме: описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности; описание подразделения, где проходила практика – название, функции, задачи подразделения, взаимосвязи (взаимодействие) с другими структурными подразделениями, полномочия, должностные обязанности работников (кратко).

Второй раздел отчета о прохождении практики носит практический характер.

В нем должно быть сделано описание выполненной работы, указания на затруднения, которые встретились при прохождении практики.

Для повышения эффективности прохождения практики в отчете рекомендуется зафиксировать:

обязанности, которые было поручено выполнять в ходе практики (а также анализ – какие из порученных обязанностей было интересно выполнять, а какие нет, почему, с чем это связано?);

трудности, которые было необходимо преодолеть (что не получалось, почему, какие были предложены для решения проблем?);

внутренняя культура взаимоотношений между работниками (возникло ли желание работать в данной организации, почему?).

Объем основной части не должен превышать 10 страниц.

В *заключении* студент должен дать общую оценку работ по проектированию и конструированию горного или нефтегазового оборудования, технологического оборудования машиностроительных предприятий, дать характеристику практики (как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики), сделать вывод о ее значении для подготовки специалиста конструктора.

или

В *заключении* студент должен указать, как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики, выводы и предложения, к которым пришел студент в результате прохождения практики.

Заключение должно быть по объему не более 1-2 стр.

В *приложениях* располагают вспомогательный материал:

перечень материалов, с которыми ознакомился студент в ходе практики;

таблицы цифровых данных;

копии полевых журналов;

вычислительные ведомости;

патентные исследования;

графические, аудио-, фото-, видео- материалы;

проч.

Объем отчета (без приложений) не должен превышать 10-15 страниц, набранных на компьютере.

Все документы практики должны быть подшиты в папку-скоросшиватель, заполнены в соответствии с требованиями. Документы располагаются и сшиваются в следующей последовательности: направление и задание на практику, дневник практики, характеристика (приложение 1), отчёт по практике - титульный лист, содержание (приложение 2 и 3), основной текст.

Готовый отчет вместе с документами практики направляется на проверку руководителю практики от университета, который готовит отзыв об отчёте о прохождении практики.

К защите допускаются студенты, предоставившие руководителю практики от университета полный комплект документов о прохождении практики в установленные сроки.

По итогам практики проводится защита отчёта.

Защита отчета по практике проводится руководителем практики от университета. К защите могут привлекаться руководители организаций - баз проведения практики и непосредственные руководители практики от принимающих организаций.

Форма защиты результатов практики - собеседование. Обучающийся кратко докладывает о содержании своей работы во время практики, отвечает на вопросы принимающих отчет (проводящих защиту).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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.

3.2. 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 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

3.3. 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.

3.4. 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, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

3.5. 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 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

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:

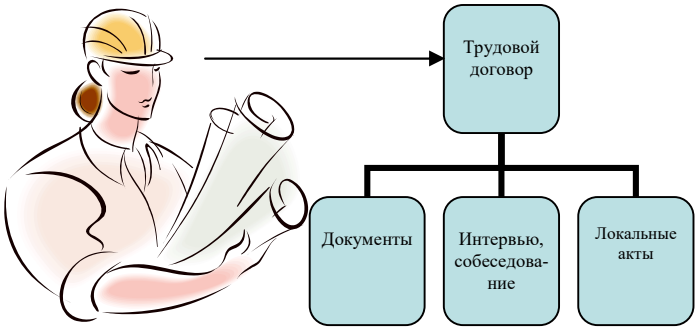


Рисунок 2 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

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:

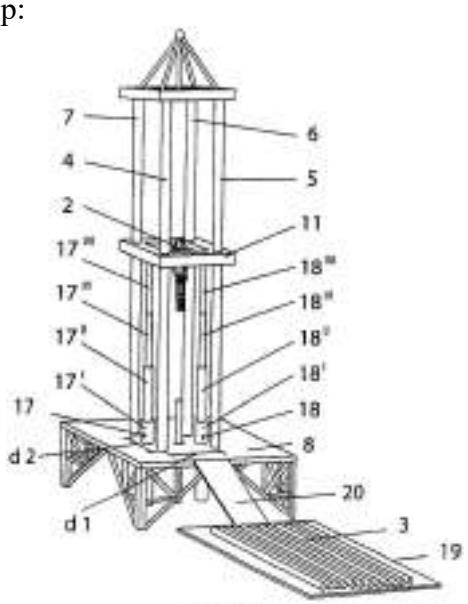


Рисунок 3 – Буровая установка

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.6. 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)».

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 абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				

……				

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 – Количество оборудования

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	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.

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 необ-

ходимо 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).

3.7. 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.

3.8. 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.

9. Трудовое право России [Текст]: учебник / Под ред. Л.А.Сыроватской. - М.: Юристъ, 2006. - 280 с.

10. Семенов, В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология [Текст] / В.В. Семенов; Рос. акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. - Пущино: ПНЦ РАН, 2000. - 64 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социемы: журнал Уральского гос. ун-та. - 2002. - N 8. – Режим доступа: http://www2/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Юридический советник [Электронный ресурс]. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв., цв. ; 12 см. - Прил.: Справочник пользователя [Текст] / сост. В.А. Быков. - 32 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. / Свердл. 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

5) **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 скобках[1]:

- [Видеозапись];
- [Мультимедиа];
- [Текст];
- [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.9. 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, Ь, 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 заголовок, который записывают на следующей строке после слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» с абзацного отступа. Заголовок пишется с прописной буквы.

[1] 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.

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.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.1:

1. Что такое «проектирование» и «конструирование» горных машин?
2. Что включают процессы т***ехнологической подготовки производства, изготовление и испытание опытных образцов, освоение серийного производства***?
3. Каковы показатели качества горных машин?
4. Что такое технологическая рациональность конструкции горной машины?
5. Что такое преемственность конструкции горной машины?
6. Какие виды технологичности конструкции горной машины по области ее проявления Вы знаете?
7. Какие виды технологичности конструкции горной машины по производимым затратам Вы знаете?
8. На какие семь групп показателей делится технологичность конструкции горной машины?
9. Какова роль конструктора при создании горной машины?
10. Что учитывают при оценке литых заготовок на технологичность?

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.2:

11. Что учитывают при оценке на технологичность конструкций деталей при механической обработке?
12. Каковы способы повышения технологичности конструкций деталей при механической обработке?
13. Каковы способы повышения технологичности конструкции горных машин при эксплуатации?
14. Что влияет на условия монтажа и демонтажа горной машины?
15. Что является условием качественной сборки?
16. Какое влияние на технологичность конструкции горной машины, как при механической обработке, так и при сборке оказывают допуски на детали?
17. Каковы способы обеспечения функциональной и параметрической надежности?
18. Чем определяется надежность конструкции горной машины?
19. Как зависит надежность конструкции горной машины от формообразования?
20. Как зависит надежность конструкции горной машины от компоновки?

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.4:

21. Каковы меры, повышающие технический уровень горных машин?
22. Как упрощение кинематических цепей с одновременным повышением сложности механизмов влияет на технический уровень горных машин?
23. Каковы направления упрощения конструкции горных машин как наиболее эффективного метода повышения надежности?
24. Каковы способы крепления подшипников на валах?
25. Какие существуют способы уплотнения резьбовых соединений?

26. Какие типовые способы крепления цилиндрических деталей Вы знаете?
27. Каковы разновидности вращательно-осевых соединений?
28. Каковы правила конструирования ребер жесткости?
29. Каковы особенности конструирования центрирующих соединений?
30. Для чего необходимы канавки на деталях и особенности их конструирования?

Вопросы и задания, направленные на оценку знаний, умений, опыта деятельности, формирующих компетенцию ПК-1.9:

С кем из ваших коллег вам труднее всего работать? Почему?
Кто-нибудь в команде доставляет вам неудобства?
Есть ли в команде кто-нибудь, с кем вам трудно работать?
Какие аспекты командной культуры вы бы изменили?
Если бы вы руководили командой, какие бы изменения привнесли в культуру команды?
Какие важные изменения мы должны внести в нашу командную культуру?
Чего не хватает команде?
Каких качеств не хватает нашей команде?
Есть ли какая-то конкретная область, в которой, по вашему мнению, наша команда нуждается в улучшении?
Как вы думаете, где наша команда не справляется?
Что нужно нашей команде, чтобы начать делать?
Есть что-то, что, по-твоему, мы должны начать делать как команда?
Как команда, что мы должны начать делать, чтобы стать лучше?
Есть ли у вас новые идеи/процессы/практика, которые мы должны начать делать как команда?
Что бы вы сделали по-другому, если бы управляли командой?
Какие поправки вы бы внесли как менеджер команды?
Если бы вы были на моем месте, что бы вы сделал по-другому в команде?
Если бы вы были менеджером команды, как бы вы поступили по-другому?
Какие изменения вы бы внесли в команду, если бы были менеджером?
Каковы, по-вашему мнению, сильные и слабые стороны нашей команды?
Как вы думаете, в чем сила нашей команды? Почему?
Каковы сильные стороны нашей команды? Каковы наши недостатки?
Какая самая главная сила нашей команды? Кто проявляет ее лучше всего?
Чувствуете ли вы, что члены вашей команды достаточно вас поддерживают?
Готовы ли члены вашей команды помочь, когда вам необходимо?
Насколько Вы довольны поддержкой, которую Вы получаете от коллег?
Что вы думаете об отношениях нашей команды с другими командами?
Какими отношениями наша команда делится с другими командами?
Как наша команда ладит с другими командами компании?
Какие качества должны быть у человека, чтобы он подходил для нашей команды?
Как укрепить доверие и сотрудничество в нашей команде?
Что я могу сделать, чтобы помочь нашей команде улучшить взаимодействие?
Что я могу сделать, чтобы способствовать большему сотрудничеству и гармонии между людьми нашей команды?
От кого в нашей команде вы больше всего зависите и кому доверяете? Почему?
Если бы вы создавали новую команду, кого бы вы хотели в нее пригласить и почему?
Как вы считаете, в чем наша команда хороша?
Где наша команда преуспевает в работе?
Какую работу вы считаете в компании выполняет наша команда?
Какие существуют способы улучшить коммуникацию в нашей команде?
Как вы думаете, что нам нужно для улучшения коммуникации внутри команды?
Как бы вы оценили общение в нашей команде?

У нас открытое и честное общение в команде?
Что вы думаете об уровне коммуникации нашей команды в отношении различных задач или работы?
Считаете ли вы, что наша команда хороша в открытом и прозрачном общении?
Все ли в команде вносят равный и справедливый вклад в работу?
Кем вы восхищаетесь в нашей команде? Что вам в них нравится?
На кого вы смотрите из нашей команды? / Кто для вас является фаворитом?
Какие процессы в команде мы можем улучшить?
Есть ли процессы, которые, на ваш взгляд, мы могли бы улучшить или изменить?
Как бы вы описали условия работы нашей команды?
Как бы вы классифицировали рабочую среду нашей команды - совместную или конкурентную?
Считаете ли вы, что условия работы нашей команды более благоприятны для сотрудничества или конкуренции?

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 _____ практики

(название практики)

_____

(наименование организации прохождения практики)

Специальность:
15.05.01 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Специализация № 24:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Студент: Борисов А. В.
Группа: ПТМК-24-1
Подпись_____

Руководители практики от университета:
Лагунова Ю.А.

Оценка _____

Подпись_____
Руководитель практики от организации:
Бородулин Д.В., директор учебного комбината
Подпись_____

Екатеринбург
2024

Приложение 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

НАПРАВЛЕНИЕ НА ПРАКТИКУ

Обучающийся _____
(фамилия, имя, отчество)

Специальности/направления подготовки _____
(шифр и наименование специальности/направления подготовки)

_____курса _____факультета

направляется в_____
(наименование организации, город)

_____

для прохождения _____ практики

с _____ по _____
(прописью) (прописью)

Декан факультета _____

М.П.

Руководитель практики от университета

_____

тел. кафедры: 8(343) _____

Отметка организации

Дата прибытия обучающегося в организацию «____» _____ 20 г.

Направлен _____
(наименование структурного подразделения)

Практику окончил «_____» _____ 20 г.

Руководитель практики от организации

_____
(ф. и. о.)

М.П.

_____
(должность)

Прохождение инструктажа по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, правилами внутреннего трудового распорядка с оформлением в соответствующем журнале:

Дата проведения	Ф.И.О., должность, подпись проводившего инструктаж	Подпись обучающегося, прошедшего инструктаж

Задание на период практики

_____

_____

_____

ДНЕВНИК ПРАКТИКИ

Период	Характеристика работ	Подпись руководителя практики от организации/ университета

Характеристика с места практики обучающегося
(заполняется руководителем практики от организации)

_____
(фамилия, имя, отчество)

Заключение организации о работе обучающегося за период практики (технологические навыки, деловые качества, активность, дисциплина, участие в общественной работе)

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Руководитель практики от организации _____ _____
(Фамилия И.О) (подпись)

Отзыв

об отчёте о прохождении практики обучающегося
(заполняется руководителем практики от университета)

1. Выводы (характеристика отчёта в целом, соответствие содержания отчёта программе):

_____

_____

_____

_____

_____

2. Недостатки отчёта:

_____

_____

_____

_____

_____

Руководитель практики от университета _____ _____
(Фамилия И.О) (подпись)

Характеристика обучающегося с места практики описывает его профессиональную подготовку, теоретические знания, практические навыки и деловые качества, которые он проявил в период прохождения практики. Писать документ нужно в официальном стиле, при этом необходимо указать в характеристике следующие сведения:

фамилия и инициалы обучающегося;

обязанности обучающегося в период прохождения практики;

профессиональные качества обучающегося;

особенности обучающегося, проявленные при общении с трудовым коллективом;

практические навыки, освоенные обучающимся;

оценку, выставленную обучающемуся по результатам прохождения практики.

Главная цель составления характеристики обучающегося с места практики — описание его профессиональной подготовки, а также новых знаний и навыков, которые он приобрел в процессе практической деятельности в конкретной организации. Подробная характеристика позволит руководителю практики со стороны учебного заведения объективно оценить ее эффективность и поставить обучающемуся справедливую оценку.

Приложение 3

Образец оформления содержания отчета по практике

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Краткая характеристика организации - места практики	5
1.1	Организационная структура организации и нормативная основа ее деятельности	…
1.2	Характеристика структурного подразделения	…
	….	…
2	Практический раздел – выполненные работы	
3	Характеристика условий труда на практике	
	Заключение	
	Приложения	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРАКТИКЕ

Б2.О.04(ПД) ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, В ТОМ ЧИСЛЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, проф.

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 06.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИЯ

№ п/п	Этапы и краткое содержание практики	Практическая подготовка час.	Самостоятельная работа, час	Формы контроля
	Информационный	*10*	8	
1	Организационное собрание, формулирование задания на практику, получение необходимых консультаций по организации и методике проведения работ со стороны руководителя практики от университета	2	0	Собеседование, отчёт по практике
2	Ознакомление с требованиями охраны труда, безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности, правил внутреннего трудового распорядка	8	8	Запись в журнале организации, заполнение соответствующего раздела в направлении на практику
	Практический	*270*	*92*	
3	Знакомство с организацией, изучение условий её функционирования (ознакомление с организационной структурой, системой управления организации, функциями подразделения, основными нормативными правовыми актами)	*16*	4	Собеседование, дневник практики, отчёт по практике
4	Предприятие. Например, анализ процесса технологии горных работ, разработка проекта борта карьера, расчет технологической схемы и схемы цепи аппаратов обогатительной фабрики и др.	*20*	6	Отчёт по практике
5	Анализ заготовительного производства.	*20*	6	Отчёт по практике
6	Анализ процесса производства и механической обработки деталей.	*20*	6	Отчёт по практике
7	Анализ процесса механической сборки машин.	*20*	6	Отчёт по практике
8	Выбор инструмента и расчет режимов резания.	*20*	6	Отчёт по практике
9	Экспериментальный цех и лаборатории завода.	*20*	6	Отчёт по практике
10	Разработка чертежа общего вида выбранной для выполнения ВКР машины.	*20*	12	Отчёт по практике
11	Проектирование сборочных узловых чертежей.	*20*	12	Отчёт по практике
12	Разработка деталировок и спецификаций	*20*	6	Отчёт по практике
13	Анализ и расчет гидро-, пневмо- или электропривода	*20*	4	Отчёт по практике
14	Патентный поиск, подготовка отчета о практике, защита отчета	*20*	4	Отчёт по практике
15	Выполнение обучающимися заданий, участие в различных видах профессиональной деятельности, непосредственное участие в рабочем процессе предприятия	34	14	Собеседование, отчёт по практике, дневник практики, характеристика с места практики
	Результативно-оценочный	*8*	*44*	
16	Подготовка отчёта о практике, получение характеристики, заверение документов по месту практики, защита отчёта	8	44	Защита отчета по итогам прохождения практики
Всего:		288	144	Зачёт

При реализации практики образовательная деятельность организована в форме практической подготовки путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы.

Обучающийся выполняет в соответствии с целями, задачами и заданием руководителя практики работы по месту прохождения практики, фиксирует все виды выполняемой работы в дневнике прохождения практики.

Конкретное содержание практики зависит от места её прохождения.

Практика проводится на основе договоров между организацией, осуществляющей деятельность по образовательной программе соответствующего профиля (далее – организация), и университетом.

Обучающемуся предоставляется право самостоятельно выбрать базу практики.

Обучающиеся, совмещающие обучение с трудовой деятельностью, вправе проходить преддипломную практику в организации по месту работы, в случаях если осуществляемая ими профессиональная деятельность соответствует целям практики.

Перед началом практики для студентов проводится организационное собрание, на котором разъясняются цели и задачи, содержание, сроки практики, порядок её прохождения, формулируются задания практики, разъясняются формы, виды отчётности, порядок заполнения бланков отчетности, требования к оформлению отчётных документов, порядок защиты отчёта по практике, даются иные рекомендации по прохождению практики.

Перед прохождением практики студент должен изучить программу практики, при необходимости подготовить: ксерокопии своих свидетельств о постановке на учет в налоговом органе (ИНН), пенсионного страхования; получить при необходимости медицинскую справку по форме, требуемой организацией-базой практики, в поликлинике, к которой прикреплены; подготовить фотографии (формат по требованию организации-базы практики) и паспортные данные (ксерокопии разворотов с фотографией и регистрацией места жительства) для оформления пропусков в организации.

Студенты получают программу практики, направление на практику и иную необходимую для прохождения практики документацию.

По прибытии на практику производится согласование конкретного структурного подразделения, где будет проходить практика (при необходимости), проводится инструктаж по охране труда и технике безопасности.

Практику целесообразно начать с экскурсии по организации (структурному подразделению организации), ведущими специалистами организации обучающимся могут быть прочитаны установочные лекции, отражающие характеристику организации/продукции организации, технологию её производства, контроль качества продукции, решение вопросов охраны труда и окружающей среды и т.д.

Организацию и руководство практикой осуществляют руководители практики от организации и от университета.

Руководители практики от университета контролируют реализацию программы практики и условия проведения практики организациями, проводят индивидуальные и групповые консультации в ходе практики, оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими заданий практики, оценивает результаты практики.

Руководители практики от организаций (назначаемые руководителем организации)) знакомят обучающихся с порядком прохождения практики, проводят инструктаж со студентами по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка, помогают обучающимся овладевать профессиональными навыками.

При прохождении практики *обучающиеся обязаны:*

своевременно прибыть на место прохождения практики, иметь при себе все необходимые документы;

соблюдать действующие правила внутреннего трудового распорядка организации – места прохождения практики;

соблюдать требования охраны труда, пожарной безопасности;

выполнять задания, предусмотренные программой практики, вести дневник практики с фиксацией результатов выполненной работы, фактических материалов, наблюдений, оценок и выводов как фрагментов будущего отчета;

получить по месту проведения практики характеристику, отзыв о проделанной работе, подписанный надлежащим лицом;

в установленный срок отчитаться о прохождении практики руководителю практики от университета, подготовить и сдать отчет и другие документы практики.

При возникновении затруднений в процессе практики студент может обратиться к руководителю практики от университета либо от организации-базы практики и получить необходимые разъяснения.

Примерный план прохождения практики:

Задание	Отчетность
1. Ознакомиться с организаций, технологическим оборудованием предприятия и его организационной структурой, пройти инструктаж по технике безопасности	Первый раздел отчета - Описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности, отразить особенности техники безопасности.
2. Ознакомиться с подразделением, в котором студент проходит практику, организацией деятельности механика или конструктора, должностными инструкциями рабочих мест и инженерно-технического персонала.	Первый раздел отчета - Описание подразделения – название, функции, задачи подразделения, должностные обязанности работников (кратко).
3. Выполнить задания по поручению и под наблюдением механика, конструктора: - разобрать заданный узел горной машины; - провести замеры и эскизировку деталей разобранного узла; - создать конструкторскую документацию (рабочие чертежи деталей узла, сборочные чертежи заданного узла); - провести сборку узла.	Второй раздел отчета - Составленные студентом документы – эскизы деталей, рабочие чертежи деталей узла, сборочные чертежи заданного узла, описание выполненной деятельности

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРАКТИКЕ

По результатам практики обучающийся представляет набор документов: направление на практику с отметкой организации-базы практики; дневник практики; характеристику с места практики; отчет по практике.

В процессе прохождения практики студент ведет *дневник практики.* Дневник практики должен быть оформлен надлежащим образом, в него записываются сведения о выполненных студентом работах и заданиях. Записи должны быть конкретными, с указанием характера и объёма проделанной работы. Руководитель практики от организации проверяет дневник. В дневнике должна быть отметка о выполнении работ студентом с подписью руководителя практики от организации.

Характеристика с места практики должна обязательно содержать Фамилию. И. О. студента полностью, указание на отношение студента к работе, наличие или отсутствие жалоб на студента, оценку его теоретических знаний, умение применять теоретические знания на практике, степень выраженности необходимых личностных и профессиональных качеств, степень сформированности компетенций, др.

Отчет вместе с документами служит основанием для оценки результатов практики руководителем практики от университета. Полученная оценка - «зачтено» выставляется в ведомость и зачетную книжку студента.

Содержание отчета должно соответствовать программе практики, в нем обобщается и анализируется весь ход практики, выполнение заданий и других запланированных мероприятий. Отчет должен иметь четкое построение, логическую последовательность, конкретность.

Отчет по практике имеет следующую структуру: титульный лист (приложение А), индивидуальное задание и график (план) проведения практики заполненный соответствующим образом (приложение В), содержание (приложение Б), введение, основная часть (первый и второй разделы), заключение, приложения.

Титульный лист отчета содержит*:* указание места прохождения практики, данные о руководителе практики от университета и от организации (образец – приложение А).

После титульного листа помещается индивидуальное задание на практику, содержащее график (план) практики, характеристику с места практики.

Содержание отчета о прохождении производственной практики помещают после титульного листа и индивидуального задания. *В* содержании отчета указывают: перечень разделов (при желании параграфов), номера страниц, с которых начинается каждый из них (образец – приложение Б).

Во введении следует отразить*:* место и сроки практики; её цели и задачи; выполненные обязанности, изученный информационный материал.

Введение не должно превышать 1 страницы компьютерного набора.

Основная часть отчета содержит два раздела, каждый из которых может быть подразделен на параграфы.

Первый раздел «Краткая характеристика организации-базы практики» должна содержать характеристику места практики по следующей схеме: описание организации – наименование и адрес организации, физико-географическое положение района работ с указанием геологической характеристики месторождения или района работ, особенности, определяющие технологию добычи (строительства); обоснование объекта работ; технологию горных работ: особенности, определяющие задачи, структуру, численность механической или энергетической службы; планирование горных работ (текущее, перспективное); ремонтное сопровождение горных работ; другие виды механических работ, выполняемые на конкретном предприятии.

или

Первый раздел «Краткая характеристика организации-базы практики» представляет собой характеристику места практики по следующей схеме: описание организации – наименование и адрес организации, структура, управление, вид (профиль) деятельности; описание подразделения, где проходила преддипломная практика – название, функции, задачи подразделения, взаимосвязи (взаимодействие) с другими структурными подразделениями, полномочия, должностные обязанности работников (кратко).

или

Отчет состоит из разделов, раскрывающих комплекс вопросов по вскрытию и подготовке шахтных и карьерных полей, применяемых систем разработки и обоснованию их основных параметров, по технологии очистной выемки полезного ископаемого, а также вопросов водоотлива, подъёма и транспорта людей, полезного ископаемого, оборудования и материалов, и проветривания горных выработок

Второй раздел отчета о прохождении производственной практики носит практический характер.

В нем должно быть сделано описание выполненной работы, указания на затруднения, которые встретились при прохождении практики.

Для повышения эффективности прохождения практики в отчете рекомендуется зафиксировать:

обязанности, которые было поручено выполнять в ходе практики (а также анализ – какие из порученных обязанностей было интересно выполнять, а какие нет, почему, с чем это связано?);

трудности, которые было необходимо преодолеть (что не получалось, почему, какие были предложены для решения проблем?);

внутренняя культура взаимоотношений между работниками (возникло ли желание работать в данной организации, почему?).

Объем основной части не должен превышать 5 страниц.

В *заключении* студент должен дать общую оценку работ механической или энергетической службы, выполняемых на горном предприятии, с точки зрения методик и допусков, регламентируемых инструкциями по данным видам работ, дать характеристику практики (как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики), сделать вывод о ее значении для подготовки специалиста маркшейдера.

или

В *заключении* студент должен указать, как проходила практика, знания и навыки (компетенции), которые он приобрел в ходе практики, выводы и предложения, к которым пришел студент в результате прохождения учебной практики.

Заключение должно быть по объему не более 1-2 стр.

В *приложениях* располагают вспомогательный материал:

перечень материалов, с которыми ознакомился студент в ходе практики;

таблицы цифровых данных;

копии журналов нарядов;

копии чертежей;

проч.

Объем отчета (без приложений) не должен превышать 10 страниц, набранных на компьютере.

Характеристика с места практики должна обязательно содержать Ф.И.О. студента полностью, указание на отношение студента к работе, наличие или отсутствие жалоб на студента, оценку его теоретических знаний, умение применять теоретические знания на практике, степень выраженности необходимых личностных и профессиональных качеств.

Обучающиеся, имеющие стаж практической работы по профилю подготовки/специальности более 1 года могут дополнительно представить заверенную копию трудовой книжки или копию приказа о приеме на работу на соответствующую должность, справку с места работы.

Готовый отчет направляется на проверку руководителю практики от университета. По итогам отчета о прохождении практики по получению первичных профессиональных умений и навыков и опыта профессиональной деятельности выставляется зачет.

К защите допускаются студенты, предоставившие руководителю практики от университета полный комплект документов о прохождении практики в установленные сроки.

Во время проведения итогового контроля проверяется наличие всех надлежаще оформленных документов, выполнение студентом индивидуальных заданий, самостоятельной работы и объем изученного материала, отраженные в отчете.

По итогам практики на кафедре проводится защита отчета.

Защита отчета по практике проводится руководителем практики от университета. К защите могут привлекаться руководители организаций - баз проведения практики и непосредственные руководители практики от принимающих организаций.

Форма защиты результатов практики - собеседование. Студент кратко докладывает о содержании своей работы во время практики, отвечает на вопросы принимающих отчет (проводящих защиту).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

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.

3.2. 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 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

3.3. 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.

3.4. 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, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

3.5. 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) обо-

значается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:

Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

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:

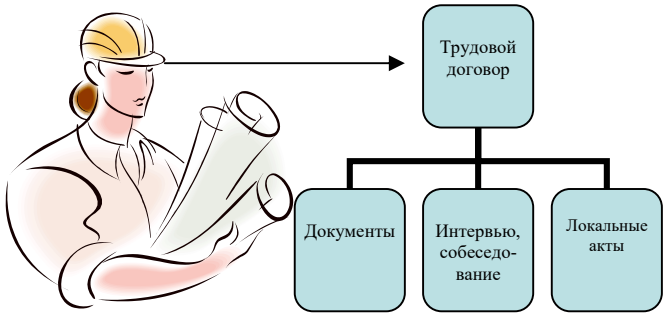


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

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:

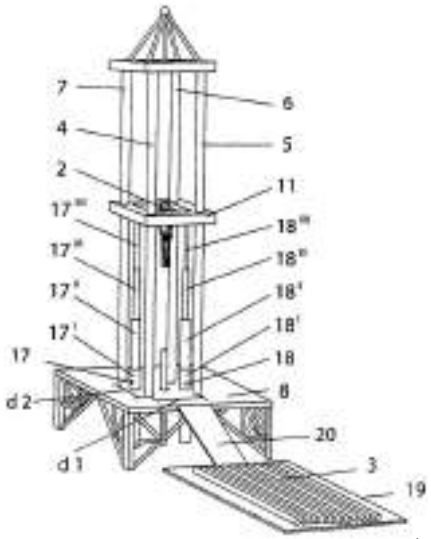


Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

3.6. 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)».

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 абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

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 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	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 «Про-

[1] Составлено автором по: [2, 7, 10]

должение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

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).

3.7. 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.

3.8. 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.

9. Трудовое право России [Текст]: учебник / Под ред. Л.А.Сыроватской. - М.: Юристъ, 2006. - 280 с.

10. Семенов, В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология [Текст] / В.В. Семенов; Рос. акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. - Пущино: ПНЦ РАН, 2000. - 64 с.

11. Черткова, Е.Л. Утопия как способ постижения социальной действительности [Электронный ресурс] / Е.Л. Черткова // Социемы: журнал Уральского гос. ун-та. - 2002. - N 8. – Режим доступа: http://www2/usu.ru/philosoph/chertkova.

12. Юридический советник [Электронный ресурс]. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв., цв. ; 12 см. - Прил.: Справочник пользователя [Текст] / сост. В.А. Быков. - 32 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. / Свердл. 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

5) **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 скобках[2]:

[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.

- [Видеозапись];
- [Мультимедиа];
- [Текст];
- [Электронный ресурс].

При занесении источников в список литературы следует придерживаться установленных правил их библиографического описания.

3.9. 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, Ь, 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 заголовок, 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.

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 _____ практики
(название практики)

_____
(наименование организации прохождения практики)

Специальность:
15.05.01 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Специализация № 24:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Студент: Борисов А. В.
Группа: ПТМК-24-1

Руководители практики от университета:
Лагунова Ю.А.
Оценка: _____

Подпись_____

Руководитель практики от организации:
Бородулин Д.В., директор учебного комбината
Подпись _____

Екатеринбург
2024

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец оформления содержания отчета по производственной практике

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Краткая характеристика организации - места практики	5
1.1	Организационная структура организации и нормативная основа ее деятельности	…
1.2	Характеристика структурного подразделения	…
	….	…
2	Практический раздел – выполненные работы	
2.1	Виды и объем выполненных работ	
2.2	…….	
	Заключение	
	Приложения	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

НАПРАВЛЕНИЕ НА ПРАКТИКУ

Студент _____
(фамилия, имя, отчество)

___курса _____факультета

специальности _____ направляется в

_____
(наименование и адрес организации)

_____

для прохождения _____ практики с _____ по _____

Декан факультета _____

М.П.

Руководитель практики от университета_____

тел. кафедры: 8(343) _____

Отметка организации

Дата прибытия студента в организацию «____» _____ 20__ г.

Направлен

_____
(наименование структурного подразделения)

Приказ № _____от «____» _____ 20__ г.

Практику окончил «____» _____ 20__ г. Приказ № _____

Руководитель практики от организации

_____
(должность)

М.П

_____
(ф. и. о.)

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПЕРИОД ПРАКТИКИ

Содержание индивидуального задания

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Оценка выполнения индивидуального задания _____

_____

_____

График (план) прохождения практики

Период	Характеристика работы	Текущий контроль (выполнено/не выполнено)	Подпись руководителя практики от университета/ организации
1 день практики 01.07.2024	Проведение инструктажа в организации по технике безопасности и охране труда		
02.07.2024-03.07.2024	Создание конкретного представления о деятельности организации и соответствующего структурного подразделения		
…	…		
15.07.2024-30.07.2024	Выполнение заданий по поручению и под наблюдением механика: - изучение деятельности механика; - изучение порядка …;		

СОГЛАСОВАНО:

Подпись руководителя практики от университета _____

Подпись руководителя практики от организации _____

ХАРАКТЕРИСТИКА С МЕСТА ПРАКТИКИ СТУДЕНТА

_____
(фамилия, имя, отчество)

Заключение организации о работе студента за период практики (технологические навыки, деловые качества, активность, дисциплина, участие в общественной работе организации)

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Число пропущенных дней за время практики:
а) по уважительным причинам _____
б) по неуважительным причинам _____

«____»_____20__ г.

Печать и подпись руководителя организации _____ И.О. Фамилия

Отзыв

об отчете о прохождении практики студента
(заполняется руководителем практики от университета)

1. Выводы (характеристика отчета в целом, соответствие объема, содержания отчета программе):

_____
_____
_____
_____

2. Недостатки отчета:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Оценка по результатам защиты:

_____
_____

Руководитель практики от университета _____ И.О. Фамилия
(подпись)

«___» _____20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ СТУДЕНТА НА ПРАКТИКЕ

Характеристика должна содержать указание на отношение студента к работе, оценку его теоретических знаний, умение применять теоретические знания на практике, степень выраженности необходимых личностных и профессиональных качеств, вывод руководителя практики от Организации о полноте выполнения индивидуального задания и отсутствии / наличии замечаний к прохождению практики студента

[Характеристика студента с места практики описывает его профессиональную подготовку, теоретические знания, практические навыки и деловые качества, которые он проявил в период прохождения практики. Писать документ нужно в официальном стиле, при этом необходимо указать в характеристике следующие сведения:

фамилия и инициалы обучающегося;
обязанности обучающегося в период прохождения практики;
профессиональные качества студента;
особенности студента, проявленные при общении с трудовым коллективом;
практические навыки, освоенные студентом;
оценку, выставленную студенту по результатам прохождения практики].

Главная цель составления характеристики студента с места практики — описание его профессиональной подготовки, а также новых знаний и навыков, которые он приобрел в процессе практической деятельности в конкретной организации. Подробная характеристика позволит руководителю практики со стороны учебного заведения объективно оценить ее эффективность и поставить обучающемуся справедливую оценку.

Например

Кочетова Елена Ивановна проходила практику в ООО «Исеть» в ….. отделе, практика была организована в соответствии с программой. В период прохождения практики Кочетова Е.И. зарекомендовала себя с положительной стороны, дисциплинированным практикантом, стремящимся к получению новых знаний, навыков и умений, нацелена на повышение своей будущей профессиональной квалификации.

В период практики Кочетова Е.В. ознакомилась со структурой организации, основными направлениями ее деятельности, работой ….. отдела, нормативными документами, регулирующими деятельность организации, спецификой функциональных обязанностей маркшейдера и приняла активное участие в текущей деятельности.

Под руководством опытного специалиста, начальника отдела…… изучала ……, методические материалы по …..; трудовое законодательство; порядок составления прогнозов…., определения перспективной и текущей потребности в ….; состояние рынка продаж; системы и методы оценки…; методы анализа ……; порядок оформления, ведения документации, связанной с ……; порядок формирования и ведения банка данных о …….; методы ……., порядок составления установленной отчетности; возможности использования современных информационных технологий в работе …..

К поручениям руководителя практики и выполняемой работе относилась добросовестно. Во время прохождения практики продемонстрировала знание теоретического материала, профессиональной терминологии…; умение применять теоретические знания на практике ….; продемонстрировала навыки проведения …., умение найти…. и применить их; грамотно оформляла документацию…..

Индивидуальное задание выполнено в полном объеме, замечаний к прохождению практики нет.

Практика Кочетовой Е.И. заслуживает оценки «отлично» или положительной оценки.

Руководитель организации _____ (подпись)_____

ФИО

МП

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

год набора: 2024

Автор: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, проф.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Программа государственной итоговой аттестации по основной профессиональной образовательной программе по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов специализация № 24 «Проектирование технологических машин и комплексов» составлена в соответствии с требованиями:

- Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29.06.2015 № 636;
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утвержденного приказом от 09.08.2021 № 732;
- локальных нормативных актов университета, регламентирующих порядок проведения государственной итоговой аттестации.

Программа государственной итоговой аттестации включает:

I. Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения (методические рекомендации по выполнению выпускных квалификационных работ);

II. Критерии оценки защиты выпускных квалификационных работ;

III. Оценочные материалы.

IV. Приложения

I МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1.1 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1.1.1 Общие положения

Государственная итоговая аттестация представляет собой процесс итоговой проверки и оценки компетенций выпускника, полученных в результате обучения. Государственная итоговая аттестация выпускника высшего учебного заведения является обязательной и осуществляется после освоения образовательной программы в полном объеме. Цель итоговой государственной аттестации выпускников – установление уровня готовности выпускника к выполнению профессиональных задач.

Государственная итоговая аттестации выпускников, завершивших освоение основной профессиональной образовательной программы по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, специализация № 24 «Проектирование технологических машин и комплексов» осуществляется в форме выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации – 18 з.е.:

- выполнение выпускной квалификационной работы – 12 з.е.;
- подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы – 3 з.е.;
- защита выпускной квалификационной работы – 3 з.е.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации				
кол-во з.е.	часы			
	общая	контактная работа	СР	
12	432		432	Выполнение выпускной квалификационной работы

3	108	35	73	Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
3	108		108	Защита выпускной квалификационной работы

1.1.2 Цели и задачи выпускной квалификационной работы

Цель выполнения выпускной квалификационной работы (далее – ВКР):

систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных профессиональных задач;

развитие навыков ведения самостоятельной работы и применения методик исследования и экспериментирования при решении разрабатываемых в выпускной квалификационной работе проблем и вопросов;

выяснение подготовленности обучающихся для самостоятельной работы по задачам профессиональной деятельности, определенных федеральным государственным образовательным стандартом (далее - ФГОС) специальности и соответствующей ОПОП.

Выпускная квалификационная работа выполняется, как правило, на материалах организаций (баз практики) с учетом проблем, требующих решения в данной организации.

Основными задачами, которые должен решить обучающийся при выполнении выпускной квалификационной работы, являются:

обоснование актуальности и значимости выбранной темы ВКР;

изучение теоретических положений по проблеме, сущности проблемы, нормативной документации;

проведение патентного поиска по теме ВКР;

обоснование необходимости и возможности применения определенных (в том числе) современных методик в решении задачи, поставленной в ВКР;

сбор необходимой информации с привлечением первичных и вторичных источников;

проведение необходимых расчетов;

разработка графического материала (эскизных, общего вида, рабочих и сборочных чертежей, принципиальных электрических, гидравлических, кинематических схем и др.);

разработка практических рекомендаций и предложений, их экономическое и технологическое обоснование;

обоснование вопросов промышленной безопасности;

оформление ВКР в соответствии с нормативными требованиями.

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающиеся должны *показать*, опираясь на полученные знания, умения и навыки:

сформированные универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции;

способность самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности;

навыки постановки исследовательской проблемы, ее самостоятельного обсуждения, анализа возможных вариантов ее решения;

знания ЕСКД, ЕСТД, ТУ, по которым проектируют технологические машины и комплексы;

навыки работы в специализированных программах по компьютерному моделированию технологических машин и комплексов;

способность самостоятельно проводить прочностные расчеты, расчеты конструктивных и режимных параметров технологических машин, расчеты производительности и мощности оборудования;

способность грамотно излагать специальную информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения;

умение самостоятельно квалифицированно проводить библиографический поиск, изучать и анализировать научную литературу по теме;

навыки использования методологических, историко-философских и конкретных знаний, полученных в процессе обучения, для решения поставленной в работе проблемы;

умение написания профессионально грамотного текста и оформления его в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным публикациям;

использование в работе современных технологий.

1.1.3 Общие требования к выпускной квалификационной работе

Выпускная квалификационная работа должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной (иметь теоретическое обоснование актуальности изучаемой проблемы в современных условиях хозяйственной деятельности);
- носить практический либо научно-исследовательский характер;
- представлять самостоятельное исследование, демонстрирующее способность выпускника решать профессиональные проблемы, делать на основе анализа патентов, литературы соответствующие выводы и вносить предложения;
- отражать добросовестность обучающегося в использовании опубликованных материалов других авторов.

Общие требования к выпускной квалификационной работе – целевая направленность; четкость построения; логическая последовательность изложения материала; глубина исследования и полнота освещения вопросов; убедительность аргументаций; доказательность выводов и обоснованность рекомендаций; грамотное оформление.

Текст выпускной квалификационной работы должен демонстрировать:

– знакомство автора с литературой вопроса;

– умение выделить проблему и определить методы ее решения;

– умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, грамотно цитировать ведущих исследователей, делать ссылки на использованные источники;

– умение собирать, обобщать, анализировать нормативные документы, практические материалы, полученные в результате собственного исследования конструкции технологических машин.;

– достоверность и конкретность изложения фактических и экспериментальных данных о работе технологических машин и комплексов;

– обоснование выводов и предложений по результатам исследования, их конкретный характер, практическую ценность для решения исследуемых проблем;

– владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;

– четкость и логичность изложения мыслей, доказательность целесообразности и эффективности предлагаемых решений;

– приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

1.1.4 Выбор, согласование и утверждение темы выпускной квалификационной работы

Выбор темы выпускной квалификационной работы осуществляется обучающимся по согласованию с руководителем ВКР и специалистами организации-базы практики, где будет проходить преддипломная практика. При выборе темы ВКР необходимо исходить из:

актуальности проблемы и значимости ее для научной и практической деятельности;

потребностей развития и совершенствования деятельности конкретной организации;

интересов, склонностей в научно-исследовательской работе обучающегося, а также перспектив его будущей профессиональной деятельности;

возможности получения информации для проведения анализа и обоснования предлагаемых решений.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ разрабатывается выпускающей кафедрой и доводится до сведения обучающихся. Обучающийся может предложить свою тему, обосновав целесообразность ее разработки. Тема выпускной квалификационной работы может являться продолжением тем, ранее представленных обучающимся в рамках курсовых работ (проектов).

Для успешного выполнения выпускной квалификационной работы необходимо уже на первом этапе (выбор темы) четко сформулировать цель работы (отражающуюся в ее названии) и задачи.

После выбора темы, согласования ее с руководителем ВКР, обучающийся подает заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы выпускной квалификационной работы (приложение 1).

Закрепление тем выпускных квалификационных работ за обучающимися оформляется приказом по университету. Следует иметь в виду, что **тема, утвержденная приказом ректора университета, изменению не подлежит**. Исключение могут составить лишь случаи возникновения объективных непреодолимых препятствий к ее разработке. Изменение оформляется приказом по университету на основании письменного заявления обучающегося и представления заведующего кафедрой.

1.1.5 Структура и содержание выпускной квалификационной работы

Структурные элементы выпускной квалификационной работы **перечислены ниже в порядке их расположения и брошюровки.**

1. Титульный лист (приложение 2)
2. Сопроводительные документы к выпускной квалификационной работе:
2.1 Задание на выполнение выпускной квалификационной работы (приложение 3).
2.2 Отзыв руководителя ВКР (приложение 4).
2.3 Отзыв рецензента (приложение 5)
2.4 Если результаты исследования нашли практическое применение, то прилагается документ, подтверждающий внедрение результатов исследования в практическую деятельность (приложение 6)
2.5 Справка о проверке с системе «Антиплагиат. ВУЗ» (приложение 7).
3. Содержание (приложение 8).
4. Введение.
5. Основная часть работы.
6. Заключение.
7. Список использованных источников (приложение 9).
8. Приложения.

Титульный лист должен содержать все необходимые идентификационные признаки, в частности, название работы, указание автора работы, руководителя.

На титульном листе подписью руководителя, консультанта (при наличии) подтверждается, что графический материал выпускной квалификационной работы прошел нормоконтроль на соблюдение требований ЕСКД и возможен допуск выпускной квалификационной работы к защите.

Титульный лист учитывается в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы, порядковый номер на титульном листе не ставится.

Сопроводительные документы подшиваются следом за титульным листом работы, но в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы они не учитываются и порядковые номера на них не ставятся.

Цель составления *задания на выполнение выпускной квалификационной работы* – уяснение замысла работы и поставленных в ней основных проблем. Оформление задания на работу предполагает составление под контролем руководителя ВКР плана будущей работы.

Наличие *содержания* (плана работы) позволяет уйти от освещения вопросов, не относящихся к теме работы, обеспечить четкость и последовательность изложения материала, избежать пробелов и повторений, рационально организовать самостоятельный труд, сэкономить время.

Содержание работы помещают после справки о внедрении (если она есть). Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка симметрично тексту прописными буквами. В содержании работы указывается перечень всех глав и параграфов выпускной квалификационной работы, а также номера страниц, с которых начинается каждый из них (точно по тексту). Главы в выпускной квалификационной работе должны иметь в пределах всей работы порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами. Параграфы каждой главы должны иметь нумерацию в пределах каждой главы. Номер параграфа состоит из номера главы и непосредственно номера параграфа в данной главе, отделенного от номера главы точкой. Заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

При этом надо иметь в виду, что названия глав и параграфов не должны дублировать друг друга, а также наименование темы работы. Каждая глава должна раскрывать часть темы, каждый параграф главы – часть содержания главы.

Введение, заключение, список использованных источников включают в содержание, но не нумеруют.

Пример оформления содержания выпускной квалификационной работы приведен в приложении 8.

Страницы содержания учитываются в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы, порядковый номер на странице не ставится.

Выполнение выпускной квалификационной работы рекомендуется начинать с написания «ВВЕДЕНИЯ». Естественно, в процессе исследования первичный текст введения будет меняться, иногда очень существенно. Но это не отрицает необходимости на начальном этапе поставить перед собой задачи исследования, отражаемые во введении.

«ВВЕДЕНИЕ» в общем случае имеет следующую структуру:

актуальность выбранной темы,

формулировка цели и определение конкретных задач исследования (они найдут отражение в содержании работы),

выбор объекта и предмета исследования,

информационная база исследования;

структура выпускной квалификационной работы.

Во введении следует коротко сформулировать актуальность темы исследования, т.е. причину возникновения проблемы и ее суть. Актуальность определяется как значимость, важность и приоритетность выбранной темы исследования среди других тем. Она должна подтверждаться положениями и доводами, свидетельствующими в пользу научной и практической значимости решения проблем и вопросов, исследуемых в работе. Необходимо объяснить, почему именно выбранная тема представляет интерес на современном этапе развития. Обоснование актуальности темы работы не должно быть многословным. Главное – показать, как автор оценивает своевременность и социальную значимость выбранной темы.

От доказательства актуальности следует перейти к формулировке цели исследования. Цель исследования – это образ желаемого результата, то, что намерен достичь автор работы.

Цель выпускной квалификационной работы должна соответствовать названию темы. Цель работы формулируется кратко и точно. Например, «Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности функционирования карьерного экскаватора».

Конкретизация цели осуществляется в задачах исследования. «Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи выпускной квалификационной работы:

- …;
- …
- …».

Формулировки задач необходимо делать очень тщательно, так как описание их решения должно составить содержание последующих глав (параграфов) выпускной квалификационной работы.

Объект исследования – это процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для исследования. Выделение объекта происходит на основе анализа проблемы исследования.

Предмет исследования – это та часть объекта, которая и будет исследована. Предмет должен характеризовать тему выпускной квалификационной работы и включать в себя свойства и стороны объекта, которые следует рассмотреть в заявленной теме, установив пределы рассмотрения данного вопроса. Объект и предмет исследования соотносятся как общее и часть общего.

Далее дается характеристика методов исследования. Методы исследования – основные приемы и способы, которые использовались при проведении исследования (диалектический метод, исторический метод, статистический и др.). В процессе обработки полученных данных практически всегда используются такие взаимосвязанные научные методы исследования, как анализ и синтез. Анализ – логический прием разделения целого на отдельные элементы и изучение каждого в отдельности и во взаимосвязи с целым. Синтез – объединение результатов для формирования (проектирования) целого.

После того, как сформулированы цель, задачи, объект и предмет, методы исследования, следует указать информационную базу и структуру ВКР:

«Информационная база выпускной квалификационной работы включает: труды ведущих отечественных и зарубежных авторов, посвященных проблемам ….., статьи, опубликованные в периодических изданиях, а также Интернет-ресурсы, …., статистические материалы.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списка использованных источников, приложений. Содержание работы изложено на 92 страницах машинописного текста и включает 2 таблицы. Библиографический список состоит из 35 источников».

Введение не должно превышать 2-3 страницы компьютерного набора.

Страницы введения учитываются в общей нумерации страниц работы, номер страницы проставляется.

Основная часть выпускной квалификационной работы

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАШИНАМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ:

1. Раздел «Горная технология»

- обзор отечественной и зарубежной литературы, описание месторождения;
- выбор механического оборудования на карьере;
- расчет и проектирование борта карьера;
- расчет производительности механического оборудования на карьере;
- обоснование выбора конкретной машины для дальнейшего выполнения ВКР.

2. Специальная часть

- расчет основных параметров, в том числе статический расчет принятой горной машины (например, экскаватора, бурового станка, выемочно-транспортирующего оборудования, транспортного средства);
- расчет основных нагрузок на рабочем оборудовании;
- расчет и проектирование конкретного узла принятой горной машины (например, рабочее оборудование, ходовое оборудование, поворотный механизм, подъемный и тяговый механизмы, вращательно-подающий механизм и др.);
- сопутствующие проектированию расчеты шпоночных, шлицевых и сварных соединений, выбор подшипников.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАШИНАМ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ:

Первый раздел «Горная технология»

- обзор отечественной и зарубежной литературы, описание месторождения;

- выбор механического оборудования для подземных горных разработок;

- расчет и проектирование горной выработки;

- расчет производительности механического оборудования на рудной или угольной шахте;

- обоснование выбора конкретной машины для дальнейшего выполнения ВКР.

Второй раздел «Специальная часть»

- расчет основных параметров, в том числе статический расчет принятой горной машины для подземных горных работ (например, бурильной установки, проходческого или очистного комбайна, погрузочно-доставочной машины, транспортного средства);

- расчет основных нагрузок на рабочем оборудовании горной машины;

- расчет и проектирование конкретного узла принятой горной машины (например, рабочее оборудование, ходовое оборудование, поворотный механизм, подъемный и тяговый механизмы, вращательно-подающий механизм и др.);

- сопутствующие проектированию расчеты шпоночных, шлицевых и сварных соединений, выбор подшипников.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАШИНАМ, УЧАСТВУЮЩИМ В ПРОЦЕССЕ РУДОПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРА И ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ:

Первый раздел «Горная технология»

- обзор отечественной и зарубежной литературы, описание месторождения;

- выбор дробильно-размольного оборудования для условий карьера или обогатительной фабрики;

- расчет и проектирование технологической схемы и схемы цепи оборудования;

- расчет производительности дробильно-размольного оборудования;

- обоснование выбора конкретной машины для дальнейшего выполнения ВКР.

Второй раздел «Специальная часть»

- расчет основных параметров принятой машины для рудоподготовки (например, дробилки щековые, конусные, валковые, роторные, молотковые, отражательные, грохоты, питатели, конвейеры, мельницы и др.);

- расчет основных нагрузок на рабочем оборудовании;

- расчет и проектирование конкретного узла принятой машины для рудоподготовки (например, рабочее оборудование, ходовое оборудование, дробящий конус, брони, привод и др.);

- сопутствующие проектированию расчеты шпоночных, шлицевых и сварных соединений, выбор подшипников.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО БУРОВЫМ УСТАНОВКАМ И КОМПЛЕКСАМ ПРИ БУРЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯ-НЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН:

Первый раздел «Специальная технология»

- обзор отечественной и зарубежной литературы, описание месторождения;

- разработка технологического процесса бурения скважины, расчет геолого-технического наряда (ГТН);

- выбор основных параметров буровых установок и оборудования для бурения и механизации спуско-подъемных операций, расчет производительности выбранного объекта;

- перечень мероприятий по обеспечению безопасности производственной деятельности и перечень мероприятий по охране труда сотрудников на буровой установке.

Второй раздел «Специальная часть»

- расчет основных параметров разрабатываемого узла буровой установки или технологического оборудования, например, талевой системы, буровой лебедки, бурового насоса, буровой вышки и пр.;

- расчет основных нагрузок разрабатываемого узла;

- расчет на прочность, выносливость и долговечность элементов разрабатываемого узла;

- сопутствующие проектированию расчеты шпоночных, шлицевых и сварных соединений, выбор подшипников;

- обоснование экономической жизнеспособности спроектированного узла буровой установки или оборудования.

ОБЩЕЕ ДЛЯ ВСЕХ:

Третий раздел «Технология машиностроения»

- разработка технологического процесса изготовления детали, входящей в проектируемый узел машины;

- составление маршрутной, технологических и эскизных карт.

Четвертый раздел «Экономическое обоснование». Обоснование экономической жизнеспособности спроектированной горной машины или оборудования. Расчет производственной программы, капитальных вложений, эксплуатационных, объемов продаж и прибылей, технико-экономических показателей.

Пятый раздел «Безопасность производственной деятельности».

Перечень мероприятий по обеспечению безопасности производственной деятельности и перечень мероприятий по охране труда сотрудников карьера, шахты, рудника, обогатительной фабрики, научно-исследовательской организации.

Промышленная безопасность:

- Класс опасности предприятия по федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ;

- правила эксплуатации основного технологического оборудования;

- правила эксплуатации грузоподъемного оборудования;

- правила работы с опасными веществами, применяемыми на предприятии;

- вентиляция и пылеподавление.

Охрана труда:

- общие сведения об организации условий и охраны труда рабочих и служащих;

- промсанитария, борьба с шумом, вибрацией;

- средства индивидуальной и коллективной защиты;

- противопожарные мероприятия.

Текст работы излагается самостоятельно (не допускается дословное переписывание использованной литературы), последовательно, грамотно и аккуратно, при написании работы необходимо употреблять профессиональные термины, избегать сложных грамматических оборотов. Обучающийся должен показать не только знание материала, но и умение разбираться в нем, творчески использовать основные положения источников. Материал, используемый из других источников, должен быть переработан, органически увязан с избранной обучающимся темой и изложен своими словами с приведением ссылок на источники информации.

Содержание выпускной квалификационной работы должно демонстрировать:

знакомство автора с учебной и научной литературой по теме выпускной квалификационной работы;

умение обобщать материал литературных источников, выделить проблему и определить пути ее решения, последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, делать самостоятельные выводы;

владение компьютерными технологиями при проведении прочностных расчетов и выполнении графических материалов (чертежей, схем, спецификаций и др.);

владение понятийным и терминологическим аппаратом.

В тексте выпускной квалификационной работы следует избегать использования личных местоимений, заменяя их безличными формами (вместо «я считаю» - «автор считает», «мы полагаем»).

Рекомендуется использование вводных и соединительных слов – *таким образом, из этого следует, в связи и т.д*. – для подчеркивания причинно-следственных связей и выражения личного отношения к излагаемому материалу.

Все страницы основной части выпускной квалификационной работы участвуют в общей нумерации страниц, номера страниц проставляются.

«ЗАКЛЮЧЕНИЕ» выполняет роль концовки, обусловленной логикой проведенного исследования. Оно содержит изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении. Именно здесь содержится «выводное» знание, полученное в результате исследования. В заключении указывается вытекающая из конечных результатов теоретическая и практическая ценность, значимость. Заключительная часть предполагает обобщенную итоговую оценку проделанной работы.

В «ЗАКЛЮЧЕНИИ» находят отражение основные положения и выводы, содержащиеся во всех главах работы. «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» содержит краткие выводы, оценку результатов проделанной работы, преимущества принятых решений, основные технико-экономические показатели. В заключении необходимо показать возможность использования результатов работы, указывается вытекающая из конечных результатов ее теоретическая и практическая ценность.

Объем заключения – 3-4 страницы.

Нумерация страниц, на которых приводится текст заключения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

Список использованных источников является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемой проблемы. При этом в список использованных источников включаются, как правило, те источники, на которые в работе имеются библиографические ссылки. Использованные источники должны содержать их полное описание по требованиям стандартов.

Порядок оформления списка использованных источников представлен в приложении 9.

Нумерация страниц, на которых приводится текст списка использованных источников, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

В *приложения* следует выносить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст.

К вспомогательному материалу относятся таблицы цифровых данных, инструкции, методики, иллюстрации вспомогательного характера, заполненные формы документов, выдержки из локальных нормативных актов и др.

Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

Объем выпускной квалификационной работы должен составлять – 80 - 90 страниц компьютерного набора (без приложений).

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающийся должен продемонстрировать навыки работы на персональном компьютере (например, статистическая обработка материалов, выполнение графических построений, проведения математических расчетов, использование программного обеспечения для решения конкретных задач, поставленных в работе).

Графическая часть

Графический материал является неотъемлемой частью ВКР. Как правило, по объему составляет 8-10 листов формата А1. Графическая часть ВКР включает иллюстрационный и табличный материалы, отражающие суть и основные результаты исследований, а также проектные, конструкторские и технологические решения. Выполняется карандашом или в графическом редакторе с последующей распечаткой на принтере. Графический материал оформляется в соответствии с требованиями государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации для строительства (СПДС): ГОСТ 21.105-79, ГОСТ 2.316-68; ГОСТ 21.108-68; .ГОСТ 2.108-68; ГОСТ 21.103-78; ГОСТ 2.302-68; ГОСТ 2.303-68; ГОСТ 2.304-81. Выполняются в соответствии с заданием и предоставляются к защите следующие чертежи (графики, иллюстрации):

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАШИНАМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ:

Первый раздел «Горная технология»

- план рабочего борта карьера с технологическим оборудованием, сеткой скважин и др.;

- общий вид выбранной для проектирования горной машины;

Второй раздел «Специальная часть»

- сборочные чертежи разрабатываемого узла горной машины (рабочее оборудование, рабочие механизмы, ходовое оборудование, поворотный механизм, подъемный и тяговый механизмы, вращательно-подающий механизм и др);

- деталировка разрабатываемого узла, рабочие чертежи основных деталей;

- 3-D модель разрабатываемого узла;

- карты нагрузок при исследовании напряженно-деформированного состояния деталей разрабатываемого узла.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ГОРНЫМ МАШИНАМ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ:

Первый раздел «Горная технология»

- план подземной горной выработки;

- общий вид выбранной для проектирования горной машины (бурильной установки, проходческого или очистного комбайна, погрузочно-доставочной машины, транспортного средства и др);

Второй раздел «Специальная часть»

- сборочные чертежи разрабатываемого узла горной машины (например, бурильной установки, проходческого или очистного комбайна, погрузочно-доставочной машины, транспортного средства);

- деталировка разрабатываемого узла, рабочие чертежи основных деталей;

- 3-D модель разрабатываемого узла;

- карты нагрузок при исследовании напряженно-деформированного состояния деталей разрабатываемого узла.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПО ГОРНЫМ МАШИНАМ, УЧАСТВУЮЩИМ В ПРОЦЕССЕ РУДОПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРА И ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ:

Первый раздел «Горная технология»

- качественно-количественная (технологическая) схема;

- схема цепи аппаратов;

- общий вид выбранной для проектирования машины, например, дробилки щековые, конусные, валковые, роторные, молотковые, отражательные, грохоты, питатели, конвейеры, мельницы и др.);

Второй раздел «Специальная часть»

- сборочные чертежи разрабатываемого узла горной машины (например, дробилки щековые, конусные, валковые, роторные, молотковые, отражательные, грохоты, питатели, конвейеры, мельницы и др.);

- деталировка разрабатываемого узла, рабочие чертежи основных деталей;

- 3-D модель разрабатываемого узла;

- карты нагрузок при исследовании напряженно-деформированного состояния деталей разрабатываемого узла.

Третий раздел «Технология машиностроения»

- рабочий чертеж детали;

- схема технологического процесса изготовления детали, входящей в проектируемый узел горной машины;

Четвертый раздел «Экономическое обоснование»

- технико-экономические показатели проекта.

Этот список носит рекомендательный, но не обязательный характер, по усмотрению руководителя графическая часть может изменяться в соответствии с решаемыми в ВКР задачами.

При выполнении выпускной квалификационной работы студент должен продемонстрировать навыки работы на персональном компьютере (например, статистическая обработка ма-

териалов, выполнение графических построений, проведения математических расчетов, использование программного обеспечения для решения конкретных задач, поставленных в работе).

1.1.6 Руководство выпускной квалификационной работой

Общее руководство и контроль за ходом выполнения ВКР осуществляет выпускающая кафедра в лице руководителя ВКР. Руководитель ВКР:

помогает обучающемуся с выбором темы и разработкой плана работы;

оформляет задание на выполнение выпускной квалификационной работы;

оказывает обучающемуся помощь в разработке календарного графика на весь период выполнения выпускной квалификационной работы;

рекомендует обучающемуся необходимую литературу, ЕСКД, ЕСТД;

систематически контролирует ход работы и информирует кафедру о состоянии дел;

дает подробный отзыв на законченную работу.

Проверяя работу, руководитель не должен превращаться в корректора или редактора, хотя замечания в этой части он тоже высказывает. Руководитель ВКР выявляет полноту, глубину и всесторонность рассмотрения поставленных в плане вопросов, последовательность изложения материала, достаточность использования литературы, аргументированность выводов, степень их обоснованности и самостоятельности. В случае обнаружения плагиата, ошибочных решений и научных положений по тем или иным вопросам, неполноты или поверхностности исследования, противоречивости, излишнего отклонения от темы и других недостатков руководитель предлагает выпускнику устранить их, рекомендует пути и сроки их устранения.

Руководитель ВКР помогает выпускнику на всех этапах его работы, но эта помощь не должна выливаться в соавторство. Отношения руководителя со обучающимся строятся на основе сотрудничества.

1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1.2.1 Основные этапы выполнения выпускной квалификационной работы

Соблюдение установленных сроков и последовательности выполнения выпускной квалификационной работы направлено на оптимизацию процесса достижения поставленных целей.

Рекомендуется следующая последовательность этапов выполнения выпускной квалификационной работы:

Рекомендуется следующая последовательность выполнения выпускной квалификационной работы:

выбор темы работы и её утверждение – *до начала преддипломной практики*;

представление работы руководителю – не позднее, чем *за 20 дней до дня защиты*;

получение рецензий – *за 6 дней до дня защиты*;

прохождение нормоконтроля, исправление замечаний по оформлению работы;

проверка в системе Антиплагиат – *за три дня до даты защиты;*

размещение работы на портфолио – *за 2 дня до защиты;*

подготовка к защите выпускной квалификационной работы: подготовка презентационных материалов, оформление документов на выпускную квалификационную работу;

размещение работы в портфолио;

1.2.2 Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы

Законченная ВКР, подписанная обучающимся, передается руководителю ВКР для проверки соответствия оформления работы предъявляемым требованиям и составления письменного отзыва руководителя. В отзыве руководителя указываются сведения об актуальности темы работы, достоинства и недостатки работы, оценка полученных результатов с точки зрения дос-

товерности, практическая ценность работы, оценка подготовленности обучающегося, инициативности и самостоятельности при решении задач выпускной квалификационной работы, умение обучающегося работать с литературными и нормативными источниками, правильность выполнения расчетов, соблюдение СИ и ЕСКД, грамотность выполнения графического материала, способность ясно и четко излагать материал, соблюдение правил и качества оформления работы. Особое внимание уделяется оценке выпускника по личностным характеристикам (ответственность, дисциплинированность, самостоятельность, активность, творчество, инициативность и т.д.), проявленным способностям к исследовательской деятельности, достигнутым результатам в формировании компетенций выпускника данной программы, мотивируется возможность или невозможность представления выпускной квалификационной работы на защиту в государственной экзаменационной комиссии.

Решение руководителя ВКР является основанием для допуска ВКР к защите. Допуск работы к защите производится заведующей выпускающей кафедры.

Текст ВКР должен быть проверен на объем заимствований в системе «Антиплагиат. ВУЗ», отчет печатается. ВКР размещается в портфолио. Размещение ВКР – не позднее, чем за 3 дня до защиты.

Перед защитой обучающимся представляются в ГЭК следующие документы:

1) ВКР, подписанная на титульном листе выпускником, руководителем ВКР, консультантами (если есть);

2) задание на выполнение работы с отметками сроков окончательной подготовки работы, подписанное руководителем ВКР и заключением кафедры о допуске к защите;

3) отзыв руководителя ВКР;

4) отзыв рецензента (при наличии);

5) отчет о проверке в системе «Антиплагиат. ВУЗ», заверенный ответственным по кафедре.

Готовясь к защите работы, обучающийся составляет тезисы выступления, содержащего наиболее важные и интересные результаты исследования. При этом следует помнить о том, что выпускнику для доклада отводится ограниченное время; оформляет наглядные пособия, раздаточный материал к докладу, продумывает ответы на замечания рецензента (при наличии).

Доклад на защите выпускной квалификационной работы, как правило, не должен превышать 7-10 мин. Следует помнить, что обучающийся не просто излагает, а защищает положения своей работы.

1.2.3 Защита выпускной квалификационной работы

Защита выпускной квалификационной работы проводится на открытом заседании ГЭК.

Порядок защиты:

-председатель ГЭК объявляет фамилию, имя и отечество выпускника, название работы с указанием места ее выполнения;

-доклад продолжительностью, как правило, не более 7-10 минут, в течении которых он должен кратко сформулировать актуальность, цель и задачи работы, изложить основные результаты, выводы и рекомендации, конкретные предложения, обосновать возможность их реализации, эффективность. При этом необходимо уточнить личный вклад в разработку проблемы.

Обучающийся может пользоваться заранее подготовленным тезисами доклада, но должен излагать основное содержание своей выпускной квалификационной работы свободно, не читая письменного текста. При чтении утрачивается эмоциональность изложения, монотонное чтение текста не привлекает внимания и утомляет слушателей. Свободный рассказ по теме свидетельствует об уровне подготовки и глубине специальных знаний по проблеме выпускной квалификационной работы. Все это существенно влияет на итоговую оценку работы.

Все принципиальные положения выпускной квалификационной работы для большей наглядности могут быть представлены на демонстрационном материале. К демонстрационным материалам относится информация из выпускной квалификационной работы (таблицы, диаграммы,

схемы, иллюстрации и пр.), оформленная в виде презентаций или ксерокопий для каждого члена ГЭК. Во время доклада необходимо ссылаться на эти материалы;

-после окончания доклада члены ГЭК и присутствующие на защите предлагают выпускнику вопросы, касающиеся устного выступления, имеющие непосредственное отношение к теме работы, или же просто в связи с обсуждаемой проблемой;

- зачитывается внешняя рецензия на выпускную квалификационную работу (при наличии);

-выступление руководителя выпускной квалификационной работы, а в случае его отсутствия секретарь ГЭК зачитывает отзыв руководителя;

- председатель ГЭК предоставляет желающим слово для выступления, затем выпускнику, которое предполагает ответы на замечания рецензента и всех, выступивших при обсуждении работы, после чего объявляет об окончании защиты.

После окончания открытой защиты проводится закрытое заседание ГЭК (возможно с участием руководителей), на котором определяются итоговые оценки по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). После закрытого обсуждения председатель объявляет решение ГЭК. Протокол заседания ГЭК ведется секретарем. В него вносятся все заданные вопросы, особые мнения, решение комиссии об оценке.

Оценочными средствами результатов обучения на этапе государственной итоговой аттестации являются выпускная квалификационная работа и ее защита по установленной процедуре (доклад, презентация, ответы на вопросы государственной экзаменационной комиссии), позволяющей сделать вывод о сформированности компетенций, теоретические вопросы.

Примерная тематика выпускных квалификационных работ

1. Выбор основных параметров карьерного экскаватора (либо других машин для механизации открытых горных работ) и разработка конструкции _____(узла: рабочего оборудования, ходового оборудования, поворотного, подъемного или напорного механизма и др.);

2. Выбор основных параметров горной машины для подземных горных работ (бурильная установка, проходческий или очистной комбайн, погрузочно-доставочная машина и др.) и разработка конструкции узла (рабочее оборудование, инструмент, механизмы и др.)

3. Выбор основных параметров дробильно-размольного оборудования для условий _____(месторождения или обогатительной фабрики) и разработка конструкции узла (дробящий конус, брони, коническая передача, загрузочных механизм и пр.).

4. Выбор основных параметров буровой установки для условий _____(месторождения) и разработка конструкции узла (рабочий инструмент, вертлюг, вращатель, ключ, буровая лебедка, талевая система и пр.).

Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность универсальных компетенций:

1. Каковы главные особенности научного знания в отличие от религиозных представлений о мире?

2. Является ли наука важнейшим фактором развития общества в современном мире?

3. В каких формах осуществляется влияние научного знания на развитие экономики, культуры, духовной жизни и общества в целом?

4. Почему знание закономерностей развития экономики является необходимым условием достижения успеха в различных сферах деятельности?

5. Каково значение коммуникативных навыков для успешной деятельности производственного коллектива?

6. В чем вы видите основные причины необходимости овладения навыками общения на иностранном языке для успешного решения профессиональных задач в современных условиях?

7. В чем проявляется толерантность в восприятии социальных, этнических, конфессиональных и культурных различий?

8. Чем обусловлена необходимость овладения правовой культурой для достижения высоких экономических результатов в современных условиях?

9. Какая формулировка образовательных потребностей специалиста в современных условиях является более актуальной: «образование для всей жизни» или «образование в течение всей жизни»?

10. Возможна ли успешная профессиональная самореализация работника без формирования потребности и способности к самоорганизации и самообразованию?

11. В чем вы видите значение здорового образа жизни, овладения методами и средствами физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности?

12. Чем обусловлена в настоящее время необходимость овладения приемами первой помощи, методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций?

13. Каков порядок действий механика карьера при обнаружении пожара?

14. Каков порядок действий экскаваторщика (бурильщика, дробильщика и др.) в чрезвычайной ситуации (стихийное бедствие)?

15. Каковы экономические последствия снижения производительности на предприятии?

16. Какие меры может предпринять главный механик для повышения экономической эффективности предприятия в целом?

17. Как Вы считаете, какие методы дробления в течение ближайших 10 лет будут наиболее востребованы?

18. Объясните, как Вы понимаете термин «формообразование». Каковы требования к формообразованию?

19. Как Вы думаете, какой тип привода наиболее экономичен?

20. Какова, на Ваш взгляд, роль высшего технического образования для подготовки кадров в области горных машин и оборудования?

Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общепрофессиональных компетенций:

1. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-механика на производстве?
2. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-конструктора в конструкторском секторе?
3. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-проектировщика в проектной организации?
4. Перечислите основные требования информационной безопасности, применяемые на современных предприятиях.
5. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для инженера-механика на производстве?
6. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для инженера-конструктора на производстве?
7. В чем вы видите основные причины необходимости овладения навыками профессионального общения на иностранном языке?
8. Каковы основные права и обязанности мастера смены?
9. Каковы основные права и обязанности главного конструктора?
10. Каковы основные права и обязанности главного механика?
11. Перечислите основные направления рационального и комплексного освоения недр при переработке твёрдых полезных ископаемых.
12. Как Вы понимаете термин «ремонтопригодность»? Как это учтено в Вашей ВКР?
13. Какова величина допустимого уровня шума и вибрации, представленного в Вашей ВКР?

14. Приведите пример отечественной или зарубежной полностью роботизированной горной машины.

15. Какие нагрузки испытывает шпоночное соединение?.

16. Перечислите основные принципы рационального конструирования.

17. Как Вы считаете, какова перспектива развития и использования облачных технологий и Интернета вещей применительно к горным машинам и оборудованию.

18. Зачем необходимо повышать уровень своей профессиональной компетентности?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Форма заявления на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Зав. кафедрой _____
Фамилия И. О.
студента группы _____
Фамилия Имя Отчество

Заявление
на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Прошу утвердить тему выпускной квалификационной работы (из числа предложенных университетом):

_____
_____

Прошу утвердить самостоятельно определенную тему выпускной квалификационной работы

_____
_____

Место прохождения производственной (преддипломной) практики:

_____
_____

Руководитель ВКР_____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность)

Дата _____ Подпись обучающегося _____

Решение зав. кафедрой

«УТВЕРЖДАЮ»

_____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Форма оформления титульного листа выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Горно-механический факультет

«Допустить к защите»
Зав. кафедрой ГМК
_____Ю.А. Лагунова
«___»_____2025 г.

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАГАЮЩЕГО ДРАГЛАЙНА И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНОЙ ЛЕБЕДКИ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА СПЕЦИАЛИСТА
Пояснительная записка

ВКР 13.00.000 ПЗ

Факультет:_____

Специальность: 15.05.01 *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ*
Специализация № 24:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ
Квалификация – *ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР*
Кафедра ГОРНЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

*Обучающийся:*_____(*подпись*)
Владимир Владимирович Тимонин
Группа: ПТМК-24

Руководитель:
кандидат технических наук, доцент

_____ С.А. Хорошавин
Рецензент:
кандидат технических наук, доцент

_____Т.В. Шакурова

Екатеринбург 2025 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример оформления задания на выполнение выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет _*горно-механический*_____
Кафедра __*Горных машин и комплексов*_____
Специальность 15.05.01 *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ*
Специализация № 24 *«Проектирование технологических машин и комплексов»*__

«Утверждаю»
Заведующая кафедрой
_____ Ю.А. Лагунова
«___» _____2025 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту __*Голомолзину Дмитрию Юрьевичу*_____
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема ВКР _*Выбор основных параметров карьерного экскаватора с ковшом вместимостью 16 м^3 и разработка*_*конструкции напорного механизма*_____
_____
утверждена приказом по университету № __/__ от «___»_____ 2025 г.

2. Срок сдачи студентом ВКР «30» мая 2025 г.

3. Исходные данные к ВКР _*Наибольший радиус копания – 22,2 м, наибольшая высота копания – 16,3 м,* _*длина стрелы – 17 м, угол наклона стрелы - 47°*_____

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

4.1. Общий раздел (*горная технология*) _____
_*Обоснование и расчет линейных параметров рабочего оборудования;*_____
_*расчет усилий подъема и напора; определение объема, размеров,*_____
_*производительности и срока службы карьера, план борта карьера*_____

4.2. Специальный раздел _*Выбор двигателя и основных параметров*_____
_*зубчатых передач; расчет зубчатых передач, проверочный расчет валов,*__
_*выбор материалов зубчатых колес*_____

4.3. Технология машиностроения _*Технологический процесс изготовления детали «вал-шестерня»; расчет режимов резания разработка маршрутной, технологических и эскизных карт, разработка рабочего чертежа детали*_____

4.4. Экономическое обоснование _*Определение себестоимости изготовления вала-шестерни и расчет себестоимости технологического процесса экскавации*__

4.5. **Безопасность промышленной деятельности** _*Требования безопасной эксплуатации экскаватора и пожарной безопасности, охрана труда, меры по борьбе с шумом и вибрацией, индивидуальные средства защиты.*_____

5. Графический материал _*1) Общий вид экскаватора – ф. А1 – 3 л.*_____
_*2) Сборочный чертеж напорного механизма – ф. А1 – 3 л.*_____
_*3) Горно-технологическая часть – ф. А1 – 1.л.*_____
_*4) Схема нагрузки рабочего оборудования – ф. А2 – 1 л.*_____
_*5) Диаграмма нагрузок рабочего оборудования – ф. А2 – 1 л.*_____
_*6) Технология машиностроения – ф. А1 – 1 л.*_____
_*7) Рабочий чертеж детали «Вал-шестерня»*_____
_____

6. Консультанты по разделам выпускной работы:

Фамилия, имя, отчество	**Место работы, должность, ученая степень, звание**	**Раздел выпускной работы**
Шестаков Виктор Степанович	*каф. ГМК, проф.,*	*Общий раздел*
Шестаков Виктор Степанович	*каф. ГМК, проф.,*	*Специальный раздел*
Шестаков Виктор Степанович	*каф. РМОС, к.т.н., доц.,*	*Горная технология*
Шестаков Виктор Степанович	*каф. ЭГО, к.т.н., доц.,*	*Технология*
		машиностроения
Шестаков Виктор Степанович	*каф. ЭМ, к.э.н., доц.,*	*Экономическое*
		обоснование
Шестаков Виктор Степанович	*каф. БГП, ст.преп.,*	*Безопасность*
		жизнедеятельности

Ф., И., О. руководителя ВКР _ *Шестаков В.С.*_
ученая степень _____к.т.н._____ ученое звание ___проф._____

7. График выполнения ВКР:

Наименование раздела ВКР:	**Срок выполнения**
Горная технология	*Май 2025*
Специальный раздел	*Май 2025*
Технология машиностроения	*Май 2025*
Экономическое обоснование	*Май 2025*
Безопасность промышленной деятельности	*Май 2025*

Дата выдачи задания «_10_»__апреля_____2025 г.

Руководитель ВКР _____(подпись)

Задание по ВКР получил _____(подпись)

Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой - выдается студенту и подшивается к расчетно-пояснительной записке. Печать бланка задания двухсторонняя.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примерная форма отзыва руководителя выпускной квалификационной работы

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Выпускная квалификационная работа выполнена
Обучающимся _____
Специальность _____
_____
Кафедра _____
Группа _____
Руководитель ВКР _____

Общая характеристика работы студента в период выполнения ВКР:
_____
_____
_____

Актуальность темы _____
_____

Степень достижения целей ВКР_____
_____

Общая характеристика теоретической части (глубина разработки проблемы, логика изложения и проч.)_____
_____

Общая характеристика практической части работы (наличие элементов практической новизны, наличие и значимость практических предложений и рекомендаций)_____
_____

Степень владения профессиональными знаниями, умениями и навыками_____
_____

Замечания к ВКР_____
_____

Заключение:_____

Руководитель: _____ «___» _____ 20____ г.
подпись
Обучающийся: _____ «___» _____ 20____ г.
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Примерная форма отзыва рецензента о выпускной квалификационной работе

ОТЗЫВ
РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Фамилия И.О. выпускника _____
Специальность _____
Специализация _____
_____

Тема рецензируемой работы _____
Рецензент место работы, должность (при наличии) _____
_____

Заключение о степени соответствия выпускной квалификационной работы заданию_____

Оценка теоретической части ВКР (теоретическая значимость исследования, анализ использованных источников)_____
_____

Оценка аналитической части ВКР (анализ представленных методик исследования)_____
_____

Оценка проектной части ВКР (практическая значимость исследования)_____
_____

Логичность, четкость, грамотность изложения материала_____
_____

Оценка сформированности компетенций, предусмотренных федеральным государственным образовательным стандартом:

ВКР демонстрирует (высокий, средний, низкий) уровень сформированности универсальных компетенций и (высокий, средний, низкий) уровень сформированности общепрофессиональных и профессиональныхкомпетенций.

Замечания и рекомендации (к публикации, внедрению, представлению на конкурс) по ВКР_____
_____

Общая оценка ВКР_____

Рецензент: _____ Фамилия И.О. Обучающийся: _____ Фамилия И.О.
(подпись) (подпись)
«_____» _____ 20____г. «_____» _____ 20____г.

М.П

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Пример оформления документа, подтверждающего использование результатов выпускной квалификационной работы

СПРАВКА
об использовании результатов выпускной квалификационной работы
на тему: «…….»

Выводы и предложения, представленные в выпускной квалификационной работе Петрова И.С., нашли применение в практической деятельности общества с ограниченной ответственностью «Мир», в частности, при …… ……

Рекомендации автора по совершенствованию ……. деятельности организации взяты за основу при разработке перспективных направлений развития общества с ограниченной ответственностью «Мир».

Директор ООО «Мир» _____ И.О. Фамилия
(подпись)
М.П.

ВКР ВУЗ

СПРАВКА

о результатах проверки на наличие заимствований

Уникальный код справки: 1-361831-98584

Ф.И.О. автора проверяемой работы: Марков Александр Александрович

Тема работы: Выбор основных параметров установки нефтегазового бурения и разработка конструкции ротора

Руководитель: Гаврилова Людмила Анатольевна

Информация о документе:

Имя исходного файла: Текст ВКР_Марков.pdf

Тип документа: ВКР

Источники цитирования *

#	Доля в отчете	Источник (ссылка)	Где найдено (Модуль поиска)
1	21.39%	Работа «Оптимизация процесса бурения горизонтальных скважин путем модернизации бурового ротора» студента «Абдулаев Миралим Джамал оглы» организации «Нижневартовский государственный университет» ()	Модуль поиска Интернет
2	4.32%	Тема: Буровой ротор Р-560 (http://bibliofond.ru/view.aspx?id=787911)	Модуль поиска Интернет
3	1.86%	Тема: Состояние нефтегазового машиностроения на современном этапе (http://bibliofond.ru/view.aspx?id=794278)	Модуль поиска Интернет
4	1.47%	Технологический процесс восстановления ролика опорного катка трактора Т-130 (http://www.ronl.ru/referaty/transport/207888/)	Модуль поиска Интернет
5	0.71%	Расчет долговечности ротора (http://www.ronl.ru/referaty/geologiya/432758/)	Модуль поиска Интернет

** Таблица формируется системой «ВКР-ВУЗ».*

Уникальность текста: 68.14%

подпись студента	расшифровка подписи	подпись ответственного за проверку	расшифровка подписи
	дата		дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Пример структуры и оформления содержания выпускной квалификационной работы

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……4
1. Горная технология……6
1.1.Расчет схемы дробления……8
1.2.Выбор степеней дробления по стадиям……9
1.3.Расчет количественной схемы крупного дробления……10
1.4.Выбор и расчет основного оборудования……12
2. Специальная часть ……17
2.1.Устройство щековой дробилки……17
2.2.Выбор основных параметров щековой дробилки……19
2.3.Проектирование конструкции основных узлов привода……27
2.3.1.Расчет клиноременной передачи. Исходные данные……27
2.3.2.Кинематический расчет механизма……28
2.3.3.Расчет клиноременной передачи……30
2.3.4.Конструирование узла привода……33
3. Разработка технологического процесса изготовления……45
3.1.Описание технологичности конструкции……45
3.2.Материал детали и ее свойства……45
3.3.Определение типа производства……46
3.4.Обоснование принятия вида заготовки……49
3.5.Выбор оборудования……51
3.6.Принятый технологический процесс……51
3.7.Расчет припусков на обработку……53
3.8.Расчет режимов резания……58
3.9.Расчет норм времени……63
4. Расчет экономической эффективности щековой дробилки, себестоимость изготовления вала……65
4.1.Экономический эффект дробилки……65
4.2.Экономический эффект вала……66
5. Разработка мероприятий по охране труда при дроблении руды, мероприятий по борьбе с шумом, вибрацией, промсанитария, пожаробезопасность……68
5.1.Охрана труда……68
5.2.Шум и мероприятия по его снижению……68
5.3.Применение виброизоляции……70
5.4.Промсанитария……70
5.5.Пожаробезопасность……71
Заключение……73
Список литературы
Приложение

Подп. и дата | Инв. № | Взам. | Подп. и дата | Инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКРБ 62.00.000		
Разраб.		Царькова			Выбор основных параметров щековой дробилки и разработка конструкции муфты	Литера	Лист / Листов
Руковод.		Лагунова					
Н. контр.						УГПУ кафедра ГМК гр. ГМК-14	
Зав.каф.		Суслов					

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Примеры библиографических описаний, применяемых при оформлении списка использованных источников

1. Об основополагающих принципах и правах в сфере труда и механизм её реализации [Текст]: Декларация МОТ от 18.06.1998 // МБТ.1998.

2. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

3. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (в ред. от 05.10.2015) – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

4. О безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

5. *Горные машины. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-24* / Ю. А. Лагунова [и др.]; под общ. ред. В. К. Асташева // Ред. Совет: К. В. Фролов (пред.) [и др.]. М.: Машиностроение, 2011. 496 с.

6. *Ковалевский В.Ф., Железняков Н.Т., Бейлин Ю.Е*. Справочник по гидроприводам горных машин. Изд. 2-е,перераб; и доп. - М.: Недра, 1973, - 504 с.

7. *Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С. и др*. Интенсификация процессов экскавации горных пород // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 3. С. 94-100.

7. *Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С.* Проектирование карьерных экскаваторов. М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 232 с.

8. *Орлов П. И.* Основы конструирования. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1977. 623 с.

9. *Подэрни Р. Ю.* Механическое оборудование карьеров. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Изд. МГГУ, 2011. 680 с.

10. *Рабочее оборудование экскаватора.* Патент на полезную модель № 92033 МПК Е 02F 3/42; опубл. 10.03.2010. Бюл. № 7.

11. *Frimpong S., Hu Y., Chang Z*. Perfomance simulation of shovel excavators for earthmoving operations // In Summer in computer simulation conference (SCSC/03). 2003. pp. 133-138.

12. А.с. 1076514 (СССР). Насосно-аккумуляторный гидравлический привод поворота платформы землеройной машины/ Свердл. горн, ин-т им. В.В.Вахрушева; Авт. изобрет. В.Р.Кубачек, В.С.Шестаков. - Заявл. 15.02.82. № 3390727/03; Опубл. в Б.И., 1984, № 8; М. кл.^{3} Е 02 Г 3/22

13. *Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик*: в 2 кн./ редкол.: О. Н. Тихонов [и др.]. – Кн. 1 / В. Ф. Баранов [и др.]. – М: Недра, 1988.

14. *Клушанцев, Б. В.* Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – М.: Машиностроение, 1990.

15. *Лагунова Ю.А.* Проектирование обогатительных машин: учебник / Ю.А. Лагунова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 378 с.

16. Инструкция по делопроизводству в ООО «СК-групп» [Текст]. - Екатеринбург, 2012. – 26 с.

17. Правила внутреннего трудового распорядка АО «Маяк» [Текст]. - Екатеринбург, 2010. – 22 с.

18. An Interview with Douglass C. North [Text] // The Newsletter of The Cliometric Society. - 1993. - Vol. 8. - N 3. - P. 23–28.

19. Burkhead, J. The Budget and Democratic Government [Text] / Lyden F.J., Miller E.G. (Eds.) / Planning, Programming, Budgeting. Markham: Chicago, 1972. 218 p.

20. Miller, D. Strategy Making and Structure: Analysis and Implications for Performance [Text] // Academy of Management Journal. - 1987. - Vol. 30. - N 1. - P. 45–51.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

К.М.01.01 ОСНОВЫ МЕХАТРОНИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Специальность -

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24 -

Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение …….…….. 4

Тема 1. Базовые определения мехатроники и робототехники 4

Тема 2. Общие тенденции развития мехатроники и робототехники …….. 5

Тема 3. Технологическое обеспечение мехатронных и робототехнических систем……. 7

Тема 4. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам……. 8

Тема 5. Концепция построения интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем…… 9

Тема 6. Исполнительные модули мехатронных и робототехнических систем…… 11

Тема 7. Измерительно-информационные модули мехатронных и робототехнических систем…… 12

Тема 8. Модули управления мехатронными и робототехническими системами…….. 13

Тема 9. Технологические мехатронные системы…….. 14

Тема 10. Роботы и робототехнические системы…… 16

Тема 11. Транспортные мехатронные и робототехнические системы……. 18

Тема 12. Большие современные мехатронные системы различного назначения…….. 20

Тема 13. Перспективные задачи и направления развития мехатроники и робототехники…… 21

Библиографический список…….. 23

Введение

Предметом самостоятельной подготовки студентов в рамках учебного курса «Основы мехатроники и робототехники» являются мехатронные и робототехнические системы, их область применения и концепции их построения.

В основу курса положены современная теория и практика разработки мехатронных и робототехнических модулей и систем, включая собственные разработки автора.

Самостоятельная работа студентов включает в себя дополнительное самостоятельное изучение теоретического материала по темам рабочей программы с использованием рекомендуемой литературы и разъяснений к ней.

При работе с литературой студенты могут в индивидуальном темпе и стиле проводить собственный анализ изучаемого материала, систематизировать его, а благодаря зрительной памяти наиболее эффективно запомнить большее количество информации.

Самостоятельная работа студентов включает также подготовку к практическим занятиям (в соответствии с рабочей программой дисциплины) и подготовку к зачету и экзамену.

Проверка преподавателем самостоятельной работы осуществляется на консультациях, во время практических занятий, а также на зачете и экзамене.

Тема 1. Базовые определения мехатроники и робототехники

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

В первую очередь необходимо познакомиться с различными интерпретациями понятий «мехатроника» и «робототехника», с соответствующими дополнительными комментариями к этим определениям.

Далее необходимо освоить базовые понятия мехатроники и робототехники: мехатронные модули движения, информационно-измерительные модули,

мехатронные модули систем управления, мехатронная машина и мехатронные процессы.

В заключение данной темы необходимо четко сформулировать основные отличия мехатронной машины от традиционной машины.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

Подготовка к практическому занятию № 1

Практическое занятие включает знакомство с техническим оснащением кафедры «Мехатроника».

Контрольные вопросы по теме

1. Прокомментируйте основные понятия «мехатроника» и «робототехника». Укажите их общность и различие.
2. Сформулируйте цель, предмет и методы мехатроники и робототехники.
3. Сформулируйте определение термина «мехатронный модуль движения».
4. Сформулируйте определение термина «мехатронная машина».
5. Сформулируйте определение термина «информационно-измерительные модели».

Литература

[1] Лекция 2, с. 16–25.

[3] Глава 1, с. 16–22.

Тема 2. Общие тенденции развития мехатроники и робототехники

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Освоить понятие «синергетическое объединение» элементов мехатронных и робототехнических модулей и систем. Освоение понятий «интеграция», «интеллектуализация» и «миниатюризация», определяющих основные направления развития мехатронных и робототехнических систем.

От студентов требуется понимание пяти основных принципов организации интеллектуальных систем управления и основных направлений интеллектуализации мехатронных и робототехнических систем.

Студентам необходимо проследить основные этапы интеграции и миниатюризации мехатронных и робототехнических систем, а также иметь четкое представление о том, что все три направления развития мехатронных систем взаимосвязаны и влияют друг на друга.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

Подготовка к практическому занятию № 2

Практическое занятие предполагает просмотр и обсуждение видеофильмов «Основы мехатроники», «Мобильные роботы».

Контрольные вопросы по теме:

1. Отличие мехатронных систем от традиционных механических и электромеханических управляемых систем.
2. Основные направления развития мехатронных систем.
3. Сформулируйте пять принципов организации интеллектуальных систем управления.
4. Требования, предъявляемые к функциональным характеристикам современных машин и комплексов.

5. В чем проявляется взаимосвязь трех основных направлений развития мехатроники и робототехники.
6. Историческая классификация мехатронных модулей по уровню синергетического объединения элементов модулей.

Литература

[1] Лекция 2, с. 25–34.

Тема 3. Технологическое обеспечение мехатронных и робототехнических систем

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студентам необходимо освоить основные понятия, связанные со структурной и технологической пирамидами мехатроники: главные структурные части (механика, электроника, информатика) и базовые технологии мехатроники (гибридные технологии электромеханики, цифровые технологии управления движением, технологии автоматизированного проектирования).

При изучении базовых технологий мехатроники студентам необходимо понять концептуальную сущность указанных технологий и аппаратные средства для их реализации.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

Подготовка к практическим занятиям № 3, № 4

Практические занятия предполагают применение конструкторов Lego и программных комплексов RoboLab для конструирования мобильных роботов.

Контрольные вопросы по теме

1. Назовите главные части мехатроники.

2. Назовите современные уровни развития базовых частей мехатронных систем.
3. Укажите три гибридные синергетические направления мехатронных систем.
4. Назовите главные базисные технологии мехатроники.
5. Охарактеризуйте современный уровень развития базисных технологий.
6. Назовите комбинированные технологии мехатроники.

Литература

[1] Лекция 3, с. 35–47.

[3] Глава 1, с. 70–86.

Тема 4. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны понимать и формулировать стратегические, тактические и прикладные уровни требований к мехатронным и робототехническим модулям и системам. Проследить взаимосвязь и взаимообусловленность этих уровней требований.

Студенты должны изучить примеры систем, отвечающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робототехническим модулям и системам.

Студенты должны попытаться сформулировать дополнительные прикладные требования к мехатронным и робототехническим системам.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

Подготовка к практическим занятиям № 5, № 6, № 7

Практические занятия предполагают изучение различных систем, отвечающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робототехническим модулям и системам.

Контрольные вопросы по теме

1. Сформулируйте стратегические требования к мехатронным и робототехническим системам.
2. Сформулируйте тактические требования к мехатронным и робототехническим системам.
3. Сформулируйте прикладные требования к функциональным и структурно-конструктивным показателям мехатронных и робототехнических систем.
4. Приведите примеры систем, отвечающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робототехническим системам.

Литература

[1] Лекция 4, с. 55–91.

Тема 5. Концепция построения интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем

1. Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы.

Студенты должны освоить определение интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем, базу построения интеллектуальных систем управления (ситуационное управление и информационные технологии обработки знаний, обобщенную структуру интеллектуальных систем управления).

Кроме того, студенты должны изучить основные принципы проектирования мехатронных систем, познакомиться с общим алгоритмом проектирования

мехатронных и робототехнических систем (два этапа функционально-структурного подхода к проектированию мехатронных систем).

Студенты должны изучить основы построения экспертных систем. Познакомиться с основами автоматизированного проектирования мехатронных систем.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

Подготовка к практическим занятиям № 8, № 9

На практических занятиях изучаются функциональные и структурные схемы интеллектуальных мехатронных и робототехнических модулей и систем, а также принципы построения и области применения экспертных систем.

Контрольные вопросы по теме

1. Сформулируйте признаки интеллектуальных систем управления, интеллектуальных мехатронных модулей и систем.
2. Какие современные информационные технологии используются в интеллектуальных системах управления?
3. Опишите основные блоки интеллектуальных систем управления.
4. Сформулируйте две основные идеи, на которых базируются интеллектуальные системы управления.
5. Сформулируйте понятие «совмещенное (параллельное) проектирование».
6. Объясните суть и значение для мехатроники синергетической интеграции элементов, входящих в состав системы.
7. Объясните суть модульного принципа проектирования мехатронных систем.
8. Чем объясняется широкое использование в мехатронных системах принципа перераспределения функциональной нагрузки от аппаратных модулей к информационным (компьютерным) модулям?

9. Опишите общий алгоритм проектирования мехатронных и робототехнических модулей.
10. Сформулируйте определение экспертной системы.
11. Укажите базовые функции экспертных систем.

Литература

[1] Лекция 3, с. 48–54; лекция 4, с. 94–100.

Тема 6. Исполнительные модули мехатронных и робототехнических систем

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны изучить модули движения (мотор-редукторы, мотор-колеса, мотор-шпиндели, пьезоэлектрические модули, бионические модули, искусственную мышцу), мехатронные модули движения (безредукторный поворотный стол, автономный ортопедический аппарат), интеллектуальные модули движения (модуль для вальцовочных соединений, транспортный мобильный робот). Особое внимание необходимо обратить внимание на конструкцию и системы управления различных исполнительных модулей.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

Подготовка к практическому занятию № 10

На практическом занятии изучаются конкретные примеры модулей движения.

Контрольные вопросы по теме

1. Сформулируйте определения «модуль движения», «мехатронный модуль движения», «интеллектуальный модуль движения» и различия между этими модулями.

2. Принцип действия пьезоэлектрических приводов и бионических модулей движения.
3. Основные элементы интеллектуальных мехатронных модулей движения.
4. Классификация движителей мобильных систем.
5. Примеры модулей движения.

Литература

[1] Глава 3, с. 352–392.

Тема 7. Измерительно-информационные модули мехатронных и робототехнических систем

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны изучить структурную и функциональную схемы передачи и обработки информации в мехатронных и робототехнических системах: усиления, нормирования (компандирования); фильтрация и преобразование в цифровую форму (дискретизация и квантирование сигнала по времени и кодирование); устройство связи с объектом; интерфейсы.

Далее студенты должны изучить измерительно-информационные модули различного назначения: механолюминесцентные сенсорные устройства сосредоточенного, распределенного и встроенного типов; двухкоординатный датчик силы микроманипулятора; скоростная путеобследовательская станция. При этом в первую очередь необходимо обратить внимание на принцип действия и структурные схемы измерительно-информационнных модулей.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

Подготовка к практическому занятию № 11

На практическом занятии изучаются примеры измерительно-информационных модулей различного назначения.

Контрольные вопросы по теме

1. Основные элементы измерительно-информационных модулей.
2. Типовая структурная схема измерительно-информационных модулей.
3. Основные типовые операции и преобразования информационных сигналов в измерительно-информационных модулях.
4. Примеры измерительно-информационных модулей.

Литература

[4] Глава 3, с. 439–457.

Тема 8. Модули управления мехатронными и робототехническими системами

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны изучить особенности постановки задач управления в мехатронике. Принцип построения модулей управления. Иерархия управления в мехатронных системах. Степень интеллектуализации систем управления. Принципы построения интеллектуальных систем. Модули многоуровневых систем управления на исполнительном, тактическом и стратегическом уровнях (на различных слоях интеллектуальности).

Необходимо проанализировать природу (источники) возникновения неопределенностей, связанных с формированием управляющих воздействий (предсказуемые и непредсказуемые неопределенности). Рассмотреть системы

управления I и II рода в соответствии с характером неопределенностей в системе управления.

Изучить примеры модулей систем управления исполнительного уровня (адаптивное управление, управление с эталонной моделью, нейросетевое управление, нечеткое управление), тактического уровня (система управления движением робота), стратегического уровня (управление движением человека).

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

Подготовка к практическому занятию № 12

На практическом занятии изучаются системы управления мобильным роботом.

Контрольные вопросы по теме

1. Уровни иерархии управления мехатронными системами.
2. Системы управления I и II рода.
3. Источники неопределенности в мехатронных системах.
4. Четыре слоя обработки неопределенной информации (слои интеллектуальности).
5. Определение адаптивной системы управления.
6. Определение нечеткой системы управления.

Литература

[4] Глава 3, с. 458–467; с. 495–519.

Тема 9. Технологические мехатронные системы

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны познакомиться с основными методами создания автоматизированных технологических мехатронных систем: технологическое обес-

печение автоматизированных систем. Разработка функционально-структурных схем систем, построение автоматизированных систем управления.

Затем студенты знакомятся с примерами построения мехатронных систем различного технологического назначения: процесс обжига окисленных окатышей, система вспомогательного кровообращения.

Далее студенты знакомятся с основными аспектами создания управления для различных способов производства ответственных изделий из титановых и высокопрочных алюминиевых сплавов для нужд различных отраслей машиностроения. Технологическими машинами с параллельной кинематикой (гексаподы); их конструктивными особенностями, преимуществами систем управления, сферами применения в металлообрабатывающей промышленности. Мехатронным станочным оборудованием с ЧПУ: пятью вариантами архитектурного решения систем ЧПУ (CNC, PCNC-1, PCNC-2, PCNC-3, PCNC-4); особенностями архитектурных решений, аппаратного уровня и программного обеспечения систем ЧПУ, контроллерами управления движением с открытой архитектурой как программной, так и аппаратной частей контроллера.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

Подготовка к практическому занятию № 13

Практическое занятие предполагает изучение мехатронных металлообрабатывающих комплексов.

Контрольные вопросы по теме

1. Какими причинами определяется необходимость перехода к интеллектуальным системам управления кузнечнопрессовыми комплексами?
2. Опишите принципы управления процессом изотермического прессования на горизонтальных гидропрессах.

3. Опишите принципы управления процессом изотермической штамповки на вертикальных гидропрессах.
4. Опишите принципы управления процессом гидрорастяжения кольцевых заготовок на гидропрессе.
5. Опишите конструктивные особенности машин с параллельной кинематикой (гексаподов).
6. Укажите основные преимущества гексаподов перед другими технологическими машинами.
7. Укажите основные тенденции построения интеллектуальных контроллеров управления движением технических систем.
8. Какие задачи решает система ЧПУ?
9. Какие имеются архитектурные решения систем ЧПУ?
10. Что такое «открытая архитектура» систем ЧПУ?

Литература

[2] Глава 4, с. 9–47.

Тема 10. Роботы и робототехнические системы

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты изучают краткую историю развития робототехники. Классификацию роботов по назначению, конструктивным признакам, способу управления, быстродействию и точности движений. Интеллектуальные робототехнические системы для бытового применения, медицинского обслуживания, досуга и развлечений, военного назначения. Промышленные робототехнические системы и комплексы: сборочные, технологические, кузнечно-прессовые, литья под давлением. Экстремальную робототехнику в промышленности, космосе, подводных роботах. Биоробототехнику, микроробототехнику: микросистемные

технологии, микроэлектромеханические системы, микророботы, микротехнологические модули.

В результате изучения данной темы у студентов должно выработаться целостное представление о роботах и робототехнических системах самого различного применения, принципах их построения.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

Подготовка к практическому занятию № 14

На практическом занятии изучается шестистепенной учебный робот «Роботенок».

Контрольные вопросы по теме

1. Опишите краткую историю робототехники.
2. Приведите примеры удачной роботизации различных сфер деятельности человека.
3. По каким признакам производится классификация робототехники?
4. В чем состоит особенность построения и применения промышленных и робототехнических систем?
5. Рассмотрите перспективы специальной робототехники: космической, биологической, медицинской, экстремальной.
6. Назовите основные этапы развития микророботототехники.
7. Каковы перспективы развития микросистем?
8. Раскройте основные способы построения стационарных микросистем.
9. Какие типы приводов используют в мобильных микроботах?
10. Укажите основные области применения интеллектуальных роботов.

Литература

[2] Глава 4, с. 48–79.

Тема 11. Транспортные мехатронные и робототехнические системы

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты изучают транспортные и робототехнические системы различного назначения. Железнодорожный транспорт: многофункциональный комплекс технических средств контроля состояния подвижного состава, инженерно-техническое оснащение высокоскоростного подвижного состава (вагоны, локомотивы, ходовые части подвижного состава, тормозное оборудование, устройства наклона кузова вагона). Инерционный накопитель энергии для тяговой цепи. Автомобильный транспорт: системы активной безопасности. Воздушный и водный транспорт: система автоматического управления самолетом (автопилот), дирижабли, автономные подводные аппараты. Нетрадиционные транспортные системы: транспорт с магнитным подвешиванием (магнитопланы), новая железнодорожная транспортная система (система автономных экипажей), трубопроводный транспорт.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

Подготовка к практическим занятиям № 15, № 16

На практическом занятии изучается инженерно-техническое оснащение высокоскоростного железнодорожного транспорта и нетрадиционных транспортных систем.

Контрольные вопросы по теме

1. Укажите основные сферы применения мехатронных систем на железнодорожном транспорте.
2. Оцените уровень интеллектуальности железнодорожных систем (включая скоростной и высокоскоростной транспорт).

3. Укажите основные направления применения мехатронных систем в области локомотиво- и вагоностроения (включая рельсовые автобусы).
4. Оцените эффективность и перспективы применения накопителей энергии на железнодорожном транспорте.
5. Основные направления применения мехатронных систем на автомобильном транспорте.
6. Дайте общую характеристику систем активной безопасности движения автомобилей.
7. Какие существуют виды нетрадиционного транспорта?
8. Проанализируйте перспективы применения новой транспортной системы, предложенной в университете Падеборна (Германия).
9. Оцените перспективы высокоскоростного транспорта на магнитной подвеске.
10. Объясните принцип работы автопилота.
11. Каковы перспективы применения нейроконтроллеров в авиационном транспорте? Какими обстоятельствами диктуется необходимость их применения?
12. Для решения каких задач целесообразно применять дирижабли?
13. Сформулируйте тенденции развития дирижаблестроения.
14. В чем специфика управления дирижаблями?
15. Какие задачи призваны решать автономные подводные аппараты?
16. В чем специфика задач управления автономными подводными аппаратами?

Литература

[2] Глава 4, с. 80–164.

Тема 12. Большие современные мехатронные системы различного назначения

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Вначале студенты знакомятся с особенностями управления большими современными мехатронными системами. Далее студенты изучают примеры реализации управления большими современными мехатронными системами: коллективное управление группой роботов, дистанционное управление мобильными мехатронными и робототехническими системами посредством сети Интернет, макромоделью активного управления магистральными системами железнодорожного транспорта, интеллектуальной электроэнергетикой.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

Подготовка к практическим занятиям № 17

На практическом занятии изучается система активного управления движением автомобильного и железнодорожного транспорта.

Контрольные вопросы по теме

1. Опишите общую структурную схему мобильных робототехнических систем.
2. Опишите обобщенную структуру управления робототехническими системами.
3. В чем состоит основная идея метода локального слежения за движущимися объектами?
4. Опишите структурную схему и основные элементы следящей системы технического зрения (ССТЗ).
5. Опишите обобщенную схему системы дистанционного управления мобильным роботом по сети Интернет.

6. Какие основные идеи закладываются в систему активного управления транспортной сетью (АУТС).
7. Объясните схему работы АУТС.
8. Основные элементы Европейской системы управления движением железнодорожного транспорта (ETCS).
9. Объясните основные аспекты построения и практического применения интеллектуальных сетей энергоснабжения.
10. Укажите ключевые различия между существующими в настоящее время и проектируемыми интеллектуальными сетями энергоснабжения.

Литература

[1] Лекция 4, с. 57–70; с. 100–132.

Тема 13. Перспективные задачи и направления развития мехатроники и робототехники

Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы

Студенты должны сформулировать перспективные направления развития мехатронных и робототехнических систем: интеллектуализация систем управления технологическими комплексами различного назначения (металлообработка, транспорт, электроэнергетика), развитие микроэлектромеханических систем (микроробототехника, биоробототехника), создание самодостаточной системы интеллектуальных многофункциональных мехатронных машин для реконфигурируемого производства (построенного по принципу клеточного строения живых организмов из многофункциональных ячеек).

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

Подготовка к практическому занятию № 18

На практическом занятии рассматриваются перспективы развития микроробототехники.

Контрольные вопросы по теме

1. В каком направлении должна продвигаться интеллектуализация управления технологических металлообрабатывающих комплексов?
2. За счет каких технических средств может осуществляться интеллектуализация робототехнических систем?
3. Какие виды транспортных систем нуждаются в модернизации?
4. Каковы перспективы развития микросистем?
5. Опишите новые служебные и функциональные задачи мехатроники и робототехники. Приведите примеры задач.
6. Дайте описание новых кинематических структур и конструктивных компоновок многокоординатных машин.
7. Поясните перспективы развития интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем.

Литература

[1] Лекция 1, с. 9–15; с. 25–34.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Готлиб Б. М., Вакалюк А. А. Введение в специальность «Мехатроника и робототехника»: курс лекций. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. – 134 с.
2. Готлиб Б. М. Введение в мехатронику: учеб. пособие: в 2 т. Т.2. Проектирование и применение мехатронных модулей и систем. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. – 302 с.
3. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
4. Готлиб Б. М. Введение в мехатронику: учеб. пособие: в 2 т. Т.1. Концептуальные основы мехатроники. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. –521 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

Методические указания к выполнению практических работ Часть 1

К.М.01.02 МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Специальность - ***15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов***
Специализация № 24 - ***Проектирование технологических машин и комплексов***

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА 4
1.1 Назначение стенда 4
1.2 Состав 5
1.3 Технические характеристики стенда 5
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ 6
2.1 Работа №1. Изучение контроллера ОВЕН ПЛК-160 6
2.2 Работа №2. Основы работы со SCADA-системой 42

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА

1.1 Назначение стенда

Лабораторный стенд предназначен для изучения программируемого логического контроллера с объектом управления в виде мехатронного модуля – сборки деталей. Стенд позволяет изучить основы построения систем цикловой автоматики. Элементная база мехатронного модуля состоит из ленточного конвейера с электроприводом постоянного тока, модуля подачи базовых деталей, модулей подачи крышек из различного материала, пневматических толкателей и датчиков различного типа.

Внешний вид учебного комплекта представлен ниже (см. Рисунок 1).

Рисунок 1 – Внешний вид стенда ММ-СБ-НН

1.2 Состав

Лабораторный стенд включает в себя следующие компоненты (см. Таблица 1).

Таблица 1

№	Наименование	Кол-во
1	Моноблок, содержащий: источник питания, программируемый логический контроллер, элементы индикации и управления	1 шт.
2	Мехатронный модуль сборки деталей	1 шт.
3	Модуль пульта симуляции	1 шт.
4	Компрессор	1 шт.
5	Ноутбук	1 шт.
7	Комплект кабелей и принадлежностей для проведения лабораторных работ	1 шт.
8	Техническое описание	1 шт.
9	Методические указания к проведению лабораторных работ	1 шт.

1.3 Технические характеристики стенда

Общие технические характеристики типового комплекта учебного оборудования представлены ниже (см. Таблица 2).

Таблица 2

Параметр	Значение
Напряжение электропитания, В	220
Частота питающего напряжения, Гц	50
Потребляемая мощность, ВА	1600
Габаритные размеры, мм	480x600x650
Масса, кг	60 кг
Диапазон рабочих температур	+10…+35 ˚С
Относительная влажность воздуха, не более	80%

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.1 Работа №1. Изучение контроллера ОВЕН ПЛК-160

Цель работы

Научиться составлять простейшие программы на программируемом логическом контроллере ОВЕН

Порядок работы

1. Изучить необходимый теоретический материал.
2. Ознакомиться с конструкцией и назначением элементов лабораторного стенда «Промышленные датчики давления».
3. Подготовить стенд к проведению лабораторной работы.
4. Изучить назначение, технические характеристики ОВЕН ПЛК-160.
5. Изучить основы системы команд и принципы программирования контроллера.
6. Дома при подготовке к работе:

– выполнить синтез системы автоматизации согласно варианту;

– составить программу на языке лестничных диаграмм.

7. В лаборатории:

– освоить графическую среду программного обеспечения CODESYS;

– набрать на компьютере подготовленную дома программу и откомпилировать ее;

– ввести программу в контроллер и убедится в правильности её работы.

Ход работы

В данной практической работе программирование пользовательской задачи реализуется при помощи программного обеспечения CODESYS.

Обучающийся, в соответствии с поставленной задачей, разрабатывает алгоритм автоматизации управления объектом либо в виде логических уравнений, либо в виде схемы алгоритма. Входным, выходным сигналам и внутренним переменным (меркерам) присваиваются адреса в соответствии с конфигурационной таблицей.

Перед проведением работы необходимо установить все элементы стенда в исходное состояние. Для этого при выключенном автоматическом выключателе QF1 «Сеть», расположенном на лицевой панели стенда:

– установить в выключенное состояние клавишный переключатель «Питание контроллера»;

– тумблеры блока дискретных входов I1 … I8 перевести в нижнее положение, соответствующее состоянию «Выкл»;

– рукоятку потенциометра PR1 блока аналогового ввода/вывода перевести в крайнее положение против часовой стрелки;

После установки начальных условий необходимо подготовить к работе персональный компьютер и обеспечить его связь со стендом:

– включить персональный компьютер и дождаться загрузки операционной системы Windows;

– подать напряжение на стенд включением автоматического выключателя QF1 «Сеть»;

– подать напряжение на программируемый логический контроллер и датчики включением клавишного выключателя «Питание контроллера», дождаться загрузки ПЛК.

В комплексе используется программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-160, внешний вид которого представлен на рис. 3. Описание основных элементов ПЛК представлено в таблице 1.

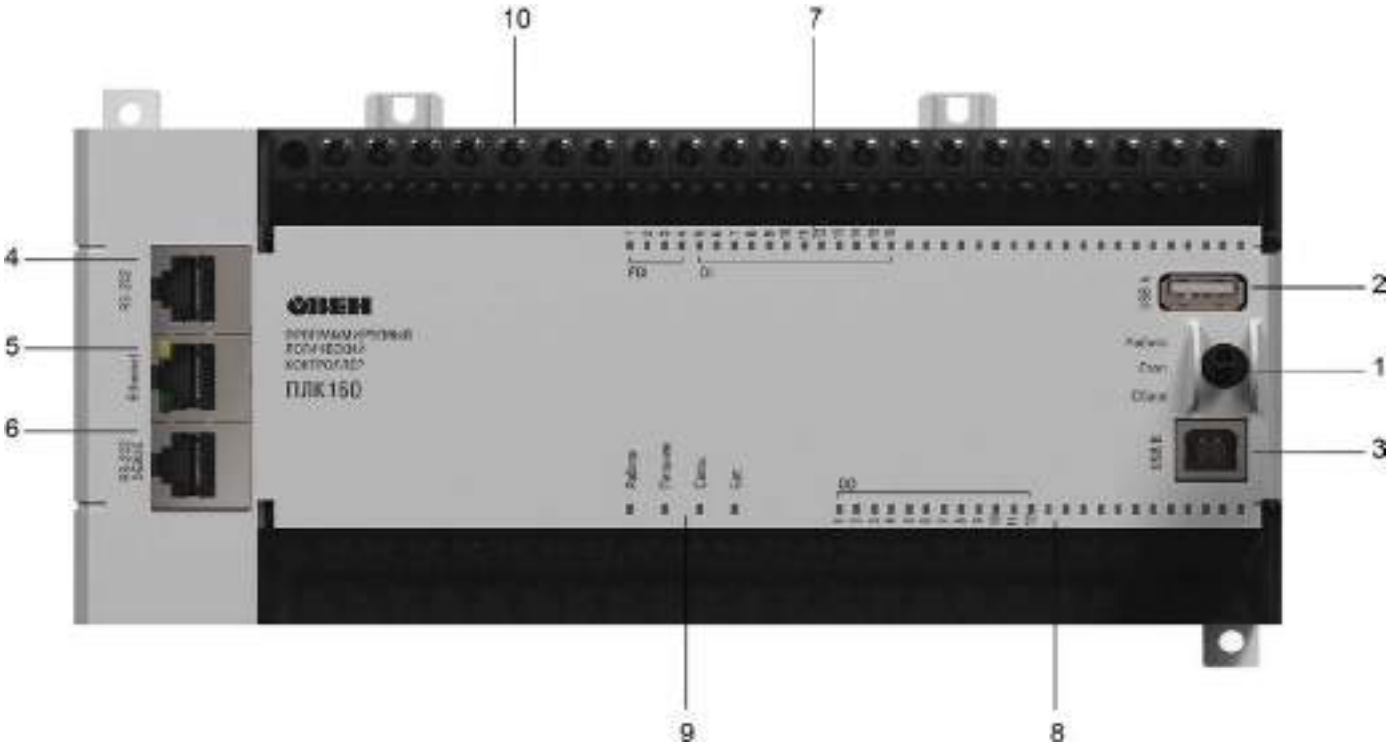


Рис. 3. Внешний вид ОВЕН ПЛК-160

Таблица 1

№ п/п	Элемент	Функциональное назначение
1	Переключатель работа/стоп/сброс	Положения переключателя определяют состояния прибора
2	USB-Host (Разъем USB Type-A)	Порт для подключения USB-flash накопителей
3	USB-Device (Разъем USB Type-B)	Порт для программирования
4	RS-232 Разъем RJ45	Последовательный интерфейс для подключения устройств
5	Ethernet Разъем RJ-45	Порт Ethernet 100 Base-T предназначен для подключения ПЛК в локальные сети, передачи данных и программирования
6	RS-232 Debug (Разъем RJ-45)	Последовательный интерфейс предназначен для подключения устройств и программирования
7	Светодиодные индикаторы состояния входов	FDI – обозначение для быстрых входов контроллера; DI – обычные дискретные входы
8	Светодиодные индикаторы состояния выходов	DO – обычные дискретные выходы
9	Светодиодные индикаторы состояния	Индикация состояния контроллера: «Работа», «Питание», «Связь», «Батарея»
10	Съемные клеммные колодки	Для подключения питания прибора, дискретных датчиков, исполнительных механизмов, аналоговых входов и выходов, интерфейсов RS-485 и клеммы встроенного источника постоянного напряжения 24 В

Описание состояний ПЛК, индицируемых светодиодами «Работа», «Питание», «Связь», «Батарея» представлены в табл. 2 и основные параметры в табл. 3.

Таблица 2

Индикатор	Состояние индикатора	Описание
«Работа»	Слабо светится	Ядро ОС еще не загрузилось после включения питания контроллера
	Мигает раз в 500 мс	Ядро ОС повреждено (не совпадает контрольная сумма)
	Мигает раз в 200 мс	Перегрузка центрального процессора
	Светится	Ядро ОС загружено успешно, программа CODESYS загрузилась и запустилась
	Не светится	Программа CODESYS не работает, остановлена или не загружена
«Питание»	Светится	Наличие питания у контроллера
	Не светится	Отсутствие питания у контроллера
«Связь»	Светится	Наличие связи с CODESYS
	Не светится	Отсутствие связи с CODESYS
«Бат.»	Светится	Необходимо заменить батарейку
	Не светится	Батарейка не требует замены

«FDI», «DI»	Светится	Соответствующий вход замкнут
	Не светится	Вход разомкнут
«DO»	Светится	Соответствующий выход замкнут
	Не светится	Выход разомкнут

Таблица 3

Параметр	Значение
Модель	ПЛК-160
Размеры, Ш х В х Г	208 х 110 х 83 мм
Потребляемая мощность, не более	45 ВА
Напряжение питания	от 90 до 264 В переменного тока (номинальное 120/230 В) частотой от 47 до 63 Гц (номинальное значение 50 Гц)
Встроенные цифровые входы/выходы	16 входов / 12 выходов
Встроенные аналоговые входы/выходы	8 входов / 4 выхода
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM1808
Объем оперативной памяти	Пользовательская программа 1 Мбайт, данные пользовательской программы 128 Кбайт, heap до 4 Мбайт в зависимости от использования ресурсов (сокеты, конфигурация и др.) (SDRAM), RAM-диск 8 Мбайт
Объем энергонезависимой памяти (FLASH)	6 Мбайт доступно для хранения файлов и архивов
Размер Retain-памяти (MRAM)	16 Кбайт
Количество сокетов	30
Время выполнения пустого цикла	Установленное по умолчанию (стабилизированное) – 1 мс (настраивается в окне «Конфигурация ПЛК (PLC Configuration) CODESYS». Настоятельно не рекомендуется устанавливать время цикла, равное 0 мс
Интерфейсы связи	RS-485, RS-232, RS-232 Debug, Ethernet 100 Base-T, USB-Device, USB-Host

Ниже представлены схемы подключения входных и выходных цепей ОВЕН ПЛК -160 (рис. 4).

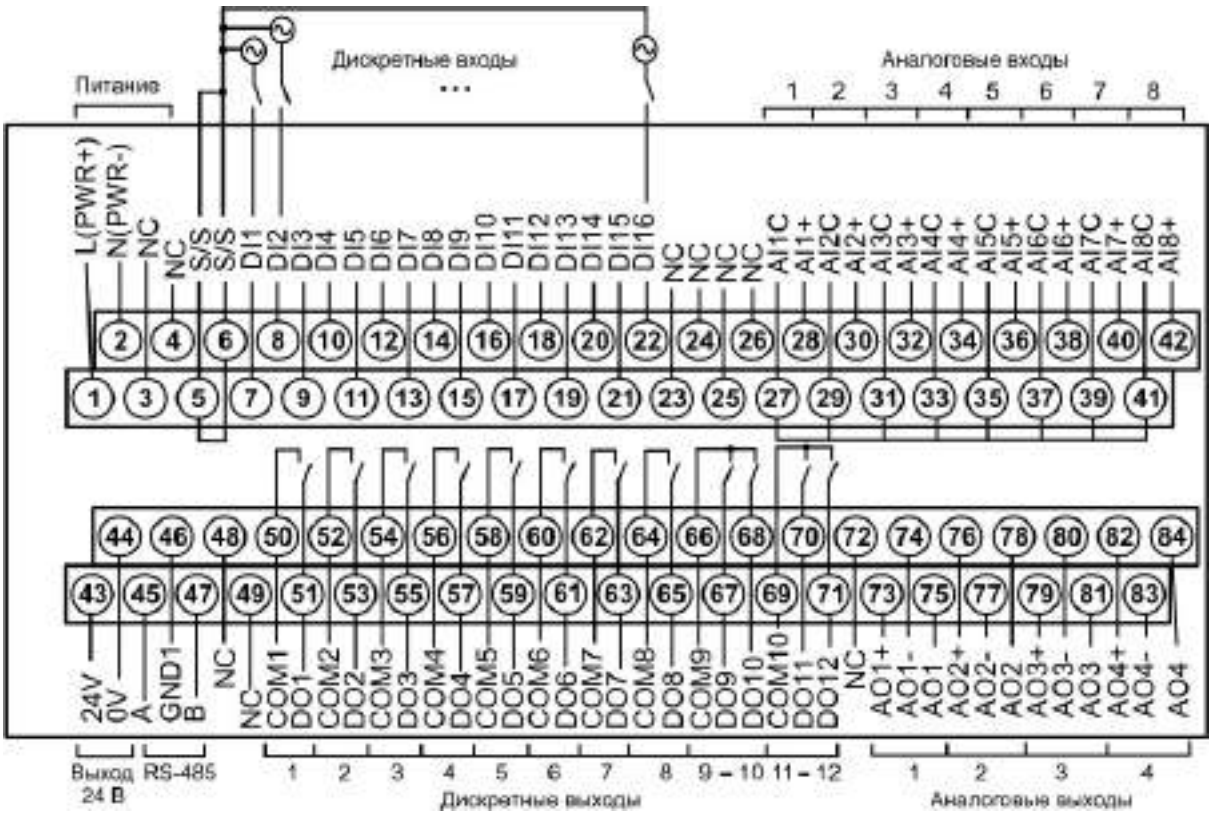


Рис. 4. Схемы подключения входных и выходных цепей контроллера ПЛК-160

Технические характеристики входных и выходных цепей контроллера представлены в табл.4.

Таблица 4

Параметр	Значение
Дискретные входы	
Количество входов из них быстродействующих	16 4 (DI1–DI4)
Тип входов по ГОСТ Р 52931	1 и 2
Напряжение питания дискретных входов	24 ± 3 В
Максимальный входной ток дискретного входа, не более	7 мА при питании 24 В, 8,5 мА при питании 27 В
Сигнал «логической единицы», соответствующий состоянию «Включено», дискретных входов для постоянного напряжения (ток в цепи)	От 15 до 30 В (ток от 3 до 15 мА)
Сигнал «логического нуля», соответствующий состоянию «Выключено», дискретных входов для постоянного напряжения (ток в цепи)	От минус 3 до 5 В (ток до 15 мА)

Минимальная длительность импульса, воспринимаемого дискретным входом:	
для обычных входов	1 мс
для быстродействующих	0,02 мс
Подключаемые входные устройства	Коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т. п.),
	датчики, имеющие на выходе транзистор n-p-n или p-n-p типа с открытым коллектором,
	дискретные сигналы 24 ± 3 В
Аналоговые входы	
Количество аналоговых входов	8
Тип поддерживаемых унифицированных сигналов	Ток от 0 (4) до 20 мА, ток от 0 до 5 мА, напряжение от 0 до 10 В
Разрядность АЦП	14 бит
Входное сопротивление, не более:	
в режиме измерения тока	170 Ом
в режиме измерения напряжения, не менее	200 кОм
Период опроса одного входа	10 мс
Предел основной приведенной погрешности преобразования	± 0,25 %
Предел дополнительной приведенной погрешности преобразования на каждые 10 градусов изменения температуры	± 0,05 %
Дискретные выходы	
Количество релейных выходных каналов	12
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле, не более	3 А (для переменного напряжения не более 250 В, частотой 50 Гц и cos φ > 0,4 – нагрузка для категории использования АС-15 по ГОСТ IEC 60947-1), 3 А (для постоянного напряжения не более 30 В – нагрузка для категории использования DC-13 по ГОСТ IEC 60947-1)
Время переключения контактов реле из состояния «лог. 0» в «лог. 1» и обратно, не более	50 мс (выходы DO1–DO12)
Механический ресурс реле, не менее	300 000 циклов переключений при максимальной коммутируемой нагрузке, 500 000 циклов переключений при коммутации нагрузки менее половины от максимальной

Аналоговые выходы			
Количество аналоговых выходов	4		
Тип выходного сигнала	Универсальный, ток от 4 до 20 мА, напряжение от 0 до 10 В	Напряжение от 0 до 10 В	Ток от 4 до 20 мА
Сопротивление нагрузки	Не более 500 Ом для 4…20 мА, не менее 2000 Ом для 0…10 В	Не менее 2000 Ом	Не более 500 Ом
Предел основной приведенной погрешности ЦАП	± 0,5 %		
Разрядность ЦАП	12 бит	10 бит	10 бит
Минимальный период обновления выходов	100 мс		
Питание аналоговых выходов, внешнее	24 ± 3 В, длина линии от источника питания не должна превышать 30 м		
Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности аналоговых выходов, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной на каждые 10 °С изменения температуры	Не более 0,5 предела допускаемой основной приведенной погре		

Для более подробного изучения технических характеристик следует обратиться к технической документации на изучаемый программируемый логический контроллер.

Для имитации пульта оператора используется блок дискретного ввода, который содержит 8 двухпозиционных переключателей DI1 – DI8, подсоединенных ко входам ПЛК DI1 – DI8 соответственно.

Индикация включенного состояния выходных цепей ПЛК осуществляется за счет блока дискретного вывода, который содержит 8 светодиодов DO1 – DO8, подсоединенных к выходам ПЛК DO1 – DO8 соответственно.

Для включения питания модуля используется кнопка с фиксацией и подсветкой.

Основы программирования ПЛК

Для подготовки программ при проведении практических работ служит среду программного обеспечения *CoDeSys*. Для запуска программы необходимо на рабочем столе *Windows* дважды щелкнуть курсором мыши по соответствующему ярлыку.

После этого откроется пустое окно программы *CoDeSys* (рис. 5), в котором можно создать новый проект или открыть уже созданный проект.

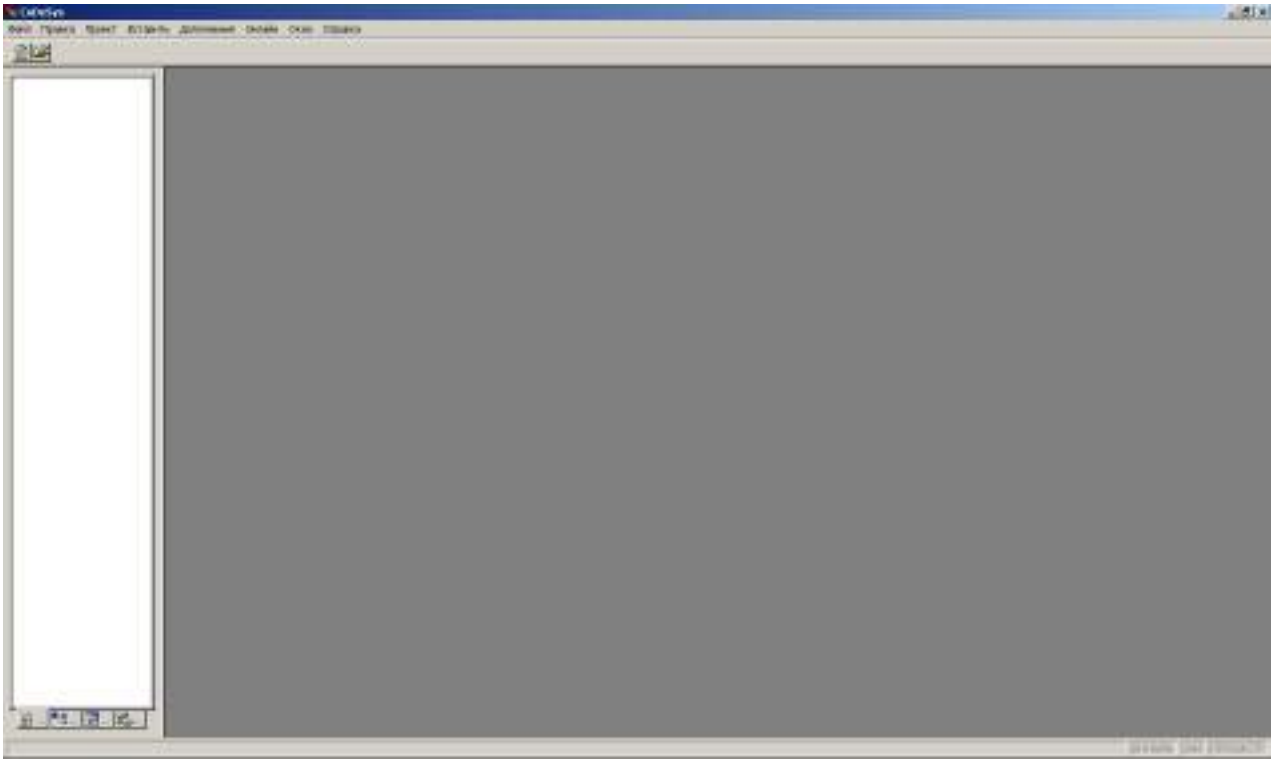


Рис. 5. Стартовое окно *CoDeSys*

Для создания нового проекта необходимо в выпадающем меню «Файл» выбрать пункт «Создать», после чего появится окно конфигурирования проекта «Настройка целевой платформы» (рис. 6). В выпадающем списке вариантов конфигурации (*target*-файлов) выбрать используемый в стенде контроллер ПЛК-160. *Target*-файл содержит информацию о ресурсах контроллера: количестве и типах входов и выходов, интерфейсов, памяти, дополнительных устройствах и т.д., с которыми работает программная среда *CoDeSys*. После выбора контроллера появится окно общих настроек выбранного ПЛК (рис. 7), в котором необходимо выставить те же параметры, которые представлены на рисунке. После завершения настройки необходимо нажать «ОК».

Рис. 6. Окно выбора контроллера

После конфигурирования проекта откроется окно настройки программных компонентов (POU) проекта (рис. 8), в котором выбирается имя и тип POU, а также язык реализации управляющей программы. После завершения настройки также необходимо нажать «ОК».

CoDeSys поддерживает следующие программные компоненты (POU):

1) программный блок (PRG);

2) функциональный блок (FB);

3) функция (FC).

CoDeSys поддерживает следующие языки программирования:

1) текстовые: список инструкций (IL) и структурированный текст (ST);

2) графические: язык последовательных функциональных схем (SFC), язык функциональных блоковых диаграмм (FBD), язык релейных диаграмм (LD)

Кроме того, CoDeSys включает поддержку основанного на языке FBD редактора непрерывных функциональных схем (CFC).

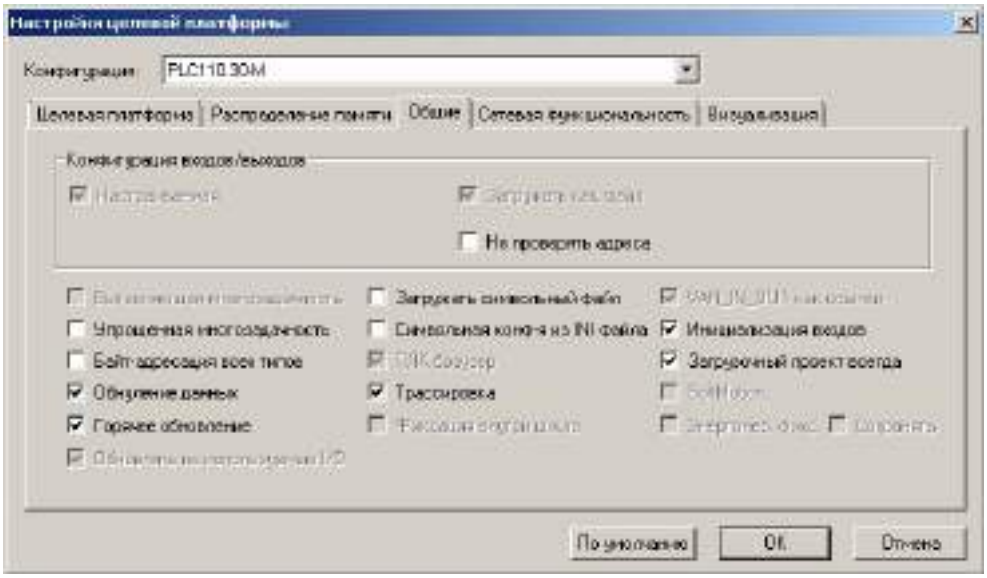


Рис. 7. Окно настройки параметров контроллера

Рис. 8. Окно настройки *POU* проекта

В CoDeSys введено несколько языков для того, чтобы пользователь мог применить язык, наиболее удобный для него: программисты выбирают язык IL или ST, специалисты, имеющие опыт работы с релейной логикой, выбирают язык LD, специалисты по системам автоматического управления (САУ) и схемотехнике выбирают привычный для них язык FBD.

Выбор одного из шести языков определяется не только предпочтениями пользователя, но и смыслом решаемой задачи:

Если исходная задача формулируется в терминах последовательной обработки и передачи сигналов, то для нее проще и нагляднее использовать язык FBD. Если задача описывается как последовательность срабатываний контактов и реле, то для нее нагляднее всего будет язык LD. Для задач, которые изначально формулируются в виде сложного разветвленного алгоритма, удобнее будет язык ST.

В результате конфигурирования откроется рабочее окно программы (рис. 9).

Всю рабочую область программы можно условно разделить на несколько частей:

- I – окно менеджера проекта;
- II – область объявления переменных проекта;
- III – рабочая область;
- IV – панели инструментов;
- V – окно сообщений;
- VI – строка состояния.

В менеджере проекта все настройки проекта распределены по четырем закладкам:

1) Менеджер программных компонентов (*POU*). В данной закладке можно редактировать текущие или добавлять новые компоненты (программы, блоки, функции).

2) Менеджер данных. В данном окне есть возможность добавлять и редактировать уже созданные базы данных проекта.

3) Менеджер визуализаций. В этой закладке есть возможность управления (создание и редактирование свойств) экранов для системы визуализации.

4) Менеджер ресурсов ПЛК объединяет ряд меню, необходимых для конфигурирования свойств ПЛК: различные библиотеки, конфигураторы контроллера, задач и тревог, менеджеры библиотек и параметров и ряд других.

В рабочей области проекта производится непосредственно набор управляющей программы.

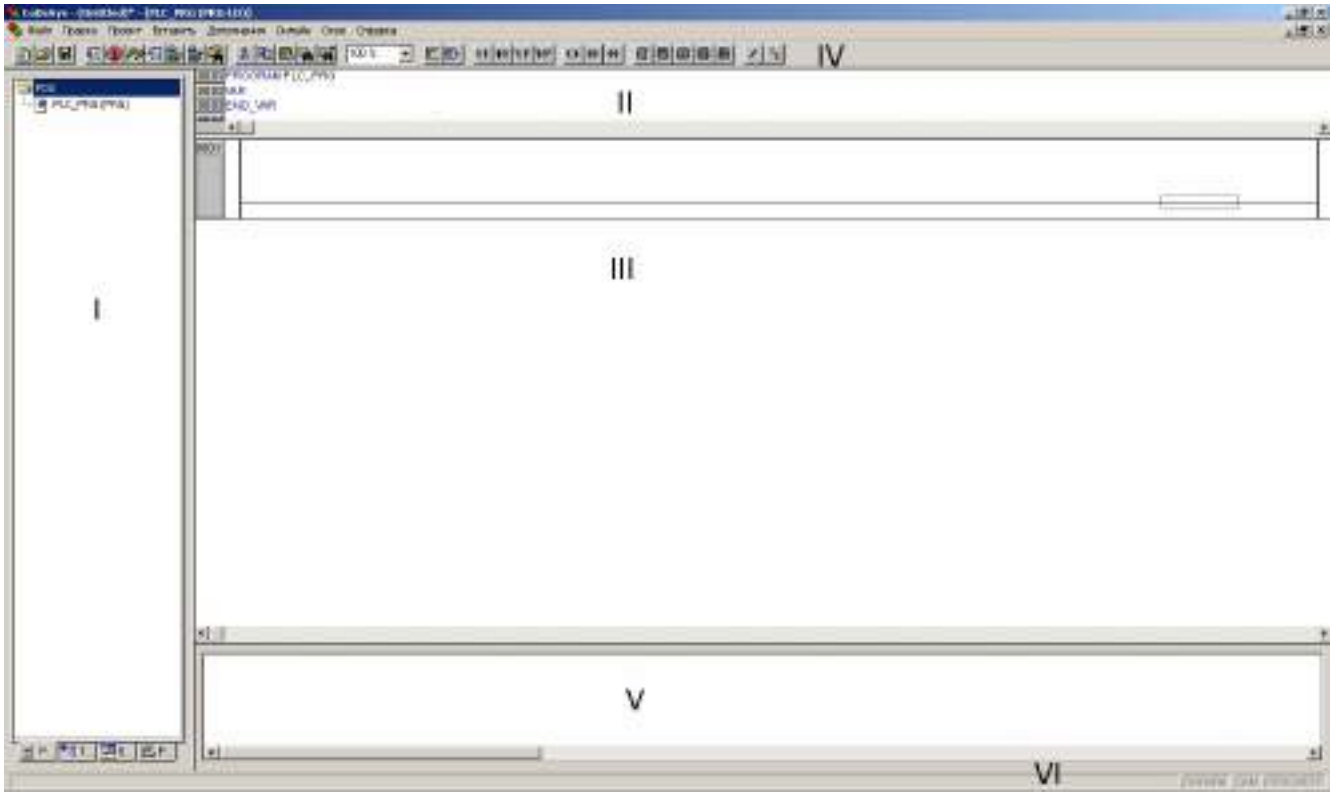


Рис. 9. Рабочее окно программы *CoDeSys* 2.3

Панель инструментов (рис. 10) используется для создания пользовательской управляющей программы, также компиляции, отладки и загрузки проекта в память ПЛК.

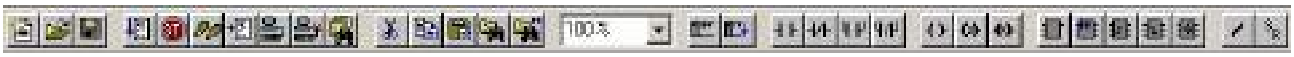


Рис. 10. Панель инструментов

При выборе в окне настроек различных языков программирования, например *LD*, *FBD* и *SFC*, панель инструментов принимает различный вид. В табл. 5 представлено краткое описание функций, доступ к которым осуществляется с панели инструментов при программировании на языке *LD*, а также представлены пиктограммы панели инструментов для других языков МЭК: *FBD* и *SFC*.

Таблица 5

Язык	**№ п/п**	**Пиктограмма**	**Описание**
LD	1		Вставка нового сегмента до текущего сегмента
	2		Вставка нового сегмента после текущего сегмента
	3		Вставка замыкающего контакта
	4		Вставка размыкающего контакта

Язык	№ п/п	Пиктограмма	Описание
	5		Вставка параллельного замыкающего контакта
	6		Вставка параллельного размыкающего контакта
	7		Вставка выходной катушки
	8		Установка состояния *SET* обмотки выходного реле
	9		Установка состояния *RESET* обмотки выходного реле
	10		Установка функционального блока
	11		Установка функционального блока со входом *EN*
	12		Установка детектора переднего фронта
	13		Установка детектора заднего фронта
	14		Установка таймера *TON*
	15		Установка инверсии
	16		Установка функции *SET/RESET* на обмотке выходного реле
FBD	1		Добавление входа в функциональный блок
	2		Добавление выхода из функционального блока
	3		Добавление элемента схемы (функционального блока)
	4		Присваивание
	5		Переход
	6		Возврат
	7		Инверсия
	8		*SET/RESET*
SFC	1		Шаг-переход (сверху)
	2		Шаг-переход (снизу)
	3		Альтернативная ветвь (справа)
	4		Альтернативная ветвь (слева)
	5		Параллельная ветвь (справа)
	6		Параллельная ветвь (слева)
	7		Безусловный переход
	8		Переход – безусловный переход
	9		Использовать МЭК-шаги

Далее в соответствии с поставленной задачей необходимо разработать алгоритм автоматизации управления объектом либо в виде логических уравнений, либо в виде схемы алгоритма.

Разработчик присваивает входным, выходным сигналам и внутренним переменным адреса в соответствии с конфигурацией контроллера.

Адресация контроллера имеет следующие особенности:

– прямое указание адреса дает способ непосредственного обращения к конкретной области памяти;

– использование области памяти через объявленную особым образом переменную (входную, выходную или локальную).

Прямой адрес образуется из префикса «%», префиксов области памяти и размера, одного или нескольких целых чисел, разделенных точкой.

Префиксы области памяти: *I* – входы, *Q* – выходы, *M* – память данных.

Префиксы размера: *X* – один бит, *B* – байт (8 бит), *W* – слово (16 бит), *D* – двойное слово (32 бит).

Примеры:

1) %*QX*7.5 и %*Q*7.5 – бит 7.5 в области выходов;
2) %*IW*215 – 215-е слово в области входов;
3) %*QB*7 – байт 7 в области выходов;
4) %*MD*48 – двойное слово в позиции памяти 48;
5) %*IW*2.5.7.1 – зависит от конфигурации ПЛК;

По умолчанию конфигурация ПЛК имеет вид, представленный в табл. 6.

Таблица 6

Входные сигналы				**Выходные сигналы**			
Адрес ПЛК	Адрес пользователя	Адрес ПЛК	Адрес пользователя	Адрес ПЛК	Адрес пользователя	Адрес ПЛК	Адрес пользователя
%*IX*0.0	*I*1	%*IX*1.0.6	*I*9	%*QX*2.0	*Q*1	%*QX*3.0.2	*Q*7
%*IX*0.1	*I*2	%*IX*1.0.7	*I*10	%*QX*2.1	*Q*2	%*QX*3.0.3	*Q*8
%*IX*1.0.0	*I*3	%*IX*1.1.0	*I*11	%*QX*2.2	*Q*3	%*QX*3.0.4	*Q*9
%*IX*1.0.1	*I*4	%*IX*1.1.1	*I*12	%*QX*2.3	*Q*4	%*QX*3.0.5	*Q*10
%*IX*1.0.2	*I*5	%*IX*1.1.2	*I*13	%*QX*3.0.0	*Q*5	%*QX*3.0.6	*Q*11
%*IX*1.0.3	*I*6	%*IX*1.1.3	*I*14	%*QX*3.0.1	*Q*6	%*QX*3.0.7	*Q*12
%*IX*1.0.4	*I*7	%*IX*1.1.4	*I*15				
%*IX*1.0.5	*I*8	%*IX*1.1.5	*I*16				

Ниже рассматривается пример программирования на языке *LD*.

При программировании на языке *LD* в виде релейно-контактной схемы программа разделяется на сегменты. Каждый сегмент представляет собой отдельную цепь, по которой может протекать ток. Шина питания находится слева (вертикальная линия). Таким образом, каждому логическому уравнению соответствует свой сегмент.

По умолчанию в блоке *PLC_PRG* (*PRG*) уже есть пустой шаблон сегмента. Для создания нового сегмента необходимо на панели инструментов нажать пиктограмму «Цепь (Перед)» или «Цепь (После)»

Рассмотрим ввод программы на языке лестничных диаграмм **(*LD*)** для реализации простого уравнения:

$Q0 = I1 \cdot \overline{I2} + I3$

В адресах контроллера это уравнение примет следующий вид:

$\%QX\,2.0 = \%IX\,0.0 \cdot \overline{\%IX\,0.1} + \%IX1.0.0$

1) Установить в токовую цепь (сегмент) обмотку (рис. 11а). Для этого нажать на кнопку .

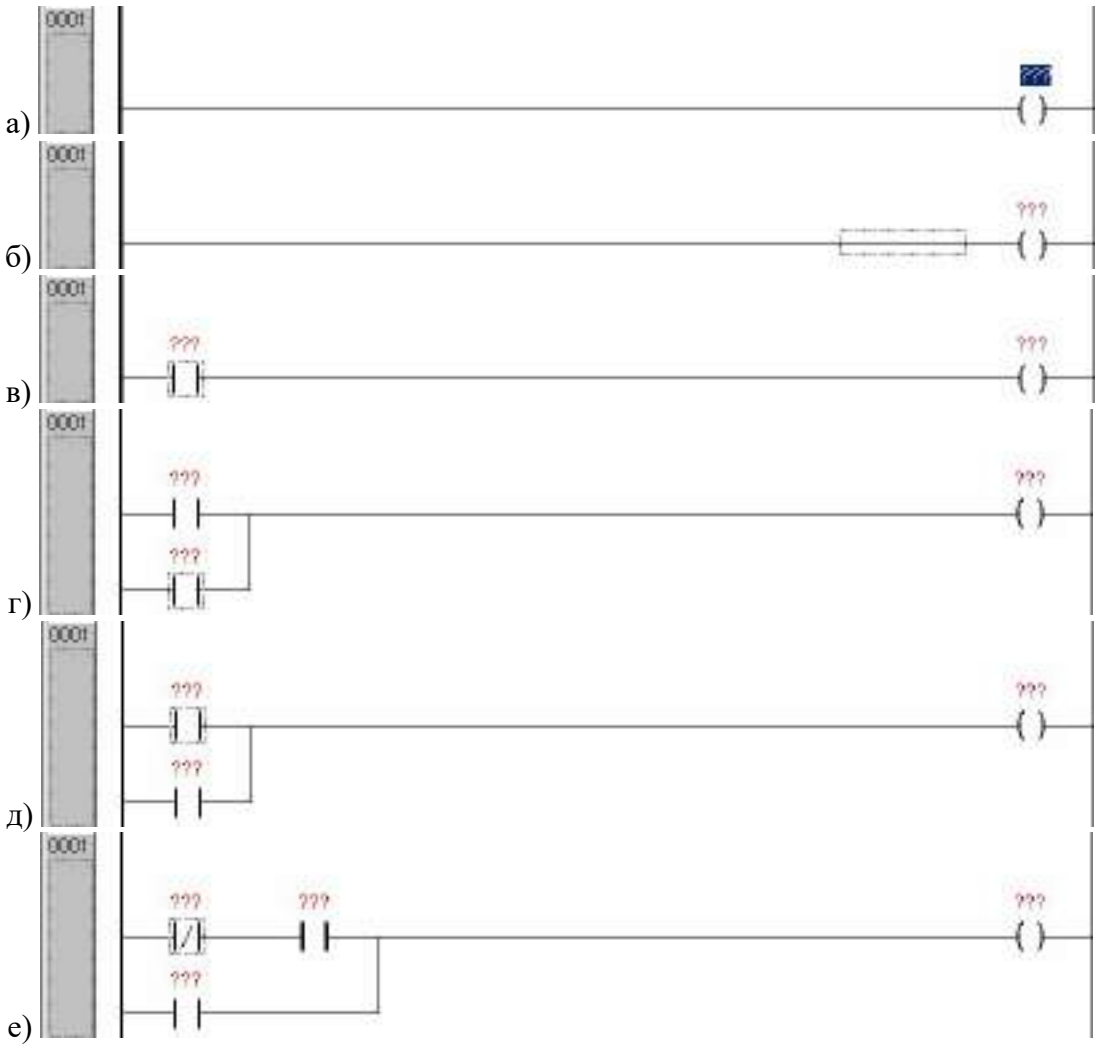


Рис. 11.

2) Щёлкнуть по тому месту (непосредственно по линии), куда нужно установить замыкающий (нормально открытый) контакт (рис. 11б).

3) Вставить замыкающий контакт, нажав на пиктограмму (рис. 11в).

4) Вставить параллельный замыкающий контакт, нажав на пиктограмму (рис. 11г).

5) Выделить место, куда необходимо поставить нормально замкнутый (размыкающий) контакт (рис. 11д).

6) Вставить размыкающий контакт, нажав на пиктограмму (рис. 11е).

7) Теперь необходимо ввести адреса контактов. Для этого щёлкнуть по знакам ??? над контактом и ввести адрес (ввод адреса завершается нажатием клавиши «ENTER» рис. 12).

Рис. 12.

Для удобства пользователя при разработке программы доступна символьная адресация. Для этого предварительно необходимо в окне задания переменных проекта объявить переменные.

Для этого необходимо выбрать элемент на схеме, ввести имя переменной и нажать «*ENTER*». В открывшемся окне необходимо выбрать класс, тип, адрес переменной и нажать «ОК» (рис. 13). После объявления всех входных и выходных переменных программа примет следующий вид (рис. 14), а окно задания переменных – рис. 15.

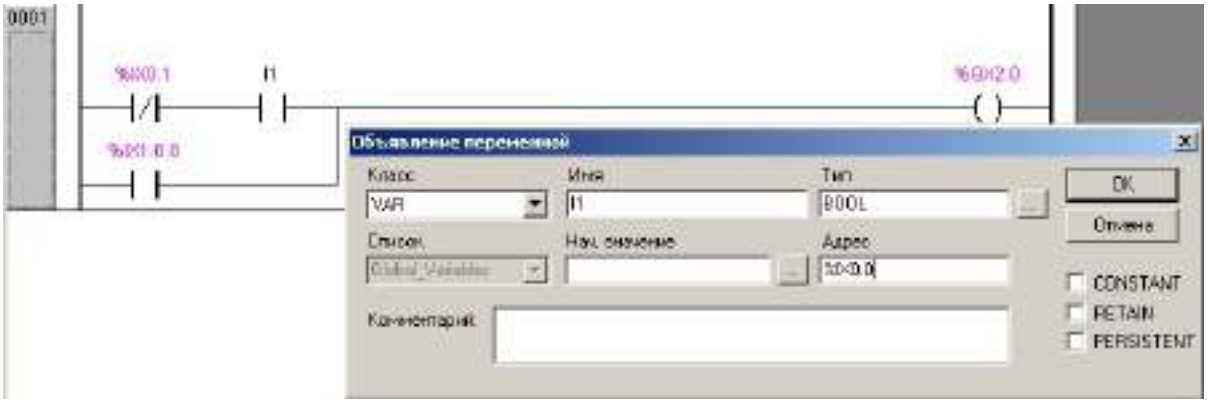


Рис. 13.

Рис. 14.

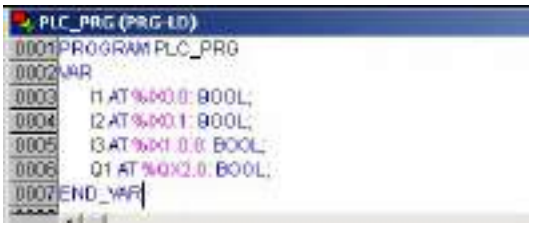


Рис. 15.

Для удаления какого-либо элемента программы необходимо его выделить и нажать на клавиатуре клавишу *Delete*. Для отмены предыдущего действия необходимо выбрать в меню «Правка» пункт «Отменить».

В случае некорректного ввода адреса или символического имени программа высвечивает некорректное обозначение красным цветом.

После ввода программы необходимо скомпилировать ее. Для этого в выпадающем меню «Проект» необходимо выбрать пункт «Компилировать», либо нажать «быструю» клавишу *F*11. Лог компиляции программы будет выведен в окно сообщений. Если программа набрана правильно (рис. 16а), то последняя строка будет вида: 0 ошибок, 0 предупреждений. В том случае, если в программе будут найдены ошибки (рис. 16б), то они будут выделены в логе красным цветом. Также в последней строке будет: *X* ошибок, *X* предупреждений. После исправления ошибок необходимо еще раз откомпилировать программу. После компиляции программа готова к загрузке в память ПЛК.

а)

б)

Рис. 16. Примеры сообщений при проведении компиляции пользовательской программы

Далее необходимо рассмотреть реализацию этого же логического уравнения ($Q0 = I1 \cdot \overline{I2} + I3$) на других языках:

1) **на языке инструкций (*IL*)** программа будет иметь достаточно простой и понятный вид:

LDN %*IX*1.0.0 (загрузить инверсный контакт)
AND %*IX*0.0 (загрузить контакт)
OR %*IX*0.1 (загрузить параллельный контакт)
ST %*QX*2.0 (результат выдать на обмотку)

2) разработка программы **на языке функциональных блоковых диаграмм (*FBD*)** ведется в следующей последовательности:

– в свойствах проекта настроить язык программирования *FBD*;

– на панели инструментов левой клавишей мыши нажать пиктограмму . На рабочем поле в новом сегменте должно появиться изображение элемента (рис. 17а), В поле названия элемента указать тип элемента *AND* (И);

– около входов элемента указать адреса %*IX*0.0 и %*IX*0.1 сверху вниз соответственно;

– на входе, соответствующем адресу %*IX*0.1, нажать правую клавишу мыши и выбрать пункт «Инверсия» (рис. 17б);

– установить курсор на выходной части элемента И;

– левой клавишей мыши нажать пиктограмму . В поле названия элемента указать тип элемента *OR* (ИЛИ), напротив свободного входа указать адрес %*IX*1.0.0 (рис. 17в);

– установить курсор на выходной части элемента *OR* (ИЛИ);

– левой клавишей мыши нажать пиктограмму . В сформировавшемся выходе необходимо указать адрес %*QX*2.0. Программа примет итоговый вид (рис. 17г).

а) б) в) г)

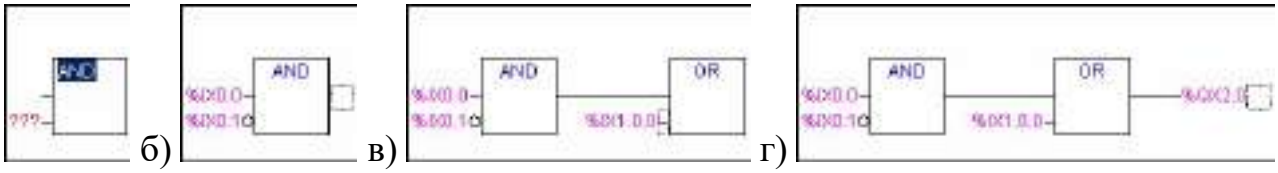


Рис. 17. Программа на языке *FBD*

Далее рассматривается вставка функции на примере создания следующей программы: если кратковременно включить тумблер *I*1 (адрес *IX*0.0), то включится выход *Q*1 (адрес *QX*2.0), если кратковременно включить тумблер *I*2 (адрес *IX*0.1), то выход *Q*1 выключится. Для этого воспользуемся функцией *SR*-триггера:

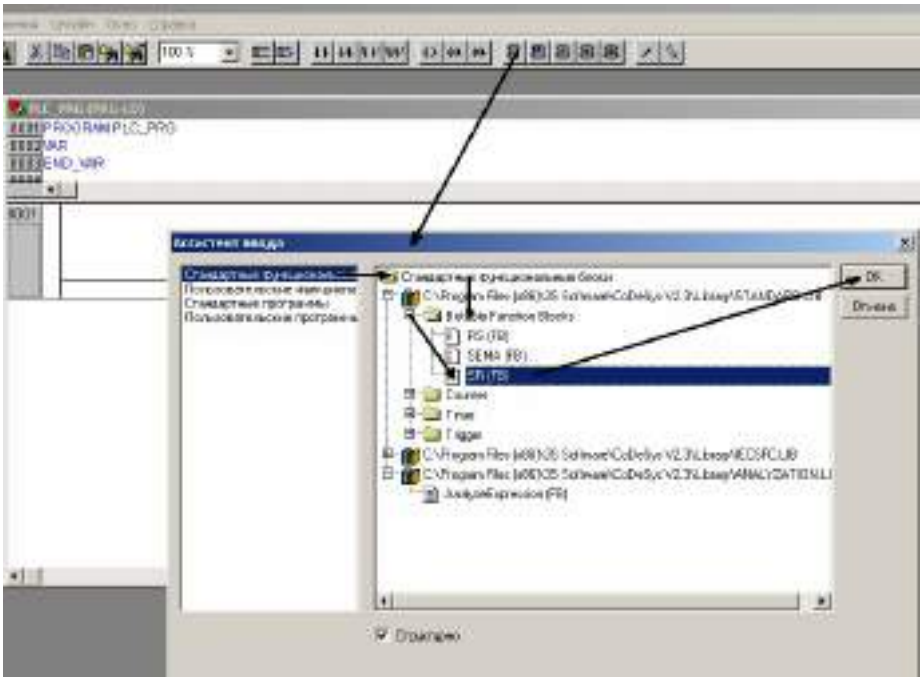
1) установить выходную обмотку с адресом %*QX*2.0, установить контакт с адресом %*IX*0.0;

2) установить курсор в новом сегменте. Левой клавишей мыши на панели инструментов нажать пиктограмму . В появившемся окне (рис. 18а) в закладке «Стандартные функциональные блоки» раскрыть библиотеку «*STANDART*». В открывшемся перечне раскрыть закладку «*Bistable Function Blocks*», в которой выбрать функциональный блок *SR*, после чего нажать «ОК». В сегменте установится блок *SR*-триггера (рис. 18б);

3) в поле ??? над блоком вписать название блока *SR*1;

4) во входной цепи *RESET* на месте ??? установить адрес %*IX*0.1. Программа примет следующий вид (рис. 18в).

а)



б)

в)

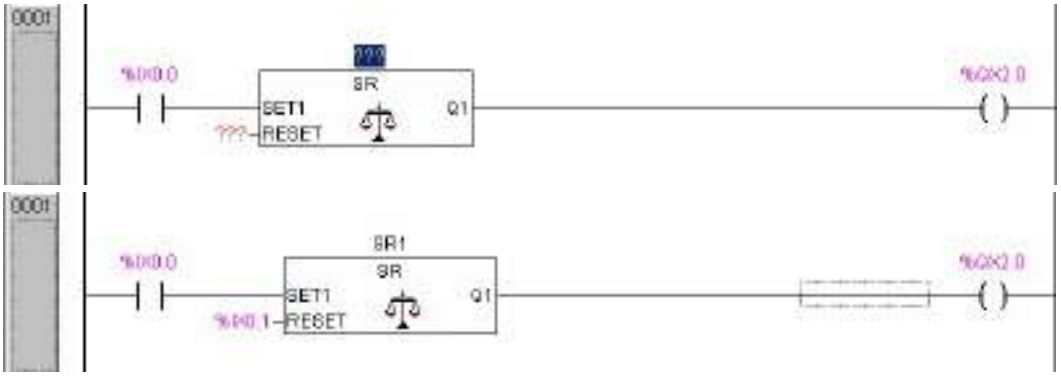


Рис. 18. Пример использования функциональных блоков в лестничных диаграммах

3. Для программирования контроллера ПЛК160 доступно 4 вида таймеров:

– таймер-формирователь импульса (*TP*);
– таймер с задержкой включения (*TON*);
– таймер с задержкой выключения (TOF);
– часы реального времени (RTC).

В табл. 7 представлены примеры реализации таймеров на языках IL и ST.

На рис. 19 представлено графическое изображение блоков таймеров, используемое в языке *FBD*. Блок, реализующий таймер, имеет следующие входы и выходы: *IN* – вход запуска, *EN* – вход разрешения, *PT* – уставка (заданное время), *Q* – выход (состояние таймера), *ET* – оставшееся время.

Для задания уставки времени используется идентификатор *T#*. Уставку времени можно задать в *BCD*-коде с использованием следующего синтаксиса:

T#AAd_BBh_CCm_DDs_EEEms,

где *AA* = сутки, *BB* = часы, *CC* = минуты, *DD* = секунды и *EEE* = миллисекунды.

Таблица 7

	Пример объявления	**Пример IL**	**Пример ST**
TP	*TPInst: TP*	*CAL TPInst(IN := VarBOOL*1*, PT := T#5s)* *LD TPInst.Q* *ST VarBOOL*2	*TPInst(IN := VarBOOL*1*, PT:= T#5s);* *VarBOOL*2 *:=TPInst.Q*
TON	*TONInst: TON*	*CAL TONInst(IN := VarBOOL*1*, PT := T#5s)* *LD TONInst.Q* *ST VarBOOL*2	*TONInst(IN := VarBOOL*1*, PT:= T#5s)*
TOF	*TOFInst: TOF*	*CAL TOFInst(IN := VarBOOL*1*, PT := T#5s)* *LD TOFInst.Q* *ST VarBOOL*2	*TOFInst(IN := VarBOOL*1*, PT:= T#5s);* *VarBOOL*2 *:=TOFInst.Q*

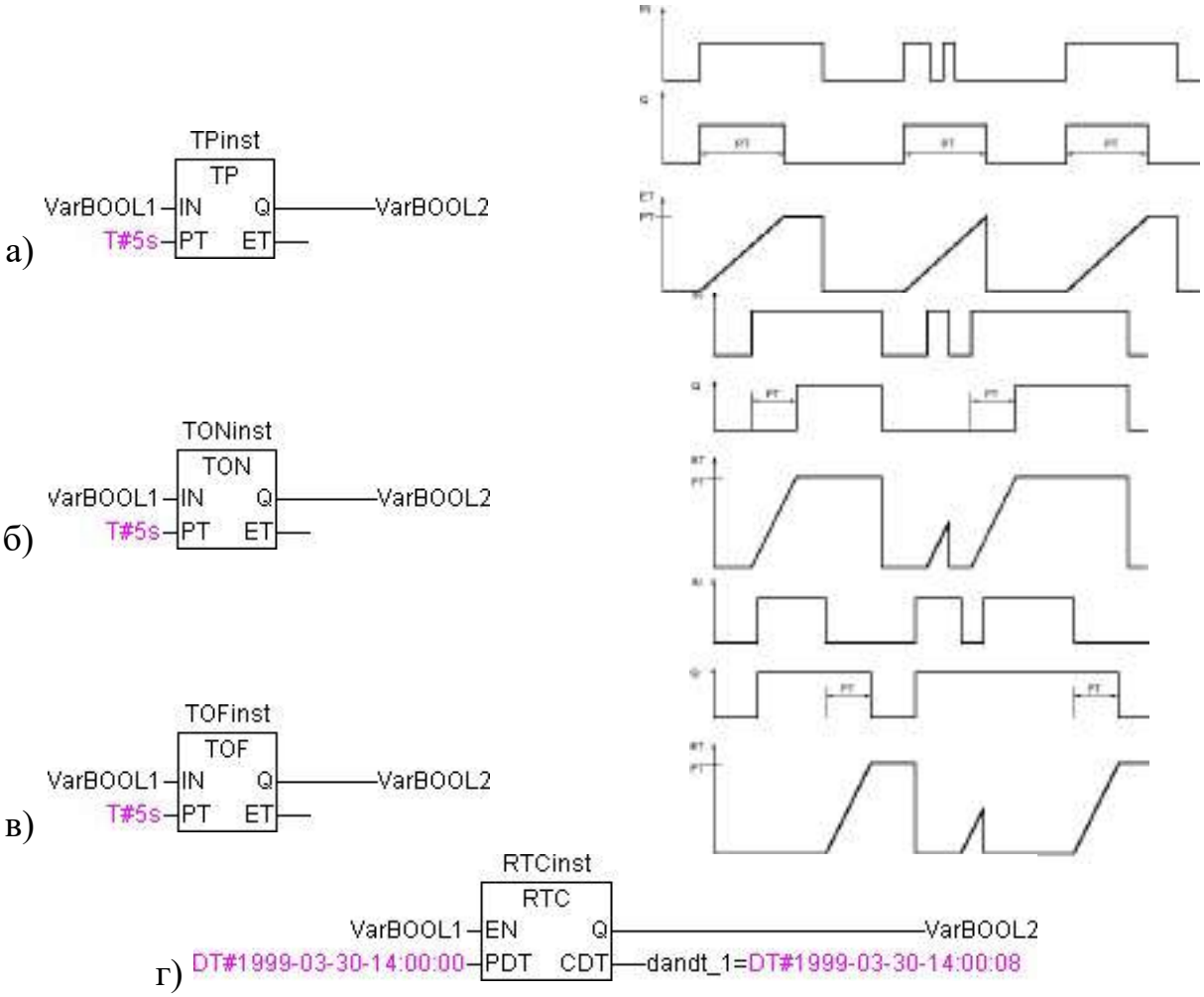


Рис. 19. Таймеры и их временные диаграммы работы

Каждый таймер использует структуру, хранящуюся в блоке данных, для сохранения данных о времени. При этом назначается блок данных, когда устанавливается команда таймера.

В режиме RUN текущее значение таймера уменьшается на одну единицу через интервал времени, установленный базой времени, до тех пор, пока значение времени не станет равным нулю, что соответствует срабатыванию таймера.

4. Для программирования контроллера ПЛК160 доступно 3 вида счетчиков:

- инкрементный (на сложение) счетчик (*CTU*);
- декрементный (на вычитание) счетчик (*CTD*);
- инкрементный/декрементный (реверсивный) счетчик (*CTUD*).

В табл. 8 представлены примеры реализации счетчиков на языках IL и ST. На рис. 20 представлено графическое изображение блоков счетчиков, используемое в языке *FBD*. Блок, реализующий счетчик, имеет следующие входы и выходы: *CU* – вход на сложение, *CD* – вход на вычитание, *PV* – задание (уставка) счетчика, *RESET* – вход сброса, *LOAD* – вход загрузки задания счетчика, *Q*, *QU*, *Q*D – выход (состояние) счетчика, *CV* – текущее значение счетчика в двоичном формате.

Таблица 8

	Пример объявления	**Пример IL**	**Пример ST**
CTU	*CTUInst: CTU*	*CAL CTUInst*(*CU* := *VarBOOL*1, *RESET* := *VarBOOL2*, *PV* := *VarINT*1) *LD CTUInst.Q* *ST VarBOOL3* *LD CTUInst.CV* *ST VarINT*2	*CTUInst*(*CU*:= *VarBOOL*1, *RESET*:=*VarBOOL2* , *PV*:= *VarINT*1); *VarBOOL3* := *CTUInst.Q* ; *VarINT2* := *CTUInst.CV*
CTD	*CTDInst: CTD*	*CAL CTDInst*(*CD* := *VarBOOL*1, *LOAD* := *VarBOOL2*, *PV* := *VarINT*1) *LD CTDInst.Q* *ST VarBOOL3* *LD CTDInst.CV* *ST VarINT*2	*CTDInst*(*CD*:= *VarBOOL*1, *LOAD*:=*VarBOOL2* , *PV*:= *VarINT*1); *VarBOOL3* := *CTDInst.Q* ; *VarINT*2 := *CTDInst.CV*
CTUD	*CTUDInst : CUTD*	*CAL CTUDInst*(*CU*:=*VarBOOL2*, *RESET*:=*VarBOOL*3, *LOAD*:=*VarBOOL*4, *PV*:=*VarINT*1) *LD CTUDInst.Q* *ST VarBOOL5* *LD CTUDInst.QD* *ST VarBOOL5* *LD CTUInst.CV* *ST VarINT*2	*CTUDInst*(*CU* := *VarBOOL*1, *CU*:= *VarBOOL2*, *RESET* := *VarBOOL3*, *LOAD*:=*VarBOOL4* , *PV*:= *VarINT*1); *VarBOOL5* := *CTUDInst.QU* ; *VarBOOL6* := *CTUDInst.QD* ; *VarINT2* := *CTUDInst.CV*

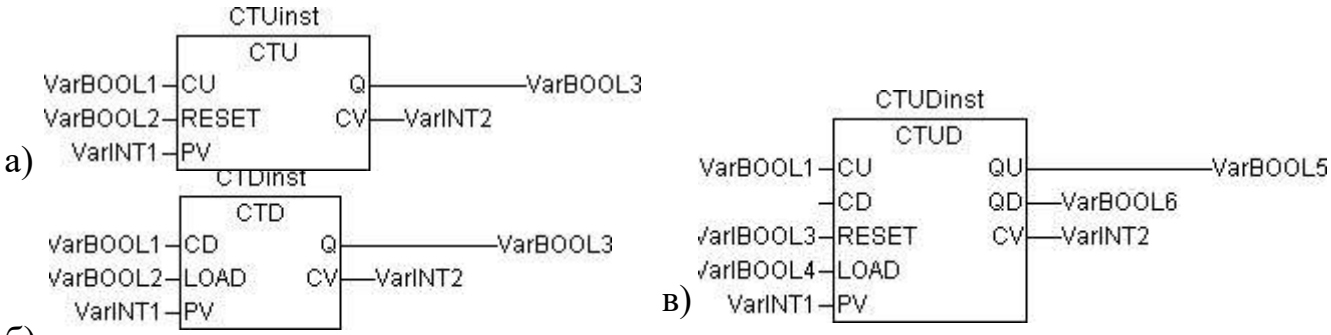


Рис. 20. Счетчики

Уставка счетчика задается либо константой в формате <значение>, либо из области памяти (I, Q, M). Нарастающим фронтом сигнала на входе LOAD в счетчик заносится уставка с входа PV. При нарастающем сигнале на входе CU значение счетчика увеличивается на «1». При нарастающем фронте сигнала на входе CD значение счетчика уменьшается на «1», если значение счетчика больше, чем «0». При нарастающем фронте сигнала на входе RESET счетчик сбрасывается (в счетчик записывается значение «0»).

Для реверсивного счетчика, если оба счетных входа имеют нарастающий фронт, то значение счетчика остается неизменным.

В счетчике CTU выход Q устанавливается в «1», когда значение CV достигает значения PV.

В счетчике CTD выход Q устанавливается в «1», когда значение CV достигает «0».

В счетчике CTUD выход QU устанавливается в «1», когда значение CV больше или равно значению PV, а выход QD – когда значение CV достигает «0».

5. Кроме таймеров и счетчиков в программируемом контроллере ОВЕН ПЛК160 используется стандартный набор операндов и функций, присущий всем контроллерам:

- логические;
- арифметические
- операции сдвига;
- операции сравнения и т.д.

6. Программирование функциональных блоков и функций

Среда разработки CoDeSys предусматривает возможность упростить программирование, если возникает необходимость в программировании управления однотипными технологическими операциями. Ниже рассматриваются, в качестве примера, испытания двигателей бензинового и дизельного. Испытания в принципе одинаковые, только аппараты (кнопки, датчики и устройства индикации) свои. В этом случае необходимо запрограммировать функциональный блок FB, который может многократно вызываться в программе

Например, создадим функциональный блок FB1, которому дадим символическое имя «ENGINE [двигатель]». При кратковременном появлении

команды «turn_on [включить]» двигатель должен включиться и сформировать сигнал «on [включен]».

При достижении фактической скорости «fact [факт]» заданного значения «preset [задание]» формируется сигнал «ready [готов]». Двигатель отключается по сигналу «turn_off [отключить]» или по сигналу «trouble [неисправность]».

Последовательность программирования сводится к следующему:

1) Создать новый проект, в котором создать три программных компонента POU: программный блок PLC_PRG, функциональный блок ENGINE и функция VENT (рис. 21);

Рис. 21.

2) Объявить переменные для функционального блока *ENGINE* (рис. 22а):

```
FUNCTION_BLOCK
ENGINE
VAR_INPUT
        turn_on: BOOL;
        turn_off: BOOL;
        trouble: BOOL;
        fact: INT;
        preset: INT;
END_VAR
VAR_OUTPUT
        on: BOOL;
        ready: BOOL;
END_VAR
VAR
END_VAR
```

3) Объявить переменные для основной программы *PLC_PRG* (табл. 9 и рис. 22б).

4) Затем разрабатывается программа, управляющая включением и отключением двигателя, как было описано выше.

Таблица 9

Символическое имя	**Адрес на модуле**	**Адрес ПЛК**	**Тип данных**	**Комментарии**
Входные переменные				
turn_on_B	*I*1	%*IX*0.0	*BOOL*	Включить бензиновый
turn_off_B	*I*2	%*IX*0.1	*BOOL*	Отключить бензиновый
trouble_B	*I*3	%*IX1*.0.0	*BOOL*	Неисправность бензинового

Символическое имя	Адрес на модуле	Адрес ПЛК	Тип данных	Комментарии
turn_on_D	*I*4	%*IX1*.0.1	*BOOL*	Включить дизель
turn_off_D	*I*5	%*IX1*.0.2	*BOOL*	Отключить дизель
trouble_D	*I*6	%*IX1*.0.3	*BOOL*	Неисправность дизеля
Выходные переменные				
on_B	*Q*1	%*QX*2.0	*BOOL*	Бензиновый включен
ready_B	*Q*2	%*QX*2.1	*BOOL*	Заданная скорость достигнута
vent_B	*Q*3	%*QX*2.2	*BOOL*	Вентилятор бензинового включен
on_D	*Q*5	%*QX*3.0.0	*BOOL*	Дизель включен
ready_D	*Q*6	%*QX*3.0.1	*BOOL*	Заданная скорость достигнута
vent_D	*Q*7	%*QX*3.0.2	*BOOL*	Вентилятор дизеля включен
Промежуточные переменные				
fact_B		*MW*0	*INT*	Фактическая скорость бензинового двигателя
fact_D		*MW*2	*INT*	Фактическая скорость дизеля
Таймеры				
tim_B		*TON*		Таймер вентилятора бензинового
tim_D		*TON*		Таймер вентилятора дизеля

а)

ENGINE (FB-LD)

```
0001 FUNCTION_BLOCK ENGINE
0002 VAR_INPUT
0003     turn_on: BOOL;
0004     turn_off: BOOL;
0005     trouble: BOOL;
0006     fact: INT;
0007     preset: INT;
0008 END_VAR
0009 VAR_OUTPUT
0010     on: BOOL;
0011     ready: BOOL;
0012 END_VAR
0013 VAR
0014 END_VAR
0015
```

б)

PLC_PRG (PRG-LD)

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     turn_on_B AT %IX0.0: BOOL;
0004     turn_off_B AT %IX0.1:    BOOL;
0005     trouble_B AT %IX1.0.0: BOOL;
0006     turn_on_D AT %IX1.0.1: BOOL;
0007     turn_off_D AT %IX1.0.2: BOOL;
0008     trouble_D AT %IX1.0.3: BOOL;
0009     on_B AT %QX2.0:   BOOL;
0010     ready_B AT %QX2.1:   BOOL;
0011     vent_B AT %QX2.2: BOOL;
0012     on_D AT %QX3.0.0: BOOL;
0013     ready_D AT %QX3.0.1: BOOL;
0014     vent_D AT %QX3.0.2: BOOL;
0015     tim_B: TON;
0016     tim_D: TON;
0017     fact_B AT %MW0:    INT;
0018     fact_D AT %MW2: INT;
0019
0020 END_VAR
0021
```

Рис. 22. Объявление переменных

Набранная программа на языке лестничных диаграмм имеет вид, представленный на рис. 23.

Созданный блок *ENGINE* должен управлять и контролировать работу бензинового и дизельного двигателей. Различные заданные скорости хранятся в отдельных ячейках памяти.

5) Далее необходимо запрограммировать вызов функционального блока в программном блоке. Для этого в сегменте программного блока необходимо установить курсор в заданном положении, на панели инструментов нажать пиктограмму и установить 2 блока на поле сегмента. В поле названия блока необходимо списать название пользовательского блока (*ENGINE*). Один блок

необходимо назвать «*Gasoline*», другой – «*Diesel*». Соответственно один блок будет отвечать за работу бензинового двигателя, а второй – за работу дизельного (рис. 24а).

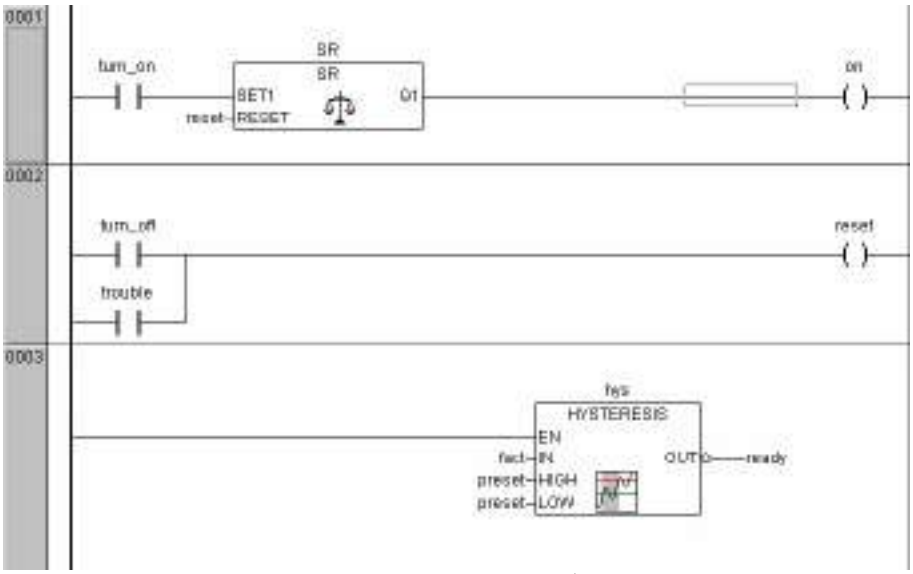


Рис. 23. Функциональный блок *ENGINE*

В поля напротив входов и выходов необходимо установить названия соответствующих переменных. Программный блок после этого примет вид, представленный на рис. 24б. Напротив внутренней переменной «*preset*» блока «*Gasoline*» необходимо установить значение 1500. Таким образом, определена максимальная скорость для бензинового двигателя. Аналогично установить значение 1200 напротив внутренней переменной «*preset*» блока «*Diesel*» (для дизельного двигателя).

6) Далее необходимо сохранить программу;

7) Функции, как и функциональные блоки, расположены в иерархии программы ниже программного блока. Однако в отличие от функционального блока, функции не нужен блок данных. У функций параметры также перечисляются в окне объявления переменных, но статические данные не разрешаются.

В рассматриваемой задаче предусматривается, что каждый двигатель как бензиновый, так и дизель имеет свой вентилятор. Вентилятор включается при работе двигателя и продолжает еще работать 4 с после отключения двигателя. Для управления этими двигателями программируется функция *VENT*.

Необходимо в менеджере проекта дважды щелкнуть на строке *VENT*, чтобы открыть ее. Открывается окно для программирования. Далее нужно объявить переменные:

```
FUNCTION VENT :
BOOL
VAR_INPUT
        turn_on: BOOL;
END_VAR
VAR
        tim: TON;
END_VAR
```

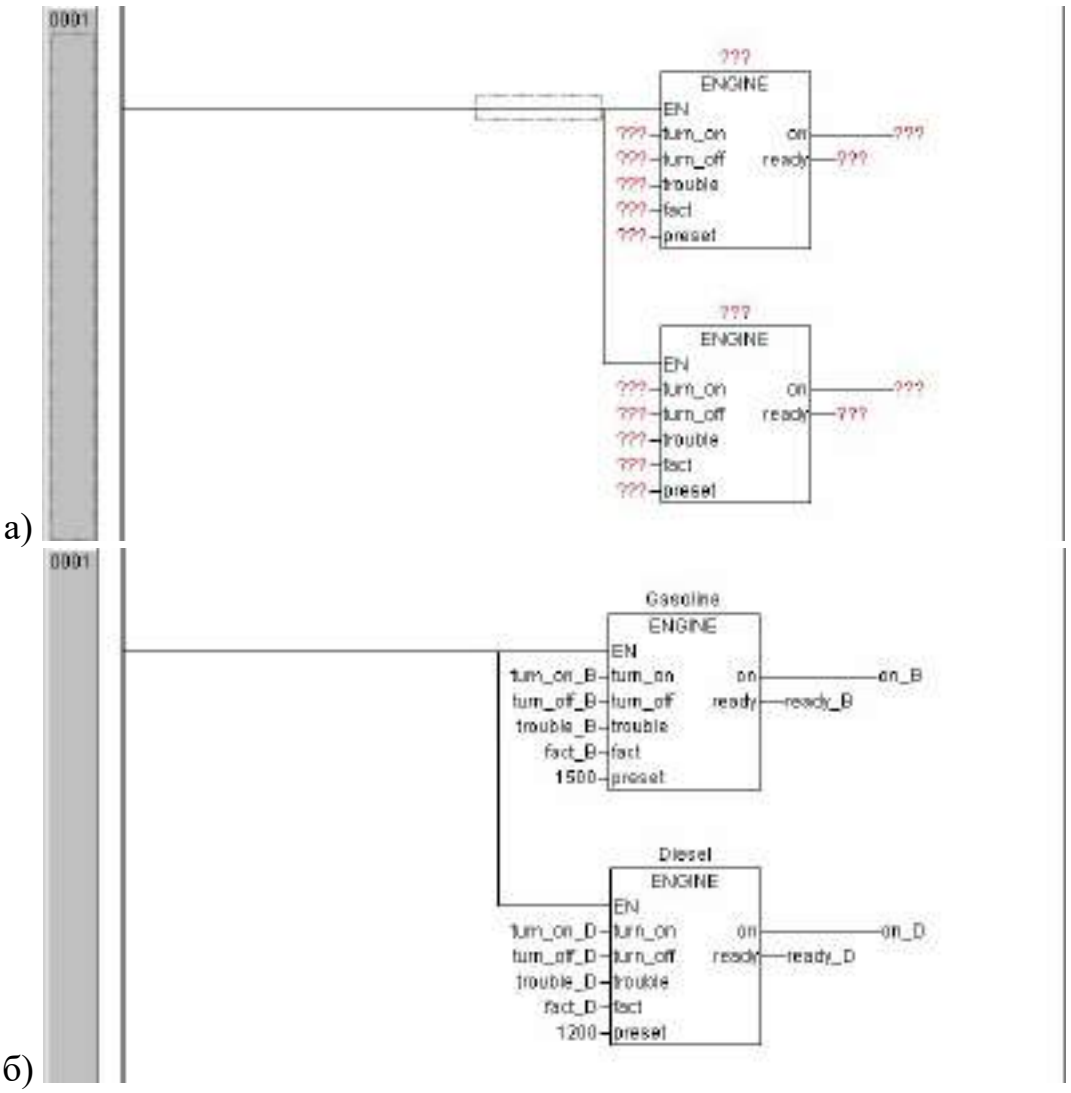


Рис. 24. Сегмент программы управления испытаниями двигателей

8) Затем необходимо запрограммировать управление вентилятором. Набранная программа на языке *FBD* имеет вид, представленный на рис. 25.

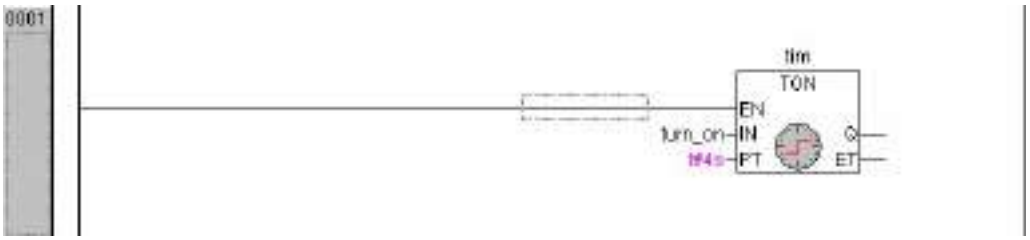


Рис. 25. Программирование функции *VENT*

9) Вызов функции *VENT* в программном блоке выполняется аналогично вызову функционального блока. Все переменные функции снабжаются в программном блоке соответствующими адресами бензинового или дизельного двигателя, которые уже отражены в табл. 9.

В программном блоке *PLC_PRG* вставить новый сегмент. Затем в этом сегменте необходимо установить курсор, на панели инструментов нажать пиктограмму и

установить 2 блока на поле сегмента. В поле названия блока необходимо списать название пользовательской функции (*VENT*). Одна функция будет отвечать за работу вентилятора бензинового двигателя, а вторая – за работу вентилятора дизельного двигателя (рис. 26а). Далее в соответствующих полях ввести символьные имена из табл. 9. Сохранить программу.

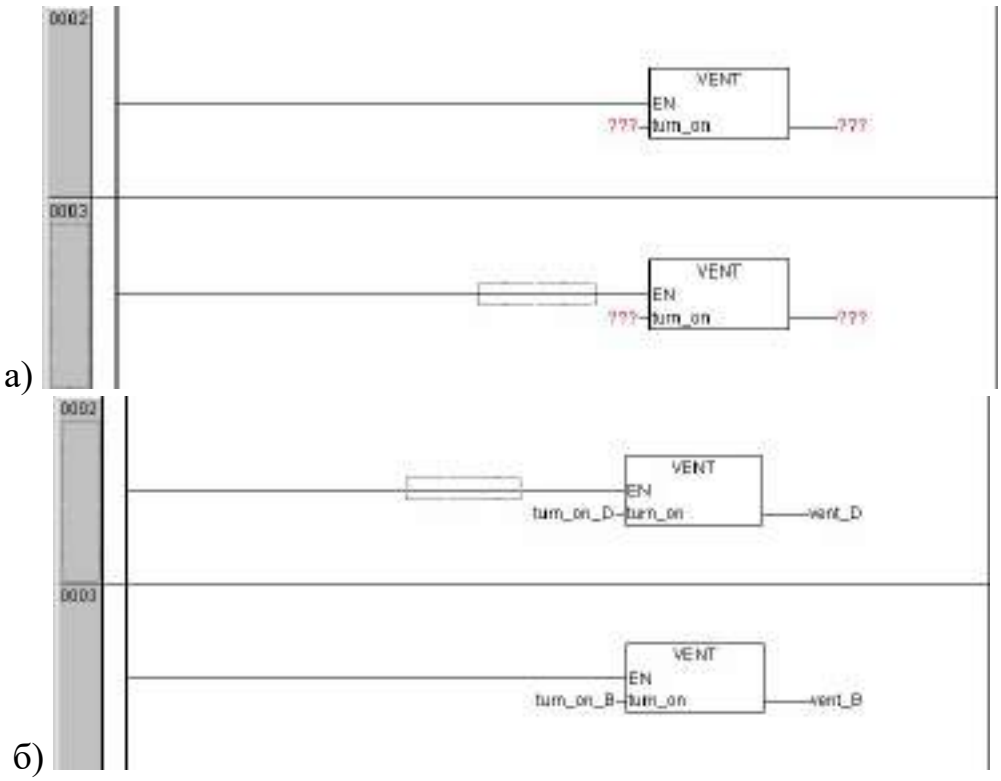


Рис. 26. Сегмент программы управления вентиляторами

7. Пример программирования контроллера ПЛК160. В качестве примера представлена программа управления движением тележки.

Тележка перемещается по прямолинейному пути. Имеется два фиксированных положения П0 и П1. Исходное положение тележки – П0.

При кратковременном нажатии на кнопку «Пуск» тележка движется вперед до положения П1, стоит в положении П1 5 с и возвращается назад в положение П0. В положении П0 немедленно возникает реверс привода тележки. Тележка вновь движется в положение П1, стоит в нем 5 с и возвращается в П0. В положении П0 вновь возникает команда на движение до положения П1 и т.д. после 10 циклов перемещения в положение П1 при возвращении тележки в положение П0 возникает сигнал «Конец цикла».

Для управления движением тележки следует предусмотреть счетчик (СЧ) со счетом до 10, задержку времени (таймер) для формирования задержанного сигнала $П1^{\uparrow}$ и память $Р_П$ о нажатии на кнопку «Пуск».

$$P_П = (Пуск + P_П) \cdot \overline{КЦ}$$

Команда на перемещение тележки вперед (В) возникает в положении П0, если отсутствует сигнал счетчика СЧ, и сохраняется при наличии сигнала памяти пуска

$Р_П$ до достижения положения П1. Этому описанию соответствует логическое уравнение

$$В = (П0 \cdot \overline{СЧ} + В) \cdot \overline{П1} \cdot Р_П$$

Команда на перемещение тележки назад (Н) возникает через 5 с нахождения в положении П1 и сохраняется при наличии переменной $Р_П$ до достижения положения П0. Тогда логическое уравнение для команды Н имеет вид

$$Н = (П1^{\uparrow} + Н) \cdot \overline{П0} \cdot Р_П$$

Сигнал конца цикла (КЦ) возникает в положении П0 при наличии сигнала счетчика СЧ о завершении 10 циклов перемещения в положение П1и сигнала $Р_П$. Сигнал КЦ сохраняется до очередного нажатия на кнопку “Пуск”. Тогда логическое уравнение для рассматриваемого сигнала имеет вид

$$КЦ = (П0 \cdot СЧ \cdot Р_П + КЦ) \cdot \overline{Пуск}$$

В ниже приведенной программе (рис. 49) использован счетчик на вычитание. При нажатии на кнопку «Пуск» в счетчик вводится уставка 10. Счетчик считает число циклов перемещения в положение П1, при достижении этого положения число в счетчике уменьшается на единицу. Счетчик сбрасывается по сигналу конца цикла КЦ. Признаком окончания цикла является число в счетчике равное нулю, при котором на выходе счетчика «0». Поэтому в уравнениях команд В и КЦ необходимо использовать инверсию сигнала СЧ по отношению к ранее записанным уравнениям:

$$В = (П0 \cdot СЧ + В) \cdot \overline{П1} \cdot Р_П$$

$$КЦ = (П0 \cdot \overline{СЧ} \cdot Р_П + КЦ) \cdot \overline{Пуск}\ .$$

Сброс счетчика производится сигналом конца цикла КЦ.

В табл. 10 представлена адресация команд и сигналов для ОВЕН ПЛК160. Соответственно, на рис. 27 представлена программа управления движением тележки.

Таблица 10

Команда, сигнал	**П0**	**П1**	**Пуск**	**В**	**Н**	**КЦ**	**$Р_П$**	**СЧ**	**$П1^{\uparrow}$**
Адрес на модуле	*I*1	*I*2	*I*3	*Q*1	*Q*2	*Q*3			
Адрес ПЛК	%*IX*0.0	%*IX*0.1	%*IX1*.0.0	%*QX*2.0	%*QX*2.1	%*QX*2.2	%*MX*0.0	%*MX*0.1	%*MX*0.2
Символьный адрес	*p*0	*p*1	*start*	*forw*	*rev*	*cycle*	*mem*	*count*	*tim*

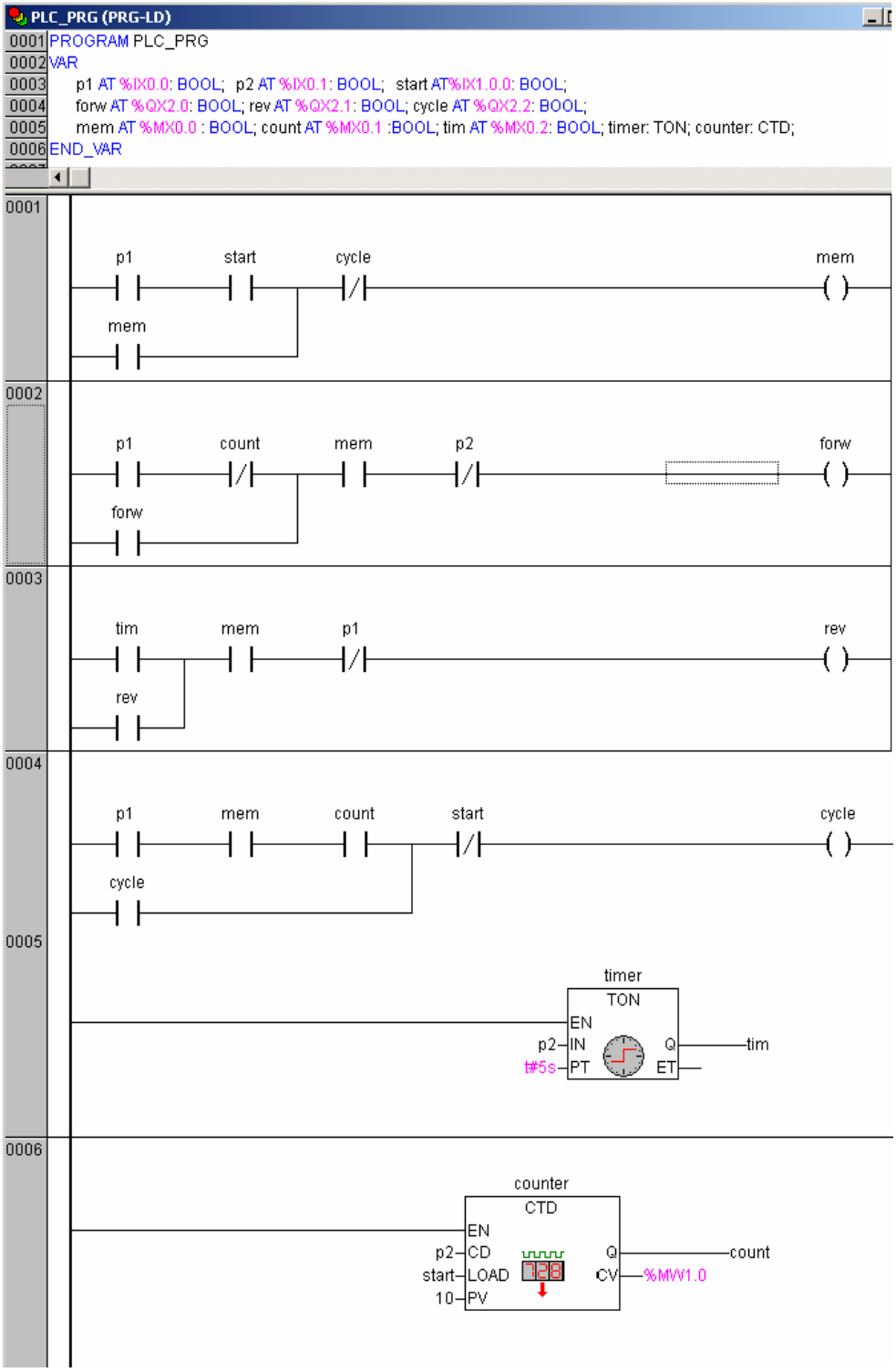


Рис. 27. Программа управления движением тележки

Загрузка программы в контроллер и запуск программы

Компиляция и загрузка программы в контроллер осуществляется в следующей последовательности:

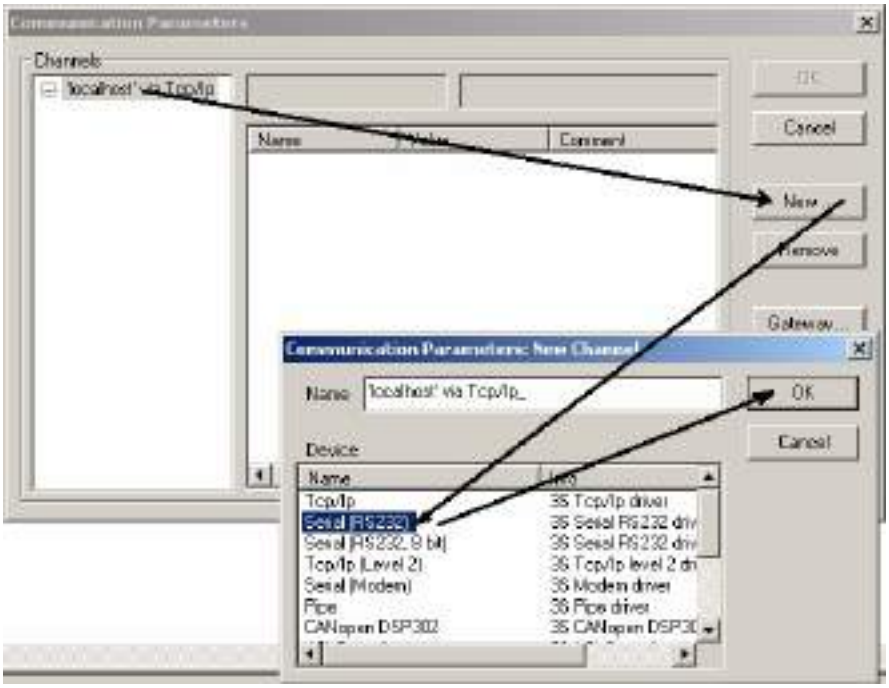
– В выпадающем меню «Проект» выбрать пункт «Компилировать» либо воспользоваться «быстрой» клавишей *F11*. Пройдет компиляция проекта, по итогам

которой сформируется лог компиляции (см. рис. 16). Если ошибок в проекте нет, то весь текст будет серого цвета и в последней строке будет запись «0 ошибок, 0 предупреждений». В противном случае необходимо будет исправить все обозначенные ошибки.

– Настроить параметры порта связи с ПЛК160. Для этого в выпадающем меню «Онлайн» выбрать пункт «Параметры связи». В открывшемся окне нажать кнопку «New», в результате чего откроется окно создания нового канала связи (рис. 28а), в котором нужно выбрать строку *Serial* (*RS*232) и нажать «ОК».

– В открывшемся окне настроек порта связи (рис. 28б) указать следующие значащие параметры: ***Port* – *COM*2, *Baudrate* – 9600, *Parity* – *no*, *Stop bits* – 1**.

а)



б)

Рис. 28. Настройка параметров связи

– Создать загрузочный проект. Для этого в выпадающем меню «Онлайн» выбрать пункт «Создание загрузочного проекта». В итоге будут созданы файлы загрузочного проекта.

– Загрузить проект в память ПЛК. Для этого в выпадающем меню «Онлайн» выбрать пункт «Подключение», в появившемся окне (рис. 29а) выбрать «НЕТ». После этого в выпадающем меню «Онлайн» выбрать пункт «Загрузка». Прогресс процесса загрузки представлен на рис. 29б. В итоге проект полностью загружен в память ПЛК. Запуск контроллера осуществляется нажатием кнопки «СТАРТ/СТОП» либо выбором пункта «СТАРТ» в выпадающем меню «Онлайн»

а)

б)

Рис. 29.

Во время работы контроллера доступен режим мониторинга хода выполнения программы. *CoDeSys* переходит в режим мониторинга сразу же после перехода в онлайн-режим работы. В этом режиме будут отображаться состояния контактов и обмоток, а также значения счетчиков, таймеров и других функции в реальном времени (рис. 30).

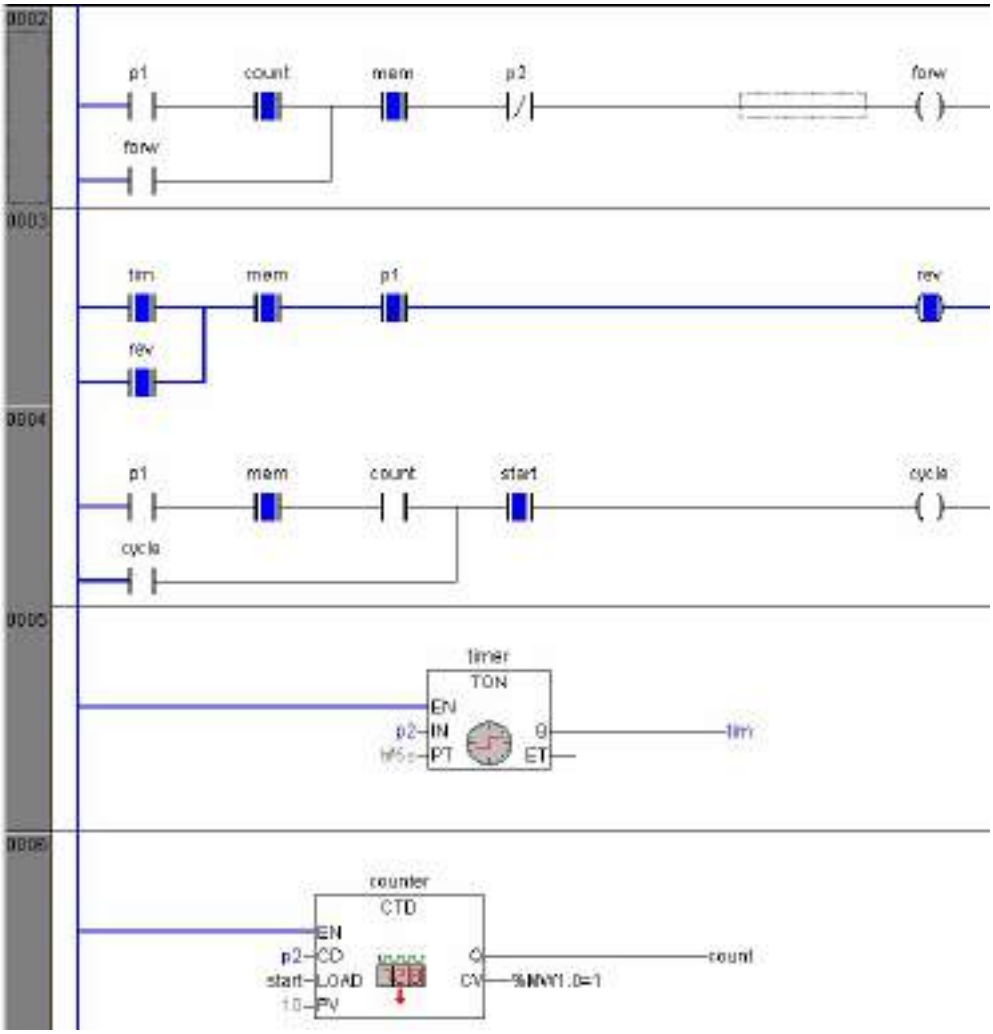


Рис. 30. Режим мониторинга

Варианты заданий

При подготовке к практической работе студент должен в соответствии с табл. 11 выбрать свой вариант задания.

Для заданного варианта необходимо разработать алгоритм ее решения. В соответствии с заданием определиться с адресацией входных и выходных переменных. Затем определиться с адресацией вводимых промежуточных переменных и с адресацией используемых таймеров и счетчиков. Составить программу для контроллера ПЛК160.

Запустить программу в работу и убедиться в правильности ее работы. При наличии ошибок в работе устранить их и продемонстрировать преподавателю работу правильно функционирующей программы.

Таблица 11

Номер бригады	1 и 5			2 и 6			3 и 7			4 и 8		
Член бригады	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вариант 1. Перекладыватель служит для перемещения листов со стола на постоянно вращающийся рольганг. Перекладыватель имеет подъемник листов, установленный на тележке. Подъемник представляет собой поперечину, перемещающуюся по вертикальным стойкам сверху вниз и обратно. Поперечина имеет на конце электромагнит для притягивания листов.

В исходном положении перекладыватель стоит в положении П0 над столом, а его подъемник в крайнем верхнем положении КВ. При поступлении листа на стол подается сигнал наличия листа, подъемник включается для движения вниз. При касании листа подъемник останавливается и включается электромагнит. Через 2 с включается подъемник на подъем, достигает положения КВ и останавливается. Включается тележка и перемещается в положение П1 над рольгангом, где останавливается и электромагнит отключается. Лист падает на рольганг. Через 2 с тележка движется в положение П0. Цикл повторяется при поступлении очередного сигнала наличия листа. Включение системы в работу – нажатием кнопки «Пуск».

Вариант 2. В контроллере программным путем необходимо реализовать генератор импульсов. Время наличия импульса 1 с, время его отсутствия 2 с. При нажатии на кнопку «Пуск» начинается счет импульсов. При прохождении 10 импульсов загорается лампа Л1, при прохождении следующих 10 импульсов – лампа Л2, аналогично включаются лампы Л3 и Л4. После загорания лампы Л4 (т.е. после прохождения 40 импульсов) счет прекращается, и все лампы горят до нажатия на кнопку «Стоп». Генератор импульсов реализовать программным путем.

Вариант 3. Автоматизировать перемещение пунсона штампованного пресса. Рабочий заправляет металлическую ленту (заготовку) и нажимает кнопку «Пуск». Пуансон из крайнего верхнего положения П0 движется вниз, при своем движении до положения п1 входит в матрицу, выбивая из ленты деталь необходимой формы, и возвращается в положение П0. чисто механическим устройством лента перемещается на один шаг и через 2 с пуансон совершает очередное движение.

Лента рассчитана на изготовление 10 деталей, поэтому через 10 ходов пуансона формируется сигнал «конец цикла». При подаче питания на систему автоматизации пуансон из любой точки должен прийти в положение П0.

Вариант 4. На программируемом контроллере реализовать систему управления толкателем с кривошипно-шатунным механизмом с реверсивным электродвигателем. Толкатель имеет два фиксированных положения П0 и П1. При подаче питания на систему толкатель из любого положения движется вперед медленно до положения П0. При появлении кратковременного сигнала «Пуск» толкатель из положения П0 медленно движется до положения П1, стоит там в течение 2 с, а затем электродвигатель включается для движения назад быстро и возвращается в положение П0, где формируется сигнал «Конец цикла». Цикл повторяется при нажатии кнопки «Пуск». При нажатии кнопки «Стоп» толкатель из любого положения на быстрой скорости возвращается в положение П0.

Вариант 5. Автоматизировать управление крышкой котла (типа большой кастрюли).При кратковременном нажатии кнопки «Открыть» крышка поднимается до крайнего верхнего положения, в котором поворачивается, открывая доступ к содержимому котла.При кратковременном нажатии на кнопку «Закрыть» крышка поворачивается в положение точно над котлом и затем опускается, закрывая котел. Для исключения ударов предусмотреть переход на пониженную скорость перед касанием крышкой котла при его закрывании.

Вариант 6. Автоматизировать управление дверью (воротами) въезда/выезда гаража. Нормальное (исходное) положение двери закрытое. При кратковременном нажатии кнопки «Открыть» включается звонок и через 5 с включается привод двери на открывание. При полном открытии двери привод двери отключается сразу, а звонок звенит еще 2 с. Закрывание дверей – аналогично: при кратковременном нажатии кнопки «Закрыть» включается звонок, через 5 с включается привод двери на закрывание. При полном закрытии двери привод двери отключается, а звонок звенит еще 2 с.

Вариант 7. Печь сопротивлений содержит три нагревательных элемента (НЭ), каждый из которых питается от собственного тиристорного преобразователя соответственно ТП1…ТП3. Сигнал «1» на входе ТП соответствует максимально допустимому току НЭ, сигнал «0» – минимально допустимому току НЭ. Синтезировать схему, обеспечивающую алгоритм работы группы ТП, представленный в табл. 12.

Таблица 12

Номер импульса генератора	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	…
Состояние ТП1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	…
Состояние ТП2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	
Состояние ТП3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	

Начало работы осуществляется после нажатия на кнопку «Пуск». Цикл управления печью сопротивления состоит из 6 тактов. Переход с одного такта на другой осуществляется при поступлении очередного импульса от генератора импульсов. Циклы управления непрерывно следуют друг за другом. При

поступлении команды «Стоп» прекращается подача импульсов и все ТП отключаются. Для возобновления работы необходимо нажать на кнопку «Пуск». Генератор импульсов реализуется программным путем.

Вариант 8. Манипулятор (рука со схватом) служит для подачи заготовок из накопителя в пресс. Рука манипулятора может перемещаться вперед/назад из крайнего заднего КЗ в крайнее переднее КП положение и назад, а также поворачиваться из крайнего правого положения КПр в крайнее левое положение КЛ и обратно. Схват имеет электромагнитный механизм зажима/разжима заготовок. Исходное положение манипулятора перед накопителем (в положениях КЗ и КПр, схват под действием пружин зажат). При поступлении запроса со станка и наличии заготовки в накопителе включается электромагнит разжима схвата. Рука идет в крайнее переднее положение КП, через 2 с схват зажимает заготовку (электромагнит схвата отключается) и рука возвращается в положение КЗ. Рука поворачивается в положение КЛ и выдвигается вперед до КП. Схват разжимается (электромагнит схвата включается) и через 2 с рука идет в положение КЗ, затем поворачивается в положение КПР (исходное положение руки). Если есть запрос со станка, а накопитель пуст, то включается сигнальная лампа «Нет детали» и кратковременный звуковой сигнал (в течение 5 с). Световой сигнал снимается кнопкой «Сброс». Включение системы в работу – нажатием кнопки «Пуск».

Вариант 9. Автоматизировать процесс безупорной остановки длинномерного металла на рольганге Р1. На рольганг Р1 металл передается с предыдущего рольганга Р0, наличие металла на котором контролируется датчиком Д0. Вдоль рольганга Р1 расположены датчики, контролирующие наличие металла последовательно в положениях П1, П2 и П3. Нормальное положение рольганга Р1 – неподвижное. При наличии сигнала с датчика Д0 и отсутствии металла на рольганге Р1, рольганг Р1 включается, и металл перемещается по рольгангу Р1. При достижении передним концом металла положения П1 происходит снижение скорости Р1 до «ползучей» скорости, а в положении П2 привод рольганга Р1 отключается. Если по каким-либо причинам металл достиг положения П3, то привод рольганга Р1 реверсируется и работает на пониженной скорости, пока металл не уйдет из положения П3. При остановке переднего конца металла между положениями П2 и П3 формируется сигнал разрешения работы механизмов уборки металла с Р1. Включение системы в работу – при нажатии на кнопку «Пуск».

Вариант 10. Автоматизировать работу толкателя с кривошипно-шатунным механизмом с нереверсивным электродвигателем. При нажатии кнопки «Пуск» кривошип из положения $\alpha = 0^0$ движется до положения $\alpha = 120^0$. В этом положении происходит переход на пониженную (малую) скорость, кривошип идет до положения $\alpha = 180^0$ и останавливается. Через 3с электродвигатель автоматически вновь включается и на повышенной скорости шатун идет в положение $\alpha = 0^0$. Стоит в нем 3 с, включается и движется к положению $\alpha = 120^0$ и на пониженной скорости до $\alpha = 180^0$ и т.д. После 5 толканий толкатель останавливается в исходном положении (кривошип - в положении $\alpha = 0^0$) и формируется сигнал «Конец цикла».

Очередной цикл из пяти толканий – после очередного нажатия на кнопку «Пуск». При нажатии на кнопку «Стоп» толкатель из любого положения на повышенной скорости движется в положение $\alpha = 0^0$ и останавливается.

Вариант 11. Тележка движется по кольцевому пути, на котором есть 3 фиксированных положения П0, П1 и П2. Привод тележки – от нереверсивного электродвигателя. При подаче питания из любого положения тележка должна идти в положение П0. При нажатии на кнопку «Пуск» тележка без задержки движется в положение П1, стоит там в течение 3 с, затем движется в П2, стоит там в течение 4 с, движется в положение П0, стоит там в течение 5 с, движется в П1, стоит там в течение 3 с и т.д. То есть тележка непрерывно движется по кольцевому пути с остановками в фиксированных положениях. При нажатии на кнопку «Стоп» тележка должна без остановки идти в П0 и там ожидать очередного нажатия кнопки «Пуск».

Вариант 12. Автоматизировать линию сортировки изделий. По конвейеру движутся низкие изделия, но редко могут встречаться и высокие. По ходу конвейера установлены две фотоголовки на расстоянии друг от друга, равном половине ширины изделия. Первая по ходу конвейера фотоголовка настроена на низкие изделия (нижняя фотоголовка), вторая – на высокие изделия (верхняя фотоголовка). При прохождении низкой детали перекрывается только нижняя фотоголовка, а при высоких – вначале нижняя, а затем верхняя фотоголовки. На выходе конвейера детали ударяются о сортировочную планку, и высокие изделия поступают в правый накопитель (левое положение планки), низкие – в левый (правое положение планки). Планка перебрасывается пневмоприводом. Для переброски планки влево или вправо достаточно хотя бы кратковременно подать команду на ее перемещение влево или вправо. Включение системы в работу – нажатием кнопки «Пуск».

Требования к отчёту

Отчет должен содержать:

1. цель работы;
2. условия задачи по варианту, принятые обозначения переменных, логические функции для выходных и промежуточных переменных, при необходимости циклограмму работы оборудования;
3. логические функции в адресах программируемого контроллера;
4. программу для реализации системы управления;
5. методику экспериментальной проверки функционирования реализованной системы управления и результаты проверки;
6. выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что означает термин «конфигурирование проекта»?
2. Что означает термин «*target*-файл», где и как он используется в программной среде *CoDeSys*?
3. Что такое объявление переменных и это используется при программировании контроллера?
4. Можно ли в ПЛК160 реализовать таймер с уставкой времени 0,07 с?
5. При каких условиях на выходе таймеров контроллера формируется сигнал «0» и сигнал «1»?
6. При каких условиях на выходе счетчиков контроллера формируется сигнал «0» и сигнал «1»?
7. Что означает создание функционального блока (*FB*) при программировании контроллера?
8. Что означает создание и открытие функции (*FC*) при программировании контроллера?

2.2 Работа №2. Основы работы со SCADA-системой

Цель работы

Ознакомиться с основами работы *SCADA*-системы *TRACE MODE* и приобрести навыки разработки исполнительной среды для осуществления обмена данными. Разработать систему автоматизации на базе *SCADA*-системы *TRACE MODE*.

Содержание работы

а) Изучить назначение и технические характеристики устройств автоматизации, входящих в состав лабораторного комплекса.

б) Изучить принципы конфигурирования функций обмена данными между *SCADA*-системой *TRACE MODE* и устройствами автоматизации, а также принципы программирования задач управления технологическими процессами.

в) Дома при подготовке к работе:

– составить последовательность, в которой будет вестись настройка и конфигурирование изучаемых устройств автоматизации;

– составить программу управления для ПЛК160;

– разработать проект для исполнительной среды *SCADA*-системы *TRACE MODE*.

г) В лаборатории:

– пройти тестирование по функциональным возможностям, режимам работы и основам конфигурирования оборудования, участвующего в обмене данными со *SCADA*-системой;

– пройти тестирование по системе команд и принципу программирования на ПЛК160;

– учитывая установленную при конфигурировании адресацию, откорректировать подготовленные дома программы, записать их в программной среде *CoDeSys* 2.3 для ПЛК160/

Общие сведения

Краткие сведения о *SCADA*-системе *TRACE MODE*

SCADA (от англ. *Supervisory Control And Data Acquisition* – Диспетчерское управление и сбор данных) – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

SCADA-система может являться частью АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом), АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии), системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д. *SCADA*-системы используются

во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени.

Данное программное обеспечение устанавливается на компьютеры и, для связи с объектом, использует драйверы ввода-вывода или *OPC/DDE* серверы. Программный код может быть как написан на языке программирования (например, на *C++*), так и сгенерирован в среде разработки.

Иногда *SCADA*-системы комплектуются дополнительным ПО для программирования промышленных контроллеров. Такие *SCADA*-системы называются интегрированными и к ним добавляют термин *SoftLogic*.

Термин *SCADA* имеет двоякое толкование. Наиболее широко распространено понимание *SCADA* как приложения, то есть программного комплекса, обеспечивающего выполнение указанных функций, а также инструментальных средств для разработки этого программного обеспечения. Однако, часто под *SCADA*-системой подразумевают программно-аппаратный комплекс. Подобное понимание термина *SCADA* более характерно для раздела телеметрия.

Значение термина *SCADA* претерпело изменения вместе с развитием технологий автоматизации и управления технологическими процессами. В 80-е годы под *SCADA*-системами чаще понимали программно-аппаратные комплексы сбора данных реального времени. С 90-х годов термин *SCADA* больше используется для обозначения только программной части человеко-машинного интерфейса АСУ ТП.

Основные задачи, решаемые *SCADA*-системами:

– обмен данными с УСО (устройства связи с объектом, то есть с промышленными контроллерами и платами ввода/вывода) в реальном времени через драйверы;

– обработка информации в реальном времени;

– логическое управление;

– отображение информации на экране монитора в удобной и понятной для человека форме;

– ведение базы данных реального времени с технологической информацией;

– аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;

– подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса;

– осуществление сетевого взаимодействия между *SCADA* и ПК;

– обеспечение связи с внешними приложениями (СУБД, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.). В системе управления предприятием такими приложениями чаще всего являются приложения, относимые к уровню *MES*;

– *SCADA*-системы позволяют разрабатывать АСУ ТП в клиент-серверной или в распределенной архитектуре.

SCADA-система обычно содержит следующие подсистемы:

1) Драйверы или серверы ввода-вывода - программы, обеспечивающие связь *SCADA* с промышленными контроллерами, счётчиками, АЦП и другими устройствами ввода-вывода информации.

2) Система реального времени - программа, обеспечивающая обработку данных в пределах заданного временного цикла с учетом приоритетов.

3) Человеко-машинный интерфейс (*HMI*) - инструмент, который представляет данные о ходе процесса человеку оператору, что позволяет оператору контролировать процесс и управлять им. Программа-редактор для разработки человеко-машинного интерфейса.

4) Система логического управления - программа, обеспечивающая исполнение пользовательских программ (скриптов) логического управления в *SCADA*-системе. Набор редакторов для их разработки.

5) База данных реального времени - программа, обеспечивающая сохранение истории процесса в режиме реального времени.

6) Система управления тревогами - программа, обеспечивающая автоматический контроль технологических событий, отнесение их к категории нормальных, предупреждающих или аварийных, а также обработку событий оператором или компьютером.

7) Генератор отчетов - программа, обеспечивающая создание пользовательских отчетов о технологических событиях. Набор редакторов для их разработки.

8) Внешние интерфейсы - стандартные интерфейсы обмена данными между *SCADA* и другими приложениями. Обычно *OPC*, *DDE*, *ODBC*, *DLL* и т. д.

SCADA-система *TRACE MODE* 6 (*Adastra Research Group, LTD*) предназначена для автоматизации промышленных предприятий, энергетических объектов, интеллектуальных зданий, объектов транспорта, систем энергоучета и т.д. Масштаб систем автоматизации, создаваемых в *TRACE MODE*, может быть любым – от автономно работающих управляющих контроллеров и рабочих мест операторов (АРМ) до территориально распределенных систем управления, включающих десятки контроллеров и АРМ, обменивающихся данными с использованием различных коммуникаций – локальной сети, интранета/интернета, последовательных шин на основе *RS*232/485, выделенных и коммутируемых телефонных линий, радиоканалов и *GSM*/*GPRS*-сетей. Причем, благодаря наличию в составе *TRACE MODE* 6 компонентов *T-Factory.exe*, появляется возможность комплексной автоматизации управления как технологическими, так и бизнес-процессами производства для достижения высокой экономической эффективности и быстрого возврата инвестиций.

TRACE MODE 6 располагает встроенными драйверами, позволяющими подключать более 2500 наименований устройств ввода/вывода – программируемых логических контроллеров, удаленных УСО, плат ввода/вывода и промышленных сетей. Поддержка спецификаций *OPC DA* и *HDA*, протоколов *DDE* и *NetDDE*, а также открытый формат драйвера ввода/вывода и возможность прямого обращения к динамическим библиотекам (*DLL*) средствами языка программирования *ST* определяют широкие возможности по включению в состав систем автоматизации, разрабатываемых в *TRACE MODE*, разнообразного оборудования и обмену данными с внешними приложениями.

Системы, создаваемые в *TRACE MODE* 6, могут быть как информационно-измерительными (мониторинг), так и управляющими (НЦУ). Архитектура таких систем в свою очередь может быть как централизованной, так и распределенной, в зависимости от заданных требований.

Особое место отводится системам, использующим свободно-программируемые контроллеры *(PC-based* и/или *PAC*-контроллеры), поскольку в этом случае в *TRACE MODE* 6 применяется единый инструмент создания информационного и математического обеспечения, как для АРМ верхнего уровня, так и для контроллеров, реализующих нижний уровень в иерархии систем автоматизации. Использование технологии автопостроения и подход к разработке проекта распределенной системы автоматизации как единого проекта существенно повышают производительность труда разработчиков систем, значительно уменьшая долю рутинных ручных операций и снижая количество ошибок, неизбежных в больших проектах.

Надежный и высокопроизводительный обмен данными между контроллерами и АРМ в *TRACE MODE* 6 обусловлен использованием логического сетевого протокола *I-Net* (поверх *TCP/IP*), или *M-Link*. Хранение и доступ к накапливаемой информации реализуются через мощную систему архивирования технологических параметров СУБД РВ *SIAD* 6.

Динамические характеристики и надежность создаваемого в *TRACE MODE* программного обеспечения позволяют применять разработанные системы автоматизации в таких отраслях промышленности, как нефтехимия, металлургия, энергетика, машиностроение, коммунальное хозяйство, пищевая промышленность, транспорт, а также при проведении научных исследований.

Программная среда *TRACE MODE* 6 подразделяется на интегрированную среду разработки и исполнительные модули (исполнительную среду).

Инструментальная система *TRACE MODE* (среда разработки) устанавливается на рабочем месте инженера-разработчика АСУ и предназначена для создания системы автоматизации и отладки всех ее компонентов. Сохраняемое в файл с расширением **.prj* описание создаваемой системы автоматизации является проектом *TRACE MODE*.

Исполнительные модули TRACE MODE (среда исполнения) предназначены для запуска проекта в реальном времени, т.е. для эксплуатации на действующем объекте автоматизации. Основным исполнительным модулем *TRACE MODE* для АРМ является монитор реального времени (МРВ), реализующий такие основные функции, как непрерывный сбор данных, их математическую обработку и визуализацию. Для запуска проекта в контроллерах используются исполнительные модули МикроМРВ, которые различаются по типу контроллеров (разрядность процессора, операционная система, использование сетевого взаимодействия и др.).

Каждому компьютеру/контроллеру, запускаемому под управлением исполнительного модуля в проекте *TRACE MODE*, сопоставлен отдельный узел. Максимальное количество узлов в проекте – 255.

В рамках узла создаются каналы – основные информационные единицы для ввода и первичной обработки данных. Каналы в рамках узла могут объединяться в группы, группы могут содержать подгруппы, образуя иерархическую информационную структуру произвольной вложенности. Каналы разделяются на классы в зависимости от типа обрабатываемых данных, например, для целочисленных – *HEX*16 и *HEX*32, для вещественных – *FLOAT* и *DOUBLE FLOAT*.

Каналы содержат атрибуты. Атрибуты каналов могут быть вычисляемыми в реальном времени и не вычисляемыми, общими и специализированными, т.е. отражающими специфику класса канала.

Атрибуты канала, задаваемые при редактировании в ИС это Базовое имя, Комментарий, Кодировка. Они являются общими атрибутами каналов всех классов.

Атрибуты «Верхний предел», «Нижний предел» – не вычисляемые специализированные аргументы канала класса *FLOAT*, атрибут «Достоверность» является вычисляемым атрибутом, индицирующим в реальном времени состояние обмена данными с аппаратурой для каналов класса *HEX*16 и *FLOAT*. Значения не вычисляемых атрибутов можно изменять в реальном времени, например, варьировать параметры внутренней обработки в канале класса *FLOAT* с помощью атрибутов «Множитель» и «Смещение» для выполнения линейного преобразования – перехода от кодов АЦП к физическим величинам и т.д.

Различают два типа каналов – *INPUT* и *OUTPUT*. В общем случае каналы типа *INPUT* могут получать информацию от источников данных, каналы типа *OUTPUT* – посылать управляющие воздействия в приемники данных.

Источники и приемники данных представляют собой описатели точек ввода-вывода, то есть связей с контроллерами, платами УСО, интеллектуальными датчиками и т.д. Каждая точка ввода-вывода может быть одним аналоговым сигналом или группой (до 16-ти) дискретных сигналов.

Связи с тэгами во внешних *OPC*-серверах и программными компонентами по протоколам *DDE/NetDDE* также относятся к точкам ввода-вывода.

Такие компоненты проекта как экраны, программы, связи с внешними реляционными СУБД и документы разрабатываются как шаблоны. Для связи шаблонов с атрибутами каналов используются аргументы. Вызов шаблонов в узлах проекта осуществляется с помощью специализированных каналов класса *CALL* (Вызов). Один шаблон может быть вызван многократно на разных узлах с передачей в аргументы различных атрибутов различных каналов. Допустимы связи между аргументами вызываемых шаблонов, если они заданы в рамках одного узла.

Для повторного использования в последующих проектах любых компонентов проекта – шаблонов экранов, программ, связей с СУБД, документов, источников/приемников и узлов в целом предназначена пользовательская библиотека.

Количество проектов, разрабатываемых с помощью одной инструментальной системы *TRACE MODE*, как и время работы в ней не ограничены.

В состав инструментальной системы *TRACE MODE* 6 входят:

1) Интегрированная среда разработки *TRACE MODE* 6 *IDE* (файл *tmdevenv.exe*).

2) Профайлеры – отладочные МРВ (файл *rtc.exe* – с поддержкой графических экранов. Файл *rtmg*32*.exe* – без поддержки графических экранов).

3) Бесплатный набор драйверов устройств ввода\вывода.

4) Библиотека компонентов – файл *tmdevenv.tmul* и набор ресурсов – обои, логотипы, анимации в каталоге *\Lib* папки инструментальной системы.

5) Электронная документация (встроенная справочная система).

6) Демонстрационные проекты *TRACE MODE* (примеры систем автоматизации, основанные на имитации технологического процесса).

Создание проекта АСУ осуществляется в единой интегрированной среде разработки (ИС) *TRACE MODE* 6, работающей под управлением операционной системы *MS Windows*. Операции по созданию компонентов проекта, их редактированию и установлению взаимосвязей между ними выполняются в навигаторе проекта ИС. Разрабатываемый проект представляется в виде дерева компонентов. Создание дерева проекта облегчается применением различных технологий автопостроения.

При создании программ, экранов, связей с СУБД, документов и других компонентов вызываются соответствующие редакторы. Разработанные шаблоны могут быть применены для повторного использования, как в текущем проекте, так и в последующих при условии их сохранения в пользовательской библиотеке компонентов.

Конечным результатом работы инструментальной системы *TRACE MODE* 6 является набор файлов, предназначенных для исполнения задач АСУ в мониторах реального времени на АРМ и в контроллерах. В рассматриваемых далее случаях в качестве МРВ для АРМ будет использоваться профайлер с поддержкой графических экранов *rtc.exe*, а для контроллера – без поддержки графических экранов *rtmg*32.*exe*, расположенные в директории инструментальной системы *TRACE MODE* 6. Профайлер позволяет запускать на компьютере с установленной инструментальной системой один узел разработанного проекта. Узлы проекта, запущенные в отладчиках *TRACE MODE* 6 на разных компьютерах, могут обмениваться данными как по сети, так и по последовательным коммуникациям. На одном компьютере с несколькими сетевыми адаптерами, соединенными через *hub* или *switch*, можно одновременно запускать соответствующее количество узлов, обменивающихся данными по сети. На одном компьютере с несколькими последовательными портами, соединенными соответствующим образом (для двух – нуль-модемным кабелем), можно запускать также несколько узлов, обменивающихся данными по интерфейсам *RS*232/485.

Порядок выполнения практической работы

В работе студентам предлагается вариант системы автоматизации *SCADA*-система *TRACE MODE* + программируемый контроллер ПЛК160.

Порядок выполнения практической работы заключается в следующем:

1) Конфигурирование устройства и разработка управляющей программы.

2) Разработка и настройка в инструментальной среде следующих компонентов:

- системы визуализации (экрана контроля и управления);
- области «Источники/приёмники»;
- области «Каналы»;
- привязка источников к каналам.

3) Создание исполнительного файла для среды исполнения.

4) Отладка.

Порядок разработки системы автоматизации на базе *SCADA*-системы *TRACE MODE* и программируемого контроллера ПЛК160:

1) Программирование ПЛК160 в программной среде *CoDeSys* 2.3. Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе №5.

Так как в рассматриваемом варианте обмен информацией между *SCADA*-системой *TRACE MODE* и программируемым контроллером ПЛК160 осуществляется посредством использования *OPC*-сервера, то в программном блоке *POU* необходимо только определить переменные, которые будут участвовать в обмене данными (рис. 31).

2) Далее необходимо настроить конфигурацию проекта для совместной работы с *OPC*-сервером *CoDeSys* 2.3:

– на вкладке «Ресурсы» найдите пункт «Настройки целевой платформы» (рис. 32);

Рис. 31. Определение переменных программы

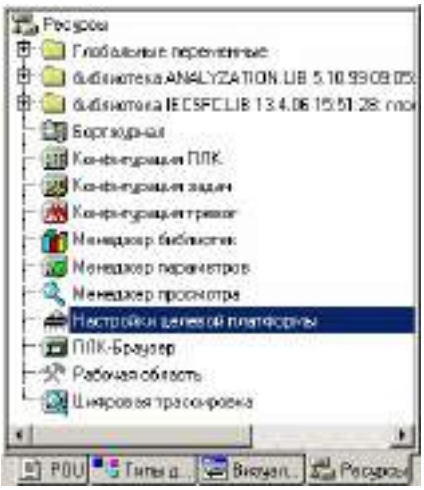


Рис. 32

– в появившемся окне в вкладке «Общие» установить галочку напротив пункта «Загружать символьный файл» (рис. 33);

– выбрать в меню «Проект» пункт «Опции». В разделе «Символьная конфигурация» установить галочку напротив пункта «Создавать описания»;

– нажать кнопку «Настроить символьный файл». В открывшемся окне «Установка атрибутов объекта» выделить те переменные, с которыми нужно будет работать в *SCADA*-системе, и нажать кнопку «ОК» (рис. 34);

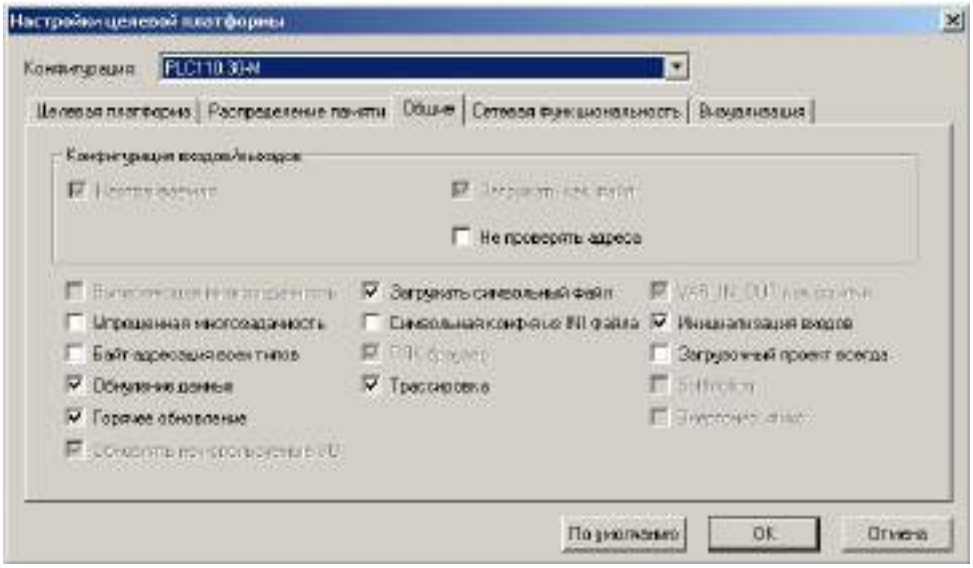


Рис. 33

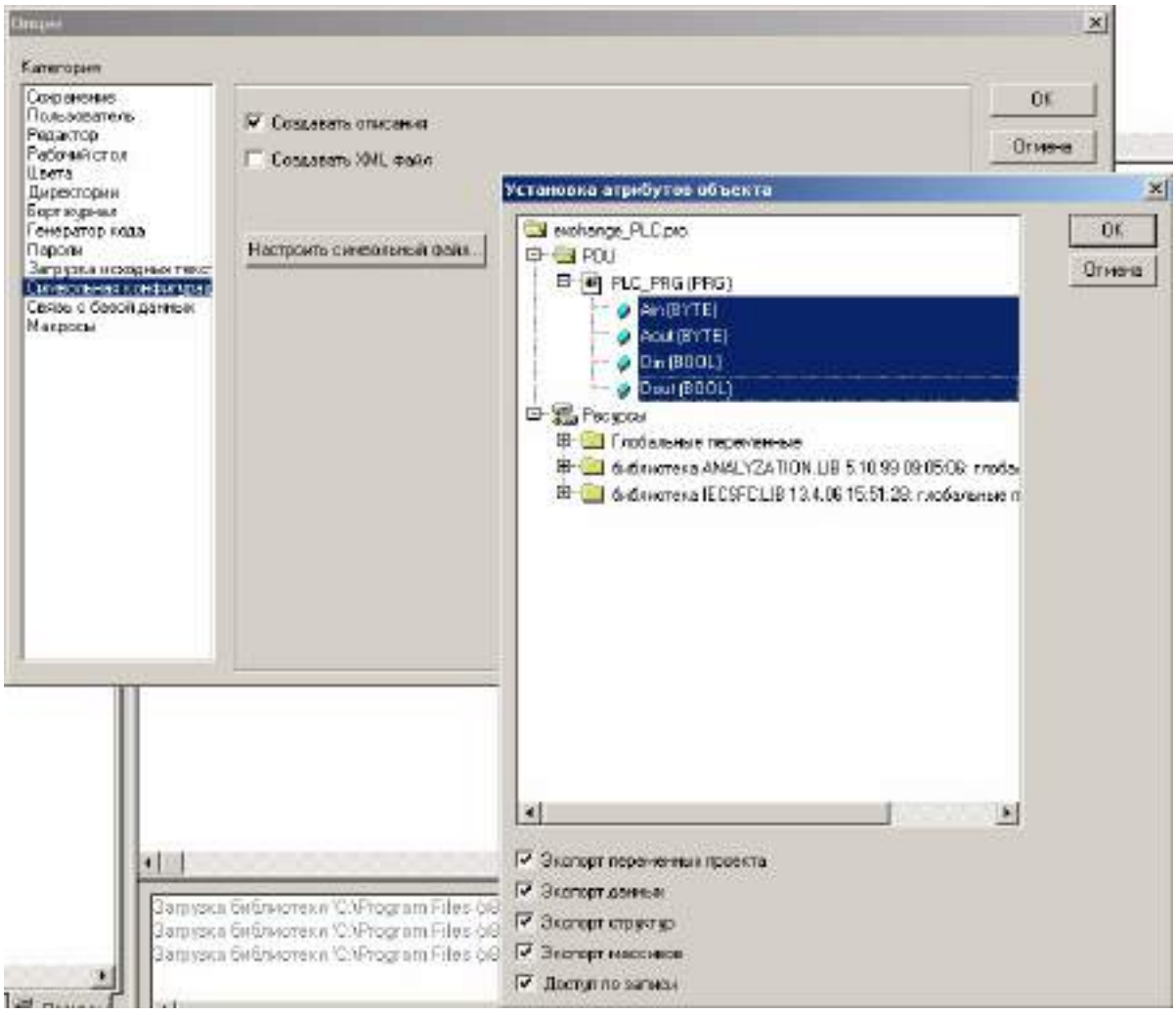


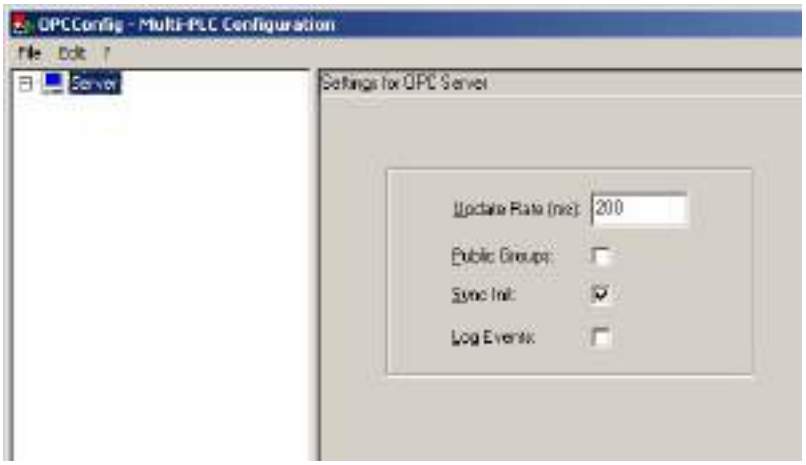
Рис. 34

– выполнить компиляцию проекта. Для этого выбрать в меню «Проекты» пункт «Компилировать все»;

– сохранить проект. Затем связаться с ПЛК, выбрав пункт «Подключение» в меню «Онлайн». После установки связи в меню «Онлайн» выбрать пункт «Создать загрузочный проект». Дождаться окончания загрузки проекта в ПЛК.

3) Конфигурирование *OPC*-сервера с помощью программы *OPC Configurator*:

– запустить программу *CoDeSys OPC Configurator* (рис. 35а). Это можно сделать через кнопку «Пуск» в Windows (Пуск → Программы → *3S Software* → *Communication* → *CoDeSys OPC Configurator*);

а) 

б)

Рис. 35

– нажать правой кнопкой мыши на надписи «*Server*». В появившемся контекстном меню необходимо выбрать пункт «*Append PLC*» (рис. 35б). После этого в окне добавится значки PLC1 и Connection;

– выделить PLC1 и в появившемся поле ввода «*Project name*» ввести имя проекта, который был загружен в ПЛК (рис. 36);

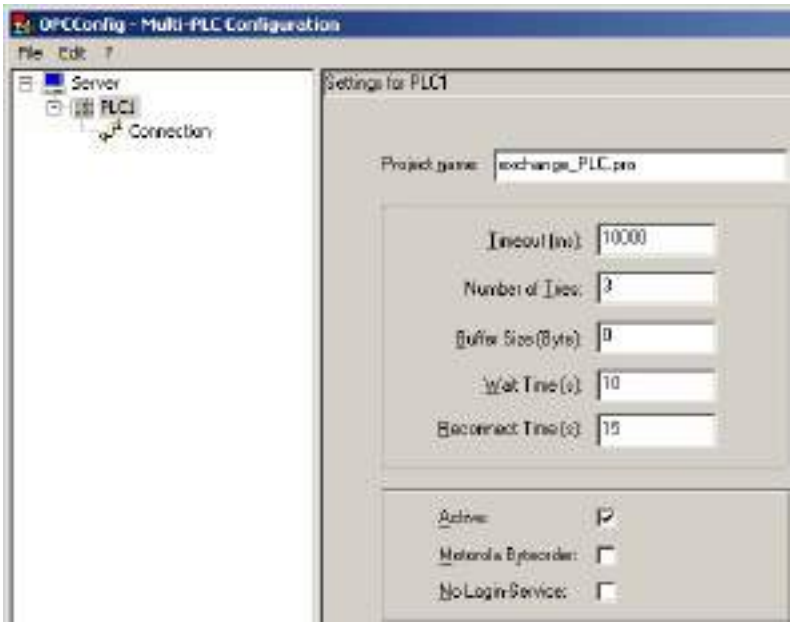


Рис. 36

– выделить значок Connection и нажать кнопку «*Edit*» (рис. 37). В появившемся окне необходимо выбрать интерфейс и параметры сетевого обмена между ПЛК и компьютером. Эта процедура аналогична настройке сетевого обмена с ПЛК, описанной в методических рекомендациях к лабораторной работе по изучению программируемого контроллера ПЛК160. После выполнения всех необходимых действий таблица, приведенная на рис. 37, будет заполнена значениями параметров сетевого обмена. После этого программу *CoDeSys OPC Configurator* можно закрыть. После выполнения всех этих действий данные из *OPC*-сервера можно использовать в *SCADA*-системе.

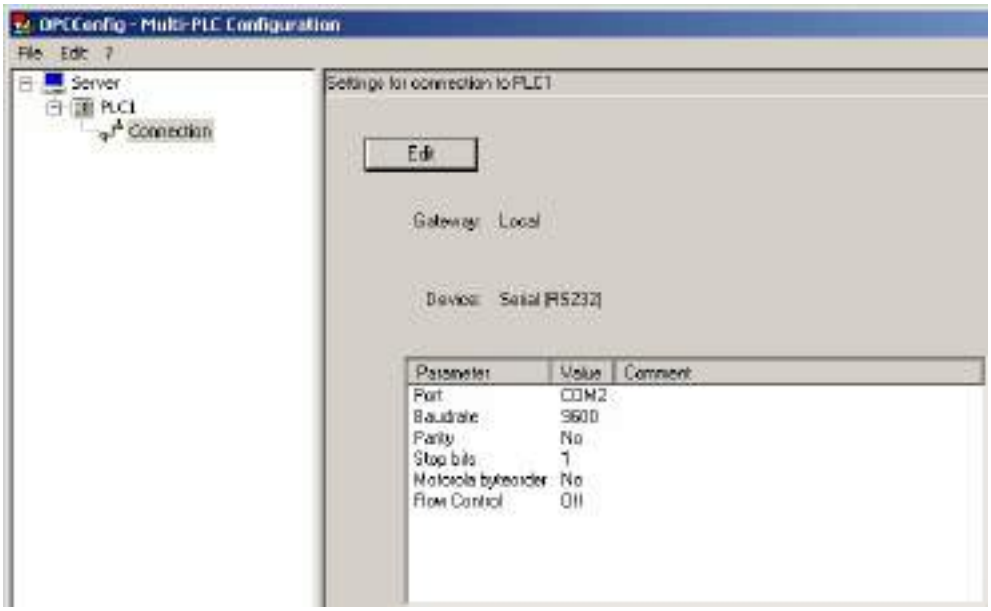


Рис. 37

4) Разработка исполнительной среды (исполнительного файла) *SCADA*-системы *TRACE MODE* выполняется в следующей последовательности:

– запустить инструментальную систему *TRACE MODE* 6 двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке «*TRACE MODE*» рабочего стола *Windows* или из меню «Пуск»;

– в открывшемся окне выбрать *Файл* → *Новый*;

– в окне навигатора проекта представлены слои проекта. В слое «Система» создать новый узел *RTM*_1, нажав правую клавишу мыши и выбрав в открывшемся меню *Новый узел* → *RTM*;

– в созданном узле установить один экран. Для этого необходимо нажать правую клавишу мыши на узле *RTM*_1 и выбрать *Создать компонент* → *Экран*. Окно навигатора проекта примет вид, представленный на рис. 38;

Рис. 38. Внешний вид проекта

– дважды щелкнув левой клавишей мыши по элементу «Экран#1:1» открыть созданный экран. В нем, используя графические элементы «Кнопка» , выключатель , плоские фигуры и «Текст» , создать экран для визуализации обмена между *SCADA*-системой *TRACE MODE* и программируемым контроллером ПЛК160 (рис. 39);

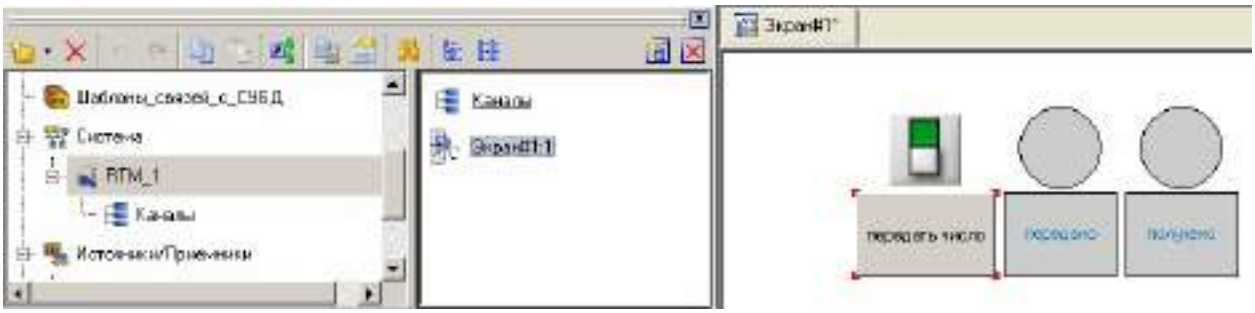
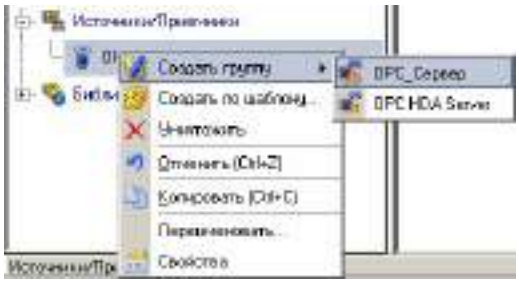


Рис. 39. Экран визуализации обмена между *SCADA*-системой и контроллером

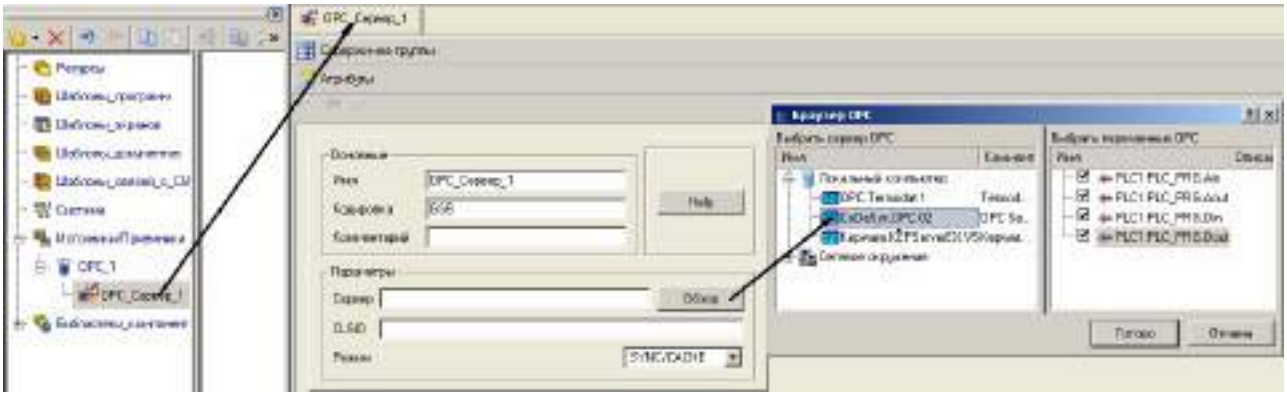
– в слое «Источники/приемники» создать группу «*OPC*_1», для чего необходимо выбрать «Источники/приемники» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать группу* → *OPC*;

– в группе «*OPC*_1» создать группу «*OPC* Сервер» (рис. 40а). Для этого необходимо выбрать «*OPC*_1» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать группу* → *OPC* Сервер;

а)



б)



в)

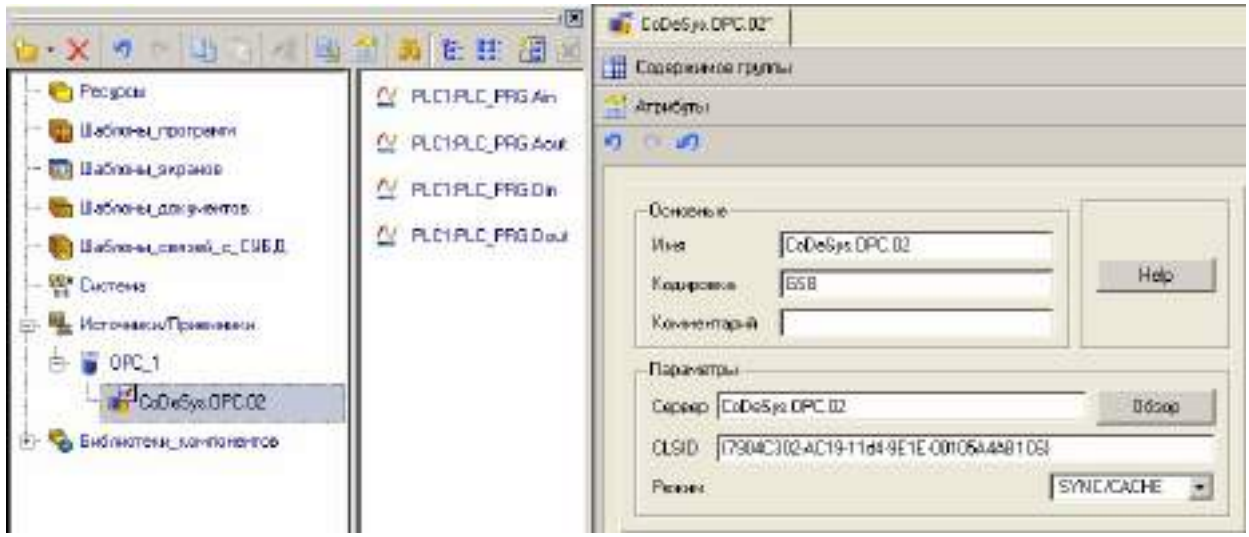


Рис. 40. Создание точек ввода/вывода в слое «Источники/приемники»

– правой клавишей мыши нажать на группе «*OPC*_Сервер_1» и в выпадающем меню выбрать пункт «Редактировать». В окне «Содержимое группы» (рис. 40б) в строке «Сервер» нажать кнопку «Обзор» и в открывшемся окне выбрать требуемый сервер *OPC – CoDeSys.OPC*.02. При выборе сервера в правой части окна отобразятся все созданные ранее переменные OPC. Необходимо установить галочку напротив требуемой переменной, после чего нажать «Готово». В результате этих действий в группе «*CoDeSys.OPC*.02» будет создано 4 точки ввода/вывода (рис. 40в);

– настроить свойства созданных точек ввода/вывода, для чего два раза щелкнуть левой клавишей мыши по необходимой точке ввода/вывода и в открывшемся окне задать настройки для точки в соответствии с табл. 13;

Таблица 13

№	Точка	Направление	Формат
1	*PLC*1:*PLC_PRG.Ain*	*Input*	Аналог
2	*PLC*1:*PLC_PRG.Aout*	*Output*	Аналог
3	*PLC*1:*PLC_PRG.Din*	*Input*	Дискрет
4	*PLC*1:*PLC_PRG.Dout*	*Output*	Дискрет

– создать каналы. Для этого для удобства необходимо открыть дополнительное окно навигатора, нажав кнопку «Открыть дополнительное окно навигатора» .

Используя указатель мыши последовательно перетащить созданные точки ввода/вывода в группу «Каналы» узла *RTM*_1 (рис. 41);

– открыв экран, в меню «Вид» выбрать «Аргументы экрана». В открывшееся окно последовательно перетащить созданные каналы (см. рис. 41), после чего созданные аргументы экрана привязать к элементам экрана, последовательно перетащив аргументы на изображения элементов в соответствии с табл. 14;

Таблица 14

№	Канал	Аргумент	Элементы экрана
1	*PLC*1:*PLC_PRG.Ain*	*PLC*1:*PLC_PRG.Ain_R*	Текст «получено»
2	*PLC*1:*PLC_PRG.Aout*	*PLC*1:*PLC_PRG.Aout_R*	Кнопка «передать число», текст «передано»
3	*PLC*1:*PLC_PRG.Din*	*PLC*1:*PLC_PRG.Din_R*	Объект «л2»
4	*PLC*1:*PLC_PRG.Dout*	*PLC*1:*PLC_PRG.Dout_R*	Выключатель, объект «л1»

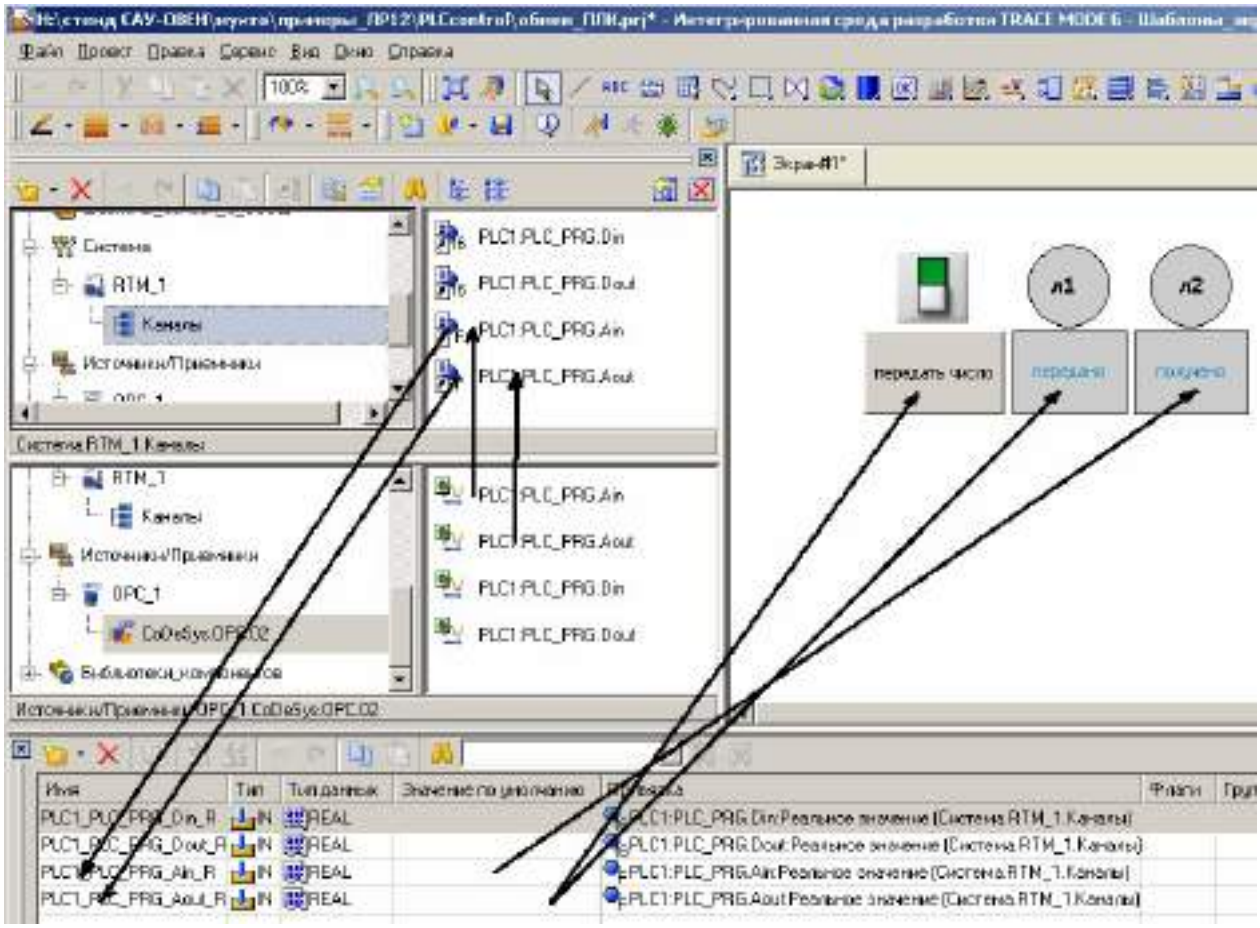


Рис. 41. Создание каналов и их привязка

– настроить свойства элементов экрана. Для этого дважды щелкнуть левой клавишей мыши по требуемому элементу. В открывшемся окне свойств для кнопки выбрать закладку «События» (рис. 42а), для выключателя, эллипса и текстового поля – «Общие свойства» (рис. 42б – 42г). Для кнопки необходимо настроить свойства передачи в закладке «Передать значение» в соответствии с табл. 14, для ламп – таблица 15, а для текстового поля в закладке «Текст» проверить правильность привязки элемента экрана и канала в соответствии с табл. 16;

Рис. 42. Настройка свойств графических элементов

Таблица 14

№	Графический элемент	Тип передачи	Результат	Значение
1	Кнопка «передать число»	Ввести и передать	*PLC*1:*PLC_PRG.Aout_R*	0

Таблица 15

№	Графический элемент	Функция	Вид индикации	Привязка	Константа
1	Объект «л1»	Заливка	*Arg = Const*	*PLC*1:*PLC_PRG.Dout_R*	1
2	Объект «л2»	Заливка	*Arg = Const*	*PLC*1:*PLC_PRG.Din_R*	1

Таблица 16

№	Графический элемент	Функция	Вид индикации	Привязка	Формат
1	Текст «передано»	Текст	Значение	*PLC*1:*PLC_PRG.Aout_R*	*generic*, %g
2	Текст «получено»	Текст	Значение	*PLC*1:*PLC_PRG.Din_R*	*generic*, %g

– выделить узел *RTM*_1 и нажать кнопку «Сохранить для МРВ» на панели меню для создания исполнительного файла для монитора реального времени (МРВ). В результате выполнения этой процедуры в папке с фалом проекта должна появиться папка с таким названием, в которой располагается папка «*RTM*_1». В этой папке находится исполнительный файл для профайлера (исполнительной среды), имеющий имя «*Имя файла_0*».

3) Проверка правильности работы системы выполняется в следующей последовательности:

– подать питание на лабораторный стенд и используемые в лабораторной работе модули. При необходимости перевести программируемый контроллер ПЛК160 в режим «РАБОТА», нажав соответствующую кнопку на лицевой панели контроллера;

– запустить исполнительный файл дважды щелкнув по названию файла. В открывшемся окне для запуска профайлера необходимо нажать кнопку «Запуск» ;

– используя кнопки на экране монитора, передать дискретное или числовое значение. На лицевой панели модуля должно отобразиться изменение состояний выходов контроллера. Аналогично проверить получение сигналов от контроллера: включая тумблеры на лицевой панели модуля, наблюдать изменение отображаемых значений в соответствующих числовых полях;

– при необходимости исправить ошибки, заново сохранить, нажав кнопку «Сохранить для МРВ» и проверить в профайлере.

Требования к отчёту

Отчет должен содержать:

1. цель работы;
2. описание технологической задачи по варианту, конфигурацию или технологическую схему автоматизированного объекта, обозначение переменных;
3. параметры программируемого контроллера введенные в него при конфигурировании;
4. проект для инструментальной среды SCADA-системы с коментариями.
5. описание методики и экспериментальной проверки работоспособности системы автоматизации;
6. выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что означает термин «конфигурирование контроллера»?
2. В какой последовательности осуществляется конфигурирование ПЛК160?
3. В какой последовательности осуществляется разработка *SCADA*-проекта?
4. Как осуществляется обмен информацией между программируемым контроллером и *SCADA*-системой?
5. Как осуществляется конфигурирование *OPC*-сервера?
6. Как в лабораторной работе проверить правильность работы разработанной системы автоматизации?

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

Методические указания к выполнению практических работ Часть 2

К.М.01.02 МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Специальность - ***15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов***
Специализация № 24 - ***Проектирование технологических машин и комплексов***

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА 4
1.1 Назначение стенда 4
1.2 Состав 5
1.3 Технические характеристики стенда 5
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ 6
2.1 Работа №1. Изучение бесконтактных датчиков технологической информации 6
2.2 Работа №2. Изучение дискретной системы управления двигателем постоянного тока на основе программируемого логического контроллера 10
2.3 Работа №3. Синтез и анализ алгоритмов управления мехатронной станцией сборки деталей 14

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА

1.1 Назначение стенда

Лабораторный стенд предназначен для изучения программируемого логического контроллера с объектом управления в виде мехатронного модуля – сборки деталей. Стенд позволяет изучить основы построения систем цикловой автоматики. Элементная база мехатронного модуля состоит из ленточного конвейера с электроприводом постоянного тока, модуля подачи базовых деталей, модулей подачи крышек из различного материала, пневматических толкателей и датчиков различного типа.

Внешний вид учебного комплекта представлен ниже (см. Рисунок 1).

Рисунок 1 – Внешний вид стенда ММ-СБ-НН

1.2 Состав

Лабораторный стенд включает в себя следующие компоненты (см. Таблица 1).

Таблица 1 – Состав

№	Наименование	Кол-во
1	Моноблок, содержащий: источник питания, программируемый логический контроллер, элементы индикации и управления	1 шт.
2	Мехатронный модуль сборки деталей	1 шт.
3	Модуль пульта симуляции	1 шт.
4	Компрессор	1 шт.
5	Ноутбук	1 шт.
7	Комплект кабелей и принадлежностей для проведения лабораторных работ	1 шт.
8	Техническое описание	1 шт.
9	Методические указания к проведению лабораторных работ	1 шт.

1.3 Технические характеристики стенда

Общие технические характеристики типового комплекта учебного оборудования представлены ниже (см. Таблица 2).

Таблица 2 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Напряжение электропитания, В	220
Частота питающего напряжения, Гц	50
Потребляемая мощность, ВА	1600
Габаритные размеры, мм	480x600x650
Масса, кг	60 кг
Диапазон рабочих температур	+10…+35 ˚С
Относительная влажность воздуха, не более	80%

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.1 Работа №1. Изучение бесконтактных датчиков технологической информации

Цель работы

Приобретение опыта работы с устройствами детектирования, идентификации и управления.

Содержание работы

Дома, при подготовке к работе:

– Изучить назначение, технические характеристики пульта управления, основные узлы и возможности лабораторного стенда;

– Изучить описание мехатронного модуля, ознакомиться с характеристиками всех его элементов;

– Уделить особое внимание датчикам, которые применяются в мехатронном модуле;

В лаборатории:

– Закрепить полученные при подготовке к лабораторной работе знания на практике;

Общие сведения

Мехатронный модуль представляет собой набор узлов, пневматических и электрических компонентов, объединенных в единое мехатронное устройство, имитирующее участок сборки деталей.

Модуль содержит следующие устройства детектирования и идентификации:

1. Датчик втянутого положения штока цилиндра узла выдачи заготовок – магнитный концевой выключатель B1 типа – D-A93 (характеристики представлены в техническом описании стенда);

2. Датчик выдвинутого положения штока цилиндра узла выдачи заготовок – магнитный концевой выключатель B2 типа – D-A93 (характеристики представлены в техническом описании стенда);

3. Датчик наличия заготовок в магазине узла выдачи заготовок – световой барьер BQ1, типа – BF3RX-P (характеристики представлены в техническом описании стенда);

4. Датчик типа материала заготовки – индуктивный концевой выключатель B3 типа – ВБИ-М18-34У-1111-3 (характеристики представлены в техническом описании стенда);

5. Датчик наличия заготовки в зоне выдачи крышек – световой барьер BQ2, типа – BF3RX-P (характеристики представлены в техническом описании стенда);

6. Датчик наличия заготовки в зоне накопительного узла – диффузионный оптический датчик B4, типа – BEN300-DDT (характеристики представлены в техническом описании стенда);

7. Датчик наличия крышек в магазине узла выдачи крышек 1 – световой барьер BQ3, типа – BF3RX-P (характеристики представлены в техническом описании стенда);

8. Датчик наличия крышек в магазине узла выдачи крышек 2 – световой барьер BQ4, типа – BF3RX-P (характеристики представлены в техническом описании стенда);

Модуль содержит следующие устройства управления:

1. Подача заготовки на ленту из магазина узла выдачи заготовок – пневматический цилиндр двухстороннего действия YA1, типа – CD85N16-60-B, на штоке которого закреплен пластиковый толкатель (характеристики представлены в техническом описании стенда);

Управление пневмоцилиндрами осуществляется с помощью пневмораспределителей с электроуправлением PYA1 типа – SY3120-5LOU-C4-Q, закрепленном на пневмоострове

2. Пуск/стоп двигателя постоянного тока узла конвейера – двигатель постоянного тока с редуктором A1, типа – RB3500090-30Y02R, управляемого контроллером UT-DrDPT-M01 имеющий возможность реверса A2 (характеристики представлены в техническом описании стенда);

3. Комплектовка заготовки крышкой из магазина узла выдачи крышек 1 – пневматический цилиндр двухстороннего действия YA2, типа – CD85N16-60-B, на штоке которого закреплен пластиковый толкатель (характеристики представлены в техническом описании стенда);

Управление пневмоцилиндрами осуществляется с помощью пневмораспределителей с электроуправлением PYA2 типа – SY3120-5LOU-C4-Q, закрепленном на пневмоострове

4. Комплектовка заготовки крышкой из магазина узла выдачи крышек 2 – пневматический цилиндр двухстороннего действия YA3, типа – CD85N16-60-B, на штоке которого закреплен пластиковый толкатель (характеристики представлены в техническом описании стенда);

Управление пневмоцилиндрами осуществляется с помощью пневмораспределителей с электроуправлением PYA3 типа – SY3120-5LOU-C4-Q, закрепленном на пневмоострове

Ход работы

Для проведения данной работы необходимо использовать мехатронный модуль – сборка деталей (Рисунок 2) и пульт ручного управления модулем (Рисунок 3).

1. Подключить мехатронный модуль (Терминал подключения к ПЛК *UT-CRP-M01*) к Пульту ручного управления;
2. Подавая сигналы с тумблеров пульта ручного управления зафиксировать срабатывание всех устройств управления;
3. Произвести требуемые воздействия для срабатывания устройств детектирования и идентификации и зафиксировать индикацию соответствующих светодиодов пульта симуляции.
4. Выполнить отчет о проделанной работе

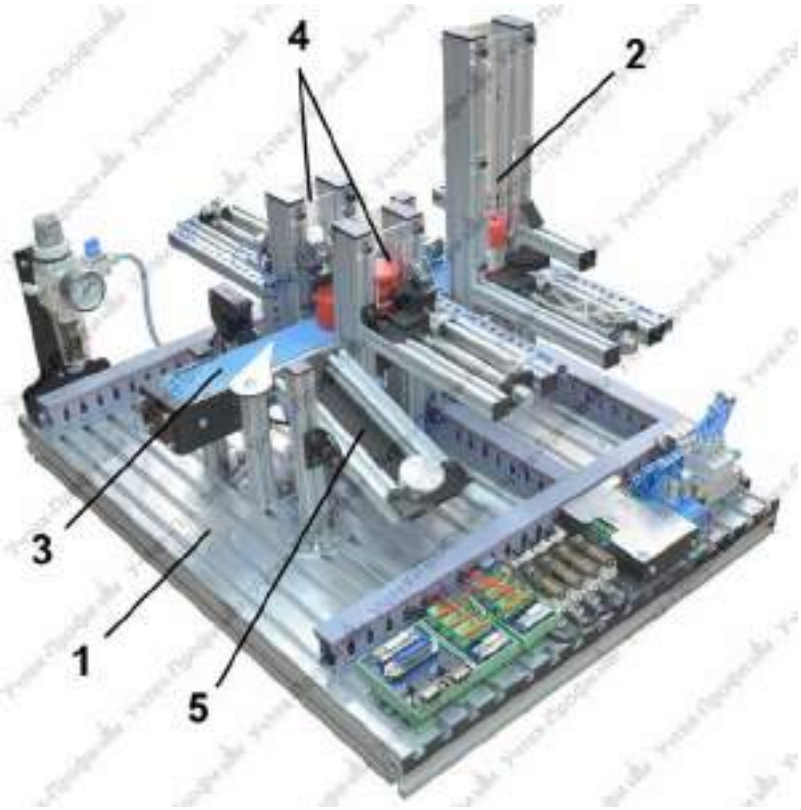


Рисунок 2 – Мехатронный модуль – сборка деталей

Рисунок 3 – Пульт ручного управления модулем

2.2 Работа №2. Изучение дискретной системы управления двигателем постоянного тока на основе программируемого логического контроллера

Цель работы

Ознакомиться с принципом работы дискретной системы управления, изучить назначение и технические характеристики датчиков и устройств управления, приобрести навыки разработки алгоритма управления, а также программирования данной системы с применением специализированного программного обеспечения.

Содержание работы

Дома, при подготовке к работе:

– Изучить назначение, технические характеристики логического моноблока ОВЕН ПЛК160, основные узлы и возможности лабораторного стенда;

– Изучить систему команд и принципы программирования ПЛК160;

– Изучить описание мехатронного модуля, ознакомиться с характеристиками всех его элементов;

– Выполнить синтез системы автоматизации согласно выданному варианту задания;

– Составить программу для ввода в контроллер;

В лаборатории:

– Закрепить полученные при подготовке к лабораторной работе знания на практике;

– Отладить мехатронный модуль в ручном режиме;

– С помощью разработанного алгоритма выполнить управление мехатронной станции.

Общие сведения

Текущую работу рекомендуется выполнять после успешного завершения практической работы №1 текущих методических указаний, подробное описание устройств детектирования, идентификации и управления переведено в практической работе №1 и в техническом описании стенда.

Для проведения данной работы необходимо использовать мехатронный модуль – сборка деталей (Рисунок 4) и лабораторный моноблок «ОВЕН ПЛК 160» (Рисунок 5).

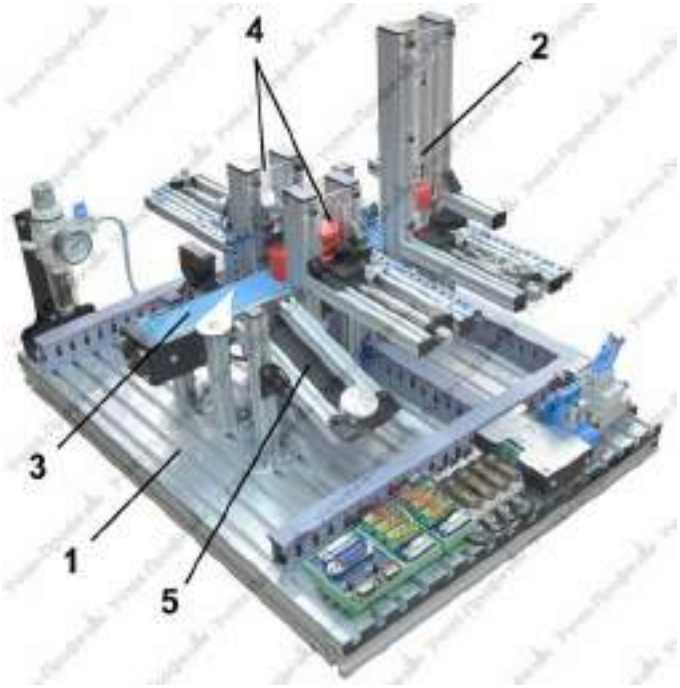


Рисунок 4 – Мехатронный модуль – сборка деталей

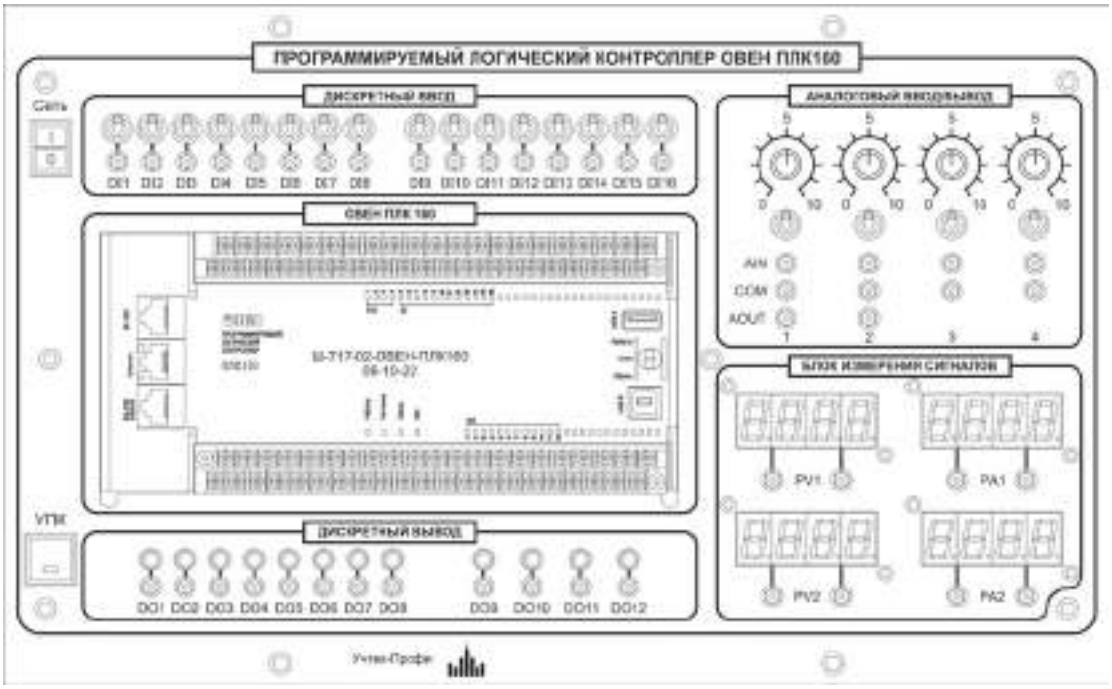


Рисунок 5 – Лабораторный моноблок «ОВЕН ПЛК 160»

Подключить мехатронный модуль (Терминал подключения к ПЛК *UT-CRP-M01*) к ПЛК (разъем X2, который находится на тыльной стороне кожуха моноблока «ОВЕН ПЛК 160»).

При подключении используется кабель 24Pin(M) – 24Pin(F).

В качестве датчика начального положения используется датчик типа материала заготовки – индуктивный концевой выключатель B3 типа – ВБИ-М18-34У-1111-3 (характеристики представлены в техническом описании стенда);

В качестве датчика конечного положения используется датчик наличия заготовки в зоне накопительного узла – диффузионный оптический датчик B4, типа – BEN300-DDT (характеристики представлены в техническом описании стенда);

Объект для перемещения – металлическая заготовка.

Ход работы

Выполнить подготовительные работы, установить металлическую деталь в начало конвейера и в соответствии со своим вариантом выполнить индивидуальное задание. Убедиться в правильности работы алгоритма.

Подготовить отчет о выполненной работе.

Таблица 3 – Варианты заданий

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Пуск автоматического режима управления	DI16	DI15	DI14	DI13
Останов автоматического режима управления	DI13	DI14	DI15	DI16
Индуктивный датчик B3 (правый)	DI4	DI4	DI4	DI4
Диффузионный датчик B4 (левый)	DI6	DI6	DI6	DI6
Пуск двигателя A1	DO2	DO2	DO2	DO2
Реверс двигателя A2	DO3	DO3	DO3	DO3
Задержка *t*, сек	3	4	2	5
Кол-во циклов *k*	3	2	4	5

Варианты заданий

При подготовке к практической работе студент должен в соответствии с таблицей (см. Таблица 3) выбрать свой вариант задания и заполнить коммутационную таблицу подключения мехатронного объекта к ПЛК.

Для заданного варианта необходимо разработать алгоритм его решения и составить программу для контроллера ОВЕН ПЛК160.

Запустить программу в работу и убедиться в правильности ее работы. При наличии ошибок в работе устранить их и продемонстрировать преподавателю работу правильно функционирующей программы. Подготовить отчет о выполненной работе.

Вариант 1 и 2.

После включения тумблера «Пуск автоматического режима управления» программа переходит в режим ожидания заготовки правым датчиком. После появления заготовки в поле зрения датчика, лента конвейера перемещает её до левого датчика и ожидает t секунд. Затем конвейер возвращает заготовку в исходное место. Данный цикл повторяется k раз.

Вариант 3 и 4

После включения тумблера «Пуск автоматического режима управления» программа переходит в режим ожидания заготовки правым датчиком. После появления заготовки в поле зрения датчика, лента конвейера перемещает её до левого датчика и сразу же возвращает в исходное место. По истечении t секунд цикл повторяется. Данный цикл повторяется k раз.

2.3 Работа №3. Синтез и анализ алгоритмов управления мехатронной станцией сборки деталей

Цель работы

Ознакомиться с принципом работы дискретной системы управления, изучить назначение и технические характеристики датчиков, приобрести навыки разработки алгоритма управления, а также программирования данной системы с применением специализированного программного обеспечения.

Содержание работы

Дома, при подготовке к работе:

– Изучить назначение, технические характеристики логического моноблока ОВЕН ПЛК160, основные узлы и возможности лабораторного стенда;

– Изучить систему команд и принципы программирования ПЛК160;

– Изучить описание мехатронного модуля, ознакомиться с характеристиками всех его элементов;

– Выполнить синтез системы автоматизации согласно выданному варианту задания;

– Составить программу для ввода в контроллер;

В лаборатории:

– Закрепить полученные при подготовке к лабораторной работе знания на практике;

– Отладить мехатронный модуль в ручном режиме;

– С помощью разработанного алгоритма выполнить управление мехатронной станции.

Общие сведения

Практическую работу №3 рекомендуется выполнять после успешного завершения работ №1 и №2.

Для проведения данной работы необходимо использовать лабораторный моноблок «ОВЕН ПЛК 160» (Рисунок 6), мехатронный модуль – сборка деталей (Рисунок 7), пульт ручного управления модулем (Рисунок 8).

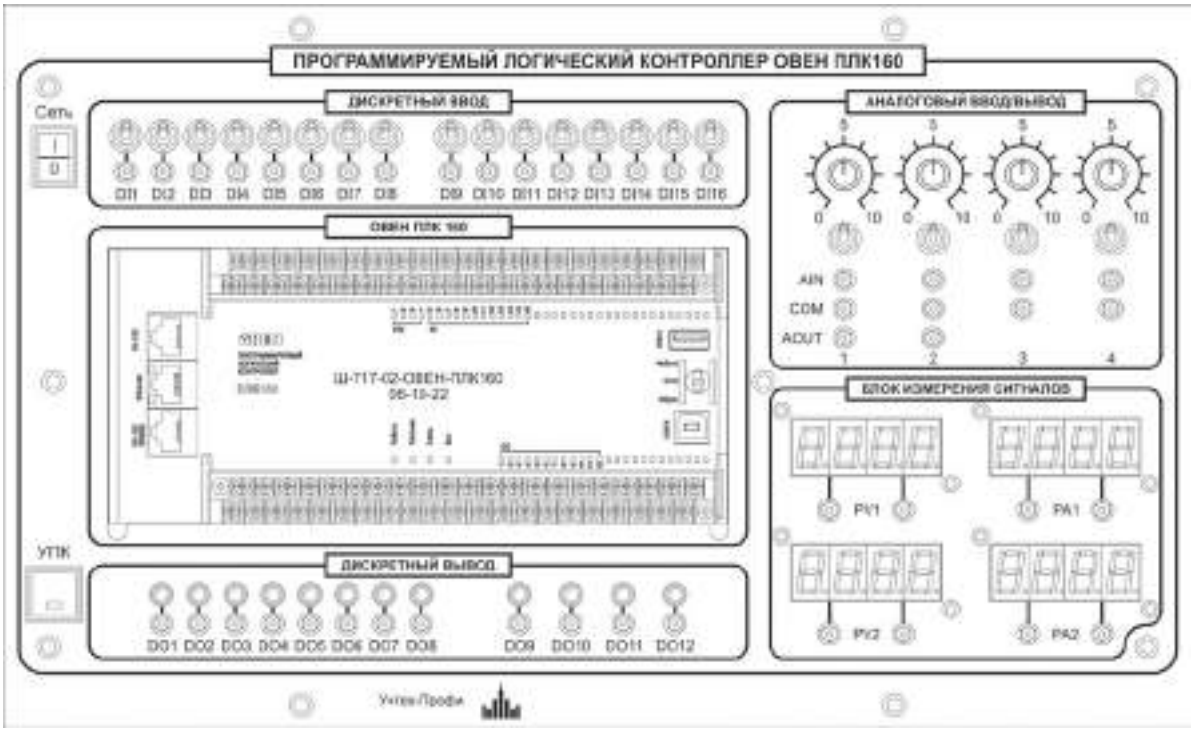


Рисунок 6 – Лабораторный моноблок «ОВЕН ПЛК 160»

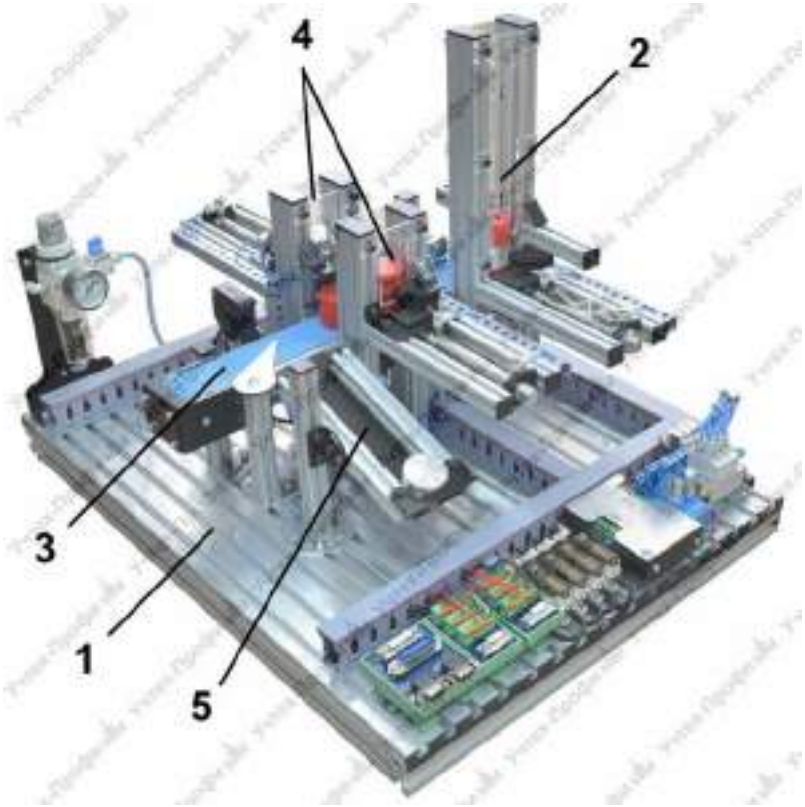


Рисунок 7 – Мехатронный модуль – сборка деталей

Рисунок 8 – Пульт ручного управления модулем

Для подключения мехатронного модуля (Терминал подключения к ПЛК *UT-CRP-M01*) к ПЛК используется разъем X2, который находится на тыльной стороне кожуха моноблока «ОВЕН ПЛК 160».

Для подключения мехатронного модуля (Терминал подключения к ПЛК *UT-CRP-M01*) к Пульту ручного управления используется разъем X1, который находится на тыльной стороне кожуха Пульта ручного управления.

При подключении используется кабель 24Pin(M) – 24Pin(F).

Порядок выполнения работы

Подключить питание к модулям, необходимым для выполнения лабораторной работы. После подключения питания следует выполнить отладку мехатронного модуля в ручном режиме, для этого:

– Подключить мехатронный модуль (Терминал подключения к ПЛК *UT-CRP-M01*) к Пульту ручного управления;

– Подавая сигналы с тумблеров пульта ручного управления (выходные сигналы) выполнить полный цикл в ручном режиме, убедиться в корректной работе датчиков в процессе работы (входные сигналы пульта ручного управления).

Полный цикл работы для мехатронного модуля сборка деталей: в узле выдачи заготовок находятся детали (металлические и пластмассовые красные/синие). При выдачи на конвейер металлической детали и при наличии крышки в узле накопления крышек 1 обеспечить выдачу крышки на деталь и ее последующий спуск в узел накопления деталей. При выдачи на конвейер

пластмассовой детали и при наличии крышки в узле накопления крышек 2 обеспечить выдачу крышки на деталь и ее последующий спуск в узел накопления деталей. При отсутствии необходимой крышки для детали – выполнить перемещение детали в узел накопления. Таблица датчиков и исполнительных элементов приведена в Приложении А технического описания стенда.

При успешном завершении полного цикла составить таблицу подключения устройств к терминалу подключения к ПЛК UT-CRP-M01 (Таблица 4).

Таблица 4 – Пример таблицы соответствия входных/выходных сигналов

Адрес	Комментарий
DI1	Датчик втянутого положения штока цилиндра УВЗ
….	….
DO1	Подача заготовки на ленту из магазина УВЗ
….	….

После проведения отладки мехатронного модуля в ручном режиме можно преступать к разработке алгоритма управления мехатронного модуля.

!В качестве примера будет рассмотрен процесс создания алгоритма управления ленточным конвейером. Разработка алгоритма для мехатронной станции – сборка деталей является самостоятельной задачей для подгруппы. (Вариации исполнения цикла работы уточняются у преподавателя).

Разработка алгоритма управления

Разработка алгоритма управления разделяется на следующие этапы:
– Словесное описание полного цикла работы;
– Разработка функциональной схемы процесса;
– Составление таблицы соответствия адресов;
– Составление логических уравнений;
– Составление программы на одном из языков программирования;
– Отладка и проверка проекта на работоспособность.

Словесное описание полного цикла работы

Конвейер начинает работать при появлении детали в области срабатывания щелевого оптического датчика. В зависимости от материала изделия следует

выполнить следующую сортировку – металлические детали поместить в приемный лоток с помощью электрического стоппера, пластмассовые детали – перемещаются до конца конвейера. Определение металлических деталей происходит с помощью, установленного вначале конвейера, индуктивного датчика.

Разработка функциональной схемы процесса

Функциональная схема системы представлена ниже (см. Рисунок 9).

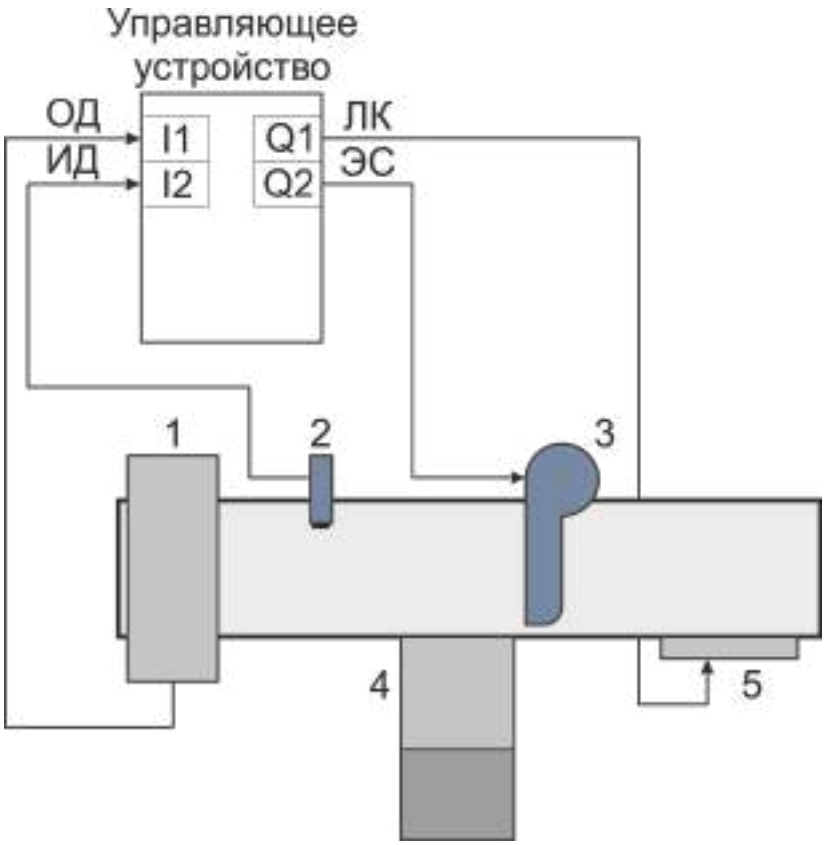


Рисунок 9 – Функциональная схема системы

На функциональной схеме изображается управляющее устройство и его выходные/выходные сигналы. Так же на схеме необходимо отобразить главные узлы технологического процесса, в данном случае: 1 – щелевой оптический датчик, 2 – индуктивный датчик, 3 – электрический стоппер, 4 – приемный лоток, 5 – двигатель ленточного конвейера.

Составление таблицы соответствия адресов

Для структурирования и удобности создания программы управления, необходимо составить таблицу соответствия адресов (Таблица 12).

Таблица 5 – Таблица соответствия адресов

Адрес переменной	Имя переменной	Комментарий
I1	ОД	Сигнал с щелевого оптического датчика о наличии заготовки
I2	ИД	Сигнал с индуктивного датчика о наличии металлического объекта на конвейере
Q1	ЛК	Управляющий сигнал на двигатель ленточного конвейера
Q2	ЭС	Управляющий сигнал на электрический стоппер

Составление логических уравнений

Для реализации системы управления технологическим процессом необходимо составить логические уравнения в адресах или в буквенных обозначениях переменных (по усмотрению преподавателя) которые обеспечат корректное выполнение полного цикла работы. В примере будут приведены уравнения в адресах управляющего устройства.

1. При наличии детали в области срабатывания щелевого оптического датчика конвейер начинает свое движение в течении следующих девяти секунд

$$Q1 = (I1 + Q1) \cdot \overline{Q1^{\downarrow 9c}}$$

↓ – Задержка сигнала по заднему фронту, ↑ – по переднему.

2. При наличии сигнала с индуктивного датчика подается управляющий сигнал на электрический стоппер для помещения металлической детали в накопительный лоток.

$$Q2 = (I2 + Q2) \cdot \overline{Q2^{\uparrow 9c}}$$

Составление программы на одном из языков программирования

После написания логических уравнений следует создать проект в программной среде CODESYS для ПЛК160. Подробное описание создания проекта представлено в методических указаниях часть 1 и написать программу для последующей загрузки ее в контроллер. Программа написанная на языке ST, для загрузки в управляющее устройство имеет следующий вид (Рисунок 10).

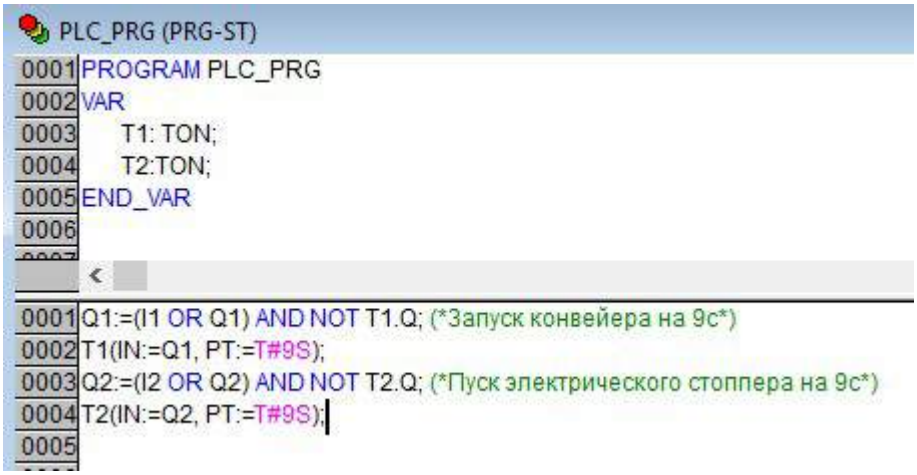


Рисунок 10 – Алгоритм на языке ST для реализации требуемого цикла работы

Отладка и проверка проекта на работоспособность

Последний этап разработки проекта автоматизации – отладка и проверка проекта на работоспособность. Провести тестирование системы в нескольких циклах, убедиться в её корректной работе, при наличии ошибок – провести корректировку проекта.

Задание

Подробно ознакомиться с разобранным примером создания алгоритма управления мехатронным объектом. Выполнить все этапы разработки алгоритма автоматизации технологического процесса для мехатронной станции – сборка деталей. Написать отчёт о проделанной работе.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

К.М.01.02 МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Специальность - ***15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов***
Специализация № 24 - ***Проектирование технологических машин и комплексов***

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ЛЕКЦИЯ 1. 4

ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКТОВ. 4

Микропроцессоры и микроконтроллеры 5

Микросхемы памяти 6

ЛЕКЦИЯ 2. 17

Программируемые логические интегральные схемы 17

Направление развития микроэлектронных компонентов вычислительных систем 21

ЛЕКЦИЯ 3. 21

АРХИТЕКТУРА И СТРУКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРОВ. ЦИКЛ РАБОТЫ МИКРОПРОЦЕССОРА: ТИПЫ АДРЕСАЦИИ И СИСТЕМА КОМАНД. 21

Типы команд микропроцессоров. 21

Структурный параллелизм микропроцессоров 22

ЛЕКЦИЯ 4. 24

Структурные методы уменьшения времени доступа к памяти 24

CISC- и RISC- процессоры. 30

ЛЕКЦИЯ 5. 35

Методы ускорения переключения контекста процессора 35

Стандартизация архитектур микропроцессоров 36

ЛЕКЦИЯ 6. 38

ILP ПРОЦЕССОРЫ 38

Архитектура ILP- процессоров 38

Суперскалярные процессоры 40

VLIW-процессоры. 47

EPIC-процессоры. 48

Направления развития ILP архитектуры. 49

ЛЕКЦИЯ 7. 50

МУЛЬТИСКАЛЯРНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ 50

Мультискалярная модель выполнения программы. 50

Мультискалярные программы. 54

Мультискалярные аппаратные средства. 56

Преимущества мультискалярной архитектуры. 57

ЛЕКЦИЯ 8. 58

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА МП УСТРОЙСТВ С ВНЕШНИМИ УСТРОЙСТВАМИ И ПАМЯТЬЮ. ВСТРОЕННЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. 58

ЛЕКЦИЯ 9. 62

ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРО-ЭВМ. 62

Общие сведения об однокристальных микроЭВМ семейства МК48. 63

Однокристальные микро-ЭВМ семейства МК51. 65

Структура микроконтроллеров семейства MCS-x96. 74

Периферийные устройства микроконтроллеров семейства MCS-x96. 76

ЛЕКЦИЯ 10. 78

Преимущества регистр-регистровой архитектуры 78

Блок-схема микроконтроллера MCS-196. 80

Регистровый файл 83

Особенность организация памяти микроконтроллеров MCS-196 84

Возможности подключения внешней памяти и внешних устройств ввода/вывода 86

ЛЕКЦИЯ 11. 87

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В ПРИВОДАХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ. ПРИМЕРЫ МП ПРИВОДОВ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ. 87

Пример МК-системы на основе ОМЭВМ семейства МК51. 87

Унифицированная структура силовой части статических преобразователей частоты для широкого класса приводов переменного тока. 89
Универсальный контроллер для встроенных применений 93
Выводы 97

ЛЕКЦИЯ 12. 98

МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. ТРАНСПЬЮТЕРЫ - ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ 98
Основные особенности транспьютеров 98
Архитектура и структура транспьютеров фирмы Inmos 99

ЛЕКЦИЯ 13. 109
Транспьютер Т9000 109
Транспьютероподобные микропроцессоры серии "Квант" 110

Лекция 1.

Введение. Основные типы больших интегральных схем для микропроцессорных комплектов.

Особая роль в совершенствовании систем автоматического управления в настоящее время принадлежит микроэлектронике и микропроцессорной технике, использование которых в САУ обеспечивает не только улучшение точностных характеристик, повышение отказоустойчивости, обеспечение стабильности функционирования, но и придает САУ принципиально новых свойств, таких, как гибкость и перестраиваемость структуры, адаптивность, способность решать вычислительные и логические задачи, самоконтроль и т.д.

Использование микропроцессоров в САУ требует решения целого ряда задач, специфика которых обусловлена как распределенным управлением в реальном масштабе времени, так и цифровым характером обрабатываемой информации. В связи с этим требуется подготовка специалистов обладающими знаниями и опытом по разработке и эксплуатации микропроцессорных систем различного назначения: информационных, связанных, вычислительных, управляющих и т.д.

Изучение такой интенсивно развивающейся и наукоемкой предметной области, как микроэлектроника, и микропроцессорная техника в частности - задача весьма интересная и сложная, требующая постоянного совершенствования и пополнения получаемых знаний и знакомства со смежными научно-техническими областями. Для эффективного решения прикладных задач любой современный специалист, профессионально связанный с вычислительной техникой, должен иметь адекватное представление о состоянии и перспективах развития ее элементной базы.

Создание фирмой Intel первого микропроцессора в 1971 году положило начало эпохе компьютеризации. "Благодаря микропроцессорам компьютеры стали массовым, общедоступным продуктом", - заявил Тед Хофф (Ted Поп), один из изобретателей первого микропроцессора. Его имя, вместе с именами его коллег - Федерико Феджина (Federico Faggin) и Стена Мейзора (Stan Mazor), внесено в список лауреатов Национального зала славы изобретателей США, а само изобретение признано одним из величайших достижений XX века.

За чуть более чем четверть вековую историю микропроцессоры прошли поистине гигантский путь. Первый чип Intel 4004 работал на частоте 750 КГц, содержал 2300 транзисторов и стоил около $200. Производительность его оценивалась в 60 тыс. операций в секунду. На сегодняшний день рекордные показатели принадлежат микропроцессорам Pentium 4 и составляют: 3,46 ГГц, 55 млн. транзисторов, и около $650 соответственно.

Такое интенсивное развитие технологий в обществе, где основным предметом труда становится информация, является следствием растущего спроса на новые орудия труда - компьютеры. На сегодняшний день компьютеризация является одним из главных направлений научно-

технического прогресса и концентрированным его выражением. Количество и качество производимых в стране компьютеров, степень насыщенности вычислительной техникой самых разных отраслей становится одним из основных критериев ее экономического и военного потенциала.

В формируемом ежегодно в США группой экспертов перечне "критических технологий", охватывающем практически все направления производства, исследований и разработок, оказывающих влияние на военный и экономический статус страны, микроэлектронные технологии традиционно занимают первое место.

В микропроцессорах - наиболее сложных микроэлектронных устройствах - воплощены самые передовые достижения инженерной мысли. В условиях свойственной данной отрасли производства жесткой конкуренции и огромных капиталовложений, выпуск каждой новой модели микропроцессора - так или иначе связан с очередным научным, конструкторским, технологическим прорывом.

Современная элементная база - сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), характеризуется большим числом транзисторов на кристалле и относительно малым числом выводов у корпуса. Поэтому БИС адекватны построению логически законченных устройств.

Различные выполняемые функции и сферы применения обусловили специализацию СБИС. Достаточно условно их можно разделить на следующие классы:

1) СБИС с аппаратной реализацией алгоритмов обработки данных:

микропроцессоры универсальные и сигнальные, а также микроконтроллеры, включая интерфейсные схемы для образования мультипроцессорных систем;

2) микросхемы памяти: статические и динамические;

3) программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

Микропроцессоры и микроконтроллеры

Универсальные микропроцессоры предназначаются для применения в вычислительных системах: персональных ЭВМ, рабочих станциях, а в последнее время и в массово-параллельных супер-ЭВМ. Основной их характеристикой является наличие развитых устройств для эффективной реализации операций с плавающей точкой над 64 разрядными и более длинными операндами. Предназначаются в основном для проведения научно-технических расчетов.

Цифровые сигнальные процессоры рассчитаны на обработку в реальном времени цифровых потоков, образованных путем оцифровывания аналоговых сигналов. Это обусловливает их сравнительно малую разрядность и преимущественно целочисленную обработку. Однако современные сигнальные процессоры способны проводить вычисления с плавающей точкой над 32 — 40-разрядными операндами. Кроме того, появился класс медийных процессоров,

представляющих собой законченные системы для обработки аудио- и видеоинформации.

Наибольшей специализацией и разнообразием функций обладают микроконтроллеры, используемые во встроенных системах управления, в том числе в бытовых приборах. Общее число типов кристаллов с различными системами команд превышает 500, и все они, в силу существования изделий с их использованием, имеют свою устойчивую долю рынка.

По прогнозам компаний-производителей дальнейшее развитие технологии производства микропроцессоров будет идти в направлении увеличения плотности транзисторов на кристалле, роста числа слоев металлизации и повышения тактовой частоты, наряду с уменьшением напряжения питания и удельной (на один транзистор) потребляемой электрической и выделяемой тепловой энергии.

Технологический предел линейных размеров транзисторов на кристалле, обусловленный физическими ограничениями, составляет около 0,05 мкм. На пути дальнейшей миниатюризации кроме физических ограничений имеются и экономические. Для каждого следующего поколения микросхем стоимость технологии удваивается (в 1986 г. Intel 80386 имел 250 тыс. транзисторов и выпускался на заводе стоимостью 200 млн. долларов. Завод, производящий микросхемы по технологии 0,25 мкм, стоил 10 млрд. долларов). Возрастают сроки изготовления микропроцессоров, так процессор Pentium производился за шесть месяцев, а более новый Pentium Pro - за девять. Во многом уже сейчас уровень технологии, используемой в массовом производстве, определяется экономическими соображениями. Увеличение числа слоев металлизации экспоненциально повышает процент брака при производстве, увеличение площади кристалла также приводит к снижению выхода годных кристаллов. Современный уровень технологии СБИС позволяет уверенно производить схемы с проектными нормами 0,13-0,09 мкм, 5-6 слоями металлизации, площадью кристалла менее 150 кв.мм и числом транзисторов порядка 55 млн. Смена поколений микропроцессоров происходит каждые 2 года. С каждым поколением линейные размеры элементов уменьшаются в 0,7 раза. В настоящее время ширина проводников составляет 0,13 мкм, а к 2004 г. достигнет 0,09 мкм. Тактовая частота будет составлять более 4 ГГц, что существенно усложнит проблему внутрикристальных, а еще более межкристальных соединений.

Основной технологической проблемой будет, по-видимому, отвод тепла от процессоров. Уже сейчас рассеиваемая мощность некоторых процессоров составляет до 70 Вт. И в дальнейшем, с увеличением тактовой частоты и числа транзисторов, ее рост будет продолжаться. Для снижения потребляемой энергии применяются разные технологические способы - уменьшение проектных норм и снижение питающего напряжения. Если мощность и впрямь будет расти, отвод тепла действительно станет непреодолимой преградой.

Микросхемы памяти

Как известно, производительность системы определяется скоростью работы

наиболее «медленного» её компонента. Поэтому для достижения оптимального быстродействия необходимо использовать сбалансированные конфигурации. Это означает, что наиболее важные узлы микропроцессорного устройства, к которым относится процессор, набор системной логики и подсистема памяти, должны обладать приблизительно равной производительностью.

Упрощённо работу микропроцессорного устройства можно представить как последовательность операций, совершаемых над различными данными. Задача процессора заключается в выполнении этих операций, а подсистемы памяти – в доставке данных и сохранении результатов. Взаимодействие процессора и памяти управляется чипсетом либо осуществляется напрямую.

Естественно, что для создания быстрого микропроцессорного устройства необходимо прежде всего обеспечить высокую скорость выполнения операций. Но даже самый совершенный процессор, работая в связке с памятью обладающей недостаточной пропускной способностью, окажется бесполезен, т.к. попросту будет простаивать в ожидании очередных порций информации. Поэтому для современных приложений большое значение имеет пропускная способность памяти, объём и сколько задержки в выдаче данных при каждом обращении (латентность).

Любой подсистеме памяти соответствует набор характеристик, которые более-менее полно будут описывать её возможности. К ним, в первую очередь относится частота работы памяти (частота передачи данных) и разрядность шины. Эти два показателя определяют теоретическую пропускную способность шины памяти, которая равна произведению разрядности и частоты. В действительности теоретическая пропускная способность не достижима из-за присутствия латентности (в среднем 60-80%).

В спецификациях модулей часто указывается время доступа (численно оно равно обратной величине рабочей частоты) и представляет собой длительность одного такта. Т.о., чем меньше время доступа, тем на большей частоте сможет работать модуль памяти.

В настоящее время в микропроцессорных устройствах широко применяется многоуровневая иерархическая архитектура памяти, где на верхнем уровне иерархии расположена более быстродействующая кэш-память, в которую в процессе вычислений помещаются интенсивно используемые фрагменты программного кода и обрабатываемых данных. В реальных системах используется до 3 уровней кэш-памяти. Разработчики используют более быстродействующую и, соответственно, более дорогую память в наиболее "ответственных" узлах системы.

Оперативная память (энергозависимая, т.е. теряющая запомненную информацию при снятии питания) случайного доступа RAM развивается уже довольно долгое время, и к настоящему моменту сформировались две основные её разновидности – статическая (SRAM) и динамическая (DRAM). Их отличие заключается в способе хранения данных. Динамическая память (память использует для запоминания бита информации состояния конденсатора "заряжен - не заряжен") требует постоянного обновления записанной

информации с периодом порядка десятков мсек, что сказывается на увеличении латентности. При этом она проста и дёшева в производстве. Статическая память, наоборот, достаточна дорога за счёт более сложного устройства ячеек (статические микросхемы памяти запоминают биты данных в триггерах, что требует 4-6 транзисторов для хранения бита), но обладает очень низкой латентностью. Тем не менее именно стоимость во многом определяет популярность продукции. Поэтому SRAM не получила большого распространения в модулях ОЗУ, зато активно применяется в процессорах в качестве кеша 2-го уровня.

В одной из первых разновидностей DRAM под названием EDO RAM применялся асинхронный режим доступа (процессор при считывании данных приостанавливает свою работу), что приводило к существенной потере производительности системы. Но несколько лет назад рынок стал заполняться новым типом DRAM – SDRAM с синхронным режимом работы.

Память SDRAM представляет собой набор элементарных ячеек, в каждой из которых может быть записан 1 бит информации. Они объединяются в матрицы, по номерам строк и столбцов которых производится адресация. Физически каждая ячейка DRAM состоит из конденсатора и транзистора. И в этом кроется основной недостаток DRAM. Дело в том, что конденсатор не может самостоятельно поддерживать электрический заряд, поэтому для функционирования ячейку необходимо периодически подзаряжать. Эта процедура должна повторяться и после каждой операции чтения, что в определенных случаях существенно увеличивает латентность.

Поиск ячейки в матрице осуществляется с помощью двух сигналов – RAS и CAS. Первый несёт информацию о номере строки, второй – о номере столбца.

Операцию считывания данных из ячейки можно разбить на несколько элементарных стадий:

пересылка запроса процессора набору системной логики (1 такт системной шины);

перенаправление запроса на банк памяти, соответствующий запрашиваемому адресу (1 цикл работы ОЗУ);

поиск необходимой строки в матрице (2-3 цикла) – “RAS-to-CAS delay” или “RAS-to-CAS latency”;

поиск необходимого столбца в найденной строке, т.е. ячейке, располагающейся на их пересечении (2-3 цикла) – CAS-латентность;

непосредственно считывание и помещение информации в выходной буфер (1 цикл);

передача считанной информации набору системной логики (1 цикл);

перенаправление её процессору (1 такт системной шины).

Т.о., простая на первый взгляд операция растягивается на 9-11 тактов системной шины и соответственно 45—55 тактов процессора при множителе 5. Но столь большая задержка имеет место лишь при считывании первых 8

байтов. Тогда как другие ячейки из той же строки будут доступны уже по истечении лишь времени CAS-латентности. Если же происходит последовательное чтение ячеек, то задержки будут отсутствовать вовсе. С другой стороны, возможен вариант, когда первая и вторая считываемые ячейки располагаются в одном банке, но на разных строках. В этом случае к выше перечисленным задержкам добавится ещё одна – “Precharge delay”, необходимая на подзарядку первой ячейки после операции считывания (2-3 цикла).

Три выше упомянутых параметра - CAS-латентность, RAS-to-CAS-латентность и “Precharge delay” – образуют набор таймингов модуля памяти.

Общая латентность системы складывается не только из задержек выдачи данных ОЗУ, но и времени их пересылки процессору.

Наименьшие потери при пересылке данных будут иметь место при синхронном обмене информацией, т.е. когда частоты системной шины и шины памяти совпадают. При использовании асинхронного режима появляется дополнительная латентность, вызванная необходимостью согласования двух шин.

DDR SDRAM является эволюционным шагом в развитии обычной памяти SDRAM. Основное отличие между ними заключается в способе передачи данных. В DDR SDRAM используется так называемая DDR (Double Data Rate) технология, при которой для кодирования информации используются как передний, так и задний фронт тактового импульса. В результате при той же частоте FSB эффективная частота шины памяти удваивается. При этом на удвоенной частоте передаются только данные, а пересылка адресов осуществляется на основной частоте. В остальном модули SDRAM и DDR SDRAM мало отличаются друг от друга.

Подобная схема передачи данных весьма чувствительна даже к самой незначительной задержке тактового сигнала, поэтому, в отличие от SDRAM, для синхронизации передачи данных помимо сигнала тактового генератора применяется дополнительный сигнал DQS. Этот сигнал передается параллельно с тактовым сигналом и корректирует процесс передачи данных для каждой линии шины данных. Для выдачи сигнала DQS, означающего доступность данных на выходе, используется специальный цикл с фиксированной задержкой DLL (Delay Locked Loop).

Для точной синхронизации сигналов DQS и передачи данных (DQ) соответствующие проводники имеют одинаковую длину и емкость. Таким образом, колебания напряжения и температуры одинаково отражаются на обоих сигналах, что обеспечивает отсутствие нарушения синхронизации между контроллером памяти и микросхемами модулей памяти. Дополнительный контроль синхронизации передачи данных обеспечивает более надежную и высокую скорость передачи данных, чем при использовании только сигнала тактового генератора. Чтение и запись данных производится не в соответствии с тактовым сигналом, а синхронизируется сигнал DQS (рис. 1).

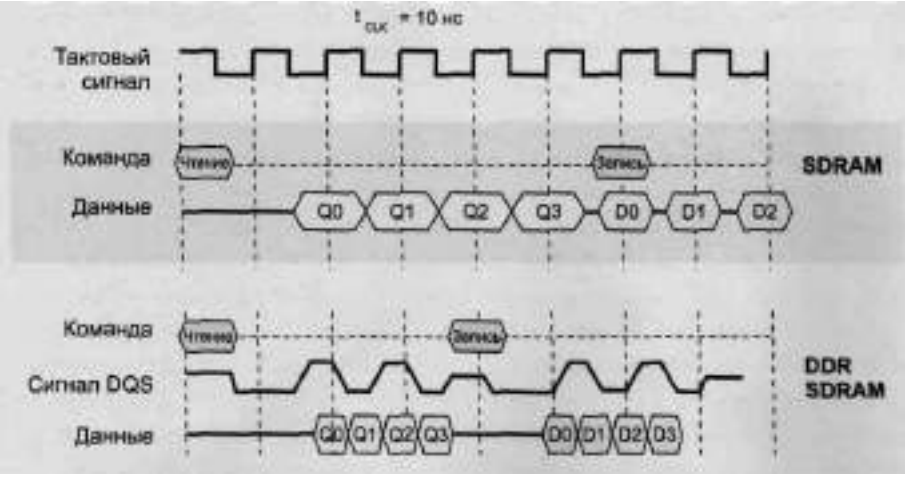


Рис. 1. Временная диаграмма DDR SDRAM

Архитектура микросхемы состоит из четырех независимых банков (рис. 2).

При тактовой частоте 100 и 133 МГц пропускная способность шины памяти DDR SDRAM составляет соответственно 1,6 и 2,1 Гбайт/с.

В настоящее время тактовая частота шины памяти с поддержкой DDR SDRAM составляет 100, 133, 166, 200 МГц, соответствующие микросхемы памяти называются соответственно DDR200, DDR266, DDR333 и DDR400, а модули памяти PC1600, PC2100, PC2700 и PC3200 (в названии модулей указана фактическая пропускная способности шины памяти в Гб/сек).

Дальнейшим развитием технологии DDR SDRAM является технология DDR II. Появление этого типа памяти ожидается в 2003 году. В отличие от DDR SDRAM в DDR П за один такт по каждой линии будет перерваться не 2, а 4 бита информации (при 64-разрядной шине — 32 байта), что вдвое увеличит пропускную способность шины памяти. Естественно, данный подход требует более совершенной системы синхронизации. Рабочие напряжения DDR П уменьшены с 2,5 до 1,8 В. Микросхемы выполнены в корпусе микро-BGA.

Первоначально модули DDR-II будут работать на эффективных частотах 400, 533 и 667 Мгц, что позволит говорить о теоретической пропускной способности 3,2, 4,2 и 5,3 Гб/сек.

Для уменьшения времени доступа к данным планируется использовать технологию Virtual Channel (разработанную компанией NEC), а также кэширование информации.

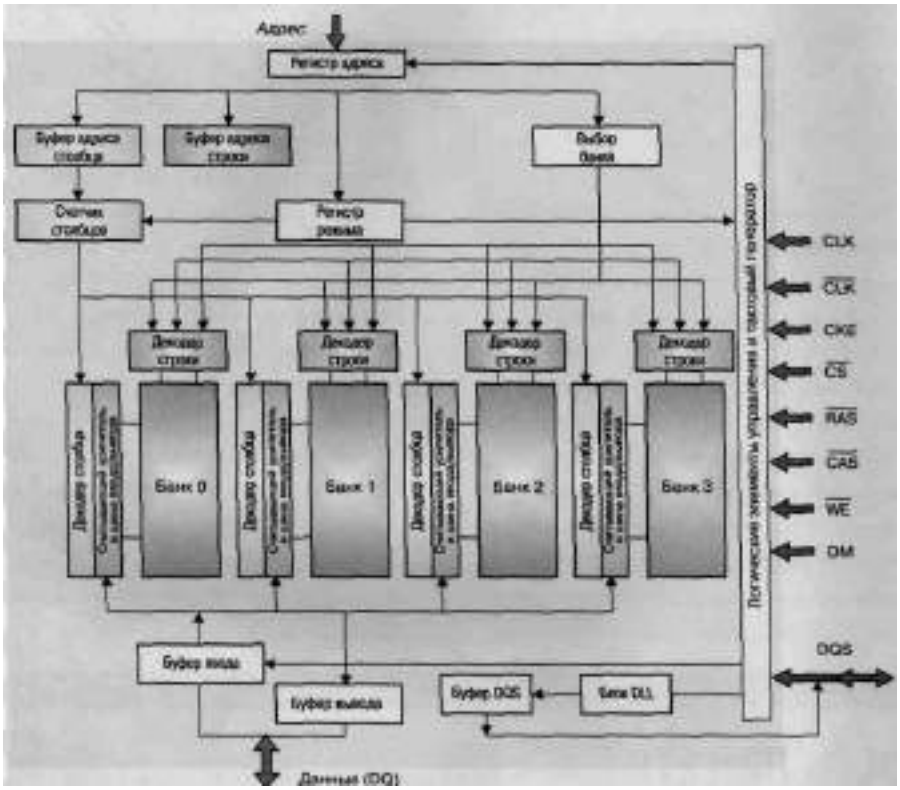


Рис. 2. Структурная схема DDR SDRAM

Следующий большой шаг в развитии DDR SDRAM должен будет произойти лишь 2007 году, когда планируется появление памяти следующего стандарта DDR-III. По предварительным данным, стартовая эффективная частота модулей составит 800 Мгц, которая впоследствии вырастет до 1,5 Ггц. Планируется дальнейшее понижение напряжения питания до 1,2 В. Будут приняты специальные меры по борьбе с возникающими на высоких частотах помехами.

В ближайшее время может появиться ещё один тип ОЗУ – QBM SDRAM. QBM (Quad Band Memory) фактически представляет собой слегка усовершенствованную память DDR, но с увеличенной вдвое теоретической пропускной способностью. При производстве модулей QBM используются те же самые чипы DDR SDRAM. Однако циклы работы половины из них смещены на четверть такта. В результате ширина шины как бы увеличивается до 128 бит, а модуль как бы превращается в двухканальный (для PC2100 пропускная способность составит 4,2 Гб/сек).

Повышение пропускной способности шины памяти может осуществляться либо за счёт увеличения тактовой частоты шины, либо её разрядности. К сожалению, внутреннее устройство SDRAM не позволяет существенно продвинуться в этой области. Дело в том, что каждая разрядная линия шины памяти при распространении по ней переменного сигнала неизбежно излучает электромагнитные волны. Чем выше частота сигнала и плотность расположения линий, тем сильнее влияние излучаемых помех на сигнал. Поэтому у памяти SDRAM существует предел пропускной способности. Чтобы как можно ближе к нему подобраться, можно увеличивать частоту шины при неизменном количестве разрядов. Но есть и альтернативное решение – заметно сократить количество линий в шине, что позволит существенно увеличить

частоты. Именно эта идея и была реализована в памяти Rambus DRAM.

Разрядность шины большинства модулей RDRAM составляет 16 бит, а рабочая частота 400 МГц. К тому же в памяти RDRAM используется DDR-технология. Поэтому эффективная частота шины равняется 800 Мгц. Модули RDRAM должны устанавливаться парами, т.к. предназначены для работы в двухканальной конфигурации. Т.о., суммарная теоретическая пропускная способность – 3,2 Гб/сек.

Несмотря на принципиально иной подход к организации памяти, ячейки RDRAM не отличаются от ячеек SDRAM – это та же совокупность транзистора и конденсатора. Тем не менее для реализации RDRAM потребовалось перестроить инфраструктуру модулей. Если у SDRAM один банк состоит из 8 чипов, то у RDRAM, наоборот, каждый чип является независимым и сам может состоять из нескольких десятков банков. В результате такого «распараллеливания» RDRAM способна производить гораздо больше, чем SDRAM, операций чтения за один и тот же промежуток времени. Причём латентность при считывании окажется незначительной как раз из-за того, что многие банки памяти могут постоянно держаться открытыми. С помощью подобных технических решений достигается высокая эффективность использования шины памяти – более 90%.

Обратная сторона медали заключается в усложнении модулей. В отличии от SDRAM чипы RDRAM необходимо оснащать управляющей логикой, что увеличивает их площадь, а высокая частота функционирования приводит к значительному тепловыделению. Более того, сложность в проектировании и производстве определила высокую конечную стоимость, что и сказалось в итоге на отсутствии популярности данного типа памяти среди массового потребителя.

Но у RDRAM есть ещё один серьёзный недостаток – высокая латентность при выдаче первых байтов информации, которая может в 2-3 раза превышать соответствующую латентность памяти SDRAM. В результате RDRAM показывает рекордную пропускную способность при считывании потоковых данных, располагающихся друг за другом. Но в задачах с хаотическим характером обращения к памяти эффективность использования шины памяти резко снижается.

Вся подсистема памяти Rambus состоит их следующих компонентов (рис. 3):

• контроллера памяти (RMC — Rambus Memory Controller);

• Rambus-канала (RC — Rambus Channel);

• генератора тактовых импульсов (DRCG — Direct Rambus Clock Generator);

• микросхемы памяти RDRAM (Rambus DRAM), которая установлена на модулях памяти RIMM (Rambus In-line Memory Module).

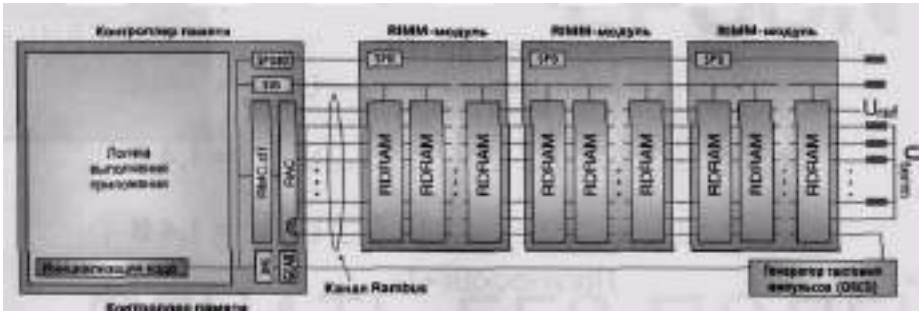


Рис.3 Подсистема памяти RambusDRAM.

Rambus-канал

Rambus-канал (рис. 4) предназначен для осуществления электрической связи между контроллером памяти и микросхемами RDRAM. Физически он представляет собой шину, которая состоит из 30 проводников, разведенных строго параллельно на материнской плате.

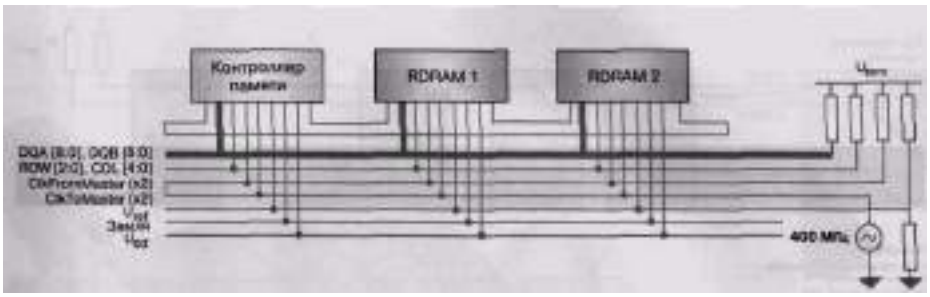


Рис.4 Схема Rambus-канала

Сигналы в Rambus-канале передаются в соответствии с высокоскоростным протоколом сигналов RSL (Rambus Signal Levels). Согласно данному протоколу осуществляется низковольтовый перенос номинальных напряжений логического «0» и логической «1» с разностью 800 мВ (рис. 5).

Рис.5

Генератор тактовых импульсов

Rambus-канал является синхронным. Команды и данные передаются параллельно по переднему и заднему фронту синхроимпульсов, создаваемых генератором тактовых импульсов (рис.6).

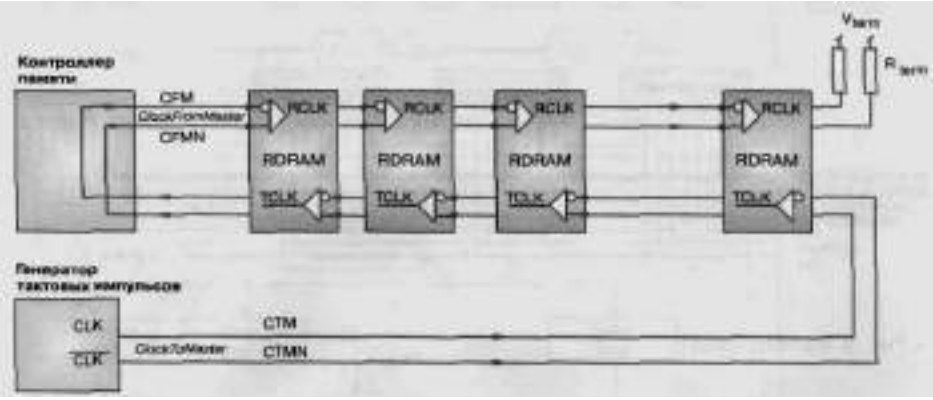


Рис.6 Схема генератора тактовых импульсов

Конструктивно генератор тактовых импульсов может быть интегрирован в контроллер памяти или установлен в виде отдельной микросхемы (в 24-контактном корпусе типа SSOP).

Передача данных

Данные и служебные биты передаются по каждому фронту тактового сигнала с частотой 800 МГц (1,25 нс), что соответствует скорости передачи 800 Мбит/с на линию. Таким образом, пропускная способность шины составляет 1,6 Гбайт/с. Передача данных осуществляется только между контроллером и микросхемами памяти, обмен только между микросхемами невозможен.

Вся информация передается по Rambus-каналу пакетами (пакеты строк, столбцов и данных). Каждый пакет передается за четы ре такта (10 нс).

Конвейеризация

Операция чтения/записи в Rambus-канале могут быть конвейеризированы. В этом случае время задержки первого пакета составляет 50 нс, далее операции чтения/записи осуществляются практически непрерывно.

При последовательном чередовании двух операций записи и двух операций чтения, адресованных к одной микросхеме, пропускная способность канала составляет 86% от предельной, а при адресации к разным микросхемам — 95%.

Контроллер памяти

Контроллер памяти Rambus осуществляет управление системой памяти RDRAM и основные функции мультиплексирования/демультиплексирования при преобразовании данных, передающихся по 16-разрядной последовательной шине Rambus-канала в 64-разрядную системную шину. Контроллер принадлежит к семейству специализированных интегрированных микросхем ASIC (Application Specific Integrated Circuits). Данные микросхемы способны объединить в себе функции, обычно реализуемые целым набором микросхем, но при этом оказываются существенно быстрее, компактнее и дешевле.

Основным элементом контроллера памяти Rambus (RMC — Rambus Memory Controller) является специализированная микросхема библиотеки макроядра (RAC — Rambus ASIC Cell). Здесь происходит преобразование высокоскоростных сигналов RSL канала Rambus в низкоскоростные сигналы CMOS-уровня.

Контроллер памяти осуществляет взаимодействие подсистемы памяти Rambus с другими компонентами персонального компьютера, взаимодействующими с памятью (центральным процессором, жестким диском, видеосистемой и др.).

Структурная схема микросхемы RDRAM представлена на рис. 7.

Внутреннее ядро RDRAM имеет 128/144-разрядную шину, работающую на частоте 100 МГц - 1/8 тактовой частоты Rambus-канала. Таким образом, каждые 10 нс в ядро (или из ядра) может быть передано 16 байт данных.

Компания Rambus планирует эволюционное развитие существующей линейки модулей RDRAM. В 2003-2004 годах ожидается выпуск как 32-, так и 64-битных чипов, работающих на эффективных частотах 1,2 и 1,33 Ггц (10,6 Гб/сек).

Параллельно Rambus представила новый сигнальный интерфейс памяти Yellowstone. Для реализации данного интерфейса планируется использовать три разработки: дифференциальный протокол передачи запросов, технологию ODR (Octal Data Rate), позволяющую за один такт передавать 8 бит данных, и технологию упрощающую привязку данных к тактовой частоте. По заявлению компании Rambus, технология Yellowstone позволит достичь тактовых частот 6,4 Ггц и пропускной способности до 100 Гб/сек.

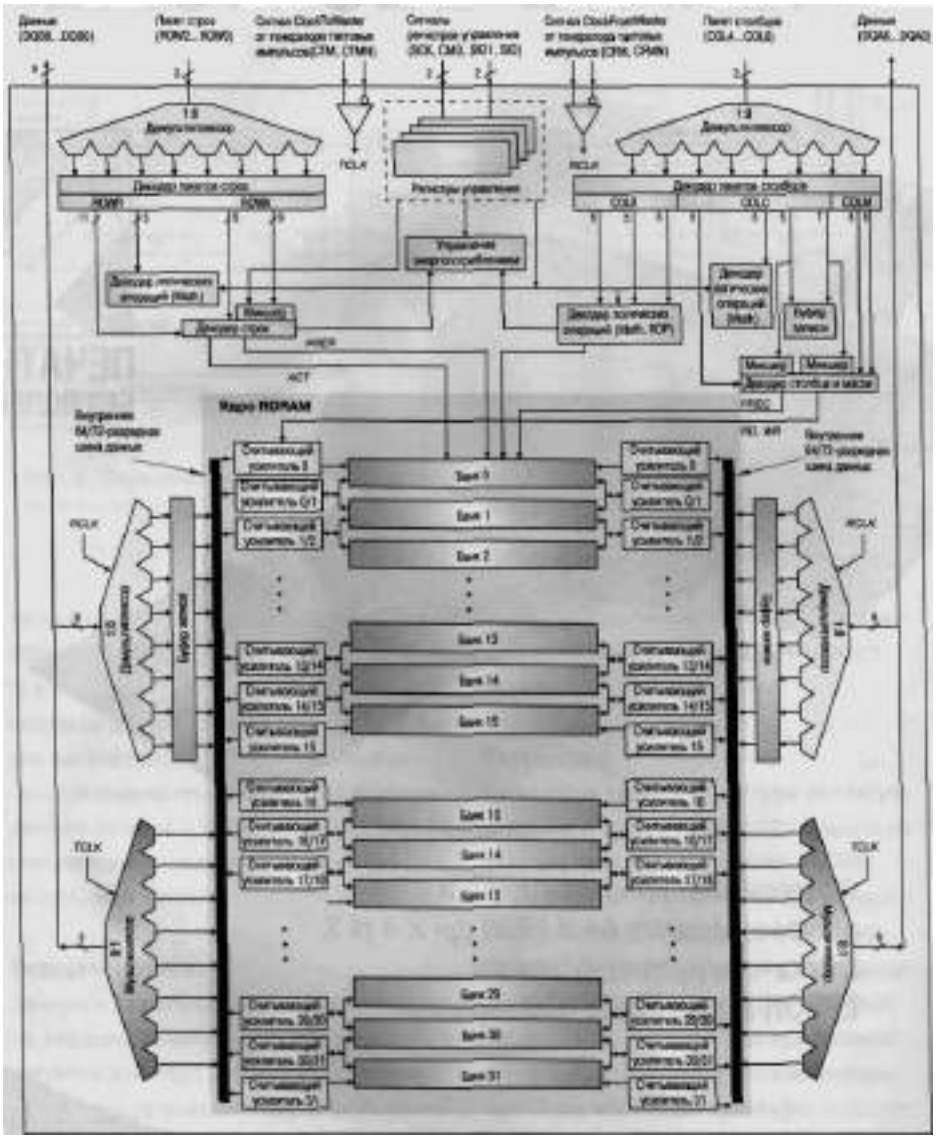


Рис.7 Структурная схема RDRAM

Год	Тип элемента	Частота шины, МГц	Разрядность шины памяти, бит	Максимальная пропускная способность, Мбайт/с	Пропускная способность линии памяти, Мбит/с/контакт
1987	FPM DRAM	25, 33	32	100, 132	24; 32
1995	EDO DRAM	40, 50	32	160, 200	40; 50
1997	PC 66 SDRAM	66	64	528	65,6
1998	PC 100 SDRAM	100	64	800	100
1999/2000	PC 133 SDRAM	133	64	1064	133
1999/2000	Direct RDRAM (один канал)	400, 600, 800*	16	800, 1200, 1600	400; 600; 800
2000	DDR200 SDRAM	200*	64	1600	200
2000	DDR266 SDRAM	266*	64	2100	256
2001	Direct RDRAM (два канала)	400, 600, 800*	16	1600, 2400, 3200	400; 600; 800
2001	Direct RDRAM	1066*	16	2133	1066
2001	DDR300	300*	64	2400	300
2002	DDR333	333*	64	2700	337
2003	DDR II	200, 400*	64	3200, 6400	400; 800

Лекция 2.

Программируемые логические интегральные схемы

ПЛИС - это матричные большие интегральные схемы, позволяющие программно скомпоновать в одном корпусе электронную схему, эквивалентную схеме, включающей от нескольких десятков до нескольких сотен ИС стандартной логики. По сравнению с другими микроэлектронными технологиями, в том числе базовыми матричными кристаллами (БМК), технология ПЛИС обеспечивает рекордно короткий проектно-технологический цикл (от нескольких часов до нескольких дней), минимальные затраты на проектирование, максимальную гибкость при необходимости модификации аппаратуры.

ПЛИС содержат программируемую матрицу элементов логического И, программируемую или фиксируемую матрицу элементов логического ИЛИ и так называемые макро ячейки. Макро ячейки как правило включают в себя триггер, тристабильный буфер и вентиль исключающее ИЛИ, управляющий уровнем активности сигнала. Размерность матриц и конфигурация макро ячеек определяют степень интеграции и логическую мощность ПЛИС. В сочетании с разнообразными обратными связями перечисленные элементы формируют завершённую автоматную структуру, ориентированную на реализацию как комбинационных (дешифраторов, мультиплексоров, сумматоров), так и последовательных схем (управляющих автоматов, контроллеров, счётчиков).

В ПЛИС заложены возможности, которые позволяют превратить её в ИС с любой функцией цифровой логики. Проектирование сводится к выявлению программируемых элементов (перемычек или запоминающих ячеек), после удаления которых в структуре схемы остаются только связи, которые необходимы для выполнения требуемых функций. На практике эта задача весьма не простая, т.к. современные ПЛИС содержат в среднем несколько десятков тысяч перемычек. Поэтому для проектирования применяют САПР ПЛИС. Каждая компания - производитель ПЛИС разрабатывает и выпускает свою САПР, обеспечивающую реализацию всех этапов проектирования для каждого типа программируемой логики. Благодаря различным САПР, а также структурным и технологическим особенностям, ПЛИС представляют технологию рекордно-короткого цикла разработки РЭА.

Если за рубежом ПЛИС уже заняли заметное место в арсенале разработчика РЭА, то в России эта технология только начинает по-настоящему развиваться.

В каких случаях целесообразно применять ПЛИС?

При разработке оригинальной аппаратуры, а также для замены обычных ИС. При этом значительно уменьшаются размеры устройства, снижается потребляемая мощность и повышается надёжность. (Наиболее эффективно использование ПЛИС в изделиях, требующих нестандартных схемотехнических решений. В этих случаях ПЛИС даже средней степени интеграции (24 вывода) заменяет, как правило, до 10-15 обычных ИС.)

При необходимости резко сократить сроки и затраты на проектирование, а также повысить возможность модификации и отладки аппаратуры. Поэтому ПЛИС широко применяется в стендовом оборудовании, на этапах разработки и производства опытной партии новых изделий, а также для эмуляции схем, подлежащих последующей реализации на другой элементной базе.

Отдельная область применения ПЛИС – проектирование на их основе устройств для защиты программного обеспечения и аппаратуры от несанкционированного доступа и копирования. ПЛИС обладают такой технологической особенностью, как «бит секретности», после программирования которого схема становится недоступной для чтения. Обычно применение 1-2 ПЛИС средней степени интеграции оказывается вполне достаточной для надёжной защиты информации.

Наиболее широко ПЛИС используются в микропроцессорной технике. На их основе разрабатываются контроллеры, адресные дешифраторы, логика обрамления микропроцессоров, формирователи управляющих сигналов и др. На ПЛИС часто изготавливают микропрограммные автоматы и другие специализированные устройства (цифровые фильтры, схемы обработки сигналов и изображений, процессоры быстрого преобразования Фурье, аппаратура уплотнения телефонных сигналов и т.д.).

Применение ПЛИС становится актуальным ещё и потому, что у разработчика зачастую нет необходимых стандартных микросхем.

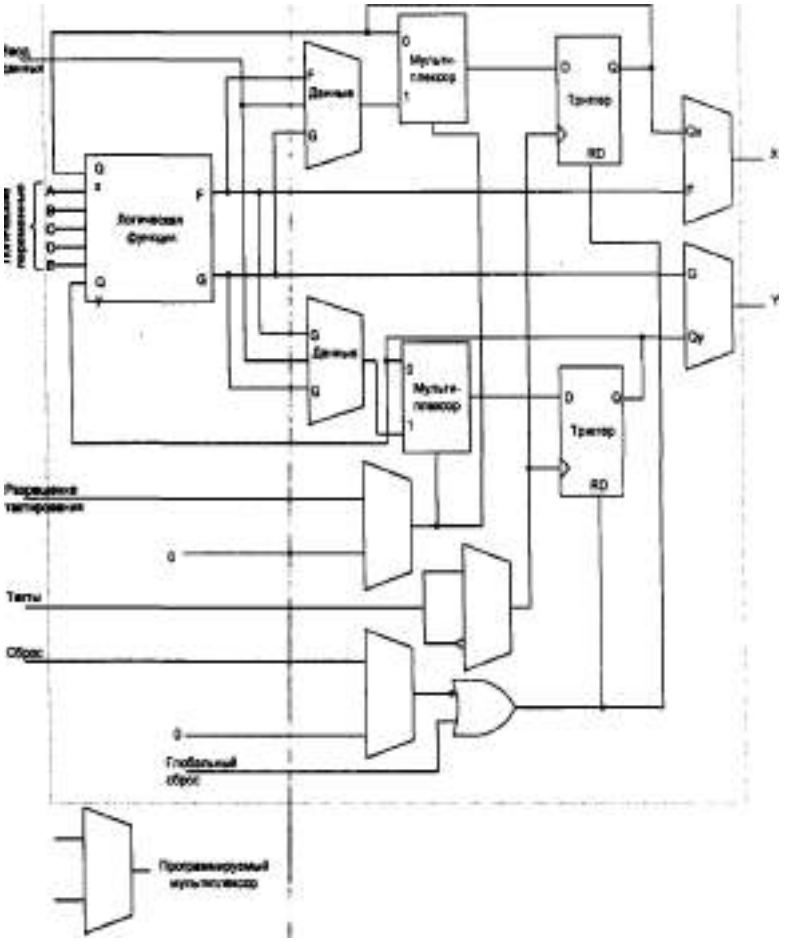


Рис. 8. Логический блок ПЛИС

В настоящее время на мировом рынке можно отметить несколько основных компаний-производителей — ПЛИС-XILINX, ALTERA, LATTICE, AT&T, INTEL, выпускающих микросхемы с архитектурой EPLD (EPROM technology bazed complex Programmable Logic Device) - многократно программируемые, и FPGA (Field Programmable Gate Array) - многократно реконфигурируемые.

В качестве памяти для хранения конфигурации в ПЛИС EPLD используется ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием, а у ПЛИС FPGA - статическое ОЗУ.

Микросхема FPGA представляет собой матрицу логических ячеек, соединенных между собой логическими ключами. Содержащаяся в микросхемах FPGA статическая память, будучи заполненной определенной битовой последовательностью, воздействует на логические ячейки и соединяющие их ключи, позволяя получить требуемые электрические схемы (регистры, счетчики, логические схемы и т.д., соединенные друг с другом в требуемом порядке). Каждая микросхема FPGA имеет также вход для записи битовой последовательности, заполняющей статическую память, а также элементы "вход/выход" для связи с другими микросхемами.

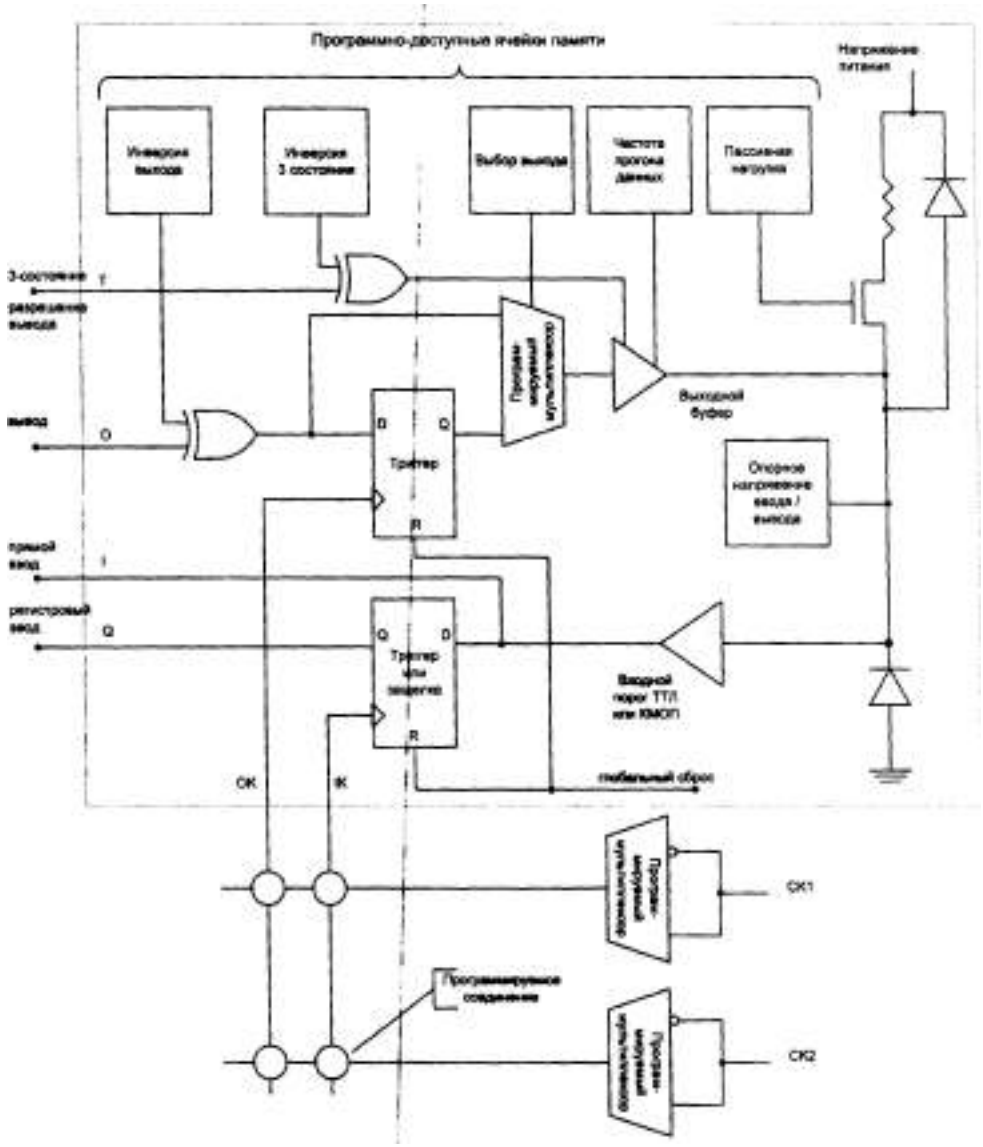


Рис. 9. Блок ввода/вывода ПЛИС

Существует крайняя точка зрения, что со временем ПЛИС вытеснят серийные микропроцессоры, так как пользователь сможет реализовать требуемую ему систему программными средствами, учитывая всю специфику своего приложения.

Таким образом, на основе одной или нескольких микросхем FPGA можно создать реконфигурируемый процессор, обладающий преимуществами спецпроцессора на "жесткой" логике, но способного путем изменения содержимого статической памяти решать любые задачи, подобно универсальному процессору.

Логический блок - один из базовых элементов архитектуры ПЛИС FPGA, может выполнять любую логическую функцию в соответствии с заданной битовой последовательностью (рис.8). Изменять выполняемую функцию можно неограниченное количество раз путем загрузки другой битовой последовательности.

Блок ввода/вывода (рис.9), так же как и логический блок, может быть настроен на выполнение любого электрического соединения реализованной внутри ПЛИС схемы с внешним миром через соответствующий контакт

микросхемы.

Направление развития микроэлектронных компонентов вычислительных систем

Для создания высокоэффективных вычислительных систем важно интегрировать на кристалле как можно больше функций по обработке и хранению данных, а также интерфейс с пользователем и другими вычислительными системами.

Стремление к интеграции совокупности функций обусловлено рядом факторов. Во-первых, при однокристальной реализации пропускная способность интерфейсов между подсистемами обработки и хранения данных не ограничивается количеством выводов корпуса кристалла и может достигать требуемого значения. Во-вторых, упрощается системная плата, на которую монтируется кристалл, уменьшается объем монтажных работ, повышаются показатели надежности и производительности вычислительной системы и уменьшается ее стоимость. В-третьих, снижаются требования к количеству выводов корпуса кристалла, так как минимизируется интерфейс с другими компонентами вычислительной системы, например с устройствами отображения информации. И, наконец, в четвертых, реализуются возможности миллионов транзисторов, которые могут быть размещены на кристалле. Эти транзисторы можно использовать как для построения специализированной системы, состоящей из совокупности проблемно-ориентированных блоков, так и для создания параллельных систем из нескольких процессоров.

Наряду с созданием однокристальных систем существует проблема организации быстрых интерфейсов между микросхемами в многокристальных системах, например между микросхемами процессора и памяти. В Pentium Pro эта проблема решается путем размещения в одном корпусе двух кристаллов: собственно микропроцессора и кэш-памяти второго уровня. Другое возможное решение этой проблемы заключается в создании многокристальных микросборок, в которых бескорпусные СБИС монтируются на кремниевой подложке с нанесенными, возможно несколькими, слоями межкристальных соединений.

Лекция 3.

Архитектура и структура микропроцессоров. Цикл работы микропроцессора: типы адресации и система команд.

Типы команд микропроцессоров.

В ходе эволюционного развития архитектур процессоров в состав системы команд вводились и, в силу преемственности программного обеспечения, закреплялись сложные команды, которые по мнению разработчиков соответствовали решаемым задачам. Мерой этого соответствия чаще всего был объем двоичного кода программы, так как минимизация длины программы

была равнозначна минимизации времени исполнения. Команды бывают разных типов: "регистр, регистр -> регистр", "память, память -> память", "регистр -> память" и др. Сложные команды модифицируют содержимое групп регистров и ячеек памяти, и для их реализации при приемлемых затратах оборудования, как правило, применяется микропрограммирование.

Команды называются скалярными, если входные операнды и результат являются числами (скалярами).

Команды называются векторными, если входные операнды и, возможно, результат являются вектором (массивом) чисел, а для преобразования данных массива (вектора) используется одна векторная команда. Примером векторной команды служит команда, при выполнении которой умножаются два очередных элемента двух массивов, далее произведение суммируется с содержимым некоторого заданного регистра, после чего модифицируются адреса памяти для доступа к двум очередным элементам массивов. Указанная последовательность действий повторяется заданное число раз по счетчику, определенному в теле команды.

Само появление векторных команд обусловлено стремлением ускорить обработку массивов данных за счет исключения затрат времени на выборку и дешифрацию команд обработки, одинаковых для всех компонент входных массивов.

Однако использование векторных команд требует подготовки программистом векторизованного кода программ, что, вообще говоря, эквивалентно разработке параллельных программ.

При сохранении последовательных программ для ускорения обработки применяются суперскалярные процессоры, в которых за счет параллельной работы функциональных устройств процессора в одном такте вырабатывается несколько скалярных результатов.

Структурный параллелизм микропроцессоров

Повышение производительности микропроцессоров достигается за счет увеличения тактовой частоты, совершенствования параллельной и конвейерной обработки данных, а также уменьшения времени доступа к памяти. Современные микропроцессоры содержат десять и более обрабатывающих устройств, каждое из которых представляет собой конвейер. Эффективная загрузка параллельно функционирующих конвейеров обеспечивается либо аппаратурой процессора, либо компилятором, на вход которого поступают программы на традиционном последовательном языке программирования, либо совместно аппаратурой и компилятором.

В компиляторах используется изощренная техника извлечения параллелизма из последовательных программ. Аппаратура микропроцессоров ориентирована на выделение более простых форм параллелизма, в том числе естественного. Стремление использовать присущий большинству программ естественный

параллелизм вычисления целочисленных адресных выражений и собственно обработки данных в формате с плавающей точкой привело к появлению разнесенных архитектур (decoupled architecture).

В первом приближении, микропроцессор с разнесенной архитектурой, как показано на рис.10, состоит из двух связанных подпроцессоров, каждый из которых управляется собственным потоком команд.

Условно эти подпроцессоры называются адресным A-процессором и исполнительным E-процессором. A- и E-процессоры имеют собственные наборы регистров A0,A1,... и X0,X1,..., соответственно и наборы команд. A-процессор выполняет все адресные вычисления и формирует обращения к памяти по чтению и записи. A-процессор является обыкновенным целочисленным процессором, поэтому он способен выполнять произвольные целочисленные преобразования, не связанные с вычислением адресов. E-процессор реализует вычисления с плавающей точкой.

Данные, извлекаемые из памяти, используются либо в A-процессоре, будучи помещенными в FIFO очередь AA, либо помещаются в FIFO очередь, называемую AE очередью, для отсылки в E-процессор. Когда E-процессору требуются данные из памяти, он берет их из очереди AE. Если очередь пуста, то E-процессор задерживается до поступления данных, что решает вопросы синхронизации работы A и E-процессоров. Если E-процессор выработал данное, которое должно быть отправлено в память, то он помещает его в FIFO очередь EA.

При записи данных в память после вычисления адреса A-процессор сразу отправляет адрес в FIFO очередь AW адресов записи в память, не дожидаясь, пока данные поступят в очередь EA. A-процессор группирует пары, выбирая первые элементы очередей EA и AW и отправляя эти пары в память. Естественно, если одна из очередей или обе пусты, то отсылка в память приостанавливается.

При чтении данных A-процессор отправляет адреса в память с указанием очередей AA или AE, в которые должны быть считаны данные из памяти.

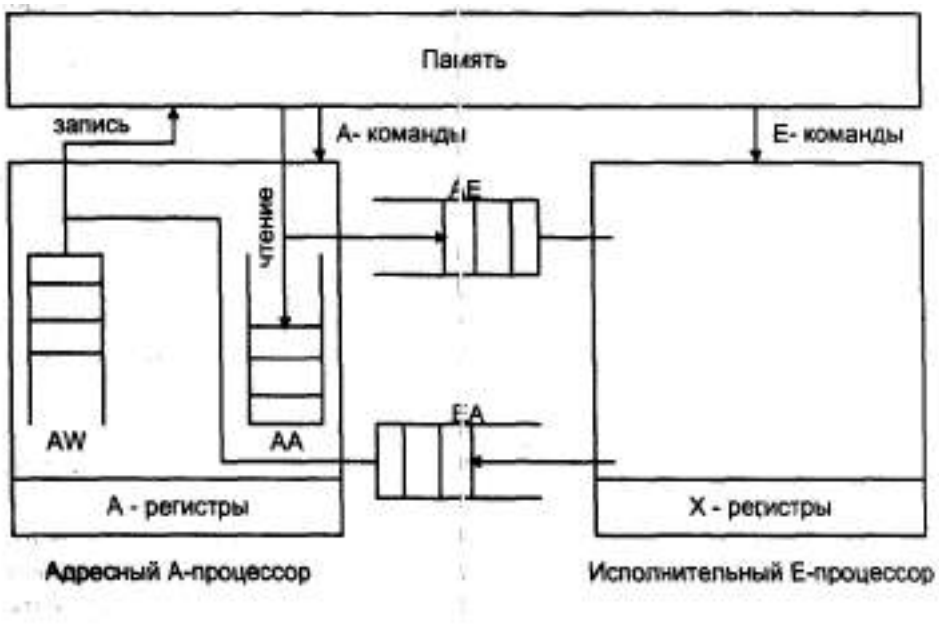


РИС.10. МИКРОПРОЦЕССОР С РАЗНЕСЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Разнесенная архитектура позволяет достигать при скалярной обработке производительности, характерной для векторных процессоров, за счет предвыборки данных из памяти и автоматической развертки нескольких последовательных витков цикла в А-процессоре. Проблемы расщепления программы на программы для А- и Е-процессоров решаются на уровне компилятора или специальным блоком-расщепителем.

Важным системным аспектом разнесенной архитектуры служит интерфейс между процессором и памятью посредством транзакций чтения и записи. Это позволяет расположить между процессором и памятью произвольную коммутационную среду, что подводит логический базис под концепцию построения многопроцессорных систем.

Лекция 4.

Структурные методы уменьшения времени доступа к памяти

Совершенствование архитектуры микропроцессоров и механизмов доступа к памяти не может происходить без принятия совокупности соглашений о структуре программ и обрабатываемых данных. Это обусловлено, например, тем, что время доступа в основную память десять и более раз больше, чем время выполнения преобразований данных в регистрах процессора. Потому необходимо находить решения по уменьшению времени доступа, учитывающие этот факт.

Иерархическая структура памяти. Идеальная память должна обеспечивать процессор командами и данными так, чтобы не вызывать простоев процессора. При этом память должна иметь большую емкость. В современных условиях уменьшение времени доступа достигается введением многоуровневой иерархии памяти. Время доступа зависит от объема и типа используемой памяти.

Типовая современная иерархия памяти имеет следующую структуру:

• регистры 64 - 256 слов с временем доступа 1 такт процессора;

• кэш 1 уровня - 8к слов с временем доступа 1-2 такта;

• кэш 2 уровня - 256к слов с временем доступа 3-5 тактов;

• основная память - до 4 Гигаслов с временем доступа 12-55 тактов.

Используя помимо основной памяти небольшую и более быструю буферную память, можно значительно сократить количество обращений к основной памяти, за счет аккумуляции текущего фрагмента программного кода в буферной памяти. Создание иерархической многоуровневой памяти, пересылающей блоки программ и данных между уровнями памяти за время, пока предшествующие блоки обрабатываются процессором, позволяет существенно сократить простои процессора в ожидании данных. При этом эффект уменьшения времени доступа в память будет тем больше, чем больше время обработки данных в буферной памяти по сравнению с временем пересылки между буферной и основной памятью. Это достигается при локальности обрабатываемых данных, когда процессор многократно использует одни и те же данные для выработки некоторого результата. Например, такая ситуация имеет место при решении систем уравнений в научных и инженерных расчетах, когда короткие участки программного кода с большим количеством вложенных и зацепленных друг с другом циклов обрабатывают поочередно, переходя от точки к точке, небольшие порции данных, многократно используя одни и те же данные и внутренние результаты.

В связи с тем, что локально обрабатываемые данные могут возникать в динамике вычислений и не обязательно сконцентрированы в одной области при статическом размещении в основной памяти, буферную память организуют как ассоциативную, в которой данные содержатся в совокупности с их адресом в основной памяти. Такая буферная память получила название кэш-памяти. Кэш-память позволяет гибко согласовывать структуры данных, требуемые в динамике вычислений, со статическими структурами данных основной памяти.

Кэш имеет совокупность строк (cache-lines), каждая из которых состоит из фиксированного количества адресуемых единиц памяти (байтов, слов) с последовательными адресами. Типичный размер строки: 16, 64, 128, 256 байтов.

Наиболее часто используются три способа организации кэш-памяти, отличающиеся объемом аппаратуры, требуемой для их реализации. Это так называемые кэш-память с прямым отображением (direct-mapped cache), частично ассоциативная кэш-память (set-associative cache) и ассоциативная кэш-память (fully associative cache).

При использовании кэш-памяти с прямым отображением адрес представляется как набор трех компонент, составляющих группы старших, средних и младших разрядов адреса, соответственно тега, номера строки, смещения. Например, при 16-разрядном адресе старшие 5 разрядов могут представлять тег, следующие 7 разрядов - номер строки и последние 4 разряда - смещение в строке. В этом случае строка состоит из 6 адресуемых единиц памяти, всего

строк в кэше 128. Кэш-память с прямым отображением представляет собой набор строк, каждая из которых содержит компоненту тег и элементы памяти строки, адрес которых идентифицируется смещением относительно начала строки.

При этом устанавливается однозначное соответствие между адресом элемента памяти и возможным расположением этого элемента памяти в кэше, а именно: элемент памяти всегда располагается в строке, задаваемой компонентой "номер строки" адреса, и находится на позиции строки, задаваемой компонентой "смещение" адреса,

Наличие элемента данных по запрашиваемому адресу в кэше определяется значением тега. Если тег строки кэш-памяти равен компоненте "тег" адреса, то элемент данных содержится в кэш-памяти.

Иначе необходима подкачка в кэш-память строки, с заданным в адресе тегом.

Так как для определения наличия нужной строки данных в кэш-памяти требуется только одно сравнение тегов заданной строки и адреса, а само замещение строк выполняется по фиксированному местоположению, то объем оборудования, необходимый для реализации этого типа кэш-памяти, достаточно мал.

Недостатки этой организации - очевидны. Если программа использует поочередно элементы памяти из одной строки, но с различными значениями тегов, то это вызывает при каждом обращении замену строки с обращением к данным основной памяти.

Ассоциативная кэш-память использует двухкомпонентное представление адреса: группа старших разрядов трактуется как тег, а группа младших разрядов - как смещение в строке.

Нахождение строки в кэше определяется совпадением тега-строки со значением тега адреса. Количество строк в кэше может быть произвольным (естественное ограничение - количество возможных значений тегов). Поэтому при определении нахождения требуемой строки в кэш-памяти необходимо сравнение тега адреса с тегами всех строк кэша. Если выполнять это последовательно, строка за строкой, то время выполнения сравнений будет непозволительно большим. Поэтому сравнение выполняется параллельно во всех строках с использованием принципов построения ассоциативной памяти, что и дало название этому способу организации кэш-памяти.

При отсутствии необходимой строки в кэш-памяти одна из его строк должна быть заменена на требуемую. Используются разнообразные алгоритмы определения заменяемой строки, например циклический, замена наиболее редко используемой строки, замена строки, к которой дольше всего не было обращений, и другие.

Частично-ассоциативная кэш-память комбинирует оба вышеописанных подхода: кэш-память состоит из набора ассоциативных блоков кэш-памяти. Средняя компонента адреса задает в отличие от прямо адресуемой кэш-памяти

не номер строки, а номер одного из ассоциативных блоков. При поиске данных ассоциативное сравнение тегов выполняется только для набора блоков (возможна организация кэша, когда таких наборов несколько), номер которого совпадает со средней компонентой адреса. По количеству n строк в наборе кэш-память называется n-входовой.

Соответствие между данными в оперативной памяти и кэш-памяти обеспечивается внесением изменений в те области оперативной памяти, для которых данные в кэш-памяти подверглись модификации. Соответствие данных обеспечивается параллельно с основными вычислениями. Существует несколько способов его реализации (и, соответственно, несколько режимов работы кэш-памяти).

Один способ предполагает внесение изменений в оперативную память сразу после изменения данных в кэше. При этом процессор простаивает в ожидании завершения записи в основную память. В основной памяти поддерживается правильная копия данных кэша, и при замене строк не требуется никаких дополнительных действий. Кэш-память, работающая в таком режиме, называется памятью со сквозной записью (write- through).

Другой способ предполагает отображение изменений в основной памяти только в момент вытеснения строки данных из кэша. Если данные по адресу памяти, в который необходимо произвести запись, находятся в кэш-памяти, то идет запись только в кэш-память. При отсутствии данных в кэш-памяти производится запись в основную память. Такой режим работы кэша получил название обратной записи (write-back).

Существуют также промежуточные варианты (buffed write though), при которых запросы на изменение в основной памяти буферизуются и не задерживают процессор на время операции записи в память. Эта запись выполняется по мере возможности доступа контроллера кэш-памяти к основной памяти.

В процессорах, предусматривающих возможность использования в мультипроцессорных конфигурациях, применяется более сложный протокол MESI (Modified, Exclusive, Shared, Invalid) организации кэш-памяти с обратной записью, который предотвращает лишние передачи данных между кэш-памятью и основной памятью.

Для мультипроцессорных систем, в которых память физически распределена между процессорными модулями, идентичность данных в кэшах (когерентность кэшей) различных модулей поддерживается с помощью межмодульных пересылок. Существует несколько основных подходов.

Прямолинейный подход к поддержанию когерентности кэшей в мультипроцессорной системе заключается в том, что при каждом непопадании в кэш в любом процессоре инициируется запрос требуемой строки из того блока памяти, в котором эта строка размешена. В дальнейшем этот блок памяти будет по отношению к этой строке называться резидентным. Запрос передается через коммутатор в модуль с резидентным для строки блоком памяти, из которого

затем необходимая строка через коммутатор присылается в модуль, в котором произошло непопадание. Таким образом, в частности, обеспечивается начальное заполнение кэшей. При этом в каждом модуле для каждой резидентной строки ведется список модулей, в кэшах которых эта строка размещается. Строка, размещенная в кэше более чем одного модуля, в дальнейшем будет называться разделяемой.

Собственно когерентность кэшей обеспечивается следующим. При обращении к кэш-памяти в ходе операции записи данных, после самой записи, процессор приостанавливается до тех пор, пока не выполнится последовательность действий: измененная строка кэша пересылается в резидентную память модуля, затем, если строка была разделяемой, она пересылается из резидентной памяти во все модули, указанные в списке модулей, разделяющих эту строку. После получения подтверждений, что все копии изменены, резидентный модуль пересылает в процессор, приостановленный после записи, разрешение продолжать вычисления.

Изложенный алгоритм обеспечения когерентности хотя и является логически работоспособным, однако практически редко применяется из-за больших простоев процессоров при операциях записи в кэш строки. На практике применяют более сложные алгоритмы, обеспечивающие меньшие простои процессоров.

Для изложения одного из алгоритмов поддержки когерентности кэшей, известного как DASH, зададим некоторые начальные условия и введем определения.

Каждый модуль имеет для каждой строки, резидентной в модуле, список модулей, в кэшах которых размещены копии строк.

С каждой строкой в резидентном для нее модуле свяжем три ее возможных глобальных состояния:

1) "некэшированная", если копия строки не находится в кэше какого-либо другого модуля, кроме, возможно, резидентного для этой строки;

2) "удаленно-разделенная", если копии строки размещены в кэшах других модулей;

3) "удаленно-измененная", если строка изменена операцией записи в каком-либо модуле.

Кроме этого, каждая строка кэша может находиться в одном из трех локальных состояний:

1) "невозможная к использованию";

2) "разделяемая", если есть неизмененная копия, которая, возможно, размещается также в других кэшах;

3) "измененная", если копия изменена операцией записи,

Перейдем к изложению алгоритма. Каждый процессор может читать из своего кэша, если состояние читаемой строки "разделяемая" или "измененная".

Если строка отсутствует в кэше или находится в состоянии "невозможная к использованию", то посылается запрос "промах чтения", который направляется в модуль, резидентный для требуемой строки.

Бели глобальное состояние строки в резидентном модуле - "некэшированная" или "удаленно-разделенная", то копия строки посылается в запросивший модуль, а в список модулей, содержащих копии рассматриваемой строки, вносится модуль, запросивший копию.

Если состояние строки "удаленно-измененная", то запрос "промах чтения" перенаправляется в модуль, содержащий измененную строку. Этот модуль пересылает требуемую строку в запросивший модуль и в модуль, резидентный для этой строки, и устанавливает в резидентном модуле для этой строки состояние удаленно-распределенная .

Если процессор выполняет операцию записи и состояние строки, в которую производится запись, - "измененная", то запись выполняется и вычисления продолжаются. Если состояние строки - "невозможная к использованию" или "разделяемая", то модуль посылает в резидентный для строки модуль запрос на захват в исключительное использование этой строки и приостанавливает выполнение записи до получения подтверждений, что все остальные модули, разделяющие с ним рассматриваемую строку, перевели ее копии в состояние "невозможная к использованию".

Если глобальное состояние строки в резидентном модуле - "некэшированная", то строка отсылается запросившему модулю, и этот модуль продолжает приостановленные вычисления .

Если глобальное состояние строки - "удаленно-разделенная", то резидентный модуль рассылает по списку всем модулям, имеющим копию строки, запрос на переход этих строк в состояние "невозможная к использованию". По получении этого запроса каждый из модулей изменяет состояние своей копии строки на "невозможная к использованию" и посылает подтверждение исполнения в модуль, инициировавший операцию записи. При этом в приостановленном модуле строка после исполнения записи переходит в состояние "удаленно-измененная".

Предпринимаются попытки повысить эффективность реализации алгоритма когерентности, в частности, за счет учета специфики параллельных программ, в которых используются асинхронно одни и те же данные на каждом временном интервале исключительно одним процессором с последующим переходом обработки к другому процессору. Такого рода ситуации случаются, например, при определении условий окончания итераций, В этом случае возможна более эффективная схема передачи строки из кэша одного процессора в кэш другого процессора.

В системах, использующих коммутатор с временным разделением (шину), интерфейс с шиной каждого модуля "прослушивает" все передачи по шине, поэтому нет необходимости вести списки модулей, разделяющих строки.

Кэш-память с обратной записью создает меньшую нагрузку на шину

процессора и обеспечивает большую производительность, однако контроллер для write-back кэша значительно сложнее.

Контроллер кэша отслеживает адреса памяти, выдаваемые процессором, и если адрес соответствует данным, содержащимся в одной из строк кэша, то отмечается "попадание в кэш", и данные из кэша направляются в процессор. Если данных в кэше не оказывается, то фиксируется "промах", и инициируются действия по доставке в кэш из памяти требуемой строки. В ряде процессоров, выполняющих одновременно совокупность команд, допускается несколько промахов, прежде чем будет запущен механизм замены строк.

Рассуждения о том, какой способ организации кэш-памяти более предпочтителен, должны учитывать особенности генерации программ компилятором, а также использование программистом при подготовке программы сведений о работе компилятора и контроллера кэш-памяти. То есть более простой способ организации кэш-памяти, поддерживаемый компилятором, при исполнении программ, написанных в соответствии с некоторыми правилами, обусловленными особенностями компиляции и организации кэш-памяти, может дать лучший результат, чем сложный способ организации кэш-памяти.

Так как области памяти программ и данных различны и к ним происходит одновременный доступ, то для повышения параллелизма при работе с памятью делают отдельные кэши команд и данных.

Расслоение памяти. Другим структурным способом уменьшения времени доступа к памяти служит расслоение памяти. В предположении, что выборка из памяти выполняется по последовательным адресам возможно использование k блоков памяти с размещением в блоке i, где i=0,…, k-1, слов с адресами n=i+krrp mod k, где p=0,1,..., M. В этом случае возможно k параллельных обращений в память по адресам, принадлежащим различным блокам. Поэтому выборка команд программы за исключением команд, выбираемых как результат ветвления, может быть ускорена применением расслоения памяти. Аналогично может быть ускорена обработка массивов данных, последовательные элементы которых помещаются в разные блоки памяти.

Многоуровневая иерархия и расслоение памяти могут использоваться совместно.

CISC- и RISC- процессоры.

АППАРАТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ УРОВНЕМ РАЗВИТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРАЯ ОГРАНИЧИВАЕТ ЧИСЛО ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАЗМЕЩАЕМЫХ НА КРИСТАЛЛЕ. ФАКТИЧЕСКИ ЕГО РАЗМЕРЫ И ЧИСЛО РАЗМЕЩАЕМЫХ НА НЕМ ТРАНЗИСТОРОВ ПОЧТИ ЦЕЛИКОМ ОПРЕДЕЛЯЮТ ТОТ НАБОР АППАРАТНЫХ УСТРОЙСТВ, КОТОРЫЕ ВКЛЮЧАЮТСЯ В СОЗДАВАЕМЫЙ ПРОЦЕССОР. РАЗРАБОТЧИКИ СТРЕМЯТСЯ ВВЕСТИ В ЕГО СОСТАВ КАК МОЖНО БОЛЬШЕЕ ЧИСЛО РАЗЛИЧНЫХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ И ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, СОПРОЦЕССОРОВ И Т.Д., ПОСКОЛЬКУ ОЧЕВИДНО, ЧТО АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КАКОЙ-ЛИБО ФУНКЦИИ ОБЕСПЕЧИВАЕТ БОЛЕЕ БЫСТРОЕ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЕ, ЧЕМ ПРОГРАММНАЯ. ДА И ДЛИНА КОДА ДЛЯ РЕАЛИЗУЕМЫХ АППАРАТНЫМ ПУТЕМ ФУНКЦИЙ СУЩЕСТВЕННО МЕНЬШЕ, ПОЭТОМУ В 80-Х ГОДАХ ПРОЦЕССОРЫ "РОСЛИ ВШИРЬ", ОСНАЩАЛИСЬ НОВЫМИ УЗЛАМИ, СОВЕРШЕНСТВУЯ УЖЕ ИМЕЮЩИЕСЯ. КРОМЕ ТОГО, РАЗРАБОТЧИКАМ

ПРОЦЕССОРОВ ПРИХОДИЛОСЬ ПОСТОЯННО ПОДСТРАИВАТЬСЯ ПОД СТРЕМЛЕНИЕ ПРОГРАММИСТОВ ИМЕТЬ ВОЗМОЖНО БОЛЕЕ МОЩНУЮ И ГИБКУЮ СИСТЕМУ КОМАНД. ТАКИЕ СИСТЕМЫ КОМАНД С РАЗНООБРАЗНЫМИ СПОСОБАМИ АДРЕСАЦИИ И НАБОРАМИ УСЛОВНЫХ ПЕРЕХОДОВ И ВЫЗОВОВ ПОДПРОГРАММ, СТРОКОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ И ПРЕФИКСАЦИЯМИ ОБЕСПЕЧИВАЛИ СОЗДАНИЕ КОРОТКИХ ПРОГРАММ, ГАРАНТИРОВАЛИ МЕНЬШЕЕ ЧИСЛО ОШИБОК В НИХ. И РАЗРАБОТЧИКИ НЕ МОГЛИ НЕ СЧИТАТЬСЯ С ЭТИМ.

! ПОД АРХИТЕКТУРОЙ В ДАННОМ СЛУЧАЕ СЛЕДУЕТ ПОНИМАТЬ ТОЛЬКО СИСТЕМУ КОМАНД, ИГРАЮЩУЮ РОЛЬ ИНТЕРФЕЙСА МЕЖДУ АППАРАТНЫМ И ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ.

ПЕРВЫЕ РОСТКИ ПРОТИВОРЕЧИЙ, ПРИВЕДШИХ К ТОМУ, ЧТО ПУТИ ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗРАБОТКОЙ И ПРОИЗВОДСТВОМ МП КОМПАНИЙ РАЗОШЛИСЬ В РАЗНЫЕ СТОРОНЫ, ОБНАРУЖИЛИСЬ ДАВНО. ЗА ПЕРВЫЕ 10 ЛЕТ СУЩЕСТВОВАНИЯ МП СФОРМИРОВАЛАСЬ АРХИТЕКТУРА CISC (COMPLEX INSTRUCTION SET COMPUTING — ВЫЧИСЛЕНИЯ СО СЛОЖНЫМ НАБОРОМ ИНСТРУКЦИЙ). В ПОСТРОЕННЫХ ПО ЕЁ ПРИНЦИПАМ ПРОЦЕССОРАХ БОЛЕЕ 2/3 КРИСТАЛЛА ЗАНИМАЮТ ЛОГИКА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ ВЫБОРКУ И ДЕКОДИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ИНСТРУКЦИЙ, ПРЯМОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕ ТОЛЬКО С РЕГИСТРОВОЙ ПАМЯТЬЮ, НО И С ВНЕШНЕЙ, А ТАКЖЕ ИЗОЩРЁННЫЕ СХЕМЫ АДРЕСАЦИИ. ПРИ ЭТОМ БЛОКИ, НЕПОСРЕДСТВЕННО ЗАНЯТЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ ЗАНИМАЮТ ЛИШЬ 1/3 ПЛОЩАДИ КРИСТАЛЛА. НА ПРОТЯЖЕНИИ НЕСКОЛЬКИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ СИСТЕМЫ КОМАНД ЭВОЛЮЦИОНИРОВАЛИ, НАХОДЯСЬ В СЛОЖНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТОИМОСТИ АППАРАТНЫХ РЕСУРСОВ, И ПРЕЖДЕ ВСЕГО САМОГО ДОРОГОГО ИЗ НИХ – ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ. ИНЖЕНЕРАМИ РУКОВОДИЛО СТРЕМЛЕНИЕ СОКРАТИТЬ РАЗМЕР ПРОГРАММ, ДЛЯ ЭТОГО ОНИ СТАРАЛИСЬ ВЛОЖИТЬ КАК МОЖНО БОЛЬШЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ В ОДНУ КОМАНДУ. К НАЧАЛУ 80-Х ЧИСЛО ТАКИХ КОМАНД ДОСТИГЛО ПОЧТИ 300 СОТЕН, И ПОЧТИ КАЖДАЯ ИЗ НИХ ИМЕЛА ДО 6 ТИПОВ АДРЕСАЦИИ. К ТОМУ ЖЕ КОМАНДЫ НЕ ИМЕЛИ ФИКСИРОВАННОЙ ДЛИНЫ.

ОДНАКО, НАЧИНАЯ С НЕКОТОРОГО МОМЕНТА CISC-ИДЕОЛОГИЯ СТАЛА НЕ УСКОРИТЕЛЕМ, А ТОРМОЗОМ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ. ДЕЛО В ТОМ, ЧТО БОЛЬШОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КОМАНД И РАЗЛИЧНАЯ ИХ ДЛИНА СУЩЕСТВЕННО УСЛОЖНЯЮТ АППАРАТУРУ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ПРОЦЕССОРА. ТАК, НАПРИМЕР, ОНА ДОЛЖНА ОПРЕДЕЛИТЬ ДЛИНУ КОМАНДЫ (МОЖЕТ ВАРЬИРОВАТЬСЯ В ПРЕДЕЛАХ ОТ ОДНОГО ДО ПЯТИ-ШЕСТИ БАЙТ), ВЫДЕЛИТЬ КОД ОПЕРАЦИИ, ПОДГОТОВИТЬ ОПЕРАНДЫ, КОТОРЫЕ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ КАК В РЕГИСТРАХ, ТАК И В ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ. РЕЗУЛЬТАТ ВЫЧИСЛЕНИЙ ТАКЖЕ НУЖНО ПЕРЕНЕСТИ ИЛИ В ПАМЯТЬ, ИЛИ В КАКОЙ-ЛИБО ИЗ РЕГИСТРОВ.

ОСОЗНАВ УКАЗАННЫЕ ФАКТЫ, МНОГИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ УЖЕ В 80-Е ГОДЫ НАЧАЛИ ПОИСКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ. БЫЛО ЯСНО, ЧТО НУЖНО ПОПЫТАТЬСЯ УМЕНЬШИТЬ «НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ», ОТЪЕДАЮЩИЕ ДО ДВУХ ТРЕТЕЙ ПОЛЕЗНОЙ ПЛОЩАДИ КРИСТАЛЛА, СНИЗИВ ЧИСЛО ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В НИХ ДО МИНИМУМА. ДЛЯ ЭТОГО БЫЛО НЕОБХОДИМО ПЕРЕНЕСТИ "ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ" НА ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, ОСТАВИВ МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОЕ ЧИСЛО КОМАНД, ИМЕЮЩИХ ПРОСТУЮ И РЕГУЛЯРНУЮ СТРУКТУРУ. ДРУГИМИ СЛОВАМИ, НАЧАЛА ФОРМИРОВАТЬСЯ СТРАТЕГИЯ "ДЛИННАЯ ПРОГРАММА — КОРОТКИЕ КОМАНДЫ" В ПРОТИВОВЕС ГОСПОДСТВУЮЩЕЙ «КОРОТКАЯ ПРОГРАММА — ДЛИННЫЕ КОМАНДЫ». ОСТАВАЛОСЬ ТОЛЬКО НАЙТИ РАЗУМНЫЙ КОМПРОМИСС МЕЖДУ РЕСУРСАМИ, ОТВОДИМЫМИ ОСНОВНЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ УЗЛАМ ПРОЦЕССОРА И УСТРОЙСТВАМ УПРАВЛЕНИЯ.

И ВСКОРЕ ЭТОТ КОМПРОМИСС БЫЛ НАЙДЕН. ВНАЧАЛЕ ДЖОН КУК ИЗ IBM RESEARCH LABS НА СВОЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ "MODEL 801" ПОКАЗАЛ, ЧТО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ПРОГРАММЕ ЛИШЬ ПРОСТЕЙШИХ КОМАНД ФОРМАТА «РЕГИСТР—

РЕГИСТР» (ОПЕРАНДЫ ИЗВЛЕКАЮТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ИЗ РЕГИСТРОВ И ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ПОМЕЩАЮТСЯ ТОЛЬКО В РЕГИСТРЫ) СКОРОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ БОЛЬШИНСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ВОЗРАСТАЕТ В ДВА-ТРИ РАЗА. ЗАТЕМ УЧЕНЫМИ СТЕНФОРДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА БЫЛО ПОКАЗАНО, ЧТО ИСКЛЮЧЕНИЕ ИЗ НАБОРА КОМАНД СЛОЖНЫХ ОПЕРАЦИЙ УМЕНЬШАЕТ ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЦЕССОРА НА ПОРЯДОК ЗА СЧЕТ УПРОЩЕНИЯ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПРОЦЕССОРА (ПРИ ЭТОМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ ОСТАЕТСЯ ПРАКТИЧЕСКИ НЕИЗМЕННОЙ).

ОПЫТ МНОГОЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОГРАММ ВЫЯВИЛ, ЧТО 80 % ПРОЦЕССОРНОГО ВРЕМЕНИ ОБЫЧНО ТРАТИТСЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕГО 20 % ОТ ОБЩЕГО ЧИСЛА ИНСТРУКЦИЙ ОБЫЧНЫХ CISC-ПРОЦЕССОРОВ. ПРИЧЕМ ВСЕ ЭТИ 20 % ПРИХОДЯТСЯ НА КОМАНДЫ ТИПА "РЕГИСТР—РЕГИСТР".

И НАКОНЕЦ, В РАБОТАХ Д. ПАТТЕРСОНА И К. СЕКУИНА БЫЛИ СФОРМУЛИРОВАНЫ ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПА, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПОЛОЖЕНЫ В ОСНОВУ ПРОЦЕССОРОВ ГРУППЫ RISC (REDUCED INSTRUCTION SET COMPUTING – ВЫЧИСЛЕНИЯ С СОКРАЩЕННЫМ НАБОРОМ КОМАНД):

А) ЛЮБАЯ ОПЕРАЦИЯ, К КАКОМУ БЫ ТИПУ ОНА НИ ПРИНАДЛЕЖАЛА, ДОЛЖНА ВЫПОЛНЯТЬСЯ ЗА ОДИН ТАКТ;

Б) ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РЕАЛИЗУЮТСЯ ТОЛЬКО В ФОРМАТЕ “РЕГИСТР—РЕГИСТР”. ОБМЕН МЕЖДУ ПАМЯТЬЮ И РЕГИСТРАМИ (Т. Е. МОДИФИКАЦИЯ ПАМЯТИ И ЧТЕНИЕ ИЗ НЕЕ НЕОБХОДИМЫХ ДАННЫХ) ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ТОЛЬКО ЛИШЬ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМАНД ЧТЕНИЯ/ЗАПИСИ;

В) СИСТЕМА КОМАНД ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ МИНИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРОСТЕЙШИХ КОМАНД ОДИНАКОВОЙ ДЛИНЫ:

Г) СОСТАВ СИСТЕМЫ КОМАНД ДОЛЖЕН БЫТЬ ОПТИМИЗИРОВАН С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ КОМПИЛЯТОРОВ ЯЗЫКОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ.

КСТАТИ, НАД ИДЕЯМИ, ВОШЕДШИМИ В КОНЦЕПЦИЮ RISC, ТРУДИЛИСЬ НЕ ТОЛЬКО НА ЗАПАДЕ. ЕЩЁ В 70-Х ГОДАХ, КОГДА АМЕРИКАНСКИЕ УЧЁНЫЕ ТОЛЬКО ПРИБЛИЗИЛИСЬ К ФОРМУЛИРОВКЕ ТОГО, ЧТО СТАЛО НАЗЫВАТЬСЯ RISC, В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ УЖЕ БЫЛИ ПОСТРОЕНЫ БОЛЬШИЕ ЭВМ, В КОТОРЫХ БЫЛИ РЕАЛИЗОВАНЫ РЕШЕНИЯ, ПОЗВОЛИВШИЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ RISC-АРХИТЕКТУРУ В ОБЛАСТИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ. НАПРИМЕР, СУПЕРСКАЛЯРНАЯ АРХИТЕКТУРА БЫЛА РЕАЛИЗОВАНА У НАС 1978 ГОДУ, В ТО ВРЕМЯ КАК АМЕРИКАНЦЫ ПОДОШЛИ К НЕЙ ЛИШЬ В НАЧАЛЕ 90-Х ГОДОВ. А ВЕДЬ ИМЕННО СУПЕРСКАЛЯРНОСТЬ НАЗЫВАЮТ СЕГОДНЯ 5-ЫМ КРИТЕРИЕМ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОРА К RISC-АРХИТЕКТУРЕ.

НАИБОЛЕЕ СЛОЖНО ВЫПОЛНИМОЕ ИЗ УПОМЯНУТЫХ ТРЕБОВАНИЙ — ПЕРВОЕ, В СООТВЕТСТВИИ С КОТОРЫМ, КАЖДАЯ КОМАНДА ДОЛЖНА ВЫПОЛНЯТЬСЯ НЕ БОЛЕЕ ЧЕМ ЗА ОДИН ТАКТ. ОДНАКО, НЕСМОТРЯ НА СУЩЕСТВЕННОЕ УПРОЩЕНИЕ, НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПО-ПРЕЖНЕМУ ВЫПОЛНЯЛО ОПЕРАЦИИ ПО ЧТЕНИЮ КОДА КОМАНДЫ, ДЕКОДИРОВАНИЮ, ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАНДОВ, СОБСТВЕННО ВЫПОЛНЕНИЮ КОМАНДЫ И ПЕРЕМЕЩЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТА В СООТВЕТСТВУЮЩИЙ РЕГИСТР. ЕСЛИ УЧЕСТЬ, ЧТО КАЖДАЯ ИЗ ЭТИХ ОПЕРАЦИЙ ОБЯЗАНА СИНХРОНИЗИРОВАТЬСЯ С ФРОНТОМ (ИЛИ СПАДОМ) СИГНАЛА ТАКТОВОГО ГЕНЕРАТОРА, ТО ЕДИНСТВЕННО ВОЗМОЖНЫЙ ВАРИАНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАК НАЗЫВАЕМОГО КОНВЕЙЕРА КОМАНД. ПРИ ЭТОМ ПО ПЕРВОМУ ПЕРЕПАДУ СИГНАЛА ТАКТОВОГО ГЕНЕРАТОРА В СООТВЕТСТВУЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ВЫДЕЛЯЕТСЯ КОД ОПЕРАЦИИ, КОТОРЫЙ ЗАТЕМ ПЕРЕДАЕТСЯ В УСТРОЙСТВО ДЕКОДИРОВАНИЯ; ПО ВТОРОМУ - В УСТРОЙСТВЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВЫДЕЛЯЕТСЯ КОД ОПЕРАЦИИ СЛЕДУЮЩЕЙ КОМАНДЫ, А В УСТРОЙСТВЕ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПРОИСХОДИТ

ДЕКОДИРОВАНИЕ ПЕРВОЙ КОМАНДЫ И ПЕРЕДАЧА ЕЕ В СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО - АЛУ, СОПРОЦЕССОР И Т. Д. ТРЕТИЙ ПЕРЕПАД СОПРОВОЖДАЕТСЯ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ КОДА ОПЕРАЦИИ ТРЕТЬЕЙ КОМАНДЫ, ДЕКОДИРОВАНИЕМ ВТОРОЙ И ПОДГОТОВКОЙ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРВОЙ.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПО КАЖДОМУ ИЗ ТАКТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ НА КОНВЕЙЕР ВСТУПАЕТ НОВАЯ КОМАНДА, И НЕСКОЛЬКО УЖЕ ОБРАБАТЫВАЮТСЯ НА РАЗНЫХ ЕГО СТУПЕНЯХ. ОДНОВРЕМЕННО, ТАКЖЕ ПО КАЖДОМУ ИЗ ТАКТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ, ЕГО ПОКИДАЕТ ОДНА ВЫПОЛНЕННАЯ КОМАНДА. И ХОТЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КАЖДОЙ ЗАТРАЧИВАЕТСЯ ПО-ПРЕЖНЕМУ ОТ ЧЕТЫРЕХ ДО СЕМИ-ВОСЬМИ ТАКТОВ (В РАССМОТРЕННОМ ВЫШЕ УСЛОВНОМ КОНВЕЙЕРЕ - ПЯТЬ), КАЖДЫЙ ИЗ НИХ СОПРОВОЖДАЕТСЯ, КАК ЭТО И ТРЕБОВАЛОСЬ, ВЫПОЛНЕНИЕМ ОДНОЙ КОМАНДЫ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ЕСЛИ ДЛЯ RISC - ПРОЦЕССОРОВ КОНВЕЙЕР КОМАНД ЯВЛЯЕТСЯ НЕОБЯЗАТЕЛЬНЫМ (ХОТЯ И ЖЕЛАТЕЛЬНЫМ) ЭЛЕМЕНТОМ, ТО ДЛЯ RISC-ПРОЦЕССОРОВ ОН ОБЯЗАТЕЛЕН. ОТМЕТИМ, ЧТО БОЛЬШИНСТВО RISC-ПРОЦЕССОРОВ ИМЕЮТ НЕ ОДИН, А НЕСКОЛЬКО (ОТ ДВУХ ДО ЧЕТЫРЕХ) КОНВЕЙЕРОВ, ЗА ЧТО ОНИ ПОЛУЧИЛИ НАЗВАНИЕ СУПЕРСКАЛЯРНЫХ (В ОТЛИЧИЕ ОТ СКАЛЯРНЫХ - ОДНОКОНВЕЙЕРНЫХ).

СЛЕДУЮЩАЯ ОСОБЕННОСТЬ RISC-ПРОЦЕССОРОВ - ВЫСОКАЯ СТЕПЕНЬ ДРОБЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРА. В РАССМОТРЕННОМ ВЫШЕ ПРИМЕРЕ ОН СОСТОИТ ИЗ ПЯТИ СТУПЕНЕЙ: ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОДА ОПЕРАЦИИ, ДЕКОДИРОВАНИЯ, ПОДГОТОВКИ ОПЕРАНДОВ, ИСПОЛНЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА. РЕАЛЬНО RISC-ПРОЦЕССОРЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ СЕМИДЕСЯТИ СТУПЕНЧАТЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ. С УВЕЛИЧЕНИЕМ ЧИСЛА СТУПЕНЕЙ ДЕЙСТВИЯ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА КАЖДОЙ ИЗ НИХ, ВСЕ БОЛЕЕ И БОЛЕЕ УПРОЩАЮТСЯ. ПОСЛЕДНЕЕ ОЗНАЧАЕТ, ЧТО УМЕНЬШАЕТСЯ ЧИСЛО НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ЭТОГО ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОЯВЛЯЕТСЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВЫСИТЬ ТАКТОВУЮ ЧАСТОТУ ПРОЦЕССОРА.

ТРЕТЬЯ ОСОБЕННОСТЬ, ВЫТЕКАЮЩАЯ ИЗ ПРЕДЫДУЩЕЙ, - РАЗВИТЫЕ СРЕДСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕТВЛЕНИЙ И ПЕРЕХОДОВ. В ПРОГРАММАХ ДЛЯ СЕМЕЙСТВА X86 КОМАНДА ПЕРЕХОДА ВСТРЕЧАЕТСЯ В СРЕДНЕМ ЧЕРЕЗ КАЖДЫЕ ШЕСТЬ, В ПРОГРАММАХ ДЛЯ RISC-ПРОЦЕССОРОВ, КОМАНДЫ КОТОРЫХ ПРОЩЕ, - ЧЕРЕЗ КАЖДЫЕ 10... 12 КОМАНД. ВСТРЕТИВ КОМАНДУ УСЛОВНОГО ПЕРЕХОДА, ПРОЦЕССОР ДОЛЖЕН СДЕЛАТЬ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ О ТОМ, ВЫПОЛНИТСЯ УСЛОВИЕ ИЛИ НЕТ, И В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭТОГО НАЧАТЬ ПРЕДВЫБОРКУ КОМАНД ЛИБО С АДРЕСА ПРЕДПОЛАГАЕМОГО ПЕРЕХОДА, ЛИБО С АДРЕСА, СЛЕДУЮЩЕГО ЗА ТЕКУЩИМ. ЕСЛИ ПЕРЕХОД ПРЕДСКАЗАН НЕПРАВИЛЬНО, ПРОЦЕССОРУ НЕОБХОДИМО УДАЛИТЬ СО ВСЕХ СТУПЕНЕЙ КОНВЕЙЕРА КОМАНДЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К НЕВЕРНО СДЕЛАННОМУ ПРЕДПОЛОЖЕНИЮ, И ПЕРЕЗАГРУЗИТЬ КОНВЕЙЕР. ЭТО ОСОБЕННО СКАЗЫВАЕТСЯ НА РАБОТЕ СУПЕРСКАЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ - НА РАЗНЫХ СТУПЕНЯХ ТРЕХ-ЧЕТЫРЕХ КОНВЕЙЕРОВ МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ ДОВОЛЬНО МНОГО КОМАНД. ИХ УДАЛЕНИЕ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПЕРЕЗАГРУЗКОЙ ПРИВОДИТ К ТОМУ, ЧТО В ТЕЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТАКТОВ КОНВЕЙЕР НЕ ПОКИДАЕТ НИ ОДНА КОМАНДА. ПРОЦЕССОР, В КОТОРОМ ЭТО СЛУЧАЕТСЯ ЧАСТО, ТЕРЯЕТ 20... 30 % СВОЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ. ПОЭТОМУ RISC-ПРОЦЕССОРЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ ВЕСЬМА ЭФФЕКТИВНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВЕТВЛЕНИЙ. КРОМЕ ТОГО, ОНИ СОДЕРЖАТ УСТРОЙСТВА, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ВЫБРАТЬ ТЕ ИЗ КОМАНД В ПРЕДСКАЗАННОМ ПЕРЕХОДЕ, КОТОРЫЕ МОЖНО ВЫПОЛНИТЬ ПРЕЖДЕ, ЧЕМ СТАНЕТ ЯСНО, ПРАВИЛЬНО ЛИ БЫЛ ПРЕДСКАЗАН ПЕРЕХОД.

ЕЩЕ ОДНА ОСОБЕННОСТЬ RISC-ПРОЦЕССОРОВ - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШОГО ЧИСЛА РЕГИСТРОВ. КАК ПРАВИЛО, В RISC-ПРОЦЕССОРАХ ИХ НЕ МЕНЕЕ 32. ПОДОБНАЯ СВОБОДА (СЕМЕЙСТВО X86 ИМЕЕТ ВСЕГО ВОСЕМЬ РЕГИСТРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ) ПОЗВОЛЯЕТ СНИЗИТЬ ЧИСЛО ОБРАЩЕНИЙ К ОТНОСИТЕЛЬНО МЕДЛЕННОЙ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ В ПОЛТОРА-ДВА РАЗА (В СРАВНЕНИИ С CISC-ПРОЦЕССОРАМИ), ЧТО ОПЯТЬ-ТАКИ ПОЛОЖИТЕЛЬНО СКАЗЫВАЕТСЯ НА РОСТЕ РЕАЛЬНОЙ

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ. ДОБАВИМ К ЭТОМУ, ЧТО ВСЕ RISC-ПРОЦЕССОРЫ СОДЕРЖАТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЭШ-ПАМЯТЬЮ ВТОРОГО УРОВНЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ РАБОТАТЬ С НЕЙ НА МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ (В RISC-ИЗДЕЛИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КЭШ-ПАМЯТЬЮ ОБЫЧНО ПРОИСХОДИТ НА ЧАСТОТЕ, БОЛЕЕ НИЗКОЙ, ЧЕМ ЧАСТОТА САМОГО ПРОЦЕССОРА).

Очевидно, что RISC-процессоры эффективны в тех областях применения, в которых можно продуктивно использовать структурные способы уменьшения времени доступа к оперативной памяти. Если программа генерирует произвольные последовательности адресов обращения к памяти и каждая единица данных используется только для выполнения одной команды, то фактически производительность процессора определяется временем обращения к основной памяти. В этом случае использование сокращенного набора команд только ухудшает эффективность, так как требует пересылки операндов между памятью и регистром вместо выполнения команд "память, память - память". Программист должен учитывать необходимость локального размещения обрабатываемых данных, чтобы при пересылках между уровнями памяти по возможности все данные пересылаемых блоков данных принимали участие в обработке. Если программа будет написана так, что данные будут размещены хаотично и из каждого пересылаемого блока данных будет использоваться только небольшая их часть, то скорость обработки замедлится в несколько раз до скорости работы основной памяти.

Развитие микропроцессоров происходит при постоянном стремлении сохранения преемственности программного обеспечения (ПО) и повышения производительности за счет совершенствования архитектуры и увеличения тактовой частоты. Сохранение преемственности ПО и повышение производительности, вообще говоря, противоречат друг другу. Процессоры с системой команд x86, относящиеся к классу CISC-процессоров, имеют более низкие тактовые частоты по сравнению с микропроцессорами ведущих компаний-изготовителей RISC-процессоров. Существуют приложения, на которых производительность x86 микропроцессоров значительно ниже. чем у RISC-процессоров, реализованных на той же элементной базе. Однако возможность использования совместимого ПО для различных поколений x86 процессоров, выпущенных в течение последнего десятилетия, обеспечивает им устойчивое доминирующее положение на рынке.

В настоящее время на основе разработок компаний NexGen и AMD, подхваченных компанией Intel, предпринята попытка решить проблему повышения производительности в рамках архитектуры x86. Эти компании, сохраняя преемственность по системе команд с CISC-микропроцессорами семейства x86, создают новые устройства с использованием элементов RISC-архитектуры, использующие концепцию разделенной (decoupled) архитектуры и RISC ядра. В микропроцессор встраивается аппаратный транслятор, превращающий команды x86, в команды RISC-процессора. При этом одна команда x86 может порождать до четырех команд RISC-процессора. Исполнение команд происходит как в развитом суперскалярном процессоре.

Лекция 5.

Методы ускорения переключения контекста процессора

Современные операционные системы и системы программирования широко используют переключение контекста процессора (содержимого регистров и отдельных управляющих триггеров) при отработке входа в прерывание и выхода из него, входа и выхода из подпрограммы и в случае организации мультипрограммной работы. Время переключения контекста должно быть по возможности минимальным, так как затраты на переключение - это плата за организацию совместного протекания совокупности взаимодействующих вычислительных процессов.

Уменьшение времени переключения контекста процессора может быть достигнуто за счет, во-первых, сокращения количества регистров, содержимое которых сохраняется в памяти, во-вторых, аппаратной поддержки сохранения регистров и, в-третьих, введения специальных соглашений, регламентирующих использование регистров в программах, что позволяет перейти от полного сохранения контекста к частичному.

Уменьшение количества сохраняемых регистров ведет к снижению производительности и, вообще говоря, находится в противоречии со стремлением увеличения производительности за счет использования быстрой регистровой памяти и параллельного функционирования устройств процессора, каждое из которых содержит собственные регистры. Однако, этот прием применяется в ряде архитектур, например в транспьютерах компании INMOS и Java-процессорах. Это архитектуры, основанные на операциях со стеком. К числу сохраняемых регистров относятся указатели на текущую позицию стека, на используемую область памяти и т.д. Число таких указателей ограничено, например, в транспьютере их 8, что позволило переключать контекст за 2 микросекунды при тактовой частоте 10 МГц.

Аппаратная поддержка сохранения регистров может реализовываться по разному. С одной стороны, это может быть ускоренный аппаратный перенос содержимого регистров в память. С другой - возможно предоставление каждой вновь активизируемой программе своего множества регистров.

Например, в архитектуре SPARC микропроцессоров компании SUN используется 200 регистров, образующих 8 групп (окон) по 32 регистра с общими для двух соседних окон восемью регистрами. Перекрытие регистровых окон выполнено так, что регистры с номерами 24-31 предыдущего окна служат одновременно регистрами с номерами 0-7 последующего окна. Это, по мнению разработчиков, увеличивает эффективность передачи параметров подпрограммам.

Использование регистров обработки быстрых прерываний. Ряд функций, связанных с обработкой прерываний, выполняются специализированными программами, которые могут использовать ограниченное число регистров. Поэтому в ряде процессоров вводятся специальные регистры, используемые при обработке так называемых быстрых прерываний. Это, например,

прерывание по приему очередного символа сообщения, переносящее символ в память. Действия по началу приема, требующие запуска механизма распределения памяти, и завершению приема всего сообщения требуют, как правило, обычного прерывания, сохраняющего все регистры процессора. Но так как чаще происходит прием очередного символа, то быстрые прерывания дают существенное увеличение производительности.

Стандартизация архитектур микропроцессоров

На протяжении всей истории развития вычислительной техники предпринимались попытки (прежде всего со стороны разработчиков программных средств) стандартизировать архитектуру процессоров, что существенно расширило бы область применения создаваемого программного обеспечения. Осознав безуспешность попыток добиться совместимости на уровне системы машинных команд, разработчики пытались стандартизовать язык ассемблера, языки высокого уровня, языки интерфейса прикладных программ с операционными системами.

Стимулом к этому была и остается постоянно растущая сложность как самих процессоров, так и создаваемых с их использованием программных систем.

Создание сложных новых систем требует, помимо всего прочего, наличия двух обязательных этапов: адекватного описания системы и исчерпывающего тестирования на соответствие этому описанию. Тестирование должно быть доказательным. Не прибегая к примерам из области создания больших прикладных систем, укажем на широко известные ошибки в микропроцессорах известных компаний и на наличие не декларированных возможностей микропроцессоров и операционных систем.

Отсутствие стандартизации не позволяет создавать новые системы путем конструирования из существующих, прошедших апробацию в разнообразных условиях применения большим количеством независимых пользователей.

Попытка комплексного решения проблемы стандартизации - формулирование концепции Открытых систем. Открытые системы представляют совокупность интерфейсов, протоколов и форматов данных, базирующихся на общедоступных, общепринятых стандартах, обеспечивающих переносимость (мобильность) программного обеспечения, взаимодействие между системами, масштабируемость.

Переносимость - свойство, выражающееся в возможности исполнения программы в исходных кодах на различных аппаратных платформах в среде различных операционных систем.

Взаимодействие систем - свойство, выражающееся в способности систем обмениваться информацией с автоматическим восприятием форматов и семантики данных.

Масштабируемость - свойство, выражающееся в возможности исполнения программы на различных ресурсах (объем памяти, число и производительность процессоров) с пропорциональным изменению ресурсов значением показателей

эффективности. Важно понимать, что ресурсы могут не только возрастать, но и уменьшаться. Например, программа может выполняться на произвольном, выделенном для ее исполнения участке памяти.

В рамках концепции Открытых систем архитектура процессора должна поддаваться достаточно простому формальному описанию со спецификацией типов данных, регистров и выполняемых преобразований без "побочных эффектов".

Известны по крайней мере две попытки реализации этого подхода, рассмотренные ниже.

Архитектурно независимая спецификация программ. В настоящее время в рамках международной организации ISO/IEC в комитете по микропроцессорным системам ведется подготовка проекта стандарта ANDF на архитектурно независимый формат спецификации программ (Architecture Neutral Distribution Format). По мнению разработчика компании X/Open Company Ltd., этот формат спецификаций позволит решить проблему переносимости программ. Компиляция исходного кода предполагается двухэтапной. На первом этапе исходный код транслируется в обобщенные декларации интерфейсов прикладных программ (API) в совокупности с обобщенными описаниями типов данных. Фактически полученная оттранслированная программа представляет собой выражение абстрактной алгебры, определенной Architecture Neutral Distribution Format. В результате текст программы может быть подвергнут формальной проверке и преобразованию. На втором этапе генерируется программа для конкретной архитектуры.

Java-технология, предложенная компанией SUN. В основе данной технологии лежит понятие виртуальной Java-машины, спецификации которой включают следующие типы данных:

• byte - байт;

• short - двухбайтовое целое;

• integer - четырехбайтовое целое;

• long - восьмибайтовое вещественное;

• float - четырехбайтовое вещественное;

• double - восьмибайтовое вещественное;

• char - двухбайтовый символ;

• object - четырехбайтовая ссылка на объект;

• returnAddress - четырехбайтовый адрес возврата. В виртуальном Java-процессоре предусмотрены следующие регистры:

• PC - счетчик команд;

• Vars - регистр для доступа к локальным переменным;

• Optop - указатель на стек операндов;

• Frame - указатель на окружение времени выполнения. Большинство команд

Java-процессора имеют длину один байт, что согласуется со стековой архитектурой процессора, использующей небольшое число регистров и указателей на данные,

Использование байт-кода в процессоре Java позволяет уменьшить длину программ. Средняя длина команды составляет 1,8 байта, В последнее время ко всем ранее существовавшим доводам в пользу стандартизации архитектур добавилась практическая потребность работы в сетях типа Internet, что выдвигает требование короткого программного кода. Открытые системы, создаваемые в Internet, позволят накапливать программные продукты и конструировать системы из уже существующих.

Заметим, что архитектура виртуальной Java-машины достаточно похожа на архитектуру транспьютеров компании IMMOS, Отличие фактически состоит в добавлении элементов объектно-ориентированной технологии. Одним из препятствий на пути развития Java-технологии является низкая производительность исполнения Java-кода. Однако есть все предпосылки для преодоления этого препятствия. Например, современные процессоры с архитектурой компании Intel x86 содержат специальный блок, транслирующий сложные команды в совокупность простых команд RISC-процессора. Далее RISC-процессор исполняет эти команды, используя все преимущества RISC-подхода для достижения высокой производительности. Вполне мыслимое дело разработать подобный транслятор для Java-кода, когда байт-код будет транслироваться в команды реального процессора.

Другим возможным подходом к повышению производительности служит примененный в транспьютере T-9000. В нем предпринята попытка при сохранении байтовой системы команд транспьютеров семейств T-2xx, T-4xx, T-8xx повысить скорость исполнения за счет одновременной обработки большого числа команд при исполнении их на параллельно функционирующих обрабатывающих устройствах.

Лекция 6.

ILP процессоры

Архитектура ILP- процессоров

Более высокая производительность достигается как за счёт совершенствования полупроводниковой технологии, так и за счёт увеличения плотности микросхем. Дальнейшего увеличения скорости выполнения программ можно добиться в первую очередь благодаря реализации определённого вида параллелизма. Параллелизм на уровне команд (instruction-level parallelism, ILP) стал возможен благодаря созданию процессоров и методик компиляции, которые ускоряют работу за счёт параллельного выполнения отдельных RISC-операций. Системы на базе ILP используют программы, написанные на традиционных языках высокого уровня для последовательных процессоров, а обнаружение «скрытого параллелизма» автоматически выполняется благодаря применению соответствующей

компиляторной технологии и аппаратного обеспечения.

Тот факт, что эти методики не требуют от прикладных программистов дополнительных усилий, имеет крайне важное значение. Это решение резко отличается от традиционного микропроцессорного параллелизма (многопроцессорный и мультискалярный тип параллельной обработки), который предполагает, что программисты должны переписывать свои приложения. Поэтому сейчас, параллельная обработка на уровне команд, является единственным надёжным подходом, позволяющим добиться увеличения производительности без фундаментальной переработки приложений. Эти два типа параллельной обработки не исключают друг друга; самые эффективные многопроцессорные или мультискалярные системы, вероятнее всего, будут создаваться на базе процессоров ILP.

Компьютерная архитектура – это своего рода соглашение между классом программ, написанных для данной архитектуры, множеством реализаций процессора для неё. Как правило, это соглашение описывает формат и интерпретацию отдельных команд, но в случае с архитектурами ILP это соглашение может быть расширено: в него включается информация о возможном параллелизме между командами.

Есть два крайних подхода, при возможных промежуточных, к отображению присущего микропроцессору внутреннего параллелизма обработки данных на архитектурном уровне в системе команд. Первый подход более консервативен и состоит в том, что никакого указания на параллельную обработку внутри процессора система команд не содержит. Такие процессоры относятся к классу суперскалярных.

Второй подход - напротив полностью открывает все возможности параллельной обработки. В специально отведенных полях команды каждому из параллельно работающих обрабатывающих устройств предписывается действие, которое устройство должно совершить. Такие процессоры называются процессорами с длинным командным словом (VLIW). Предполагается, что существуют компиляторы с языков высокого уровня, которые готовят программы для загрузки их в микропроцессоры.

Основная идея, определяющая развитие ILP микропроцессоров, состоит в построении возможно большего количества параллельных структур при сохранении традиционных последовательных программ. Это означает, что компиляторы и аппаратура микропроцессора сами, без вмешательства программиста, обеспечивают загрузку параллельно работающих функциональных устройств микропроцессора.

Повысить степень параллелизма программы можно изменяя соответствующим образом ее статическую или динамическую структуру. Поскольку статическая структура программы однозначно соответствует ее исходному тексту (в предположении неизменности компилятора), то изменение статической структуры сводится к изменению исходного кода, что, в общем случае, не всегда возможно. Динамическая же структура программы может быть изменена при неизменной статической структуре. И главной целью такого

изменения должно быть повышение степени параллельного исполнения команд.

Суперскалярные процессоры

Суперскалярные процессоры – это реализация ILP-процессора для последовательных архитектур – архитектур, программа для которых не должна передавать и, фактически, не может передавать точную информацию о параллелизме. Поскольку программа не содержит точной информации о наличии ILP, то, задача обнаружения параллелизма должна решаться аппаратурой, которая, следовательно, должна создавать план действий для обнаружения «скрытого параллелизма». Код для суперскалярных процессоров содержит последовательность команд, которая порождает корректный результат, если выполняется в установленном порядке. Код указывает последовательный алгоритм и, за исключением того, что он использует конкретный набор команд, не представляет себе точную природу аппаратного обеспечения, на котором он будет работать или точный временной порядок, в котором будут выполняться команды. Такой подход увеличивает сложность аппаратного обеспечения, в то же время суперскалярный процессор создаёт план выполнения, используя преимущества тех факторов, которые могут быть определены только во время выполнения.

Допустимые границы преобразования динамической структуры программы задают существующие на множестве инструкций отношения: зависимость по управлению и зависимость по данным. При описании архитектур суперскалярных процессоров часто используется модель окна исполнения. При исполнении программы микропроцессор как бы продвигает по статической структуре программы окно исполнения. Команды в окне могут исполняться параллельно, если между ними нет зависимости.

Для устранения зависимостей, вызванных командами переходов, используется метод предсказания, позволяющий извлекать и условно исполнять команды предсказанного перехода. Если позднее обнаруживается, что предсказание было сделано верно, то результаты условно исполненных команд принимаются. Если предсказание было ошибочным, состояние процессора восстанавливается на момент принятия решения о выполнении перехода.

Команды, помещенные в окно исполнения, могут быть зависимы по данным. Эти зависимости обусловлены использованием одних и тех же ресурсов памяти (регистров, ячеек памяти) в разных командах. Поэтому для правильного исполнения программы необходимо использование этих ресурсов в предписываемом программой порядке.

Все виды зависимостей по данным могут быть классифицированы по типу ассоциаций: RAR - "чтение после чтения", WAR - "запись после чтения" и WAW - "запись после записи", RAW - "чтение после записи". Пример различных зависимостей команд по данным показан на рис.11. Некоторые из зависимостей по данным могут быть устранены. RAR, по сути дела,

соответствует отсутствию зависимостей, поскольку в данном случае порядок выполнения команд не имеет значения. Действительной зависимостью является только "чтение после записи" (RAW), так как необходимо прочитать предварительно записанные новые данные, а не старые.

Лишние зависимости по данным появляются в результате "записи после чтения" (WAR) и "записи после записи" (WAW).

После удаления лишних зависимостей по управлению и данным команды могут исполняться параллельно. Формирование расписания параллельного выполнения команд возлагается на аппаратные средства микропроцессора. Это расписание учитывает существующие зависимости между командами и имеющиеся функциональные модули процессора.

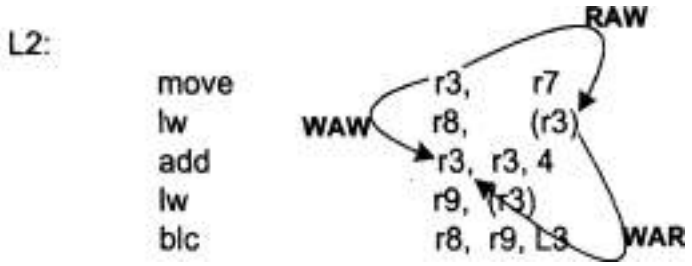


Рис.11. Зависимости команд по данным

Типовая архитектура суперскалярного микропроцессора представлена на рис.12.

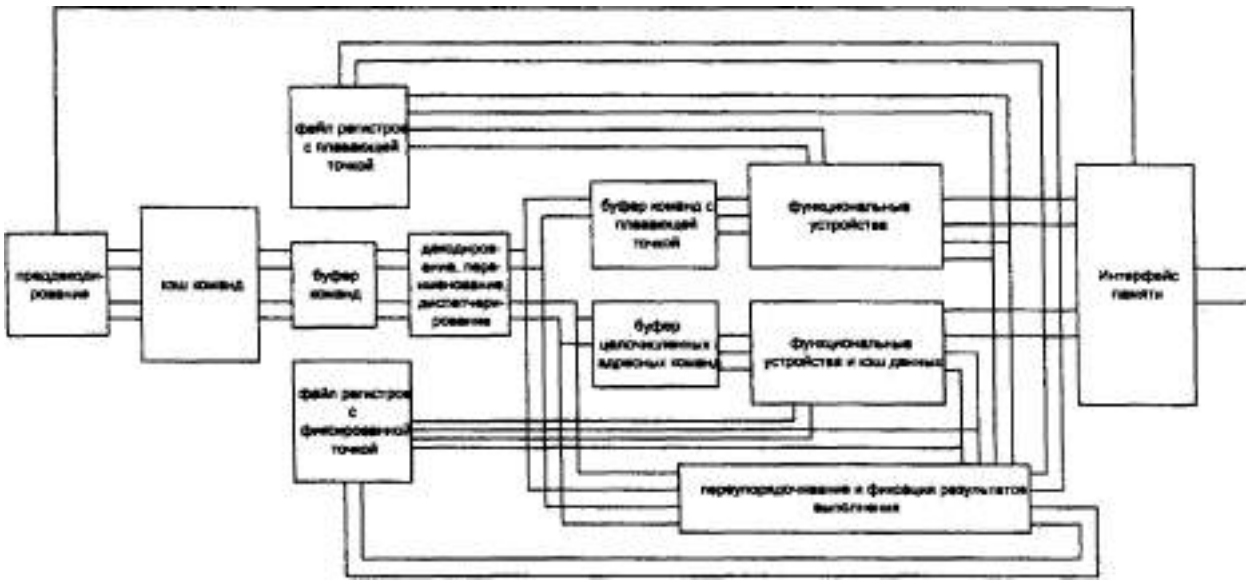


Рис.12. Архитектура суперскалярного микропроцессора

В число основных блоков суперскалярного микропроцессора входят: блок выборки команд и предсказания переходов, блок декодирования команд, анализа зависимостей между командами, переименования и диспетчеризации, блоки регистров и обрабатывающих устройств с плавающей и фиксированной

точками, блок управления памятью, а также блок упорядочения выполненных команд.

Рассмотрим основные приемы повышения быстродействия в суперскалярных микропроцессорах.

Предварительная выборка команд и предсказание переходов. Поскольку при суперскалярной обработке необходимо извлекать из памяти несколько команд за один такт для загрузки параллельно работающих функциональных модулей, повышенные требования предъявляются к пропускной способности интерфейса микропроцессор-память. В современных микропроцессорах применяются многоуровневые раздельные кэш-памяти данных и команд.

Для уменьшения потерь процессорных циклов, связанных с промахами при обращении к кэш-памяти в случае выполнения команд ветвления, в состав системы кэширования введены средства предсказания переходов, основное назначение которых - повысить вероятность наличия в кэш-памяти требуемой команды.

Исполнение условных ветвлений состоит из следующих этапов:

• распознание команды условного ветвления;

• проверка выполнения условия перехода;

• вычисление адреса перехода;

• передача управления, в случае перехода.

На каждом этапе используются специальные приемы повышения производительности:

1. Для быстрого декодирования используются либо дополнительные биты в поле команды, либо преддекодирование команд при выборе из кэш-памяти команд.

2. Часто, когда команда уже выбрана в кэш, условие перехода еще не вычислено и чтобы не задерживать поток команд в данном случае используется предсказание перехода по одной из нескольких возможных схем. Некоторые предсказатели используют статическую информацию из двоичного кода программы или специально выработанную компилятором. Например, определенные коды операций чаще вырабатывают ветвление, чем другие коды, или ветвление более вероятно (при организации циклов), или компилятор может устанавливать флаг, указывающий направления перехода. Может также использоваться статистическая информация, полученная при трассировке программы.

Другие предсказатели используют динамически формируемую информацию в процессе исполнения программы. Обычно это информация, касающаяся истории выполнения данного ветвления, сохраняемая в таблице ветвлений или в таблице предсказаний ветвлений. Таблица предсказания ветвлений организуется по ассоциативному принципу, подобно кэш-памяти, ее элементы доступны по адресу команды, ветвление которой предсказывается. В некоторых реализациях элемент таблицы предсказания ветвления является счетчиком,

значение которого увеличивается при правильном предсказании и уменьшается при неправильном. При этом значение счетчика определяет преобладающее направление ветвлений.

В момент определения действительного значения условия ветвления, вносится изменение в историю ветвления. Если предсказание было неверным, то должна инициироваться выборка правильных команд. Результаты команд, которые были условно выполнены, должны быть аннулированы.

3. Для определения адреса ветвления обычно требуется выполнить целочисленное сложение, прибавляющее к текущему значению счетчика команд смещение, заданное в поле команды ветвления. И хотя это не требует дополнительных циклов для обращения к регистрам, ускорение вычисления адреса может быть достигнуто благодаря использованию буфера, содержащего ранее использованные адреса переходов.

Если требуется осуществить смену значения счетчика команд, то необходим, по крайней мере, один такт для распознания команды ветвления, модификации счетчика команд и выборки команды по заданному значению счетчика команд. Эти задержки вызывают пустые такты в конвейерах процессора. Более сложные решения используют буферы, содержащие наборы команд для двух возможных результатов ветвлений.

Возможно также использование "отложенных переходов", когда одна или несколько команд после команды ветвления выполняются безусловно.

Декодирование команд, переименование ресурсов и диспетчеризация. На этой фазе определяются существенные зависимости (RAW) по данным между командами и преодолеваются несущественные (WAW, WAR), производится распределение команд по буферам команд функциональных устройств.

При декодировании команды создается одна или несколько упорядоченных троек, каждая из которых включает: 1) исполняемую операцию, 2) указатели на операнды, 3) указатель на место помещения результата.

Для преодоления лишних WAR и WAW зависимостей, возникающих в результате ограниченности логических ресурсов (ячеек памяти, регистров), используется механизм динамического отображения определяемых текстом программы логических ресурсов на физические ресурсы микропроцессора. При данном подходе с одним логическим ресурсом может быть связано несколько значений в различных физических ресурсах, каждое из которых соответствует значению логической величины в один из моментов времени последовательного выполнения программы.

Когда команда создает новое значение для логического регистра, физический ресурс, в который помещается это значение, получает имя. Последующие команды, использующие это значение, снабжаются именем физического ресурса. Данная процедура называется переименованием регистров. Используются два основных способа переименования.

В первом, физический файл регистров больше логического. При необходимости переименования из списка свободных физических регистров

берется один и ему сопоставляется соответствующее логическое имя. Если список свободных регистров пуст, диспетчеризация команд приостанавливается до момента появления свободных физических регистров.

Остается вопрос о возвращении физических регистров в список свободных после того, как из них считаны данные в последний раз. Один из способов связывает счетчик с каждым физическим регистром. Счетчик увеличивается при каждом переименовании операнда в командах, использующих этот физический регистр. Соответственно при использовании операнда значения счетчика уменьшается на 1. При достижении счетчиком нуля физический ресурс должен быть переведен в список свободных.

Второй способ переименования использует одинаковое число логических и физических регистров и поддерживает их однозначное соответствие. В дополнение имеется буфер с одним вхождением для каждой инициированной на исполнение команды. Этот буфер называется переупорядочивающим, так как он используется также для установления порядка команд при прерываниях. Данный буфер можно рассматривать в виде кольцевого буфера с указателями "начало" и "конец".

Команды помещаются в конец буфера. По завершению команды ее результат заносится в заранее предписанный ей элемент очереди, независимо от места в очереди, занимаемого этим элементом. К моменту достижения командой начала буфера, если она была исполнена, ее результат помещается в регистровый файл, а сама команда удаляется. Команда, находящаяся в буфере и не исполненная в виду отсутствия значения операнда, остается в нем вплоть до получения этого значения. Одновременно может выбираться из очереди или помещаться в нее несколько команд.

Исполнение команд. После формирования для каждой команды упорядоченных троек, состоящих из кода операции, физических операндов - источника и результата, и размещения их в буферах, наступает фаза динамической проверки готовности значений операндов для исполнения команды.

В идеале команда готова к исполнению как только готовы ее входные операнды. Однако есть ряд ограничений, связанных с доступностью физических ресурсов, таких как исполнительные устройства, коммутаторы и порты регистровых файлов (или переупорядочивающего буфера). Для организации окна исполнения используются различные методы: одной очереди, многих очередей или метод резервирующей станции.

Если имеется одна очередь, то переименование регистров не требуется, так как доступность значений операндов может отмечаться битом резервирования, сопоставленным каждому регистру. Регистр резервируется, когда модифицирующая его команда назначается на исполнение. И регистр освобождается, когда заканчивается исполнение команды. Если для команды ресурсы не были зарезервированы, то она приостанавливает свое исполнение.

В методе многих очередей каждая очередь организуется для команд одного

типа. Например, очередь команд с плавающей точкой или очередь команд работы с памятью.

Третий метод предполагает использование резервирующей станции, состоящей из совокупности элементов, каждый из которых содержит позиции для размещения кода операции, наименования первого операнда, самого первого операнда, признака доступности первого операнда, наименования второго операнда, самого второго операнда, признака доступности второго операнда и наименования регистра результата. Когда команда завершает исполнение и вырабатывает результат, то наименование результата сравнивается с наименованиями операндов в резервирующей станции.

Если в резервирующей станции обнаруживается команда, ждущая этого результата, то данные записываются в соответствующую позицию и устанавливается признак их доступности. Когда у команды доступны все операнды, инициируется ее исполнение. Резервирующая станция следит за доступностью операндов. Когда команда при диспетчеризации попадает в резервирующую станцию, все готовые операнды из регистрового файла переписываются в поля этой команды. Когда все операнды готовы, команда исполняется. Иногда резервирующая станция содержит не сами операнды, а указатели на них в регистровом файле или переупорядочивающем буфере.

Работа с памятью. Для вычисления адреса памяти, как правило, требуется, по крайней мере, одно сложение. После вычисления адреса может понадобиться его преобразование в физический адрес, осуществляемое буфером трансляции адресов (TLB).

Проблемы конфликтов при доступе к разделяемому ресурсу - ячейкам памяти, по сути те же, что и при доступе к регистрам.

Завершение выполнения команды. Завершающей фазой исполнения команды является фаза изменения состояния процессора в соответствии с выполненной командой. Назначение этой фазы - сохранение последовательной модели исполнения программы, при реальном параллельном выполнении отдельных команд и условном выполнении команд ветвления. Для изменения состояния процессора применяются два основных способа, причем оба основаны на использовании двух состояний: состояния, измененного в результате операции, и состояния, требуемого для восстановления.

При первом способе сохраняется состояние процессора в наборе контрольных точек или в буфере истории вычислений, которые, в случае необходимости, используются для восстановления состояния.

Второй способ предполагает рассмотрение логического (архитектурного) и физического состояния процессора. Физическое состояние изменяется немедленно по завершении очередной команды. Архитектурное состояние изменяется тогда, когда ясен результат условно выполненных команд. Для реализации этого способа используется переупорядочивающий буфер: результаты из буфера отправляются в файл архитектурных регистров и память.

В переупорядочивающем буфере для каждой команды содержится

соответствующее ей значение счетчика команд и значения других регистров, которые необходимы для корректного обслуживания прерываний.

На рис.13. показаны основные компоненты суперскалярного микропроцессора: функциональные модули - выполнения операций с плавающей (FPU) и фиксированной (ALU) точкой, устройство загрузки/сохранения, файлы регистров, раздельная кэш-память команд и данных, а также вспомогательные модули, обеспечивающие динамическое планирование вычислительного процесса " устройство связи с кэш-памятью 2-го уровня, блок переупорядочивания команд и блок предварительной дешифрации.

По крайней мере два обстоятельства ограничивают эффективность использования суперскалярных архитектур. Во-первых, есть ограничения на степень параллелизма на уровне команд, даже если применяется самая совершенная техника суперскалярных вычислений. Первое ограничение проистекает из условных переходов. Другое следует из того, что размер окна исполнения (число активных команд, могущих исполняться параллельно) ограничивает возможный присущий программе параллелизм, так как не рассматривается параллельное исполнение команд, находящихся на расстоянии, превышающем размер окна.

Во-вторых, сложность суперскалярного процессора возрастает как количество параллельно исполняемых команд и даже быстрее.

Вероятнее всего, что пределом распараллеливания при суперскалярной обработке является запуск одновременно на исполнение в каждом такте 7-8 команд.

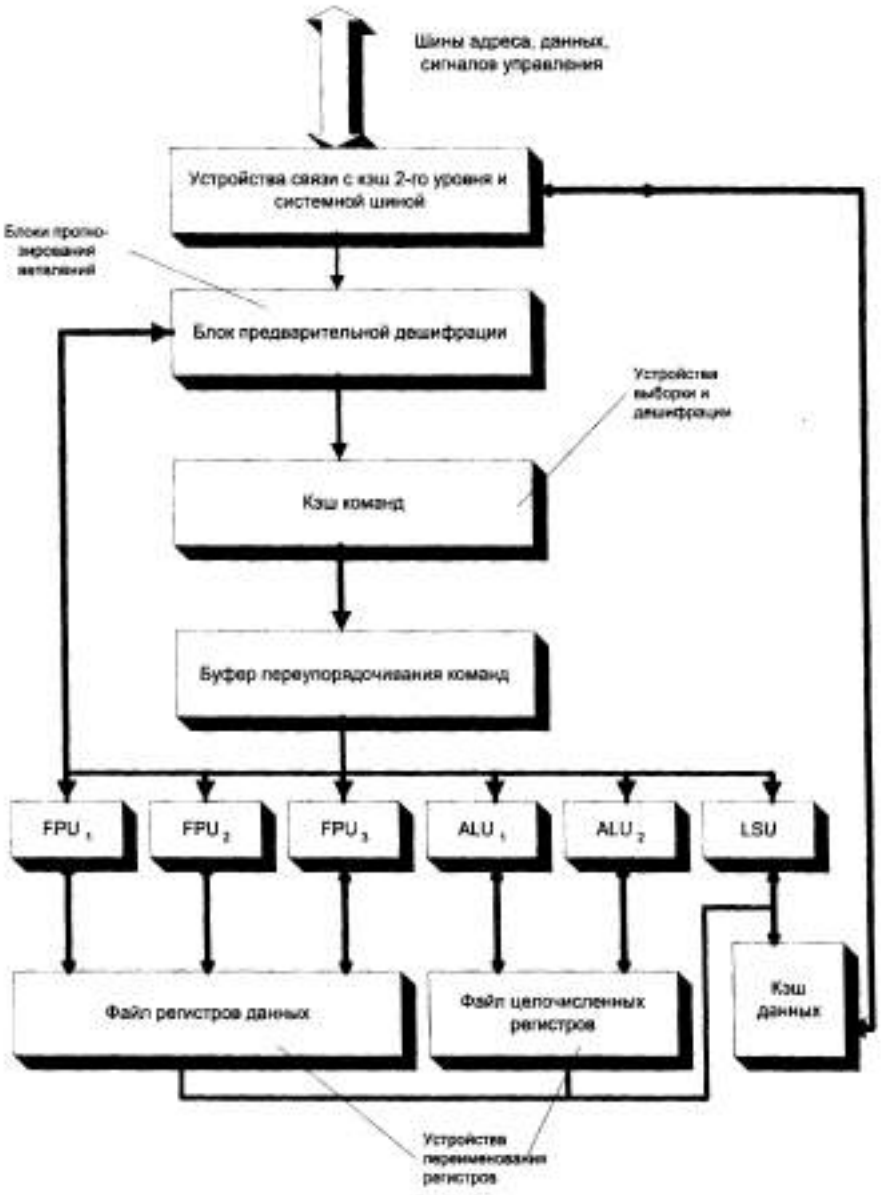


Рис. 13. Структура суперскалярного микропроцессора

VLIW-процессоры.

Альтернатива суперскалярной обработке – процессоры с длинным командным словом (VLIW). Использование этого метода предполагает задание в командном слове совокупности параллельно выполняемых команд. Подготовкой таких программ занимается компилятор.

В отличие от программ для суперскалярных процессоров, код VLIW предлагает точный план того, как процессор будет выполнять программу, план, которой компилятор создаёт статически во время компиляции. Код точно указывает, когда будет выполнена каждая операция, какие функциональные устройства будут работать и какие регистры будут содержать операнды. Компилятор VLIW создаёт такой план выполнения, имея полное представление о процессоре VLIW, причём создаёт этот план так, чтобы добиться требуемой

записи выполнения – последовательности событий, которые действительно происходят во время работы программы. Компилятор передаёт план выполнения (через архитектуру набора команд, которая точно описывает параллелизм) аппаратному обеспечению, которое, в свою очередь, выполняет этот план.

Процессоры VLIW представляют собой пример архитектуры, для которой программа представляет точную информацию о параллелизме. Компилятор выявляет параллелизм в программе и сообщает программному обеспечению, какие операции не зависят друг от друга. Эта информация имеет важное значение для аппаратного обеспечения, поскольку в этом случае оно «знает» без дальнейших проверок, какие операции можно начинать выполнять в одном и том же такте.

Достоинства VLIW заключаются в следующем:

Компилятор может эффективнее исследовать зависимости между командами и выбирать параллельно исполняемые команды, чем это делает аппаратура суперскалярного процессора, ограниченная размером окна исполнения.

VLIW процессор имеет более простое устройство управления и потенциально может иметь более высокую тактовую частоту.

Однако у VLIW процессоров есть серьёзный фактор, снижающий их производительность. Это команды ветвления, зависящие от данных, значения которых становятся известны только в динамике вычислений. Окно исполнения VLIW-процессора, не может быть очень большим в виду отсутствия у компилятора информации о зависимостях, формируемых динамически, в процессе выполнения. Этот недостаток препятствует возможности переупорядочивания операций в VLIW процессоре. Кроме того, VLIW реализация требует большого размера памяти имён, многовходовых регистровых файлов, большого числа перекрёстных связей.

EPIC-процессоры.

Тип архитектуры Explicitly Parallel Instruction Computing – это эволюция архитектуры VLIW, которая абсорбировала в себе многие концепции суперскалярной архитектуры, хотя и в форме, адаптированной к EPIC. По сути, EPIC – это «идеология», определяющая, как создавать ILP-процессоры, а также набор характеристик архитектуры, которые поддерживают данную идеологию. К архитектуре EPIC можно отнести множество различных архитектур набор команд (ISA). Помимо включения или исключения той или иной характеристики архитектуры, которые мы рассматриваем, проектировщики процессоров должны принимать традиционные решения по таким вопросам, как набор кодов операций, диапазон поддерживаемых типов данных и количество используемых регистров. Любая архитектура, относящаяся к классу EPIC должна реализовывать общую идеологию EPIC. В зависимости от того, какие из характеристик EPIC использует архитектура ISA, она может быть оптимизирована для различных приложений, например, для систем общего назначения или встроенных устройств. Из чего следует, что тип архитектуры

EPIC должен быть архитектурой общего назначения, то есть архитектурой, способной достигать высокой степени параллелизма на уровне команд как в числовых, так и в скалярных приложениях.

Одна из целей создания архитектуры EPIC, состоит в том, чтобы сохранить реализованный в VLIW принцип статического создания плана выполнения, но в то же время обогатить его возможностями суперскалярного процессора, которые позволили новой архитектуре лучше учитывать динамические факторы, традиционно ограничивающие параллелизм, свойственный VLIW. Чтобы добиться этих целей, «идеология» EPIC была построена на следующих основных принципах:

Компилятор должен играть ключевую роль в создании плана выполнения, а архитектура должна обеспечивать поддержку необходимых для этого компонентов.

Архитектура должна обеспечивать функции, которые помогают компилятору в использовании статических ILP.

Архитектура должна обеспечивать механизм для передачи плана выполнения компилятора аппаратному обеспечению.

Направления развития ILP архитектуры.

Как уже отмечалось ранее, в ILP процессорах предпринимается попытка в рамках модели последовательных программ реализовать параллельное исполнение команд этих программ. После извлечения последовательного потока команд между командами устанавливаются только действительно необходимые зависимости по данным. При этом сохраняется достаточно информации о порядке следования команд в исходной программе, чтобы сохранить их порядок при наступлении прерывания.

Типичный ILP процессор выбирает команды и исследует их по мере выполнения. Исследование проводится с целью выявления и обработки команд перехода, идентификации типа команды для ее дальнейшего направления на соответствующий исполнительный блок или в буфер памяти. Выполняются также некоторые действия для смягчения зависимостей по данным, например переименование регистров. VLIW процессор возлагает на компилятор статическую реализацию тех функций, которые в суперскалярном процессоре выполняются динамически.

За последние десять лет сравнение достоинств VLIW и суперскалярных архитектур было основной темой в дискуссиях специалистов по вопросам ILP. Сторонники той и другой концепции сводят обсуждение к противопоставлению простоты и ограниченных возможностей VLIW и сложности и динамическим возможностям суперскалярных систем. При этом ясно, что оба подхода имеют свои достоинства и говорить об их альтернативности не уместно. Очевидно, что создание плана выполнения во время компиляции существенно для обеспечения высокой степени распараллеливания на уровне команд, даже для

суперскалярного процессора. Так же ясно и то, что во время компиляции существует неоднозначность, которую можно разрешить только во время выполнения, и для решения этой задачи процессор требует наличия динамических механизмов. Сторонники EPIC согласны с обеими позициями. Различие только в том, что компилятор может управлять такими динамическими механизмами, применяя их выборочно там, где это возможно. Столь широкие функции управления дают компилятору возможность использовать правила управления этими механизмами более оптимально, чем это позволяют аппаратные возможности.

Основные принципы EPIC, наряду с возможностями архитектуры, которые их поддерживают, обеспечивают средства определения ILP-архитектур и процессоров, позволяющих добиться более высокой степени ILP при меньшей сложности аппаратуры в самых разных прикладных областях. IA-64 – пример того, как принципы EPIC могут применятся к вычислительным системам общего назначения - области, где совместимость кода, имеет критически важное значение. EPIC даёт надежды на устойчивый рост производительности микропроцессоров общего назначения на наших приложениях без кардинального переписывания этих приложений. Однако можно быть уверенным в том, что EPIC будет играть столь же важную роль и на рынке высокопроизводительных встроенных систем. В этой области более жёсткие требования к соотношению цена/производительность и при этом более низкие требования к совместимости на уровне объектных модулей, что заставляет использовать более настраиваемые архитектуры.

Дальнейшее повышение производительности микропроцессоров связывается в настоящее время со статическим и динамическим анализом кода с целью выявления резервов параллелизма уровня отдельных команд и программных сегментов с использованием информации, предоставляемой компилятором языка высокого уровня. Исследования в данном направлении привели к разработке мультискалярной архитектуры процессоров, которые являются дальнейшим развитием ILP архитектуры.

Лекция 7.

Мультискалярные процессоры

Мультискалярная модель выполнения программы.

Мультискалярные процессоры используют агрессивную парадигму выполнения кода с целью извлечения параллелизма уровня команд из последовательной программы, представленной на языке высокого уровня. В соответствии с данной парадигмой программа разбивается на совокупность задач с помощью программных и аппаратных средств. Задача - часть программы, выполнению которой соответствует непрерывная область динамической последовательности команд (например, часть базисного блока, базисный блок, множество базисных блоков, одиночная итерация цикла, полный цикл, обращение к функции, и т.д.). Задачи программы статически

разграничиваются аннотациями. Зависимости между операторами программы по управлению представляются как граф управляющих зависимостей (ГУЗ), в котором вершинами являются задачи, а дугами задается порядок их выполнения. Динамика выполнения программы может рассматриваться как обход ГУЗ программы. На каждом шаге обхода мультискалярный процессор назначает одну задачу на один из процессорных элементов (ПЭ) для выполнения, без учета фактического содержания задачи, и продолжает обход ГУЗ от рассматриваемой вершины до следующей.

Задача назначается для выполнения некоторому процессорному элементу, передачей ему начального значения программного счетчика. Множество инициированных таким образом задач выполняется параллельно на процессорных элементах, результатом чего является выполнение множества команд за один процессорный такт.

Каждый из процессорных элементов выбирает и выполняет команды, принадлежащие выделенной ему задаче. Значения разделяемых процессорными элементами регистров копируются в каждый ПЭ. Результат модификации содержимого регистров динамически направляется множеству параллельных ПЭ в соответствии с генерируемыми компилятором масками.

Доступ к памяти осуществляется спекулятивно (условно, по предположению) без знания последовательности предшествующих команд загрузки или сохранения. Обращение к данным осуществляется параллельно многим ПЭ, обработка приостанавливается только в случае истинной зависимости данных.

Пример архитектуры мультискалярного процессора показан на рис.14.

В общих чертах мультискалярный процессор можно рассматривать как параллельную вычислительную систему, состоящую из совокупности ПЭ с программой-планировщиком, которая назначает задачи на ПЭ. Как только задача назначена на ПЭ, он выбирает и выполняет команды задачи, пока она не завершится. Множество ПЭ, каждый с собственным внутренним механизмом последовательного выполнения команд, поддерживают выполнение множества задач. Команды, содержащиеся внутри динамического окна исполнения, ограничены первой командой в самой ранней выполняемой задаче и последней командой в последней выполняемой задаче. При условии, что каждая задача может содержать циклы и обращения к функциям, эффективный размер окна может быть чрезвычайно большим. Существенным является то, что не все команды внутри этого широкого диапазона одновременно рассматриваются для выполнения, а только ограниченный набор внутри каждого из ПЭ.

Важно заметить, что задачи, хотя и разделены на группы команд, но не являются независимыми. Так как задачи являются частями последовательного потока команд, то отношения по данным и управлению между индивидуальными командами должны поддерживаться в процессе выполнения. Ключевым вопросом в мультискалярной реализации является обеспечение связи по данным и управлению между параллельными процессорами. То есть как обеспечить выполнение последовательного обхода ГУЗ, если фактически

выполняется непоследовательный обход.

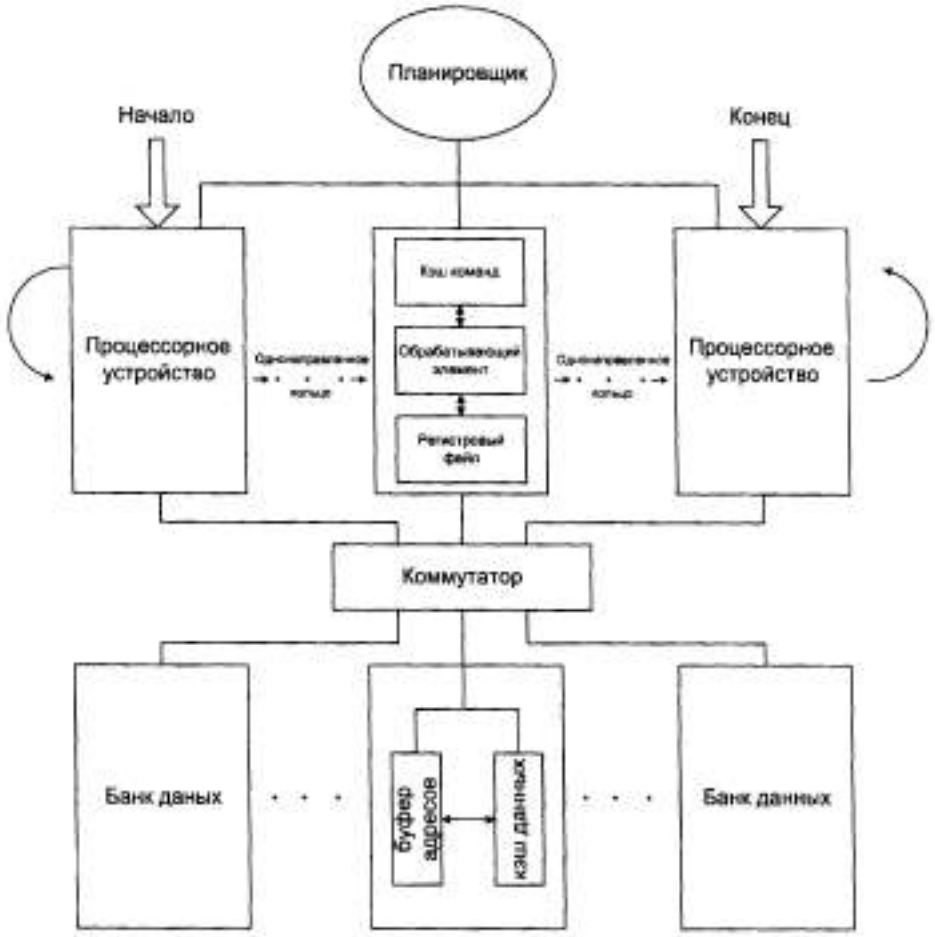


Рис 14. Микроархитектура мультискалярного процессора.

Последовательный обход поддерживается следующим образом. Во-первых, для каждого процессора обеспечивается последовательная модель выполнения назначенной ему задачи. Во-вторых, предписывается последовательный порядок выполнения для совокупности процессоров, который поддерживается с помощью организации циклической очереди ПЭ. Указатели начала и конца очереди идентифицируют ПЭ, которые выполняют самую раннюю и самую позднюю из назначенных текущих задач соответственно.

По мере выполнения команд задачи производятся и потребляются значения переменных программы. Эти значения связаны с местом хранения, а именно с регистрами и с памятью. Так как при последовательном выполнении область хранения переменных рассматривается как единый набор регистров и памяти, мультискалярное выполнение должно поддерживать такую же модель. Кроме того, мультискалярное выполнение должно гарантировать, что значения используются и производятся также, как и при последовательном выполнении. Чтобы обеспечить это, необходимо синхронизировать обмен между задачами.

В случае использования регистровой памяти логика управления

синхронизирует создание значений регистров в задачах-предшественниках с потреблением этих значений в задачах-преемниках. Производимые задачей регистровые значения могут быть определены статически и отмечены в маске создания задачи. В момент выработки соответствующего регистрового значения, если есть необходимая отметка в маске создания, это значение посылается через однонаправленный кольцевой канал (см. рис.14.) последующим задачам, т.е. в ПЭ, которые являются логическими преемниками ПЭ, выработавшего значение. Загружаемые из кольцевого канала в регистры значения, предназначенные для задач-преемников, определяются в маске накопления, которая является объединением масок создания активных в настоящее время задач-предшественников. Как только значения получены из модулей предшественников, очищаются признаки сохранения в модулях преемниках. Если задача использует одно из этих значений, потребляющая команда может быть исполнена только в том случае, если значение было получено, иначе она ждет получения требуемого значения.

В отличие от значений регистров, для значений, хранимых в памяти, в силу динамического вычисления адресов, нельзя заранее точно определить, какие из них используются или производятся задачей. Если известно, что задача потребляет значение из памяти (используя команду загрузки), которое произведено (с помощью команды сохранения) в более ранней задаче, возможно синхронизировать потребление и производство этого значения. То есть загрузка в задаче-преемнице может быть отложена до тех пор, пока в задаче-предшественнице не будет выполнена команда сохранения (похоже на ситуацию с регистрами, однако механизм синхронизации все же другой, в виду несоизмеримости размеров пространства имен).

В более общем случае, когда такое знание недоступно, может быть предпринят консервативный или агрессивный подход. Консервативный подход подразумевает необходимость ожидания до тех пор, пока не возникнет уверенность, что команда загрузки прочтет правильное значение. Этот подход обычно подразумевает задержку выполнения команд загрузки внутри задачи, до тех пор пока не завершили операции записи в память все задачи-предшественницы, результат которых может быть использован последующей командой. При агрессивном подходе загрузки из памяти в регистры ПЭ должны выполняться спекулятивно, в предположении, что задача-предшественница позже не будет сохранять значения в ту же самую ячейку памяти. Чтобы гарантировать, что никакая задача-предшественница не записывает значение в ячейку памяти, предварительно считанную задачей-преемником, должна проводиться проверка в процессе выполнения вычислений. Если эта проверка идентифицирует загрузку и сохранение, которые находятся в противоречии (не происходят в соответствующем порядке), более поздняя задача должна быть прервана и должна быть инициализирована соответствующая процедура восстановления. В мультискалярных процессорах используется агрессивный подход.

Из-за спекулятивного характера мультискалярное выполнение должно иметь как средства подтверждения правильности выполнения, так и средства

исправления в случае неправильного выполнения. Выполнение команд внутри задач может рассматриваться как спекулятивное с двух точек зрения:

• спекулятивное по управлению;

• спекулятивное по данным.

Если в результате спекулятивного управления предсказание следующей задачи оказалось неверным, то следующая задача (задачи) должна быть отменена и восстановлена правильная последовательность задач. Аналогично задача, использующая неправильные данные, должна быть отменена и должно быть восстановлено правильное значение данных. В любом случае отмена задачи приводит к отмене всех задач, выполняемых после отмененной (иначе поддержание последовательной семантики оказывается сложным).

Для упрощения сохранения последовательной семантики исполнения программы мультискалярный процессор удаляет задачи из циклической очереди в том же порядке, в каком их помещал в очередь. В процессе спекулятивного выполнения задача производит значения, которые могут быть как правильными, так и неправильными. Только безусловно правильные результаты задачи могут быть безопасно использованы другими задачами. Тем не менее, в мультискалярном процессоре значения оптимистично посылаются для спекулятивного использования в процессе выполнения других задач. Поскольку задача посылает значения предварительно другим задачам, как только их вырабатывает, большая часть, если не все значения, будут посланы к моменту, когда задача становится головной в очереди. Таким образом, отмена задачи для освобождения процессора и назначения новой задачи может быть выполнена просто путем модифицирования указателя начала очереди.

Мультискалярные программы.

Мультискалярная программа должна обеспечить возможность быстрого обхода ее ГУЗ, в результате которого производится распределение множества задач по множеству процессоров.

Спецификация кода для каждой задачи стандартна. Задача определяется как фрагмент программы для последовательной машины. Хотя система команд, в которой представляется код, оказывает влияние на конструкцию каждого индивидуального процессора, это не оказывает влияния на остальную часть конструкции мультискалярного процессора.

Для ускорения обхода ГУЗ планировщику мультискалярного процессора требуется информация о структуре потока управления программы. В частности, требуется знать, какие задачи являются возможными преемниками любой данной задачи в ГУЗ. Планировщик мультискалярного процессора использует эту информацию для предсказания одной из возможных задач-преемников и продолжения обхода ГУЗ, начиная с текущей отметки. Такая информация может быть определена статически и помещена в описатель задачи. Описатели задачи могут быть расположены внутри текста программы (например, перед кодом задачи) или помещены отдельно, рядом с текстом программы (например,

в конце).

Для согласованного выполнения различных задач необходимо характеризовать каждую задачу в соответствии с набором используемых и производимых задачей значений.

Процедура обработки регистровых значений проста. В результате статического анализа ГУЗ компилятором формируется маска создания. Потребляя значения, задача ожидает их только в том случае, если они еще не были произведены задачей-предшественником. Иначе она находит требуемые значения внутри локальной памяти, переданные по кольцу задачей-предшественницей.

Естественным является расположение маски создания внутри описателя задачи. Так как задача может содержать множество базисных блоков, выполнение которых зависит от обрабатываемых данных, не представляется возможным определить статически, какие регистровые значения будут созданы динамике вычислений. Маска создания должна быть консервативной и вследствие этого включать все возможные регистровые значения, которые могут быть произведены.

По мере выполнения процессором команд задачи производимые значения регистров пересылаются последующим задачам. Так как ПЭ не может определять априорно, какие команды содержит назначенная ему задача, он не может знать, какие из команд выполняют модификацию регистров, чье значение должно быть послано другим задачам. В соответствии с последовательной семантикой другим задачам должен быть послан только результат последней модификации регистра в задаче. Стратегия, связанная с ожиданием выполнения всех команд в задаче (тогда никакие дальнейшие модификации регистров невозможны), нецелесообразна, так как это часто приводит к ожиданию другими задачами значения, которое уже является доступным.

Не все созданные задачей значения должны быть переданы задачам-приемникам. Достаточно передавать лишь те значения, которые будут использованы вне создавшей их задачи.

Компилятор имеет возможность определения последней команды в задаче, которая модифицирует соответствующий регистр. Он может отметить эту команду как специальную (выполнить-и-переслать) команду, которая в дополнение к выполнению определенной операции направляет результат следующим ПЭ. Кроме того, поскольку ПЭ выполняет команды задачи, он может идентифицировать те регистры, для которых значения не будут произведены.

По тем же самым причинам процессор не может определить, какие команды в действительности выполняет назначенная ему задача, так же как не может определять априорно, на какой команде задача завершится, т.е., в какой точке управление передается вне задачи. Во время разбиения компилятором ГУЗ на задачи определяются границы задачи и узлы передачи управления. Команда в

одном из этих узлов передачи управления может быть отмечена специальными условиями остановки так, чтобы соответствующие условия могли быть оценены к моменту выборки такой команды процессором. Если связанные с командой условия останова выполнены, то задача завершена.

Спецификация пересылки и останова может быть задана с помощью добавления тэговой битовой отметки (битов пересылки и стоповых битов) к каждой команде в задаче. Возможно также другое введение битовых отметок. Например, с каждой статической командой может быть ассоциирована таблица тэговых битов. Аппаратные средства выбирают команды из текста программы и соответствующие битовые отметки из таблицы, объединяют эту пару в новую команду и помещают в кэш-память команд. Освобождение регистра может быть задано добавлением специальной команды освобождения базовой системе команд.

Мультискалярная программа может быть сгенерирована из существующей двоичной, путем добавления описателей задачи и битовых отметок. Эта мультискалярная информация может быть размещена внутри кода программы, а также до или после кода.

Разделение исполнительного кода и описателей позволяет упростить процедуру перенесения программы на другие аппаратные средства.

Мультискалярные аппаратные средства.

На мультискалярные аппаратные средства возлагаются функции обхода ГУЗ, назначения задач на ПЭ и выполнения этих задач при сохранении последовательной семантики программы. Работа по определению порядка назначения задач на выполнение возлагается на программу-планировщик. По адресу описателя задачи программа-планировщик выбирает описатель задачи и назначает задачу на ПЭ, выдает адрес первой команды, устанавливает маски создания и накопления для задачи. Планировщик, используя статическую или динамическую схему предсказания, на основе информации из описателя задачи, предсказывает задачу-преемницу. Каждый ПЭ независимо выбирает и выполняет команды задачи до тех пор, пока не сталкивается с командой останова, идентифицирующей завершение задачи.

Основной целью распределения задач по ПЭ мультискалярного процессора является создание возможности выполнения нескольких команд в одном такте. Потери производительности мультискалярного процессора возможны из-за наличия у ПЭ тактов бесполезных вычислений, тактов ожидания и свободных тактов.

Бесполезные такты вычисления представляют работу, которая в последующем будет отменена в виду использования неправильных значений данных или неправильного предсказания. Такты ожидания связаны с ожиданием получения значения, созданного командой в задаче-предшественнице, или значения, созданного командой в той же самой задаче (например, в случае операции с большим временем выполнения или в виду неудачного обращения в кэш), а также с ожиданием при выполнении действий

по перепланированию задач. Неактивные такты составляют время, в течение которого ПЭ не имеет назначенной задачи. Основной причиной их возникновения является несбалансированность загрузки ПЭ.

Для уменьшения потерь, связанных с бесполезными тактами, следует снижать вероятность отмены результатов предыдущих вычислений, обеспечивая синхронизацию ПЭ по данным, а также устанавливать факт необходимости отмены (если он имеет место быть) как можно раньше.

Преимущества мультискалярной архитектуры.

Мультискалярный процессор имеет некоторые свойства, выгодно отличающие его от традиционных суперскалярных микропроцессоров.

При стандартном подходе точность предсказания ветвлений ограничивает степень параллелизма. Если средняя вероятность правильного предсказания перехода - 0,9, то вероятность правильного предсказание на пять ветвлений вперед только 0,6.

Мультискалярный процессор имеет большую глубину предсказания при обеспечении высокой вероятности выбора правильного направления вычислений. Это свойство обусловлено избирательностью предсказания ветвей. Мультискалярный процессор разбивает последовательный поток команд на задачи. Хотя задачи могут содержать внутренние ветви, планировщик должен предсказывать только ветви, которые отделяют задачи. Ветви, содержащиеся внутри задачи, не предсказываются (если они не предсказаны отдельно внутри ПЭ).

Для суперскалярных процессоров наличие широкого окна выполнения приводит к увеличению числа отложенных команд и усложняет контроль результатов выполнения всех команд в этом окне.

В мультискалярной реализации окно может быть очень широким, однако в любой момент времени только несколько команд должны быть рассмотрены на предмет выдачи результатов (только одна для каждого ПЭ). Границы окна отложенных команд могут быть идентифицированы первой и последней командами в очереди на исполнение.

Для одновременной выдачи n результатов в процессоре должна использоваться логика со сложностью n^2, чтобы выполнить перекрестную проверку зависимостей среди команд. В суперскалярном процессоре, это ограничивает пропускную способность логики выдачи. В мультискалярном процессоре каждый ПЭ выдает команды независимо, т.е. используется сложность логики порядка n.

Прежде чем переупорядочить доступ к памяти, необходимо идентифицировать и вычислить все адреса загрузки и записи значений.

В суперскалярной реализации команды загрузки и записи упорядочиваются (или сохраняются в первоначальной последовательности) и помещаются в буфер вместе с адресом доступа к памяти. При выполнении команды загрузки проверяется буфер, чтобы гарантировать, что не отложена никакая более

ранняя команда записи по тому же самому или еще не определенному адресу. При выборке значения из памяти буфер проверяется, чтобы гарантировать, что не отложена никакая более ранняя команда загрузки или записи по тому же самому или еще не определенному адресу. В мультискалярной реализации команды загрузки и записи могут быть выполнены независимо, без знания последовательности выполнения команд загрузки и записи в задачах преемнице или предшественнице.

В суперскалярном процессоре возможна генерация достаточно широкого окна выполнения с большой глубиной предсказания ветвлений. Кроме того, возможно генерировать очень гибкий план выполнения команд. Например, загрузка в вызываемой функции может выполняться параллельно с запоминанием в вызывающей функции. Однако суперскалярный процессор не имеет представления о ГУЗ программы. Поэтому и возникает необходимость предсказания каждого перехода, что, в конечном счете, приводит к снижению точности предсказания и производительности.

Мультискалярный процессор во многом похож на многопроцессорную систему с общей памятью и очень низким уровнем непроизводительных затрат на планирование. Главное их отличие заключается в том, что многопроцессорная система требует, чтобы компилятор делил программу на задачи, где все соотношения зависимостей между задачами известны (предусмотрены программистом путем использования операторов синхронизации и межпроцессорных коммуникаций), а мультискалярный процессор не требует никакого априорного знания относительно связей команд по управлению и данным.

Мультискалярная архитектура объединяет принципы низко- и высокоуровневого распараллеливания, методы анализа статической и динамической структур программы, благодаря чему позволяет добиться более высоких значений эффективности использования вычислительных ресурсов процессора, чем другие типы архитектур. Фактически в мультискалярных процессорах реализован симбиоз автоматически распараллеливающего компилятора, дающего указания аппаратуре процессора в виде отметок команд и специальных команд, и аппаратных средств, воспринимающих эти указания.

Изложенный выше подход не является единственно возможным при реализации этой плодотворной идеи - привлечения компилятора к распределению заданий по ПЭ и балансировке загрузки процессоров в многопроцессорных системах.

Лекция 8.

Организация интерфейса МП устройств с внешними устройствами и памятью. Встроенные микропроцессорные системы управления.

Появление в 1971 году первого микропроцессора ознаменовало собой начало новой эры не только в вычислительной технике, но и в области *систем встроенного управления оборудованием* — эры высокопроизводительных и

надежных цифровых, микропроцессорных систем управления, интегрированных в рабочую машину, механизм, прибор, изделие — станок, робот, стиральную машину, принтер, плоттер, радиотелефон, автомобиль и т.д.

Компьютерная и связанная с ней микропроцессорная техника развиваются столь стремительно, что производительность процессоров удваивается каждые 8-10 месяцев при значительном росте степени интеграции, снижении габаритов, энергопотребления и цены.

Революция в управляющей электронике сопровождается революцией и в силовой электронике, что позволяет создавать *интегрально-гибридные интеллектуальные электронные модули,* а также конструктивно интегрировать в одном изделии рабочий орган механизма, силовой преобразователь, устройство управления, источник питания и датчики.

Вместо традиционного термина «электромеханика» постепенно начинают применять термин «мехатроника», означающий конструктивное объединение механики и электроники на принципиально новом уровне, когда рост управляющих вычислительных ресурсов при использовании *больших интегральных схем* (БИС) сопровождается значительным повышением надежности оборудования, главным образом, за счет резкого уменьшения монтажных соединений и расширением функциональных возможностей изделия в сторону автоматической адаптации к условиям эксплуатации и интерактивного обучения в процессе диалога с оператором.

Встроенной системой управления будем называть систему управления, конструктивно интегрированную в оборудование. Так, система управления, встроенная в статический преобразователь частоты для асинхронных двигателей, может представлять собой одно- или многоплатную микроЭВМ с необходимым набором интерфейсов для обеспечения как непосредственного управления инвертором и приводом в целом, так и взаимодействия с человеком-оператором, включая, например пульт оперативного управления с дисплеем и клавиатурой. Обязательным компонентом такой системы является интерфейс с системой управления более высокого уровня (промышленным программируемым контроллером или компьютером в промышленном исполнении), что позволяет решать задачи комплексной автоматизации с использованием заданного числа единиц технологического оборудования, объединяя это оборудование в единую *распределенную систему управления.*

В зависимости от сложности решаемой задачи встроенная система управления может быть *однопроцессорной* или многопроцессорной *(мультимикропроцессорной), одноуровневой* или *многоуровневой.* В последнем случае на *нижнем уровне управления* решаются задачи *непосредственного управления* отдельными компонентами оборудования (например отдельными осями привода, узлами автомобиля), а на следующем, более высоком, - задачи совместного управления в реальном времени, связи с оператором, системой верхнего уровня и т.д. Типичными примерами являются станки с числовым программным управлением, роботы-манипуляторы, изделия автомобильной и авиационной электроники, системы связи.

Для многоуровневых систем управления в настоящее время четко прослеживается тенденция оформления систем управления *среднего уровня* в самостоятельном конструктиве для монтажа в стойки или в панели управления. Возможен также вариант настольного или настенного монтажа. Такие устройства управления получили название *индустриальных рабочих станций, индустриальных компьютеров, панельных компьютеров, промышленных программируемых контроллеров.* При этом контроллеры нижнего уровня управления могут подключаться к системе среднего уровня управления несколькими способами: через стандартные последовательные или параллельные интерфейсы; путем установки на системную шину в качестве специализированных *устройств сопряжения с объектом (модулей УСО).*

Индустриальные компьютеры имеют, как правило, развитый набор стандартных устройств сопряжения с объектом (УСО), делающий их универсальными средствами управления для широкого круга применений. Тем не менее на нижнем уровне управления двигателями, статическими преобразователями и др. требуется в большинстве случаев разработка *встроенных специализированных контроллеров,* причем эту разработку могут выполнить только специалисты в данной предметной области, хорошо разбирающиеся в особенностях объекта управления, способные предложить и реализовать весь комплекс необходимых алгоритмов оптимального управления объектом.

Главное отличие *промышленного контроллера* от *промышленного компьютера* состоит в адаптации языка программирования под конкретную область применения. Так, большинство промышленных контроллеров, выпускаемых такими известными фирмами как Allen Bredley, Simens, Fanuc, ABB и др. являются *программируемыми логическими контроллерами (PLC)* и имеют встроенные интерпретаторы с языка релейной автоматики или языка Булевой алгебры, что позволяет неспециалисту программирование системы управления. Таким образом, одноуровневые системы встроенного управления выполняются преимущественно на *базе однокристальных микроЭВМ - микроконтроллеров,* а двух- и более -уровневые предполагают использование на среднем уровне управления многоплатных микроЭВМ типа промышленного программируемого контроллера или компьютера в промышленном исполнении.

Встраиваемое управляющее устройство является *микропроцессорной системой управления,* в состав которой кроме центрального процессора на базе однокристального микропроцессора и микроконтроллера входят необходимые дополнительные элементы памяти и периферийные интерфейсные БИС для организации сопряжения с датчиками, объектом управления и системой управления более высокого уровня.

С точки зрения производителей микропроцессорной техники все задачи, решаемые системами встроенного управления делятся на два больших класса: *управление событиями в реальном времени и управление потоками данных.* Каждый класс задач предъявляет свои специфические требования к микропроцессору или микроконтроллеру, что отражается прежде всего в наборе функций, реализуемых на кристалле, а также в системе команд.

К первому классу относятся задачи, требующие быстрой реакции микропроцессорной системы на изменение внешних условий (на срабатывание технологических датчиков, изменение параметров и т.д.). Как правило, системы управления приводами, энергетическими установками, роботами, а также системы распределенной автоматизации относятся к системам первого класса. Эти задачи требуют применения микроконтроллеров с большим объемом интегрированной на кристалл периферии, включая реализацию на кристалле памяти программ, памяти данных и устройств ввода-вывода, что сокращает аппаратные затраты и удешевляет изделие со встроенной системой управления. Чаще всего в системах управления этого класса для реализации алгоритма управления требуется память относительно небольшого объема (до 32 Кбайт).

Ко второму классу задач относятся задачи, требующие быстрой обработки значительных объемов информации, например в микропроцессорных системах поддержки компьютерных сетей, в системах управления летательными аппаратами, подвижным составом, в системах обработки видеоизображений, когда встроенный процессор должен выполнять множество различных вычислительных операций, в том числе операций с плавающей запятой. Как правило, для решения таких задач требуется уже высокопроизводительный 32- или 64-разрядный процессор.

В соответствии с упомянутыми выше классами задач, продукция фирмы Intel для встроенных применений может быть разделена на следующие группы:

• 8-битовые микроконтроллеры первого поколения (семейство MCSR-48).

• Современные 8-разрядные микроконтроллеры (MCSR-51, MCSR-51, MCSR-251).

• Современные 16-разрядные микроконтроллеры для управления в реальном времени (MCSR-96, MCSR-196, MCSR.-296).

• Встраиваемые 16-разрядные и 32-разрядные микропроцессоры PC-подобной архитектуры (80C186, 386EX и др.).

• Высокопроизводительные микропроцессоры, построенные по RISC-технологии (1960).

Первые три группы изделий ориентированы на управление событиями в реальном времени. Две последние группы предназначены преимущественно для управления процессами. Из изделий, предназначенных для управления событиями, группа 16-разрядных микроконтроллеров MCSR-96 является наиболее производительной и имеет богатейший выбор интегрированных на кристалл специализированных периферийных устройств. Основной базой для построения встроенных систем управления нижнего уровня являются именно *однокристальные микроЭВМ и микроконтроллеры,* могут применяться также и законченные одноплатные системы управления на их основе, выпускаемые рядом фирм в качестве *контроллеров-прототипов.* Долгое время в нашей стране были доступны в основном только освоенные отечественной промышленностью младшие модели 8-разрядных микропроцессоров и микроконтроллеров фирмы Intel, совместимые с изделиями MCS-80, MCS-48,

MCS-51, а также 16-разрядные процессоры собственной разработки, система команд которые совместимы с процессорами фирмы DEC (1816ВМ1, 1816ВМ2). В настоящее время ситуация резко изменилась, и вся самая передовая продукция ведущих фирм мира стала доступна отечественному разработчику и производителю.

Сегодня разработчики встроенных систем управления стоят перед непростым выбором: какое изделие и какой фирмы использовать в проекте.

Разработка мощной микропроцессорной системы управления является сложным делом. Для этого необходим штат высококвалифицированных инженеров-схемотехников и программистов, а также соответствующее оборудование, а именно комплект аппаратных и программных средств разработки (кстати, для каждого набора микропроцессорных БИС-свой). Современные микропроцессоры и микроконтроллеры имеют высокие тактовые частоты и требуют исключительной тщательности как при проектировании печатной платы, включая разводку, так и при ее изготовлении.

На сегодняшний день общемировая потребность в микроконтроллерах составляет более 600 млн. штук в год и быстро возрастает. Это говорит о массовом освоении промышленностью изделий с высокопроизводительными встроенными системами управления в самых разнообразных отраслях техники. Эти системы находят применение в автомобильной промышленности, станко- и роботостроении, в самолетной индустрии, в производстве периферийных устройств компьютеров (приводы дисковых накопителей, скоростные принтеры, плоттеры и т.д.), в бытовой технике (стиральные машины, видеомагнитофоны и т.д.) и, разумеется, в энергетике и электромеханике, где 16-разрядные устройства управления появились даже в относительно несложных приводах бытовых кондиционеров. Особенно широкие возможности по применению этих контроллеров открываются перед разработчиками систем автоматизированного привода, стабилизированных источников питания, промышленных контроллеров и других средств автоматизации производственных процессов.

Лекция 9.

Однокристальные микро-ЭВМ.

В микропроцессорной технике выделился самостоятельный класс больших интегральных схем (БИС) - однокристальные микроЭВМ (микроконтроллеры), которые предназначены для "интеллектуализации" оборудования различного технологического назначения. Архитектура однокристальных микроЭВМ - результат эволюции архитектуры микропроцессоров и микропроцессорных систем, обусловленный стремлением существенно снизить их аппаратные затраты и стоимость.

Однокристальные микроЭВМ представляют собой приборы, конструктивно выполненные в виде одной БИС и включающие в себя все устройства, необходимые для реализации цифровой системы управления минимальной конфигурации: процессор, запоминающее устройства

данных, запоминающее устройство команд, внутренний генератор тактовых сигналов, а также программируемые схемы для связи с внешней средой.

Использование однокристальных микроЭВМ в системах управления обеспечивает достижение исключительно высоких показателей эффективности при столь низкой стоимости, что им, видимо, нет в ближайшем времени альтернативной элементной базы для построения управляющих и/или регулирующих систем.

Отечественная микроэлектронная промышленность освоила широкомасштабный выпуск однокристальных микроЭВМ, к числу которых можно отнести 4-битные микроконтроллеры серий 1814, 1820, 1829 и 1013; 8-битные микроЭВМ серии 1816; микроконтроллеры сигнальные (аналоговые микропроцессоры) серии 1813. В данном курсе в качестве базовых выбраны однокристальные микроЭВМ (ОМЭВМ) серии 1816. В настоящее время в состав этой серии входят два семейства ОМЭВМ МК48 и МК51.

Общие сведения об однокристальных микроЭВМ семейства МК48.

Семейство МК48 включает ряд моделей ОМЭВМ, функциональный состав и технические характеристики которых отражают как различные в идеологическом подходе к применению ОМЭВМ, так и прогрессе технологии СБИС. Все модели, входящие в семейство МК48, являются полностью совместимыми по системе команд. назначению и разводке выводов, совокупности основных функциональных устройств из базового набора семейств.

Первое поколение отечественных ОМЭВМ семейства МК48 - БИС КР1816ВЕ48 и КР1816ВЕ35 являются функционально-конструктивными аналогами БИС соответственно 8748 и 8035 фирмы Intel (США), выполнены по n-канальной МОП-технологии, что обусловило следующие ограничения: уровень интеграции до 18 тыс. транзисторов на кристалле, частота следования тактовых сигналов - 6.0 МГц, объем внутренней памяти ОЗУ - 64 байта, ППЗУ - 1 кбайт и минимальное время цикла - 2,5 мкс.

Второе поколение - БИС КР1816ВЕ49, КР1816ВЕ39 (аналоги БИС 8049 и 8039 фирмы Intel) выполнено по n-канальной МОП-технологии с пропорциональным масштабированием, что позволило повысить уровень интеграции до 36 тыс. транзисторов на кристалле, частоту следования тактовых сигналов до 11МГц, увеличить объем ОЗУ до 128 байт, ПЗУ до 2 кбайт и снизить минимальное время цикла до 1,36 мкс.

Третье поколение семейства МК48 - БИС ОМЭВМ серии КР1830: КР1830ВЕ48, КР1830ВЕ35 (аналоги БИС 80С48, 80С35 фирмы Intel) выполнено по КМОП-технологии, что позволило на порядок уменьшить ток потребления по сравнению с БИС КР1816 ВЕ48, КР1816ВЕ35 при сохранении остальных параметров.

ОМЭВМ КР1816ВЕ48, КР1816ВЕ35, КР1830ВЕ48 и КР1830ВЕ35 полностью идентичны в части структурной реализации. При этом в БИС

КМ1816ВЕ48 программная память размещается во внутреннем ППЗУ с ультрафиолетовым (УФ) стиранием, а в БИС КР1830ВЕ48 - во внутреннем ПЗУ масочного типа. Таким образом, оперативность программирования ППЗУ позволяет использовать ОМЭВМ КР1816ВЕ48 при создании контроллеров единичных экземпляров или мелкосерийных изделий. Потребители БИС КР1830ВЕ48 лишены такой возможности, так как программирование ПЗУ осуществляется в процессе изготовления БИС по данным "прошивки" заказа потребителя.

В микросхемах КР1816ВЕ35 и КР1830ВЕ35 в отличие от БИС КМ1816ВЕ48, КР1830ВЕ48 память программ реализуется только за счет подключения внешней памяти любого типа (ОЗУ, ППЗУ, ПЗУ) общим объемом до 4 кбайт. Эта особенность позволяет использовать их в качестве отладочного варианта, когда память программ реализуется в ОЗУ, что позволяет легко модифицировать отлаживание программ.

ОМЭВМ КР1816ВЕ49 и КР1816ВЕ39 имеют одну и ту же структуру, одинаковые схемотехнические решения и технические характеристики, за исключением памяти программ: ОМЭВМ КР1816ВЕ49 имеет внутреннюю память программы объемом 2 кбайт, выполненную в виде масочного ПЗУ, а ОМЭВМ КР1816ВЕ39 может использоваться только с внешним ЗУ программ.

Реализация программной памяти КР1816ВЕ49 в виде ПЗУ обуславливает целесообразность применения этих ОМЭВМ только для изделий средне- и крупносерийного производства, что обеспечивает в этом случае низкую стоимость ОМЭВМ. В качестве отладочной модели, а также при разработке единичных экземпляров изделий целесообразно использовать ОМЭВМ КР1816ВЕ39 с внешней памятью программ.

В общем виде основные отличительные особенности ОМЭВМ семейства МК48 представлены в таблице 1.

Таблица 1

кро- мы	Аналог	Объем внутр. памяти	Тип памяти программ	Объем Памяти Данных	Макс. частота след.тактовых сигналов
				байт	МГц
1826ВЕ35	8035	НЕТ	ВНЕШН.	64	6.0
1816ВЕ48	8748	1К	УФППЗУ	64	6.0
1816ВЕ39	8039	НЕТ	ВНЕШН.	128	11.0
1816ВЕ49	8049	1К	ПЗУ	128	11.0
1830ВЕ35	80С35	НЕТ	ВНЕШН.	64	64

1830ВЕ48	80С48	1К	ПЗУ	64	64

В ОМЭВМ предусмотрена возможность расширения памяти программ до 4 кбайт, памяти данных до 384 байт и увеличения числа линий ввода вывода за счет подключения внешних кристаллов памяти программ, ОЗУ и БИС интерфейсов.

Однокристальные микро-ЭВМ семейства МК51.

8-разрядные высокопроизводительные однокристальные микроЭВМ семейства МК51 выполнены по высококачественной n-МОП-технологии (серия 1816) и КМОП-технологии (серия 1830).

Использование ОМЭВМ семейства МК51 по сравнению с МК48 обеспечивает увеличение объема памяти программ и памяти данных. Новые возможности ввода-вывода и периферийных устройств расширяют диапазон применения и снижают общие затраты системы. В зависимости от условий использования, быстродействие системы увеличивается минимум в два с половиной раза и максимум на порядок.

Семейство МК51 включает пять модификаций ОМЭВМ (имеющих идентичные основные характеристики), различающиеся реализацией памяти программ и мощностью энергопотребления.

ОМЭВМ КР1816ВЕ51 и КР1830ВЕ57 содержат масочно-программируемое в процессе изготовления кристалла ПЗУ памяти программ емкостью 4 кбайт и рассчитаны на применение в массовой продукции. За счет использования внешних микросхем памяти общий объем памяти программ может быть расширен до 64 кбайт.

ОМЭВМ КМ1816ВЕ751 содержит ППЗУ емкостью 4 кбайт с УФ стиранием и удобна на этапе разработки системы при отладке программ, а также при производстве небольшими партиями или при создании систем, требующих в процессе эксплуатации периодической подстройки. За счет использования внешних микросхем памяти общий объем памяти программ может быть расширен до 64 кбайт.

ОМЭВМ КР1816ВЕ31 и КР1830ВЕ31 не содержат встроенной памяти программ, однако могут использовать до 64 кбайт внешней постоянной или перепрограммируемой памяти программ и эффективно использоваться в системах, требующих существенно большего по объему (более чем 4 кбайт на кристалле) ПЗУ памяти программ.

Каждая из перечисленных выше микросхем является соответственно аналогом БИС 8051, 80С51, 8751, 8031, 80С31 семейства MCS-51 фирмы Intel (США).

Сравнительные данные микросхем МК51 приведены в таблице 2.

Таблица 2

МИКРО-СХЕМЫ	АНАЛОГ	ОБЪЕМ ВНУТР. ПАМЯТИ	ТИП ПАМЯТИ ПРОГРАММ	ОБЪЕМ ПАМЯТИ ДАННЫХ	МАКС. ЧАСТОТА СЛЕД. ТАКТОВ. СИГНАЛОВ	ТОК ПОТРЕБ-ЛЕНИЯ
		БАЙТ		БАЙТ	МГЦ	МА
КР1826ВЕ31	8031АН	НЕТ	ВНЕШН.	128	12.0	150.0
КР1816ВЕ51	8051АН	4К	ПЗУ	128	12.0	150.0
КР1816ВЕ751	8751Н	4К	ППЗУ	128	12.0	220.0
КР1830ВЕ31	80С31ВН	НЕТ	ВНЕШН.	128	12.0	18.0
КР1830ВЕ51	80С51ВН	4К	ПЗУ	128	12.0	18.0

Каждая ОМЭВМ рассматриваемого семейства содержит встроенное ОЗУ памяти данных емкостью 128 байт с возможностью расширения общего объема оперативной памяти данных до 64 Кбайт за счет использования внешних микросхем ЗУПВ.

Общий объем памяти ОМЭВМ семейства МК51 может достигать 128 Кбайт: 64 Кбайт памяти программ и 64 Кбайт памяти данных.

ОМЭВМ МК51 выполнены на основе высокоуровневой n-МОП-технологии и выпускаются в корпусе типа DIP, имеющем 40 внешних выводов. ОМЭВМ данного семейства содержат следующие основные узлы:

1. центральный 8-разрядный процессор;
2. память программ объемом 4 Кбайт;
3. память данных объемом 128 байт;
4. четыре 8-разрядных программируемых канала ввода-вывода;
5. два 16-битовых многорежимных таймера/счетчика;
6. систему прерываний с пятью векторами и двумя уровнями;
7. последовательный интерфейс;
8. тактовый генератор.

Система команд ОМЭВМ содержит 111 базовых команд с форматом 1,2 или 3 байта.

ОМЭВМ имеет: 32 РОН; 128 определяемых пользователем программно-управляемых флагов; набор регистров специальных функций.

РОН и определяемые пользователем программно-управляемые флаги расположены в адресном пространстве внутреннего ОЗУ данных.

Структурная схема ОМЭВМ представлена на рис.10. Основу структурной схемы МК51 составляет внутренняя двунаправленная 8-битовая шина, которая связывает между собой все основные узлы и устройства: арифметико-логическое устройство (АЛУ), резидентную память, блок регистров специальных функций, устройство управления и порты ввода-вывода.

Устройство управления МК51 на основе сигналов синхронизации формирует

машинный цикл фиксированной длительности, равной 12 периодам кварцевого резонатора или шести состояниям первичного управляющего автомата (S1-S6). Каждое состояние управляющего автомата содержит две фазы (P1, P2) сигналов резонатора. В фазе P1, как правило, выполняется операция в АЛУ, а в фазе P2 осуществляется межрегистровая передача. Весь машинный цикл состоит из 12 фаз, начиная с фазы S1P1 и кончая фазой S6P2.

Арифметико-логическое устройство. 8-битное АЛУ может выполнять арифметические операции сложения, вычитания, умножения и деления, логические операции И, ИЛИ, исключающее ИЛИ, а также операции циклического сдвига, сброса, инвертирования и т.п. В АЛУ имеются программно-недоступные регистры T1 и T2, предназначенные для временного хранения операндов, схема десятичной коррекции и схема формирования признаков.

Важной особенностью АЛУ является его способность оперировать не только байтами, но и битами. Отдельные программно-доступные биты могут быть установлены, сброшены, инвертированы, переданы, проверены и использованы в логических операциях. Вследствие этого, МК51 иногда называют "булевским процессором".

Таким образом, АЛУ может оперировать четырьмя типами объектов: булевскими (1 бит), цифровыми (4 бита), байтовыми (8 бит), адресными (16 бит).

Резидентная память. Резидентная память МК51 включает в себя память программ (РПП) и память данных (РПД). РПП и РПД физически и логически разделены, имеют различные механизмы адресации, работают под управлением различных сигналов и выполняют разные функции.

РПП имеет емкость 4Кбайта и предназначена для хранения команд, констант, управляющих слов инициализации и т.п. Она имеет 16-битную шину адреса, по которой обеспечивается доступ из счетчика команд (PC) или из регистра указателя данных (DPER). Последний выполняет функции базового регистра при косвенных переходах.

РПД (ОЗУ) предназначена для хранения переменных в процессе выполнения прикладной программы, адресуется одним байтом и имеет емкость 128 байт. Кроме того, к адресному пространству РПД примыкают адреса регистров специальных функций (SFR).

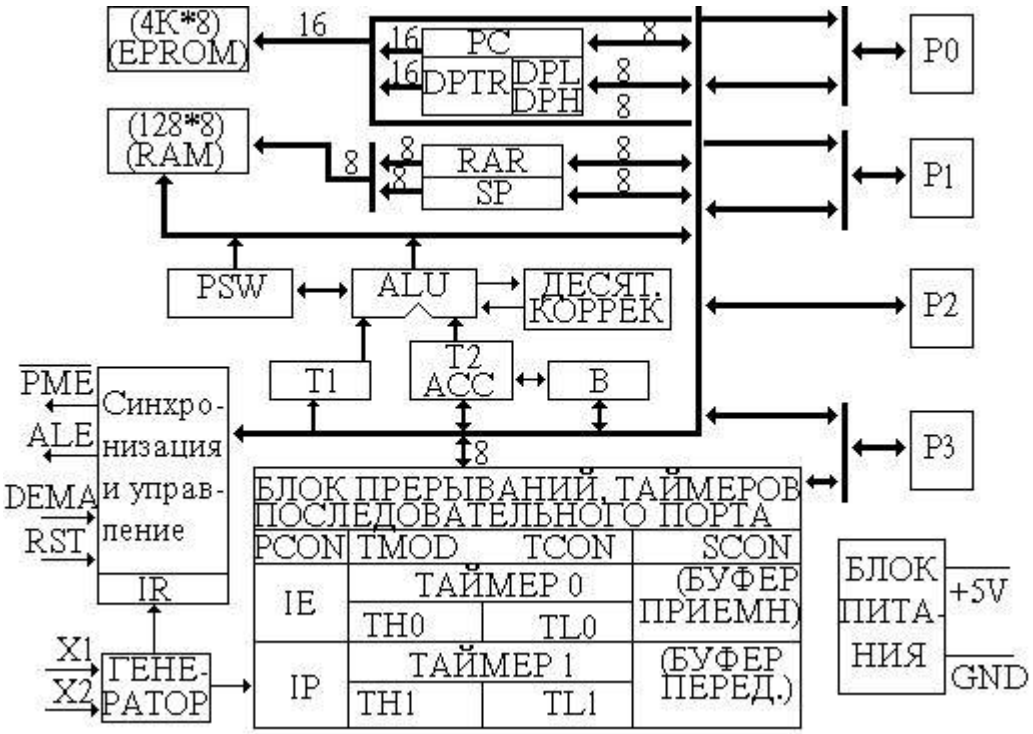


РИС.10. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОМЭВМ

На рис. 10. приняты следующие обозначения для управляющих сигналов:

/PME- разрешение внешней памяти программ, сигнал выдается только при обращении к внешней памяти программ;

ALE - строб адреса внешней памяти, сигнал используется для приема и фиксации адреса внешней памяти на внешнем регистре;

DEMA - блокирование работы с внутренней памятью, отключение резидентной памяти программ;

RST - сигнал общего сброса, служит также выводом резервного питания ОЗУ от внешнего источника;

X1, X2 - выводы для подключения кварцевого резонатора.

РПП и РПД могут быть расширены до 64 Кбайт путем подключения внешних БИС.

Регистры аккумулятора и PSW (регистр признаков операций). Аккумулятор является источником операнда и местом фиксации результата при выполнении арифметических, логических операций и ряда операций передачи данных.

При выполнении многих команд в АЛУ формируется ряд признаков операций (флагов), которые фиксируются в регистре PSW.

Регистры указатели. 8-битный указатель стека (SP) может адресовать любую область РПД. Его содержимое инкрементируется прежде, чем данные будут запомнены в стеке в ходе выполнения команды PUSH и CALL. Содержимое SP декрементируется после выполнения команд RET и POP. Подобный способ адресации элементов стека называют прединкрементным/постинкрементным.

Двухбайтовый регистр указатель данных (DPTR) обычно используется для фиксации 16-битного адреса в операциях с обращением к внешней памяти. DPTR может быть использован или как 16-битный регистр, или как два независимых 8-битных регистра (DPH и DPL).

Буфер последовательного порта. Регистр с символическим именем SBUF представляет собой два независимых регистра - буфер приемника и буфер передатчика. Загрузка байта в SBUF автоматически вызывает начало процесса передачи через последовательный порт.

Когда байт считывается из SBUF, это значит, что его источником является приемник последовательного порта.

Блок таймеров/счетчиков. В составе средств МК51 имеются регистровые пары с символическими именами TH0, TL0 и TH1, TL1, на основе которых функционируют два независимых программно-управляемых 16-битных таймера/счетчика событий. Таймеры/счетчики (Т/С) предназначены для подсчета внешних событий, для получения программно-управляемых временных задержек и выполнения время-задающих функций ОМЭВМ.

В состав блока Т/С входят: два 16-разрядных регистра Т/С0 и Т/С1; 8-разрядный регистр режимов Т/С (TMOD); 8-разрядный регистр управления (TCON); схема инкремента; схема фиксации INT0, INT1, T0, T1; схема управления флагами.

16-разрядные регистры Т/С выполняют функцию хранения содержимого счета. Код начального счета заносится в указанные регистры программно. В процессе счета содержимое регистров инкрементируется. Признаком окончания счета является переполнение регистров.

Регистр TMOD хранит код, определяющий:

- один из 4-х возможных режимов работы каждого Т/С;

- работу в качестве таймеров или счетчиков;

- управление Т/С от внешнего вывода.

Регистр TCON предназначен для приема и хранения кода управляющего слова

При работе в качестве таймера содержимое Т/С инкрементируется в каждом машинном цикле, т.е. через каждые 12 периодов резонатора. При работе в качестве счетчика содержимое Т/С инкрементируется под воздействием перехода из 1 в 0 внешнего входного сигнала, подаваемого на соответствующий (T0, T1) выводы МК51. Опрос значения внешнего входного сигнала выполняется в момент времени S5P2 каждого машинного цикла. Содержимое счетчика будет увеличено на 1 в том случае, если в предыдущем цикле был считан входной сигнал высокого уровня (1), а в следующем - сигнал низкого уровня (0). Новое (инкрементированное) значение счетчика будет сформировано в момент S3P1 в цикле, следующем за тем, в котором был обнаружен переход сигнала из 1 в 0. Так как на распознавание перехода требуется два машинных цикла, то максимальная

частота подсчета входных сигналов равна 1/24 частоты резонатора. На длительность периода входных сигналов ограничений сверху нет. Для гарантированного прочтения входного считываемого сигнала он должен удерживать значение 1 как минимум в течении одного машинного цикла МК51.

Режим работы 0,1 и 2 для обоих Т/С одинаковы. Режим 3 для Т/С0 и Т/С1 различны.

Рассмотрим кратко работу Т/С во всех режимах.

В режиме 0 таймерный регистр имеет разрядность 13 бит. При переходе из состояния "все единицы" в состояние "все нули" устанавливается флаг прерывания от таймера TF. Входной синхросигнал таймера разрешен (поступает на вход Т/С), когда управляющий бит TR установлен в 1 и либо управляющий бит GATE (блокировка) равен 0, либо на внешний вывод запроса прерывания INT поступает уровень 1.

Отметим попутно, что установка бита GATE в 1 позволяет использовать таймер для измерения длительности импульсного сигнала, подаваемого на вход запроса прерывания.

Работа любого Т/С в режиме 1 такая же, как и в режиме 0, за исключением того, что таймерный регистр имеет разрядность 16 бит.

В режиме 2 работа организована таким образом, что переполнение 8-битного счетчика TL приводит не только к установке флага TF, но и автоматически перезагружает в TL содержимое старшего байта TH таймерного регистра, которое предварительно было задано программным путем.

Т/С1 в режиме 3 заблокирован и просто сохраняет значение кода в регистре Т/С.

Т/С0 в режиме 3 представляет собой два независимых устройства на основе 8-ми разрядных регистров TL0 и TH0. Устройство на основе TL0 может работать в режиме таймера и в режиме счетчика, за ним сохраняются все биты управления Т/С0, оно реагирует на воздействия по входам T0, INT0. При переполнении TL0 устанавливается флаг TF0. Устройство на основе регистра TH0 может работать только в режиме таймера. Оно использует бит включения TR1, при переполнении TH0 выставляет флаг TF1.

Порты. Порты P0, P1, P2, P3 являются двунаправленными портами ввода-вывода и предназначены для обмена информацией ОМЭВМ с внешними устройствами, образуя 32 линии ввода-вывода. Каждый из портов содержит фиксатор-защелку, который представляет собой 8-ми разрядный регистр, имеющий байтовую и битовую адресацию для установки (сброса) разрядов с помощью программного обеспечения.

Помимо работы в качестве обычных портов ввода-вывода линии портов P0-P3 могут выполнять ряд дополнительных функций.

Через порт P0:

- выводится младший байт адреса A0-A7 при работе с внешней памятью

программ и внешней памятью данных;

- выдается и принимается байт данных при работе с внешней памятью (при этом обмен байтом данных и вывод младшего байта адреса внешней памяти мультиплексируются по времени);

- задаются данные при программировании внутреннего ППЗУ и читается содержимое внутренней памяти программ.

Через порт P1:

- задается младший байт адреса при программировании внутреннего ППЗУ и при чтении внутренней памяти программ.

Через порт P2:

- выводится старший байт адреса A8-A15 при работе с ВПП и ВПД;

- задается старший байт адреса (A8-A14) при программировании внутреннего ППЗУ и при чтении внутренней памяти программ.

Каждая линия порта P3 имеет индивидуальную альтернативную функцию. Альтернативная функция любой из линий порта P3 реализуется только в том случае, если в соответствующем этой линии разряде фиксатора защелки содержится "1". В противном случае на линии порта будет присутствовать "0".

Организация обращения к ВПД. В ОМЭВМ предусмотрена возможность расширения памяти данных путем подключения внешних устройств емкостью до 64 Кбайт. Команды ОМЭВМ могут формировать 8-разрядный адрес ВПД, который выдается через порт P0, либо 16-разрядный адрес, младший байт которого выдается через порт P0, а старший - через порт P2. Байт адреса, выдаваемый через порт P0, должен быть зафиксирован во внешнем регистре по спаду сигнала ALE, т.к. в дальнейшем линии порта P0 используются как шина данных, через которую байт данных принимается из памяти при чтении или выдается в память данных при записи. При этом чтение стробируется сигналом RD, а запись - сигналом WR. Схема подключения внешней памяти данных к ОМЭВМ показана на рис.11.

Пространства внутренней и внешней памяти данных не пересекаются, т.к. доступ к ним осуществляется с помощью разных команд. Т.о. в системе могут одновременно присутствовать внутренняя память данных с адресом 00H-FFH и внешняя память данных с адресом 0000H-FFFFH. Обращение к ячейкам ВПД осуществляется только с использованием косвенной адресации по регистрам R0 и R1 активного банка регистров внутреннего ОЗУ или по регистру специальных функций DPTR. Соответственно в первом случае будет формироваться 8-разрядный адрес ВПД.

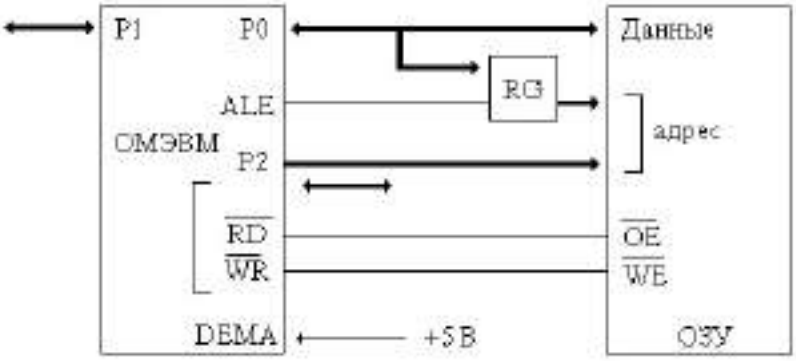


Рис.11. Схема подключения внешней памяти данных к ОМЭВМ

На рис.12а, 12б, соответственно, приведены диаграммы циклов чтения и записи при работе ОМЭВМ с внешней памятью данных.

DPL, DPH - соответственно младший и старший байты регистра указателя данных DPTR, который используется в качестве регистра косвенного адреса. R0 - регистр R 0 текущего банка, который используется в качестве регистра косвенного адреса.

P2SFR - защелка порта P2.

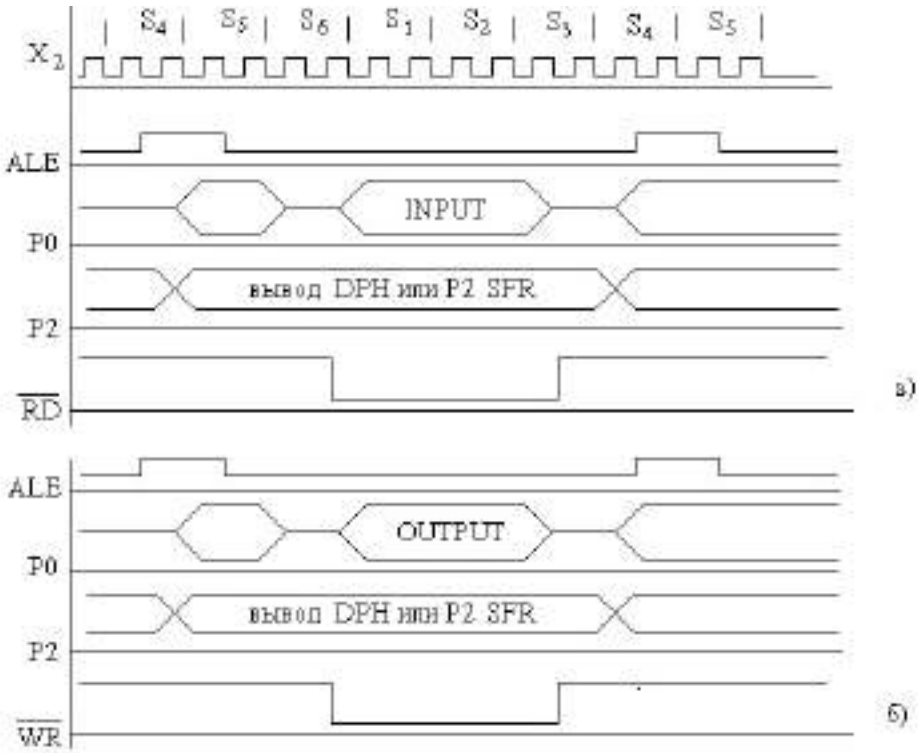


Рис.12. Диаграммы циклов чтения и записи при работе ОМЭВМ с внешней памятью данных

Память программ. Память программ предназначена для хранения кодов программ и имеет отдельное от памяти данных адресное пространство объемом до 64 Кбайт, причем для БИС 1816ВЕ51, 1816ВЕ75 и 1830ВЕ51 часть памяти программ с адресами 0000H-0FFFH расположена на кристалле ОМЭВМ. Если на вывод DEMA подано напряжение Ucc , то обращение к ВПП происходит автоматически при выработке счетчиком команд адреса,

превышающего 0FFFH.

Если на вывод DEMA подан "0", внутренняя память программ отключается и начиная с адреса 0000H все обращения выполняются только к внешней памяти программ.

Чтение из внешней памяти программ стробируется сигналом ОМЭВМ XOR(PME). При работе с внутренней памятью программ сигнал XOR(PME) не формируется.

При обращении к ВПП всегда формируется 16-разрядный адрес, младший байт которого выдается через порт P0, а старший - через порт P2. При этом байт адреса, выдаваемый через порт P0, должен быть зафиксирован во внешнем регистре по спаду сигнала ALE, т.к. в дальнейшем линии порта P0 используются в качестве шины данных, по которой байт из внешней памяти программ вводится в ОМЭВМ.

Функциональная схема включения ОМЭВМ МК51 с ВПП показана на рис.13.

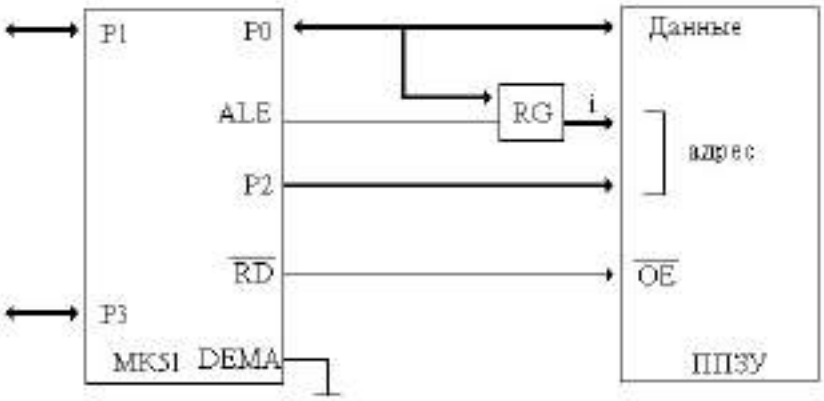


Рис.13. Функциональная схема включения ОМЭВМ МК51 с ВПП

Порт P0 работает как мультиплексированная шина адрес/данные: выдает младший байт счетчика команд, а затем переходит в высокоимпедансное состояние и ожидает прихода байта из ППЗУ программ. Когда младший байт адреса находится на выходах порта P0, сигнал ALE защелкивает его в адресном режиме RG. Старший байт адреса находится на выходах порта P2 в течение всего времени обращения к ППЗУ.

Сигнал XOR(PME) разрешает выборку байта из ППЗУ, после чего выбранный байт поступает на порт P0 МК51 и вводится в ОМЭВМ.

Диаграммы, показывающие формирование соответствующих сигналов при работе ОМЭВМ с ВПП, приведены на рис.14.

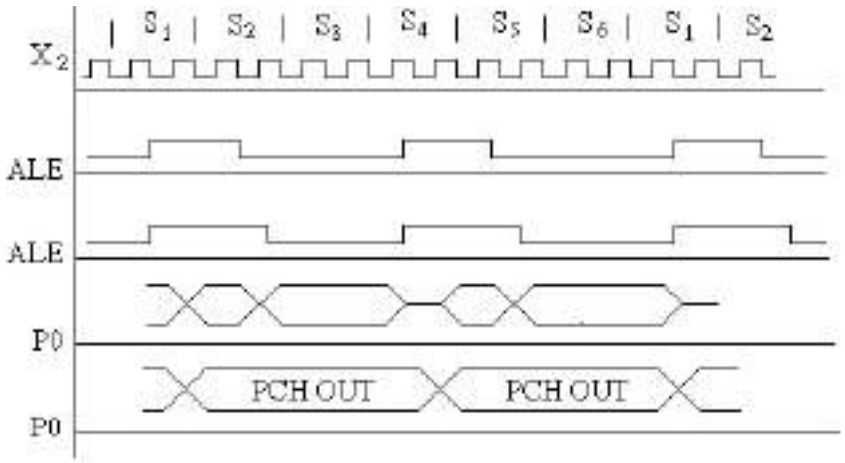


Рис.14. Диаграммы, показывающие формирование соответствующих сигналов при работе ОМЭВМ с ВПП

На рис.14. использованы следующие обозначения:

- PCL OUT - выдача младшего байта PC;

- PCH OUT - выдача старшего байта PC;

-INPUT - данные на шине P0.

Как видно из диаграмм, при работе с ВПП сигнал PME формируется дважды в каждом машинном цикле независимо от количества байт в команде. Если второй выбираемый байт в текущей команде не используется, он игнорируется ОМЭВМ. В дальнейшем, при переходе к выполнению следующей команды этот байт будет введен вторично.

Структура микроконтроллеров семейства MCS-x96.

Семейство микроконтроллеров MCS-x96 предназначено специально для построения высокопроизводительных контроллеров, реализующих алгоритмы управления исполнительными двигателями постоянного и переменного тока.

Обобщенная структурная схема микроконтроллера семейства MCS-x96 изображена на рис. 16. В его состав входят процессор, память, набор периферийных устройств и контроллер памяти. К микроконтроллеру можно подключить внешнюю память.

Процессор содержит арифметико-логическое устройство (ALU) и регистровое оперативное запоминающее устройство (RRAM). Отличительная особенность ALU - отсутствие регистра-аккумулятора. При выполнении арифметических и логических операций в качестве источника первого операнда и приемника результата может использоваться любой регистр в RRAM , при этом операнд и результат могут иметь разные адреса. ALU обращается к RRAM непосредственно или через контроллер памяти.

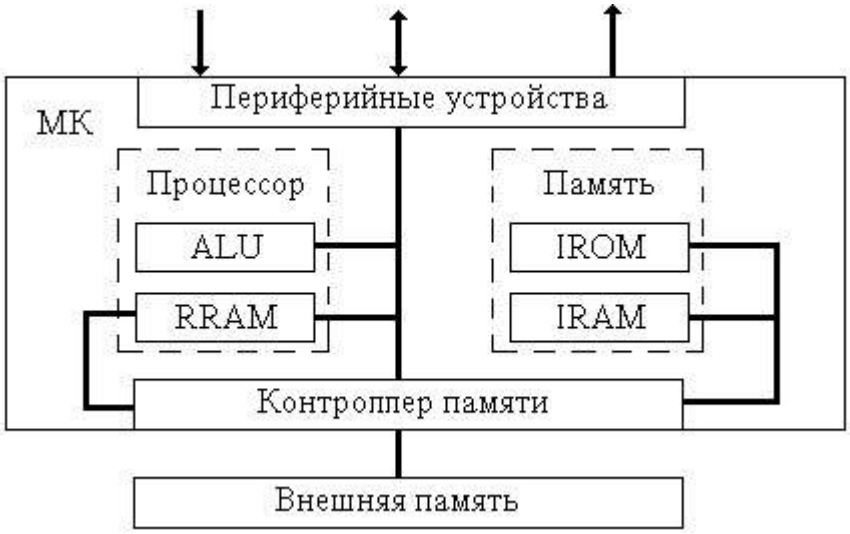


РИС.18. ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА MCS-X96

Внутренняя (Internal) память микроконтроллера содержит постоянное (IROM) и оперативное (IRAM) запоминающие устройства. Первое из них используется для хранения команд программы, констант и специальных данных. Выпускаются микроконтроллеры, в которых IROM отсутствует (в этом случае его функции возлагают на запоминающее устройство, входящее в состав внешней памяти).

IRAM используется для хранения данных и команд программы. При этом открывается возможность модифицировать команды в процессе выполнения программы. В микроконтроллерах некоторых типов IRAM отсутствует.

Общее число адресов в адресном пространстве микроконтроллера равно 64К, а у микроконтрллеров подсемейства NT может быть увеличено до 1М.

Контроллер памяти управляет процессом обращения к внутренней и внешней памяти, при этом обеспечивается опережающая выборка кодов команд с образованием их очереди.

В таблице 3. указана емкость RRAM, IROM и IRAM микроконтроллеров разных типов, а также указаны интегрированные на кристалле микроконтроллера периферийные устройства. Буква X в обозначении типа заменяется цифрой 0, если микроконтроллер не имеет IROM, цифрой 3, если он имеет IROM масочного типа, и цифрой 7, если микроконтроллер содержит программируемое постоянное запоминающее устройство с возможностью стирания записи путем ультрафиолетового облучения (EPROM). При отсутствии окна в корпусе микросхемы возможно лишь однократное программирование IROM (OTPROM).

Таблица 3

МИКРОКОНТРОЛЛЕР	**8XC196KB**	**8XL196KD**	**8XC196NT**	**8XC196MC**	**8XC196MD**
RRAM БАЙТ	**232**	**1000**	**1000**	**488**	**488**

IROM КБАЙТ	8	32	32	16	16
IRAM БАЙТ	-	-	512	-	-
P	5	5	8	7	8
I/O	40	40	56	53	64
SLP	-	-	+	-	-
SP	+	+	+	-	-
SSIO	-	-	+	-	-
HSIO	+	+	-	-	-
EPA	-	-	+	+	+
ADC	8	8	4	13	14
PWM	1	3	-	2	2
WG	-	-	-	+	+
FG	-	-	-	-	+
PTS	-	+	+	+	+
OFD	-	-	+	-	-

Периферийные устройства микроконтроллеров семейства MCS-x96.

Расположенные на кристалле микроконтроллера периферийные устройства предназначены для приема и выдачи данных, ввода и вывода событий и аналоговых сигналов, обслуживания запросов прерывания и контроля правильности работы микроконтроллера. В таблице 3 приведены данные о наличии определенных периферийных устройств у микроконтроллеров разных типов и даны некоторые характеристики этих устройств.

Для приема и выдачи данных в параллельном коде используются параллельные порты. Микроконтроллеры разных типов имеют разное число таких портов, при этом разные порты могут иметь разное число разрядов. В графе P таблицы указано число параллельных портов у микроконтроллеров разных типов, а в графе I/O - суммарное число их разрядов.

Для обмена данными между микроконтроллером и центральным процессором в иерархической микропроцессорной системе предназначен процессорный порт (SLP - Slave Port), который подключают непосредственно к системной магистрали центрального процессора. В качестве SLP используется один из параллельных портов, который переводится в соответствующий режим путем программирования.

Для приема и выдачи данных в последовательном коде используется последовательный порт (SP). Он позволяет увеличивать число параллельных портов микроконтроллера путем подключения внешних сдвигающих регистров, обмениваться данными с другими устройствами по последовательному каналу связи (например, по интерфейсу RS - 232) и создавать простейшие локальные сети микроконтроллеров.

Для обмена данными в последовательном коде между двумя микроконтроллерами предназначен синхронный последовательный порт (SSIO). При этом могут использоваться две, три или четыре соединительные линии.

Все микроконтроллеры семейства MCS-x96 оснащены специальным периферийным устройством, предназначенным для приема и регистрации входных событий и формирования и выдачи выходных. Событием является изменение значения сигнала. Различают единичные события (замена нулевого значения единичным) и нулевые (замена единичного значения нулевым). Прием и регистрация входного события заключается в запоминании времени появления события определенного типа на определенном входе микроконтроллера. Это позволяет определять временные параметры входных импульсных последовательностей (период следования и длительность импульсов и т.д.).

При формировании и выдаче выходного события в определенное, заранее заданное время появляется событие определенного типа на определенном выходе микроконтроллера (внешнее выходное событие) или в определенной точке внутри микроконтроллера (внутреннее выходное событие). Это позволяет формировать импульсные последовательности заданной формы (например, широтно-модулированный сигнал) и реализовывать временные задержки.

Для работы с событиями в микроконтроллерах подсемейств KB и KC используется блок быстрого ввода-вывода (HSIO), а в микроконтроллерах подсемейств KR, NT, MC - блок процессоров событий (EPA). В HSIO имеется определенное число входных и выходных каналов, в EPA - универсальные модули, каждый из которых может быть запрограммирован для работы с входными или выходными событиями.

Для ввода аналоговых сигналов используется многоканальный аналогово-цифровой преобразователь (ADC). Значение аналогового сигнала представляется восьми- или десятиразрядным двоичным кодом. Число каналов в преобразователе указано в графе ADC.

Микроконтроллеры подсемейств KB, KC, MC имеют широтно-импульсный модулятор (PWM) с программируемым значением скважности импульсной последовательности. Использование этого модулятора совместно с внешним интегрирующим устройством позволяет осуществлять цифроаналоговое преобразование.

Микроконтроллеры подсемейства MC содержат трехфазный генератор (WG - Waveform Generator), который может быть использован для управления трехфазными электродвигателями переменного тока, вентильными электродвигателями постоянного тока, шаговыми двигателями, а также для преобразования постоянного тока в переменный.

В микроконтроллерах 8XC196MD имеется генератор меандра (FG-Frequency Generator) с программируемой длительностью импульсов и периодом их следования.

Все микроконтроллеры семейства MCS-x96 имеют систему управления прерываниями. С ее помощью осуществляется переход от выполнения текущей программы к выполнению прерывающей, составленной программистом и записанной в память микроконтроллера. Для обслуживания прерываний

микроконтроллеры подсемейств KC, KR, NT, MC имеют, кроме того, периферийный сервер транзакций (PTS - блок обслуживания групповых операций).

Обслуживание запроса прерывания с использованием PTS заключается в выполнении вместо очередной команды текущей программы определенной микропрограммы, заложенной в специальную память микроконтроллера при его изготовлении. Программист выбирает для обслуживания запроса прерывания подходящую микропрограмму из набора имеющихся и настраивает ее для выполнения в каждом конкретном случае путем записи группы кодов в RRAM.

В число операций, которые могут быть выполнены под управлением PTS при обслуживании запроса прерывания, входят одиночная и групповая пересылки и чтение результатов аналого-цифрового преобразования. Кроме того, микроконтроллеры подсемейства KC могут выполнять операции, связанные с регистрацией входных и формированием выходных событий, микроконтроллеры подсемейств KR, NT-операции, связанные с формированием широтно-модулированных сигналов, а подсемейства MC - операции, реализующие функции последовательного порта.

Для контроля правильности работы все микроконтроллеры оснащены сторожевым таймером, сбрасывающим их в исходное состояние при появлении сбоя в ходе программы. Микроконтроллеры подсемейств KR, NT, кроме того, содержат детектор падения частоты (OFD), который переводит их в состояние сброса при катастрофическом снижении тактовой частоты.

Лекция 10.

Преимущества регистр-регистровой архитектуры

При построении большинства микропроцессоров и микроконтроллеров (например, серии 8-разрядных микроконтроллеров MCS-51) используется традиционная, так называемая *аккумуляторная архитектура,* когда один из регистров специального назначения *аккумулятор* по умолчанию является источником одного из двух операндов и одновременно приемником результата операции, выполняемой в *арифметико-логическом устройстве* (АЛУ). Такой подход позволяет существенно уменьшить формат команды за счет адресации в поле операндов только одного из операндов.

Для выполнения какого-либо действия в процессорах «классической» аккумуляторной архитектуры в общем случае кроме собственно команды, пример, сложения, требуются по крайней мере еще две операции пересылки данных: загрузка первого операнда в аккумулятор и через него в один из портов арифметико-логического устройства (АЛУ), а также пересылка результата операции из аккумулятора по месту назначения уже после завершения операции (рис.17) при этом второй операнд извлекается из оперативной памяти непосредственно в процессе выполнения операции. Также в процессе

выполнения операции результат помещается в аккумулятор.

По мере развития микропроцессорной техники аккумуляторная архитектура стала тормозом в повышении производительности центрального процессора и уступила место *т*ак называемой *регистр-регистровой архитектуре.* Основным отличием регистр-регистровой архитектуры от аккумуляторной является то, что любые ячейки интегрированной на кристалл микроконтроллера сверхбыстродействующей оперативной памяти, *регистрового ОЗУ,* могут рассматриваться либо как операнды-источники, либо как аккумулятор для приема результата операции. При таком подходе любая из команд процессора может быть трехоперандной и необходимость в дополнительных операциях пересылки данных из аккумулятора и обратно отпадает. Естественно, что регистр-регистровая архитектура требует более сложного формата команды. Наряду с полем кода операции в формате команды будут присутствовать поля адресов операндов-источников и операнда-приемника.

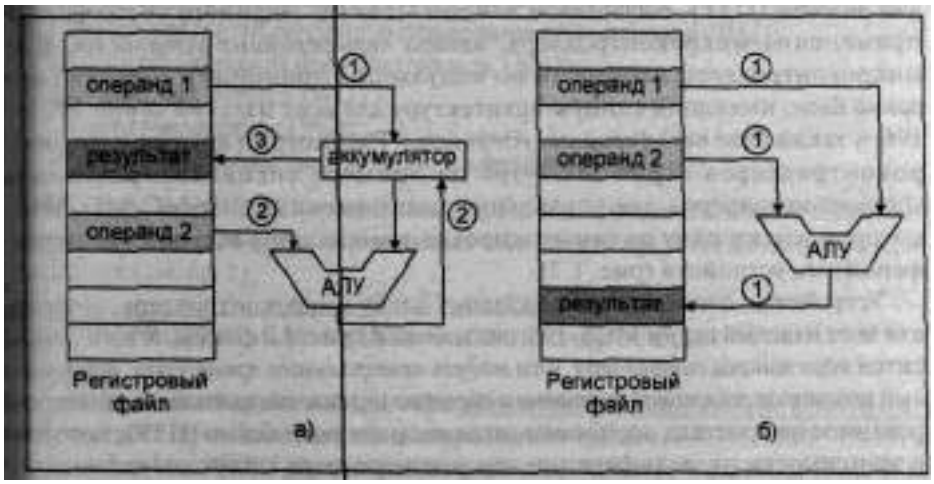


РИС. 17. СРАВНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНОЙ (А) И РЕГИСТР-РЕГИСТРОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ (Б)

Таким образом, любая *ячейка регистрового файла,* внутренней сверхоперативной памяти, может выполнять функцию как источника данных, так и приемника данных.

Главные преимущества регистр-регистровой архитектуры:

• Отсутствует необходимость в предварительной загрузке одного из, операндов в аккумулятор перед выполнением операции.

• Содержимое источников данных в результате выполнения операции может оставаться неизменным, либо модернизироваться по желанию программиста. В последнем случае источник данных одновременно будет и приемником результата операции.

• Резко уменьшается число операций по пересылке данных и возрастает скорость вычислений.

• Появляется возможность расширения системы команд трехоперандными высокопроизводительными командами.

Совокупность перечисленных выше факторов вместе с главным преимуществом - возможностью выполнения операций непосредственно над 16-разрядными операндами, приводит к повышению производительности 16-разрядных микроконтроллеров *в несколько раз* по сравнению с 8-разрядными контроллерами, работающими на тех же тактовых частотах.

Блок-схема микроконтроллера MCS-196.

Микроконтроллеры семейства MCS-196 являются однокристальными микроЭВМ с интеграцией на кристалл центрального процессора, оперативной памяти (ОЗУ), постоянной памяти (ПЗУ) и заданного спецификой применения микроконтроллера, набора периферийных устройств. Все микроконтроллеры построены по модульному принципу и содержат базовый блок, имеющий единую архитектуру для всех изделий серии MCS-196, а также блок периферийных устройств. Рассмотрим архитектуру микроконтроллеров серии MCS-196 на примере специализированных микроконтроллеров для управления двигателями 8xC196MC/MD/MH. которые имеют одну из самых широких номенклатур встроенных периферийных устройств (рис. 18).

Устройства, относящиеся к базовому блоку микроконтроллера, общему для всех изделий серии MCS-196, выделены на рис. 18 фоном. К ним относится ядро микроконтроллера или модуль центрального процессора, встроенный генератор тактовой частоты и система управления питанием, интегрированное на кристалл постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), которое в зависимости от модификации микроконтроллера может отсутствовать. контроллер прерываний (Interrupt Controller), а также сервер периферийных транзакций (PTS) — специализированный контроллер прерываний, обеспечивающий быстрый обмен данными между периферийными устройствами и памятью практически без участия центрального процессора.

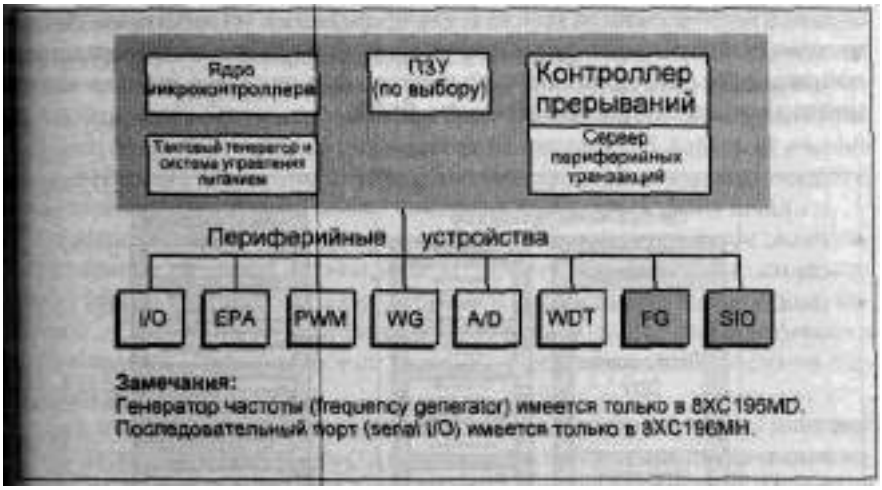


Рис. 18. Типовая архитектура микроконтроллеров семейства MCS-196 на примере микроконтроллеров для управления двигателями 8xC196MC/MD/MH.

В набор интегрированных на кристалл периферийных устройств для микроконтроллеров 8xC196MC/MD/MH входят:

порты ввода/вывода (I/O);

процессор событий (EPA);

генератор широтно-импульсных сигналов (PWM);

многоканальный генератор периодических сигналов (WG);

аналого-цифровой преобразователь (A/D);

сторожевой таймер (WDT);

генератор частоты (FG1;

последовательные порты ввода/вывода данных (SIO).

Набор встроенных периферийных устройств меняется в зависимости от типа микроконтроллера и определяет область его преимущественного применения.

Модуль центрального процессора. *Модуль центрального процессора* обеспечивает выполнение программы пользователя и состоит из *центрального процессора* (ЦПУ) Central Processing Unit (CPU) и *контроллера памяти* Memory Controller (рис. 19). В состав центрального процессора входят *регистровый файл* Register File и *регистровое арифметико-логическое устройство* (Register Arithmetic-Logic Unit) или сокращенно РАЛУ (RALU).

Внутренняя 16-разрядн4я шина связывает центральный процессор с контроллером памяти и *контроллером прерываний* (interrupt controller), а также со всеми встроенными на кристалл периферийными устройствами. Дополнительная внутренняя 8-разрядная шина используется для непосредственной передачи байтов команды из контроллера памяти в *регистр команд* (instruction register), расположенный в РАЛУ.

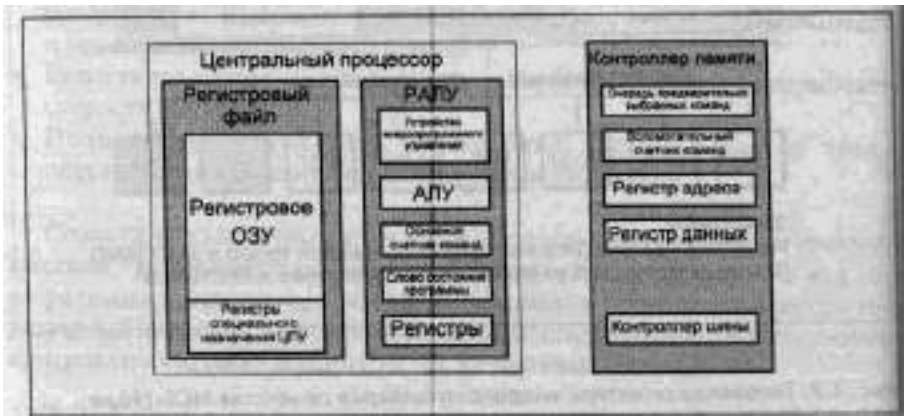


РИС. 19. СТРУКТУРА МОДУЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

В состав центрального процессора входит *устройство микропрограммного управления* (microcode engine), предназначенное для приема от контроллера памяти кода очередной команды, *дешифрации кода* и генерации последовательности управляющих команд, подаваемых на регистровое арифметико-логическое устройство, и необходимых для выполнения операций над байтами, словами и длинными словами, расположенными в 256-байтовом *нижнем регистровом файле.* Использование механизма адресации операндов через *вертикальное окно* в нижнем регистровом файле, позволяет выполнять в РАЛУ также и операции с данными, расположенными в верхнем регистровом файле, а в новейшей серии микроконтроллеров MCS-296 — даже во внешней памяти.

Центральный процессор связывается с внутренней кодовой и внешней памятью (программ и данных) через *контроллер памяти.* Исключение составляет регистровый файл, доступ к которому обеспечивается непосредственно. В состав контроллера памяти входят несколько устройств: *вспомогательный счетчик команд* (Slave PC), 4-байтовая *очередь* из предварительно выбранных из памяти и готовых для выполнения кодов команд (Queue), *контроллер шины* (Bus Controller), *регистры адреса* (Adress Register) и *данных* (Data Register).

Запрос на доступ к памяти может поступить как от центрального процессора при выполнении текущей команды, например, для получения операнда из внешней памяти по косвенному адресу, расположенному в одном из регистров-слов внутреннего ОЗУ, так и от диспетчера очереди предварительно выбранных кодов команд. Механизм предварительной выборки команд существенно повышает производительность центрального процессора так как к моменту завершения выполнения текущей команды следующая команда уже считана из памяти и готова для немедленного выполнения. Центральный процессор получает коды команд из 4-байтовой *очереди команд* (Prefetch Queue по специальной 8-разрядной шине. Код текущей исполняемой инструкции всегда находится в *регистре команд* РАЛУ. За выполнение программы пользователя в правильной последовательности отвечает *основной счетчик команд* (Master Program Counter), содержимое которого указывает на адрес очередной, подлежащей выполнению команды. Содержимое основного счетчика команд автоматически увеличивается в зависимости от длины текущей команды встроенной схемы инкрементирования.

Как отмечено выше для ускорения выборки кодов команд из внешней или внутренней кодовой памяти используется *вспомогательный счетчик команд* (Slave PC), содержимое которого задает адрес команды, подлежащей выборке из памяти. Выбранная команда поступает в очередь на выполнение. Как только очередная команда считывается из очереди и передается на дешифрирование в устройство микропрограммного управления центрального процессора, диспетчер очереди формирует запрос в *контроллер шины Bu*s Controller) на считывание очередной команды. Контроллер шины входит в состав контроллера памяти и обеспечивает формирование необходимых управляющих сигналов как для считывания данных из внешней, внутренней памяти или внешнего периферийного устройства, так и для записи данных во внешнее ОЗУ или в периферийное устройство. Таким образом, контроллер шины обеспечивает считывание кодов машинных команд и запись/считывание данных. Запрос на считывание очередной инструкции поступает от диспетчера очереди, а запрос на запись/считывание данных (операндов) - от центрального процессора. Запрос от диспетчера очереди имеет более высокий приоритет.

Если линейная последовательность выполнения команд программы нарушается, например, вследствие выполнения команды условного или безусловного перехода или вызова подпрограммы, значение вспомогательного счетчика команд перезагружается текущим значением основного счетчика команд и очередь ранее выбранных команд аннулируется (очищается). Перезагрузка вспомогательного счетчика команд и извлечение первого байта

кода инструкции из памяти занимает 4 машинных такта.

Замечание. Если при отладке микропроцессорной системы Вы пользуетесь логическим анализатором, то имейте в виду, что команды из памяти выбираются с опережением. В данный момент выполняется команда, которая уже была считана ранее

Регистровое АЛУ имеет достаточно сложную внутреннюю структуру. В его состав помимо собственно 16-разрядного арифметико-логического устройства, регистра команд и устройства микропрограммного управления входят несколько вспомогательных регистров:

• Регистры старшего и младшего слова, предназначенные для использования в командах с 32-разрядными операндами в качестве регистров временного хранения данных. Они имеют собственные устройства сдвига, что ускоряет выполнение команд сдвига, нормализации, умножения и деления.

• Регистр второго операнда АЛУ, используемый в двухоперандных командах. в частности, для хранения множителя или делителя в операциях умножения, деления, соответственно.

• 6-разрядный счетчик числа циклов для организации сдвига операнда на заданное число разрядов со схемой автоматического декрементирования.

• Регистр селектирования заданного бита, который позволяет автоматически генерировать необходимую маску при выполнении команд тестирования бита по номеру бита, указанному в команде.

• Регистры констант (0, 1, 2), необходимых для ускорения типовых операций в АЛУ.

После завершения любой операции в АЛУ результат анализируется и соответствующие *признаки результата* (нуля, переноса, переполнения и т.д.) выставляются в *слове состояния программы* Program Status Ward (PSW). Признаки результата операции используются в командах условной передачи управления для организации ветвлений в программе.

Регистровый файл

Различные типы микроконтроллеров отличаются количеством ячеек памяти в регистровом файле, так называемом *регистровом* ОЗУ (РОЗУ). Естественно, что чем больше объем сверхоперативной регистровой памяти, тем более сложные вычисления и с большим быстродействием могут быть организованы в микропроцессорной системе на базе данного микроконтроллера.

Первые 256 ячеек регистрового файла имеют короткие байтовые адреса и относятся к *нижнему регистровому файлу,* а все остальные — 16-разрядные адреса и относятся к *верхнему регистровому файлу.* Наибольшим быстродействием обладают команды с прямой регистровой адресацией операндов в нижнем регистровом файле. При этом используются байтовые адресные поля и команды имеют предельно короткий формат и наименьшее время выполнения. Для доступа к операндам за пределами нижнего

регистрового файла (в том числе и к внешней памяти) используются специальные способы адресации, в частности косвенная, базово-индексная, а также адресация через специальные вертикальные окна.

Младшие 24 байта нижнего регистрового файла относятся к *регистрам специального назначения центрального процессора* (CPU special-function registers - SFRs). Здесь расположен также *указатель стека* (Stack Pointer SP). Вся остальная область регистрового ОЗУ, в том числе область верхнего регистрового файла, является оперативной памятью общего назначения и может использоваться программистом по своему усмотрению. Доступ производится к байтам, словам или двойным словам. Набор регистров специального назначения отличается в микроконтроллерах разных типов. Эти регистры позволяют управлять системой прерываний, селектировать вертикальные окна и выполнять целый ряд дополнительных функций.

Особенность организация памяти микроконтроллеров MCS-196

Типичная схема организации памяти 16-разрядных микроконтроллеров Intel на примере 8XC196KC и 8XC196KD приведена на рис. 20.

Нижняя область встроенного регистрового ОЗУ (OOOOH-0017H) жестко закреплена за *регистрами специального назначения центрального процессора (CPU SFRs),* через которые осуществляется управление системой прерываний, механизмом селектирования горизонтальных и вертикальных окон, а также встроенными периферийными устройствами (для некоторых типов микроконтроллеров).

Начиная с адреса 0018H располагается *область регистрового* 03У (Register RAM), объем которой различен для разных контроллеров и варьируется как правило, в диапазоне от 232 байт до 1 Кбайта.

Следующий сектор памяти объемом несколько меньше 8 Кбайт используется для адресации *внешней памяти и/или внешних периферийных устройств* В конце этой области памяти располагается еще одна область регистров специального назначения - *регистров специального назначения периферийных устройств* SFR (в данном случае регистров портов ввода/вывод 10PORT3 и 10PORT4). Размер этой области определяется объемом интегрированной на кристалл периферии и, например, у контроллеров 8XC196MC/MD/MH достигает 256 байт (1FEOH-1FFFH).

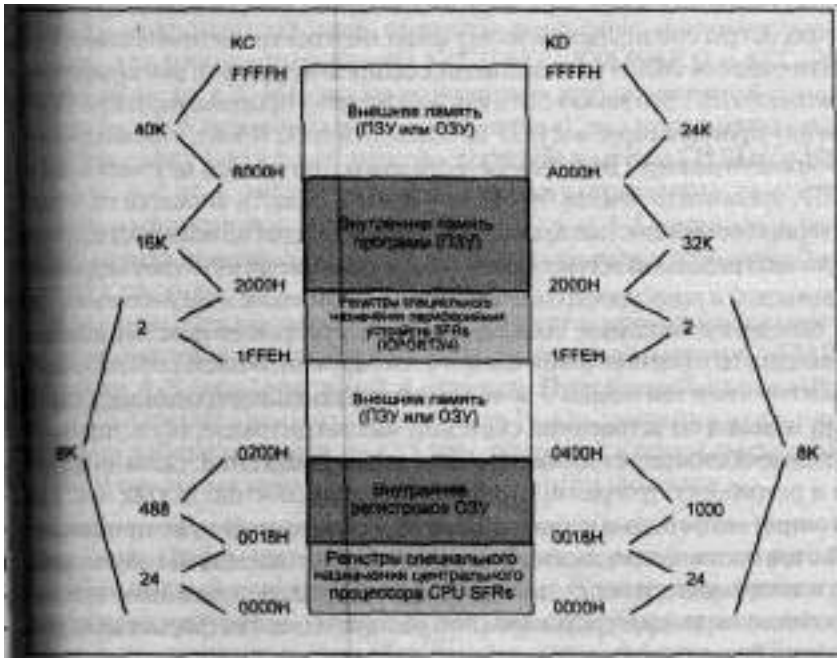


Рис 20. Карта распределения памяти для микроконтроллеров 8xC196KC/KD

Дело в том, что в микроконтроллерах с большим количеством интегрированных на кристалл периферийных устройств начальной области памяти 24 байта оказывается недостаточно для размещения всех регистров специального назначения периферийных устройства для их размещения отведена специальная область памяти. При этом в начальной области памяти остаются только регистры специального назначения центрального процессора.

Начиная с адреса 2000H располагается секция *внутреннего, интегрированного на кристалл ПЗУ.* Это может быть как однократно-программируемое ПЗУ так и масочно-программируемое ПЗУ объемом от 8 до 32 Кбайт, в зависимости от типа микроконтроллера. В том случае, если микроконтроллер не имеет встроенного ПЗУ, эта область памяти будет относиться к области внешней памяти.

Характерной особенностью процессоров Intel является возможность задать в начале рассматриваемой области памяти не только желаемую *конфигурацию микроконтроллера и микропроцессорной системы,* в том числе *цикл работы внешней шины,* но и дополнительные *коды секретности,* которые полностью исключают возможность несанкционированного чтения или записи содержимого внутренней памяти и тем самым — возможность несанкционированного тиражирования изделия со встроенной системой микроконтроллерного управления. Последнее обстоятельство обеспечивает защиту вложений, сделанных заказчиком в разработку программного продукта, что особенно важно, так как доля этих затрат непрерывно растает и по некоторым оценкам уже приближается к 80% стоимости всего проекта. В начальной области кодовой памяти располагаются также вектора переходов на подпрограммы обслуживания прерываний.

Первым адресом, по которому процессор обращается для выполнения программы пользователя, является адрес 2080H. Сюда передается управления и

после сброса системы по сигналу RESET. Расположенная вслед за внутренним ПЗУ память, вплоть до адреса FFFFH может рассматриваться как *внешняя память программ и/или данных и/или о*бласть адресации *внешних устройств ввода/вывода пользователя. Нек*оторые самые современные микроконтроллеры, например, 8XC196NP, 8XC196NU, 80C296SA, предназначенные для высокопроизводительной обработки больших массивов информации в реальном времени имеют 'возможности *расширенной адресации памяти.* В этом случае *объем прямоадресуемой памяти* возрастает до 1 Мбайта, 6 Мбайт и даже до 16 Мбайт. При этом внутренняя шина адреса микроконтроллера вместо 16-разрядной становится 24-разрядной, а во вне выводятся дополнительно 4 или 8 старших разрядов адресной шины.

Возможности подключения внешней памяти и внешних устройств ввода/вывода

На стадии разработки и отладки микропроцессорной системы приходится использовать *внешнюю память программ* и только затем, когда алгоритмы и программное обеспечение полностью оттестированы и начинается серийный выпуск изделия , программное обеспечение «прошивается» в внутреннюю память микроконтроллера. Кроме того, в ряде применений требуется *внешняя память данных,* часто энергонезависимая, для хранения промежуточных массивов информации, результатов тестирования работоспособности оборудования, текущих настроек системы управления, циклограмм управления оборудованием в функции времени и т.д.

В системах встроенного управления, где часто приходится изменять алгоритмы управления и программное обеспечение, единственной альтернативой оказывается применение в качестве внешней памяти программ так называемой *флэш-памяти.* Эта память, впервые анонсированная фирмой Intel в 1988 г., бурно развивается и на сегодняшний день сочетает в себе достоинства ОЗУ и ПЗУ, являясь энергонезависимой памятью с высокой плотностью хранения информации, высоким быстродействием, малым потреблением энергии, исключительной надежностью и помехоустойчивостью. Она допускает более 100 тысяч циклов перезаписи.

Вместе с тем, несмотря на большое количество интегрированных на кристалл периферийных устройств, их часто оказывается недостаточно для решения конкретной задачи. В этом случае приходится дополнительно использовать *внешние периферийные устройства:* программируемые порты ввода/вывода данных, контроллеры прерываний, контроллеры последовательного ввода/вывода данных и т.д.

Встроенный контроллер внешней шины обеспечивает корректное подключение к микроконтроллеру внешней памяти и внешних периферийных устройств, а также формирование необходимых сигналов управления ими. Большинство микроконтроллеров MCS-196 имеют *мультиплицированную шину* адреса/данных, а самые совершенные из них могут работать и с *мультиплицированной шиной адреса/данных,* что повышает

производительность системы и упрощает интерфейс с внешней памятью и периферией.

В зависимости от разрядности используемой внешней памяти и периферии шина может работать в нескольких режимах:

Стандартном — как 16-разрядная мультиплицированная шина (вся внешняя память и периферия 16-разрядные). *8-разрядном* — когда вся внешняя память и периферия 8-разрядные. *Динамически переключаемом* между 8- и 16-разрядным режимами в зависимости от типа внешнего устройства, к которому в данный момент происходит обращение.

Кроме того, наличие специального входа готовности Ready допускает расширение сигналов чтения RD# и записи WR# для подключения медленно-действующей памяти и устройств ввода/вывода (например, жидкокристаллического дисплея). Более того, изменяя программно *байты конфигурации микроконтроллера,* можно задать требуемое число тактов ожидания для оптимального сопряжения микроконтроллера с внешними устройствами.

Лекция 11.

Применение микропроцессоров в приводах мехатронных систем. Примеры МП приводов современных систем.

Пример МК-системы на основе ОМЭВМ семейства МК51.

В данном разделе рассматривается пример построения МК-системы на основе ОМЭВМ МК51, который может быть использован для приобретения навыков программирования и отладки программ для МК51, а также рассматриваться в качестве макета реальной системы управления для отладки ее прикладного программного обеспечивания совместно с объектом управления в реальном масштабе времени.

Проектируемый отладочный модуль должен содержать следующие средства:

- постоянную память с программой Монитор, обеспечивающей управление всей системой и прежде всего взаимодействие с оператором;

- оперативную память для занесения программ, данных и создания буферов Монитора;

- простейшую клавиатуру для загрузки кодов и взаимодействия с оператором: 16 цифровых клавиш (цифры от 0 до F), 8 управляющих клавиш, в том числе и клавиша "сброс" - системного сброса;

- простой дисплей, обычно однострочный (на основе семисегментных индикаторов), который используется для визуального контроля вводимой информации и отображения данных;

- расширитель ввода-вывода на основе ППА КР580ВВ55.

Кроме того, отладочный модуль может иметь собственный источник

электропитания и (в некоторых случаях) дополнительное место на печатной плате ("слот") для монтажа пользовательских средств связи с объектом управления. Функциональная схема отладочного модуля, удовлетворяющего поставленным требованиям, приведена на рис.15. Как видно из приведенной схемы, память МКС имеет две физически- разделенные области для хранения данных и программ: ВПД и ВПП.

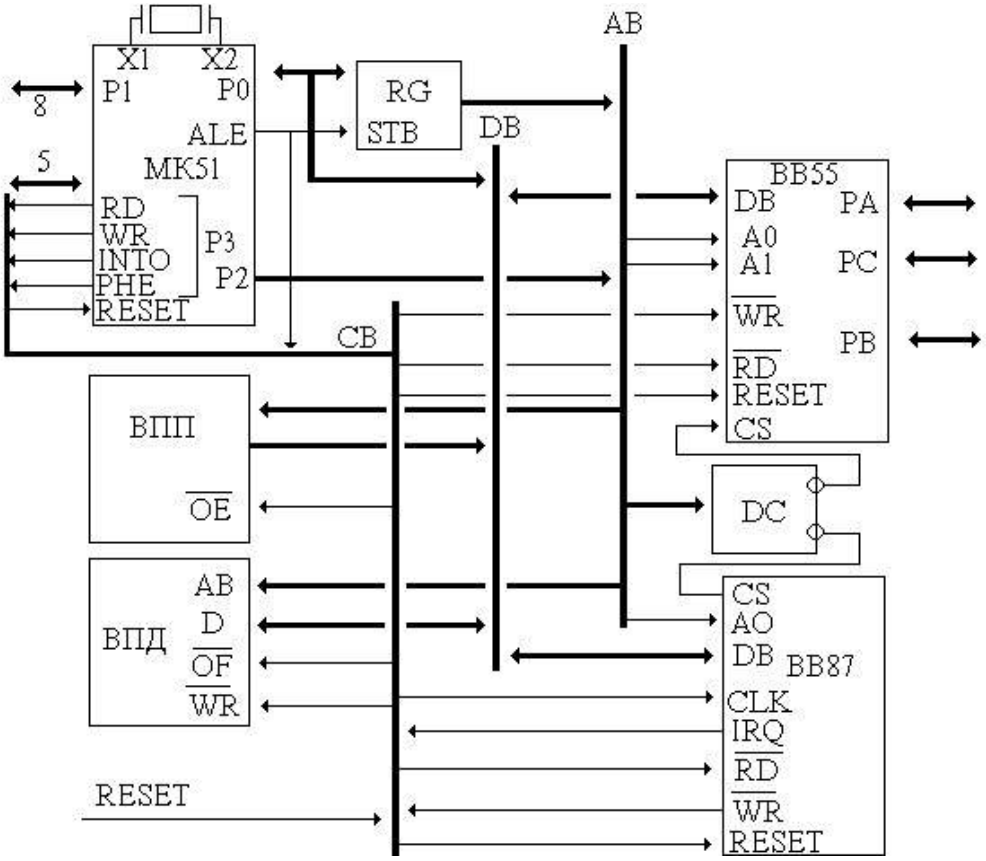


Рис.15. Функциональная схема отладочного модуля

Обращение к ним стробируется сигналами RD, WR и PSEN, соответственно. Программа Монитор расположена в ВПП. Адресное пространство ВПД включает в себя следующие области: буферную область Монитора; память данных; область, отведенную для подключения интерфейсных БИС (ППА, ККД).

Контроллер клавиатуры - дисплея (ККД) закрывает адресные пространства ВПД размером в 4 ячейки. Выбор кристалла ККД осуществляется дешифратором ДС, при установке соответствующих адресов (указанных 4-х ячеек).

Обмен данными МК с ККД осуществляется через порт P0. Для синхронизации работы ККД используется сигнал с выхода ALE. Выход сигнала прерывания из ККД (IRQ) соединен со входом запроса прерываний МК. Это позволяет достаточно просто обнаруживать факт нажатия клавиш, а также выполнять переход из программы пользователя в Монитор по прерыванию от клавиатуры.

Для управления внешним объектом от МК используется порт P1 и

оставшиеся не задействованными 5 линий порта Р3. Для сопряжения МК с объектом, имеющим большое число входов/выходов, можно расширить резидентную систему ввода/вывода, подключив к МК необходимое количество внешних портов. Такое расширение может быть выполнено двумя способами: с использованием стандартного расширителя ввода/вывода (КР580ВР43) или интерфейсных БИС (КР580ВВ55, КР580ВВ51). На приведенной схеме показан вариант расширения ввода/вывода с использованием параллельного периферийного адаптера (ППА) КР580ВВ55. Порты адаптера адресуются как ячейки ВПД, при этом младшие разряды (А0, А1) шины адреса используются для выбора порта, а старшие (А10 ÷ А3) с помощью дешифратора DC формируют сигнал выбора микросхемы ППА.

Ввод/вывод данных стробируется сигналами WR/RD - записи/чтения ВПД. Системный сброс МКС осуществляется нажатием на клавишу "сброс".

Унифицированная структура силовой части статических преобразователей частоты для широкого класса приводов переменного тока.

Современный этап технической революции характеризуется бурным развитием не только управляющей, но и силовой электроники. успехи которой позволяют по новому взглянуть на ряд проблем, которые раньше не решались либо ввиду непомерной стоимости проекта либо сложности его реализации на имеющейся элементной базе.

Известно, что в большинстве промышленно развитых стран около 70-80% всей вырабатываемой электроэнергии используется для преобразования в механическую работу с помощью различных электродвигателей. При этом до последнего времени наиболее массовым типом электропривода был нерегулируемый привод с асинхронными короткозамкнутыми двигателями. Это объясняется простотой двигателя и возможностью его непосредственного подключения к трехфазной сети переменного тока с помощью так называемых пускателей - простейшей коммутационной и защитной аппаратуры.

Применение нерегулируемых электроприводов сопровождается значительными непроизводительными затратами электроэнергии и в условиях резкого подорожания энергоносителей и, соответственно, электроэнергии, экономически невыгодно. Поэтому, доля регулируемых электроприводов, в том числе частотно-регулируемых электроприводов переменного тока постоянно растет. При этом в ряде стран приняты специальные государственные программы ускоренного развития энерго- и ресурсосберегающих технологий на базе экономичного регулируемого электропривода с широкими интерфейсными возможностями, дозволяющими одновременно с экономией электроэнергии решать и задачи комплексной автоматизации производства в целях оптимизации параметров технологических процессов и улучшения качества выпускаемой продукции.

Увеличение стоимости энергоносителей привело к еще одной проблеме - удорожанию цветных металлов и к увеличению стоим ости электрических машин традиционных конструкций. Эта проблема способствовала быстрому прогрессу электрических машин новых типов с малыми затратами меди и

алюминия («малообмоточных»): реактивных и индукторных, которые к тому же более технологичны, так как имеют не распределенные, а более простые в изготовлении сосредоточенные обмотки.

В отличие от асинхронных двигателей эти двигатели не могут работать непосредственно от сети переменного тока и требуют питания от *инвертора напряжения или тока* с регулируемой выходной частотой. Особенно эффективна работа таких машин в режиме *автокоммутации,* когда переключение фаз выполняется по сигналам установленного на вал двигателя (встроенного) датчика положения. Такой двигатель называется *вентильным* или *бесконтактным двигателем постоянного тока* и допускает управление по двум каналам: каналу напряжения на якоре и каналу угла коммутации. По прогнозам специалистов вентильные двигатели в начале следующего века вытеснят с рынка как традиционные коллекторные двигатели постоянного тока, так и асинхронные двигатели.

Большинство современных систем привода переменного тока со статическими преобразователями частоты строится по хорошо известной классической схеме: «Неуправляемый выпрямитель - Звено постоянного тока - Автономный инвертор напряжения с ШИМ-модуляцией - Двигатель» (рис.16). Для трехфазных двигателей (асинхронных, синхронных, вентильных или вентильных индукторных) инвертор напряжения выполняется по стандартной 6-и ключевой схеме. Для двигателей с другим числом фаз, например, для четырехфазных индукторных двигателей инвертор строится на базе полумостовых или мостовых схем.

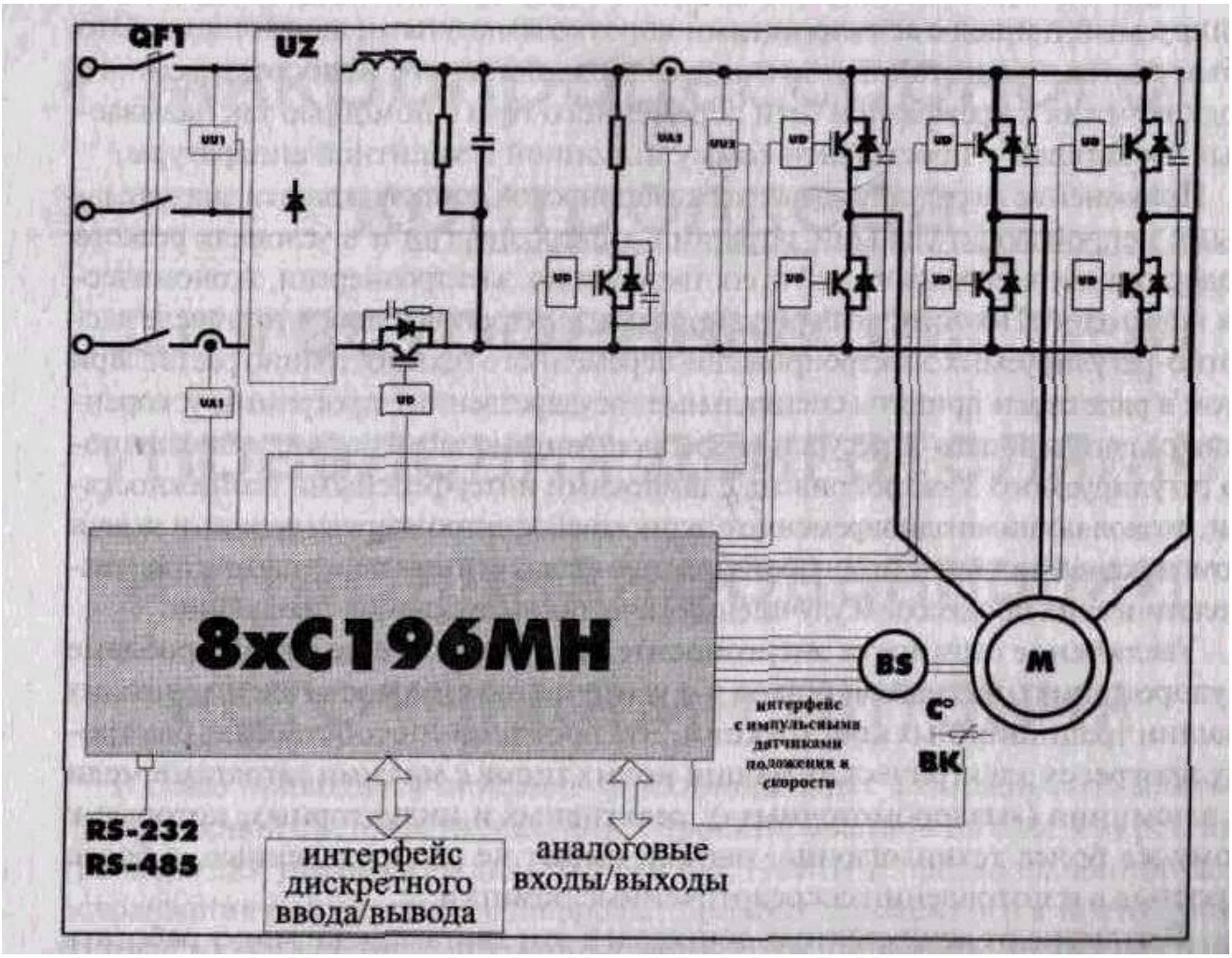


РИС. 16. ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Силовой преобразователь состоит из неуправляемого выпрямителя UZ, подключаемого к однофазной или трехфазной сети переменного тока и автономного инвертора напряжения, работающего, как правило, в режиме синусоидальной широтно-импульсной модуляции. К выходу инвертора подключен двигатель М (асинхронный или вентильный постоянного тока). В последнем случае на вал двигателя дополнительно устанавливается датчик положения BS.

Инвертор может быть построен с использованием *биполярных транзисторов с изолированным затвором* IGBT. В широком диапазоне токов и напряжений рядом фирм выпускаются как отдельные силовые транзисторы, так и стойки, моду; и и даже интеллектуальные модули, имеющие встроенные драйверы и элементы защиты, а также интерфейсы, допускающие непосредственное подключение микропроцессорных систем управления. Имеются также и другие необходимые для построения привода компоненты: электролитические конденсаторы на высокие напряжения и токи, диодные модули для построения выпрямителей и т.д.

Мощная, встроенная в преобразователь микропроцессорная система управления должна выполнять функции не только прямого цифрового управления инвертором напряжения, но и всеми дополнительными элементами преобразователя, а именно:

• Цепью возбуждения для синхронных и вентильных двигателей с независимым контуром возбуждения (который физически может располагаться как на роторе, так и на статоре).

• Цепью зашиты преобразователя от перенапряжений при рекуперации энергии (путем управляемого «слива» энергии в дополнительный балластный резистор) для приводов с активной нагрузкой на валу или приводов с высокими требованиями по динамике переходных процессов.

• Цепью заряда батареи конденсаторов в контуре постоянного тока при включении преобразователя в работу.

• Цепью питания электромагнитного тормоза (если он необходим).

Кроме того, встроенная система микропроцессорного управления должна напрямую обрабатывать сигналы ряда датчиков обратных связей, среди которых типовыми являются датчики напряжения и тока в цепи постоянного тока, тока возбуждения двигателя, температуры двигателя и (или) преобразователя, а также датчики положения ротора различных типов (на базе чувствительных элементов Холла, оптических импульсных датчиков положения и т.д.), необходимые для выполнения функций автокоммутации в приводах с вентильными двигателями. Датчики положения или скорости, например, импульсные, могут потребоваться также в приводах с асинхронными двигателями целях более точной компенсации скольжения в функции нагрузки для расширения диапазона регулирования. Таким образом, встроенная микропроцессорная система управления должна иметь развитый интерфейс как с источниками аналоговых сигналов, так и с источниками импульсных сигналов.

Отметим, что современная встроенная система управления преобразователем частоты не будет конкурентоспособной без интерфейса с системами более высокого уровня управления (последовательного интерфейса RS-232 или 485), а также интерфейса с пультом оперативного управления, предназначенным для организации интерактивного взаимодействия с оператором для настройки параметров преобразователя, выбора нужного режима работы, наблюдения за координатами привода и технологическими переменными и т.д.

Сотни различных фирм, среди них такие известные как ABB, Siemens, Alien Bradley, Dan bss и др., выпускают преобразователи частоты и комплектные электропривода на их основе в диапазоне мощностей от 100 ВА до 100 кВА, работающие с высоким коэффициентом полезного действия до 96% и коэффициентом мощности до 0.9.

Серьезный научный потенциал, накопленный в России в области теории автоматического управления и теории электропривода, теории синхронных, шаговых и вентильных двигателей, вместе с доступностью современных микроэлектронных компонент (как силовых, так и управляющих), позволяет быстро выполнять необходимые разработки и запускать в производство отечественные серии преобразователей, основные технические характеристики которых соответствуют мировому уровню.

Приведем результаты проектирования универсального микропроцессорного контроллера для систем встроенного управления широкой гаммой приводов переменного тока со статическими преобразователями частоты, а также стабилизированными источниками питания.

Универсальный контроллер для встроенных применений

На рис. 17. показана блок-схема системы управления для использования в частотно-регулируемых электроприводах с асинхронными, синхронными, вентильными и шаговыми двигателями, а также в системах вторичного стабилизированного питания. Диапазон применений системы управления широк: от приводов насосов-дозаторов жидких сред до двухпроцессорных систем векторного управления приводами стержней ядерных реакторов.

При проектировании система управления была принята концепция совмещения функций прямого цифрового управления элементами преобразователя частоты и технологическими переменными, значение которых изменяется при регулировании скорости привода. Таким образом, в систему непосредственного управления встроены функции промышленного программируемого контроллера средней производительности, реализующего заданный алгоритм управления технологическим процессом (ПИД-регулятор). Такой подход позволяет отказаться от дополнительных устройств, создавая своеобразные узлы автоматизации, способные самостоятельно управлять как двигателями, так и технологическими переменными (давлением, расходом, подачей и т.д.).

Концепция интеллектуальных распределенных систем управления с каждым годом завоевывает все больше сторонников. Это связано с общей тенденцией переноса все больших вычислительных ресурсов непосредственно к месту, где установлено исполнительное устройство и соответствующий рабочий орган.

В состав системы управления входят следующие изделия.

• Одноплатный универсальный контроллер (в формате E2).

• Пульт оперативного управления с двухстрочным жидкокристаллическим дисплеем и клавиатуре ft 4x4, выпускаемый как в виде встраиваемого изделия, так и виде автономного изделия, подключаемого к контроллеру плоским кабелем.

• Интерфейсная плата релейного ввода/вывода дискретных сигналов «сухим» контактом (8 входов и 8 выходов).

• Интерфейсная плата ввода/вывода импульсных сигналов, обеспечивающая сопряжение с 2-,3 -, 4-, 6-фазными датчиками положения, а также ввод реперных сигналов идентификации начальной позиции. Для работы контроллера необходим внешний источник питания 5 В (1А). Встроенная схема мониторинга питания обеспечивает постоянный контроль уровня внешнего питания и формирование запроса на прерывание процессора при раннем обнаружении падения напряжения ниже допустимого уровня.

В качестве центрального процессора выбран один из самых современных и

высокопроизводительных 16-разрядных микроконтроллеров для управления двигателями Inte 18xC196MH, обеспечивающий функции прямого цифрового управления инверторами напряжения в режиме центрированной синусоидальной ШИМ-модуляции на частотах несущей до 20 кГц с возможностями программного регулирования «мертвого времени» для защиты инвертора от сквозного тока в диапазоне от 0 до 125 мкс.

Все выходы ШИМ-генератора могут дополнительно буферироваться преобразователями уровня TTL-MOS (опция), что позволяет применять в силовой части привода драйверы различных фирм, в том числе с изолированными источниками питания ключей. Допускается подключение внешних источников питания для преобразователей уровня с диапазоном напряжений от 5 до 24 В. Предусмотрены программно-аппаратные средства безопасной инициализации при подаче напряжения питания на контроллер или при сбросе системы, исключающие случайное формирование отпирающих управляющих сигналов на драйверы силовых ключей в течение переходных процессов в цепях питания.

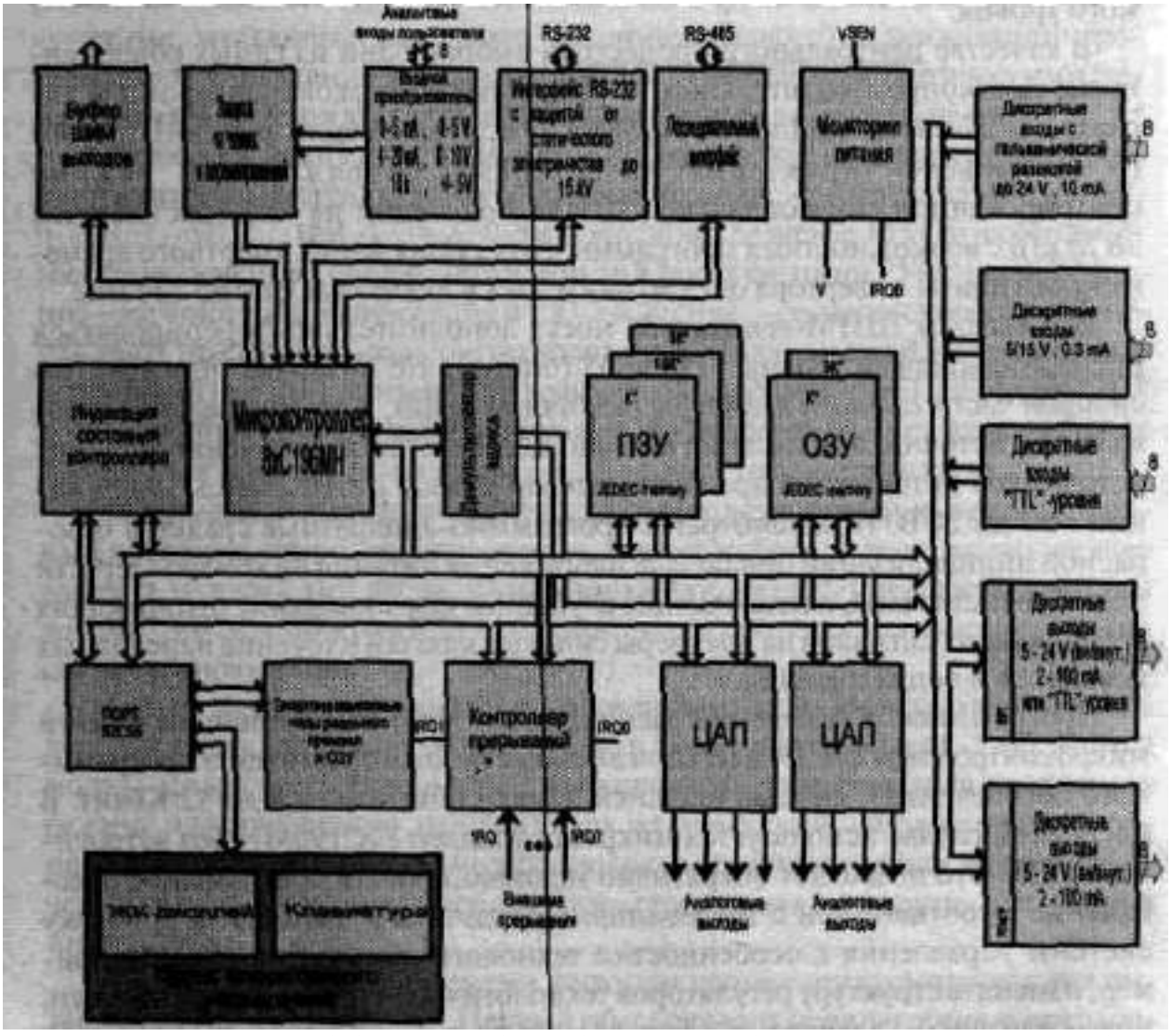


РИС. 17. БЛОК-СХЕМА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЛЕРА

Программное обеспечение располагается либо во внутренней памяти микроконтроллера 87С196МН (при поставке базового комплекта программного обеспечения), либо но внешней памяти объемом от 8 до 32 Кбайт. В последнем случае исполняется микроконтроллер 80С196МН без встроенного ПЗУ. Это позволяет оперативно модифицировать программное обеспечение в соответствии с требованиями заказчика и выполнять привязку системы управления к особенностям технологического процесса, например, изменять структуру регуляторов технологических переменных, вводить новые алгоритмы адаптивного управления и т.д.

Имеется также встроенная защита программного обеспечения от несанкционированного доступа.

Модуль памяти комплектуется различными типами внешней оперативной памяти:

• Статическим ОЗУ объемом от 8 до 32 Кбайт.

• Энергонезависимым ОЗУ объемом от 8 до 32 Кбайт с гарантированных сроком хранения данных до 10 лет.

Статическое ОЗУ используется исключительно для временного хранения промежуточных результатов, а также для ведения оперативного протокола с целью наблюдения за текущими значениями регулируемых переменных в приводе (мощность, ток и т.д.), а также за параметрами технологического процесса (давление в магистрали, расход, концентрация и т.д.).

Энергонезависимой ОЗУ используется для хранения параметров привода, преобразователя, Заводских уставок, а также заданных циклограмм управления технологическими переменными в функции времени (часовые, суточные, недельные, месячные, годовые циклы). Для реализации программного управления координатами привода или технологическими переменными в состав контроллера включены *часы реального времени.*

Контроллер имеет Унифицированный интерфейс с различными источниками аналоговых сигналов в большинстве промышленных стандартов: 0-5В, 0-10В, +/-5В,+/-10В,4-20мА,0-5мА, внешний резистор 10 кОм и обеспечивает подключение в общей сложности до 8 таких сигналов (5 из них внутренние - датчики тока, напряжения и т.д., 3 внешние, — задание скорости, обратная связь по скорости, Задание технологической переменной, обратная связь по технологической переменной, возмущающее воздействие). Точность АЦП составит 10 разрядов, время одного преобразования 10 мкс, максимальная абсолютная погрешность не более +/-3 единиц младшего разряда.

Модуль ввода аналоговых сигналов имеет встроенный высокостабильный источник опорного напряжения, а также наборное поле, позволяющее выбрать нужный тип входа. Функциональное назначение каждого из аналоговых входов программно настраивается в процессе конфигурирования системы управления.

Модуль вывода аналоговых сигналов позволяет выводить во вне до 8 аналоговых сигналов с разрешением 1/256 в диапазоне 0-5 В или -5,+5 В. Этот модуль может быть использован для управления шаговыми двигателями в

режиме электрического дробления шага (до 4-х осей одновременно от одного контроллера) или для индикации скорости привода или текущих значений технологических переменных на стрелочных или других аналоговых индикаторах.

Для сопряжения с системами верхнего уровня предусмотрены два интерфейса RS-232 и RS-485. Первый обеспечивает подключение к преобразователю любого компьютера или промконтроллера, в том числе «на ходу».

Эта возможность позволяет выполнить настройку преобразователя или диагностику оборудования с использованием портативных компьютеров в качестве переносных пультов оперативного управления. Второй позволяет подключить к одному каналу связи до 32-х преобразователей частоты и организовать не только управление преобразователями в реальном времени от системы верхнего уровня, но и сбор информации о состоянии привода и локально-контролируемого технологического оборудования.

Последовательные каналы связи дополнительно могут использоваться для подключения удаленных датчиков технологических переменных: температуры, уровня жидкости и т.д.

Контроллер имеет мощную встроенную систему ввода/вывода дискретных сигналов. что позволяет подключать кнопочные станции, командо-аппараты, датчики состояния технологического оборудования и т.д., а также выводить управляющие воздействия дискретного типа и информационные сигналы о состоянии привода.

Входные дискретные сигналы могут быть трех типов: ТТЛ-уровня, 15В и 24 В. Для входных сигналов напряжением 15 В предусмотрена дополнительная защита от помех триггерами Шмитта. Дискретные входы 24 В имеют встроенную гальваническую развязку. Выходные дискретные сигналы могут быть нескольких типов: ТТЛ, с регулируемым выходным напряжением в диапазоне от 5 до 24 В за счет подсоединения внешнего источника питания.

Если по условиям эксплуатации необходимо использовать релейные входы или выходы, те к контроллеру подключается дополнительная интерфейсная плата на 8 входов, 8 выходов.

Система прерываний микроконтроллера 8xC196MH расширена с помощью дополнительной БИС контроллера прерываний, что позволяет вводить по прерываниям ряд дискретных сигналов с датчиков, например, теплового перегрева инвертора, двигателя и т.д.

Возможности системы управления позволяют вводить (и выводить) также импульсные сигналы, например с импульсных датчиков положения, причем с автоматической идентификацией процессором скорости двигателя в широком диапазоне (вплоть до 10000 об/мин.). Измерение скорости производится с автоматическим программным переключением диапазонов с целью получения максимальной точности в каждом диапазоне. Это позволяет применять частотно-регулируемые асинхронные привода в точных замкнутых системах управления. Имеется также ряд дополнительных возможностей по организации

синхронной работы нескольких приводов, по организации управления группой шаговых двигателей (до четырех осей) с автоматическим контролем выпадения двигателей из синхронизма.

Набор программного обеспечения зависит от типа привода. Комплект программного обеспечения для асинхронного привода реализует функции автоматического регулирования выходного напряжения в функции текущей выходной частоты, задатчика интенсивности, блока ограничения резонансных частот, выбора заданного типа торможения, технологического регулятора и т.д. Разумеется реализованы и функции защиты двигателя и преобразователя: максимально-токовая, время-токовая, от сквозных токов, от обрыва и перекоса фаз, от недопустимого отклонения напряжения сети и другие.

В состав программного обеспечения входят драйверы дисплея и клавиатуры пульта оперативного управления, драйверы последовательных каналов связи, программе -монитор и другое системное программное обеспечение.

Выводы

• Рассматриваемая в качестве примера версия системы управления преобразователями частоты открывает богатейшие возможности по автоматизированной настройке параметров преобразователя в процессе пусконаладочных работ, по автоматической адаптации режима работы привода к условиям эксплуатации, по решению различных задач оптимального управления. Она сочетает в себе возможности качественного прямого цифрового управления инвертором с возможностями управления те отологическими переменными.

• Пользователь вместе с преобразователем получает и встроенный промконтроллер средней производительности, приобретая возможность создавать узлы локальной автоматизации, которые затем, при необходимости, можно легко подключить по каналу связи к системе управления более высокого уровня, с целью как удалённого управления, так и наблюдения за регулируемыми переменными и состоянием привода.

• Унифицированные интерфейсы позволяют использовать одну и ту же систему управление для приводов различных типов: постоянного тока, синхронных, шаговых, асинхронных и вентильных.

• Управляющие воздействия можно вводить через аналоговые входы, дискретные входы; или по одному из каналов последовательной связи. Гибкая система настройки конфигурации системы управления позволяет выполнять программную перенастройку функционального назначения входов системы управления оптимальным образом.

• Русифицированный дисплей пульта оперативного управления позволяет создавать дружественное программное обеспечение с интуитивно понятной мнемоникой. Возможно конфигурирование системы управления, настройка и местное управление с использованием портативного компьютера, подключенного к системе по последовательному каналу связи.

• При переходе к массовому производству изделий с встроенными системами управления аппаратная часть унифицированного контроллера может быть легко минимизирована в соответствии с требованиями конкретной задачи.

• Использование перспективных систем встроенного управления преобразователями частоты насосов холодного и горячего водоснабжения жилых и промышленных зданий позволяет экономить до 50% электроэнергии и до 15% воды. При этом срок окупаемости преобразователя не превышает одного года. В условиях начавшейся в России коммунальной реформы, актуальность работ в этом направлении не вызывает сомнений.

Лекция 12.

Мультипроцессорные системы управления. Транспьютеры - элементная база мультипроцессорных систем

Основные особенности транспьютеров

Концепция параллелизма давно привлекала внимание специалистов своими потенциальными возможностями повышения производительности и надежности вычислительных систем. В нашей стране с 60-х годов выполнялись теоретические, экспериментальные и промышленные разработки в этом направлении. Именно с подобными системами связывается в настоящее время перспектива дальнейшего наращивания производительности. Исторически первой промышленной разработкой, ориентированной на массово-параллельные системы стали транспьютеры.

Транспьютер - это микрокомпьютер с собственной внутренней памятью и линками (каналами) для соединения с другими транспьютерами. Термин "транспьютер", произошедший в результате объединения слов "транзистор" и "компьютер", отражает основную область его применения - массово-параллельные вычислительные системы, в которых он играет роль базового вычислительного элемента. Некоторые специалисты понимают термин "транспьютер" как название конкретного продукта фирмы Inmos, другие трактуют его как обобщенное наименование микропроцессоров со встроенными межпроцессорными интерфейсами. Используется также термин "транспьютеро-подобный микропроцессор", чтобы, с одной стороны, подчеркнуть, что речь идет не о продукте фирмы Inmos, а, с другой стороны, указать, что микропроцессор имеет встроенные линки для образования параллельных систем. Вполне возможно, что стремительное развитие микроэлектроники не позволит термину "транспьютер" устояться, и он будет поглощен более общим -микропроцессор, так как отличительный признак транспьютера - встроенные межпроцессорные интерфейсы - появятся в том или ином виде у всех микропроцессоров.

Первый транспьютер - Т414 - был представлен фирмой Inmos, Inc. (Бристоль, Великобритания) в 1983 г. Его основные характеристики:

• разрядность - 32 бит;

• объем внутренней памяти - 2 Кбайта;

• число коммуникационных каналов (линков)- 4;

• скорость обмена по линку - 5, 10, 20 Мбит/с;

• тактовая частота - внешняя - 5МГц, внутренняя - 15 МГц;

• производительность - 10 MIPS.

Широкую доступность и известность транспьютеры получили с 1985 г. Были выпущены модификации с большим объемом памяти (4 Кбайт) и более высокой тактовой частотой - семейство Т-4: Т424, Т425 - 20, 25 и 30 МГц, 16-разрядные модификации - семейство Т-2: Т212, Т222, транспьютеры со встроенным устройством выполнения операций с плавающей точкой - семейство Т-8: Т800, Т801, Т805. Производительность этих микропроцессоров достигает 30 MIPS и 4,3 MFLOPS. Выпускается ряд периферийных устройств транспьютерных семейств, к числу которых относятся микросхемы: М212 - контроллер НЖМД стандарта ST506, G412 - графический RGB-контроллер, С004 - программируемые 32-канальные коммутаторы и др.

Высокая степень "функциональной самостоятельности" транспьютера, простота интеграции и наличие периферийных устройств позволяют в короткие сроки создавать системы на их основе. Коммуникационные каналы транспьютера могут осуществлять обмен данными одновременно с вычислениями, практически не снижая производительности процессора. Благодаря этому качеству транспьютеров системы на их основе обладают хорошей масштабируемостью и высоким значением показателя эффективности - производительность/стоимость.

Архитектура и структура транспьютеров фирмы Inmos

Архитектура семейств Т-2, Т-4, Т-8

Транспьютеры относятся к классу RISC- процессоров. Система команд транспьютеров ориентирована на поддержку языка высокого уровня -ОККАМ (OCCAM). Это язык параллельного программирования, позволяющий задавать параллельные вычисления в соответствии с моделью взаимодействующих последовательных процессов (CSP). Программа на языке ОККАМ представляет собой совокупность асинхронных совместно протекающих взаимодействующих процессов, выполняющихся асинхронно и параллельно. Под процессом понимается ход исполнения программного кода некоторой программы или фрагмента программы. Взаимодействие между процессами реализуется путем обмена данными по принципу "рандеву". В транспьютере данная модель параллельных вычислений поддерживается благодаря наличию аппаратно-реализованного диспетчера, обеспечивающего выполнение параллельных процессов в режиме квантования времени. Причем количество одновременно выполняемых процессов не ограничено.

Мультипроцессорная система на базе транспьютеров представляет собой совокупность транспьютеров, соединенных линиями связи (непосредственно или через коммутатор).

Существенно упростить программирование мультипроцессорных ВС на базе транспьютеров позволяет тот факт, что одинаковая модель параллельных вычислений поддерживается как внутри отдельного транспьютера, так и в рамках мультитранспьютерной системы в целом. Благодаря этому программа, разрабатываемая для мультипроцессорной системы, может быть создана и отлажена на одном единственном процессоре, а затем перенесена на сеть транспьютеров без существенных преобразований. Исключение составляет ограничение числа каналов связи процесса с процессами, протекающими на другом транспьютере. Это ограничение преодолено в транспьютере Т-9000.

Обобщенная структура транспьютера Т800 приведена на рис. 76. На этом же рисунке показаны архитектурные регистры процессора, управляющие структуры процессов и распределение их рабочих областей памяти.

В зависимости от модели, транспьютер состоит из 32- или 16-разрядного центрального процессора, интерфейса внешней памяти, 2 или 4 дву-направленных каналов - линков, программируемого блока событий (Event), таймера, внутреннего ОЗУ емкостью 2 или 4 Кбайт, блока режимов работы линков, блока системных функций. Некоторые модели могут содержать 64-разрядное устройство операций с плавающей точкой и (или) интерфейсные схемы внешних устройств, такие как НЖМД, ЭЛТ, сетевой адаптер. (Контроллеры внешних устройств обычно выполняются на кристалле вместо двух линков).

Центральный процессор

32-разрядный центральный процессор транспьютера работает на тактовой частоте до 30 МГц, формируемой из опорной внешней тактовой частоты 5 МГц внутренней схемой умножения. Внутренняя структура центрального процессора показана на рис. 77.

Аппаратный планировщик (диспетчер) центрального процессора организует одновременное (в режиме разделения времени) выполнение нескольких процессов. Каждому процессу в момент его создания в адресном пространстве транспьютера выделяется выровненная по границе слова рабочая область памяти и устанавливается приоритет. В транспьютере реализована двухуровневая схема приоритетов: 0 - высокий приоритет процесса, 1 - низкий приоритет. Объединение адреса рабочей области и приоритета образует дескриптор процесса.

Центральный процессор содержит два регистра-таймера, для низко- и высокоприоритетных процессов. Высокоприоритетный регистр инкрими-нируется каждую 1 мкс, низкоприоритетный - каждые 64 мкс.

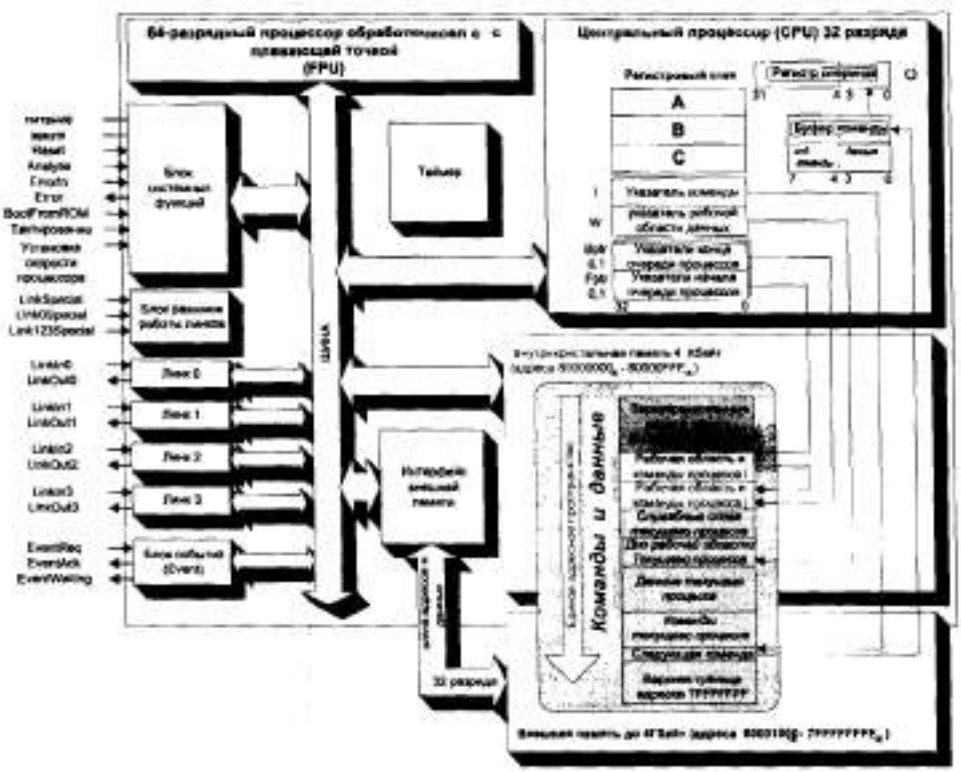


РИС. 76. СТРУКТУРА ТРАНСПЬЮТЕРА T800

Регистр W транспьютера указывает на рабочую область процесса, а в регистре указателе команды находится адрес следующей выполняемой команды.

Регистры общего назначения A, B, C, образуют регистровый стек ss память с дисциплиной доступа FIFO. АЛУ выполняет логические и арифметические операции над операндами, содержащимися в регистровом стеке. Операнды помещаются в стек через его вершину - регистр A. При загрузке данных в A его содержимое переносится в B, содержимое B в C, а содержимое последнего теряется. Результаты операций также формируются в регистре A, при этом содержимое регистра C "выталкивается" в регистр B и становится неопределенным.

Система команд транспьютера

Все команды транспьютера однобайтовые и выполняются за один такт процессора. Структура команды показана на рис. 76. Старшие 4 разряда -код команды, младшие *4* разряда используются для формирования операнда команды или кода команды в регистре операнда - O.

Операции, реализуемые командами транспьютера, подразделяются на первичные и вторичные. 13 наиболее употребительных первичных операций, такие, например, как сложение с константой со значением в диапазоне 0 -15, безусловный переход, загрузка (запись) слова и т.п. Еще 3 команды (мнемокоды pfix, nfix, opr) используются для реализации вторичных операций. Код вторичной операции формируется командами pfix, nfix и opr в регистре O, а операнды содержатся в регистрах.

Выполнение команд

Команды выбираются из памяти транспьютера и помещаются в буфер команд центрального процессора. За один такт выбирается 2 команды в Т-414 и 4 команды в Т-800.

Выполнение большинства команд осуществляется в три этапа:

1. Операнд команды помещается в младшие 4 разряда регистра операнда- О;

2. Выполняется операция, задаваемая кодом команды. Содержимое регистра О интерпретируется как операнд.

3. Очищается регистр операнда - О.

Исключение составляют команды pfix, nfix и opr.

Команда pfix на этапе 2 осуществляет сдвиг содержимого О на 4 разряда влево и не очищает регистр О на этапе 3. Команда nfix выполняется так же, как и pfix, но перед сдвигом О помещает туда арифметическое дополнение его содержимого.

Поскольку после выполнения команд pfix и nfix содержимое О не очищается, последовательность команд pfix и nfix позволяет формировать в регистре О операнды с разрядностью до 32. Требуемая последовательность команд минимальной длины формируется компилятором.

Команда opr интерпретирует содержимое О как код вторичной операции. В этом случае операнды содержатся в регистрах процессора. Код вторичной операции, таким образом, задается как операнд первичной операции opr и может иметь до 2^{32} различных значений. В существующих на сегодняшний день моделях транспьютеров используется около сотни вторичных операций.

Использование сопроцессора

В случае наличия у транспьютера встроенного сопроцессора, выполняющего операции с плавающей точкой, распознавание команд и передача их на выполнение осуществляются аппаратно в центральном процессоре, там же выполняется вычисление адреса операндов и их загрузка в регистры FPU.

Модуль операций с плавающей точкой, как показано на рис. 77, состоит из двух блоков: блока мантиссы и блока порядка со своим набором регистров (два регистровых стека). Все команды с плавающей точкой подразделяются на два класса: полностью самостоятельные команды, никак не влияющие на состояние центрального процессора, и команды, пересылающие результаты выполнения операции в центральный процессор.

После передачи команды на исполнение в сопроцессор центральный процессор продолжает выполнение потока команд, если это команда относится к первому классу, или ожидает получения результата, если это команда второго класса.

Распределение памяти транспьютера

Транспьютер может адресовать до 2^{32} байт (4 Гбайт). Особенностью транспьютера является начало адресов в области отрицательных значений. Младший адрес в дополнительном коде соответствует значению (80000000…).

Структурно (конструктивно) вся оперативная память подразделяется на внутрикристальную и внешнюю. Объем внутрикристальной памяти составляет 4 (2) Кбайт (в зависимости от модели транспьютера). Архитектурно (с точки зрения программиста) вся память транспьютера, как внешняя, так и внутрикристальная, равнодоступна и имеет единую адресацию. Внутрикристальной памяти соответствуют младшие адреса, а внешней памяти - старшие.

Поскольку внутрикристальная память имеет меньшее время доступа (один такт процессора), в нее обычно помещаются программистом часто используемые данные и подпрограммы. Пример распределения памяти показан на рис 76.

Несколько слов в младших адресах памяти используется для специальных целей: для слов состояния аппаратных каналов - линков, блока Event, регистров таймера, в качестве рабочих областей памяти диспетчера.

Диспетчеризация процессов

Каждый из процессов в конкретный момент времени может быть выполняемым, активным (готовым к выполнению в очереди соответствующего приоритета), ожидающим сигнала таймера (в очереди к таймеру соответствующего приоритета), ожидающим ввода-вывода.

Для выполняемого процесса регистр I содержит адрес следующей команды, регистр W содержит его дескриптор.

Для организации очереди процессов на выполнение (очередь активных процессов) в диспетчере используются пары регистров FptrO, BptrO, Fptrl, Bptrl, указывающие на начало и конец очереди высоко- и низкоприоритетных процессов соответственно. В качестве элементов очередей используются рабочие области процессов, содержащие помимо данных процесса, управляющую информацию, требующуюся для сохранения и восстановления состояния процессов на этапе диспетчеризации (в том числе ссылку на рабочую область следующего процесса в очереди).

Низкоприоритетные процессы выполняются в течение не более чем 32 периодов низкоприоритетного таймера, после чего процесс (если он еще способен к выполнению) помешается в конец очереди активных низкоприоритетных процессов, а диспетчер планирует выполнение следующего процесса. Сначала просматривается очередь высокоприоритетных процессов, затем - низкоприоритетных.

Высокоприоритетный процесс не прерывается и выполняется до тех пор, пока это возможно (до завершения или до момента ожидания ввода-вывода, сигнала таймера или сигнала внешнего события, выдаваемого блоком Event). Если высокоприоритетный процесс становится активным (например, получает сигнал таймера) в момент выполнения процесса с низким приоритетом, последний прерывается, его состояние сохраняется в области зарезервированных адресов памяти транспьютера и инициируется выполнение прервавшего высокоприоритетного процесса. После его выполнения

возобновляется прерванный низкоприоритетный процесс.

Ввод-вывод

Ввод-вывод для процессов в транспьютере организуется одинаковым образом как в случае использования аппаратных линков (внешний ввод-вывод), так и в случае использования виртуального линка (обмен между процессами одного транспьютера). В обмене всегда участвуют только два процесса: один вводит данные, другой выводит.

В момент выполнения команды описания канала и после завершения каждого обмена слово состояния канала (ССК) инициализируется константой Minint. Процесс, первым выполняющий команду обмена, приостанавливается и проверяется содержимое канала. Если оно Minint, то в ССК заносится дескриптор процесса, а в рабочую область процесса помещаются значение W и адрес передаваемых данных, после чего управление передается диспетчеру для планирования выполнения других процессов.

Если содержимое ССК не Minint, значит данный процесс "пришел" на "рандеву" вторым. В этом случае содержимое ССК - дескриптор процесса, используя который находятся данные в случае ввода или буфер для данных в случае вывода.

Обмен по линкам осуществляется аналогично, с той разницей, что **ССК** имеют фиксированные адреса в памяти 80000000 - 8000001C,g, и в процессе обмена данные не пересылаются между областями памяти, а передаются по линии связи в стартстопном режиме с квитированием байтов.

При выполнении ввода-вывода от центрального процессора требуется лишь инициализация обмена. По команде ввода-вывода вся требуемая информация об операции обмена - адрес и длина данных - помещается во внутренние регистры линка, после чего центральный процессор освобождается для дальнейших вычислений, а линк транспьютера самостоятельно управляет обменом данными.

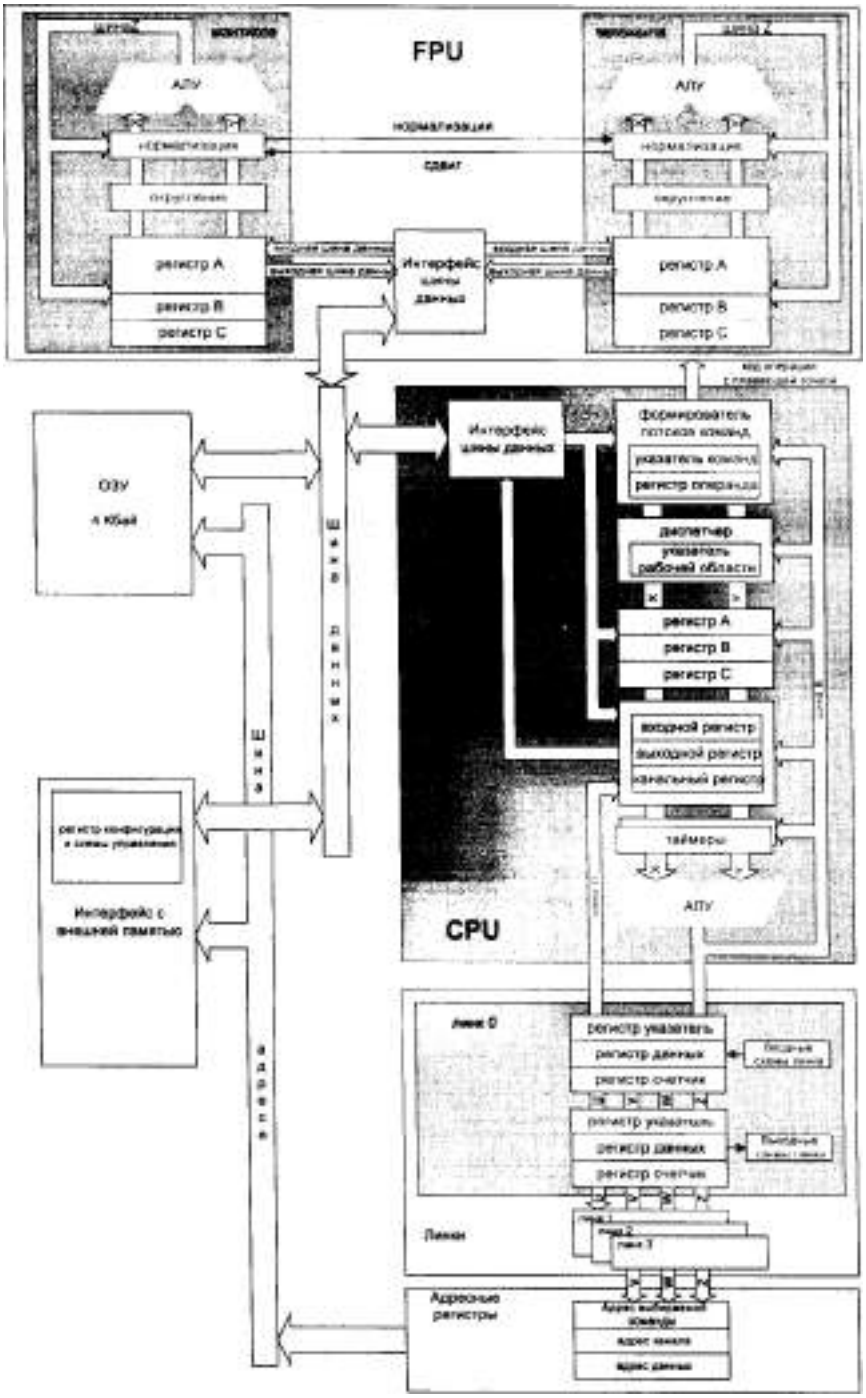


РИС. 77. ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ ТРАНСПЬЮТЕРА

Передача данных по линку

Все семейства транспьютеров Т-2 (Т-212, Т-222, Т-225), Т-4 (Т-414, Т-400, Т-425), Т-8 (Т-800, Т-801. Т-805) используют один и тот же протокол передачи данных по линкам. Взаимодействие между транспьютерами осуществляется посредством обмена сообщениями, состоящими из последовательности байтов. Данные передаются по одному проводу из пары проводов. По другому проводу пары передаются подтверждения приема каждого байта.

Байт передается в обрамлении служебных битов, начиная со стартового бита, далее следует управляющий бит, а затем 8 информационных битов и столовый бит. Таким образом, на 8 информационных битов приходится 3 управляющих,

поддерживающих протокол передачи. На рис. 78. показан пример передачи по линку.

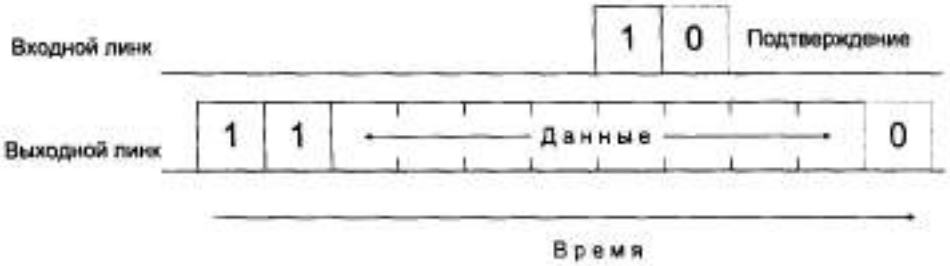


РИС. 78. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ЛИНКУ ТРАНСПЬЮТЕРА

После передачи байта отправитель ждет подтверждения, которое состоит из стартового и управляющего бита. Причем если при передаче информационного байта управляющий бит равен 1, то в подтверждении он равен 0. При этом байты данных и подтверждения для переданных в противоположном направлении байтов данных передаются по одному проводнику. Подтверждения имеют приоритет перед байтами данных. Можно установить режим, при котором подтверждения начинают передаваться сразу после получения стартового и управляющего битов, что приводит к передаче байтов без задержки между ними.

Если один из обменивающихся через линк процессов не готов к приему данных, байты накапливаются в регистре данных линка. При заполнении регистра подтверждение после получения очередного байта не выдается, и передающий линк приостанавливает передачу до приема данных процессом и освобождения регистра линка.

При инициации передачи первого байта сообщения существует задержка на настройку каналов прямого доступа в передающем и приемном транспьютерах, что обусловливает разную скорость при передаче коротких (от единиц до нескольких десятков байтов) и длинных (несколько тысяч байтов) сообщений. В первом случае скорость составляет 2-4 Мбит/с, во втором - максимально возможную 10-20 Мбит/с, в зависимости от настройки передающего и принимающего транспьютеров.

Передача по линку асинхронна, приемный транспьютер не чувствителен к фазе принимаемых сигналов. Единственное, что требуется - точный кварцевый генератор 5 МГц для задания тактовых сигналов транспьютеров.

Блок режимов работы линков позволяет задавать скорость передачи по линкам транспьютера (5, 10, 20 Мбит/с), причем для нулевого линка скорость устанавливается независимо от остальных. Установка осуществляется подачей соответствующих уровней на входы LinkSpecial, LinkOSpecial, Linkl23Special.

Обмены по линку программируются раздельно в передающем и принимающем транспьютерах. В передающем транспьютере программируется команда передачи по линку заданного числа байтов. В принимающем транспьютере программируется команда приема из линка задаваемого числа байтов. Реализация обмена происходит, если программы в передающем и принимающем транспьютерах выходят на команды передачи и приема. Если один транспью-

тер вышел на соответствующую команду, то он ждет, пока другой выйдет на свою команду обмена. Неправильно запрограммированный обмен ведет к бесконечному ожиданию. Кроме того, бесконечное ожидание возможно, если заданы разные значения количества передаваемых и принимаемых байтов.

Ожидание сигнала от блока событий

Блок событий (Event) выполняет преобразование внешних логических уровней на входе блока в байтовое сообщение со значением 0 или 1, передаваемое по внутреннему каналу. Поэтому программно блок Event воспринимается как специальный канал, отличием которого от обычного канала является то, что из этого канала можно только "читать". ССК для блока Event имеет фиксированный адрес 80000020 Ожидать ввода из канала Event может одновременно только один процесс в транспьютере.

Обычно Event используется для регистрации внешних прерывании в транспьютерной системе. Сигнал прерывания подается на вход транспьютера EventReq. Подтверждение приема сигнала прерывания (чтение из канала Event) выдается в виде уровня 1 по линии EventAck.

Ожидание сигнала от таймера

Программно таймер воспринимается как канал только для чтения, выдающий либо содержимое регистра таймера с соответствующим приоритетом, либо сигнал наступления ожидаемого момента времени.

Все процессы, ожидающие наступления некоторого момента времени (истечения временного интервала) помещаются в очередь к таймеру, соответствующему их приоритету. Очередь процессов отсортирована в порядке наступления ожидаемого момента времени и организована с помощью ссылок между служебными словами в рабочей области процессов. Адрес первого процесса в очереди соответствующего приоритета содержится в служебных словах транспьютера (TPtrLocO, TPtrLocI), в младших адресах памяти. При достижении ожидаемого момента времени диспетчеру передается дескриптор соответствующего процесса для его перевода в конец очереди активных процессов.

Инициализация системы после включения питания

Транспьютер и его ОЗУ построены по КМОП-технологии и не сохраняют своего состояния после отключения питания. Поэтому после включения питания для начала функционирования в транспьютер необходимо загрузить некоторый минимум программного обеспечения. Транспьютер может быть загружен как из внешнего ПЗУ, так и из любого линка. Для указания режима начальной загрузки используется вывод BootFromROM. Если уровень BootFromROM равен 1, то управление передается по адресу FFFFFFFE, по которому обычно содержится команда безусловного перехода на программу начальной загрузки.

Если BootFromROM равен 0, то производится загрузка из линка. После включения питания транспьютер переходит в состояние ожидания приема данных по линкам. Первый байт, принятый по любому из линков, управляет

дальнейшим режимом работы транспьютера. Если его значение больше 1, то он интерпретируется как длина кода программы, принимаемой следом за ним. Принимаемые данные записываются в память транспьютера начиная с адреса MemStart, с него же и начинается выполнение программы. Как правило, первой загружается программа начальной загрузки транспьютера, которая обеспечивает загрузку остального программного обеспечения.

Если первый принятый управляющий байт равен 0 или 1, то транспьютер переходит в режим управления памятью.

Управляющий байт, равный 0, заставляет транспьютер интерпретировать следующие 4 байта как адрес памяти, по которому в память будет записано слово, поступившее как следующие 4 байта. После этого транспьютер снова переходит в режим управления памятью, из которого его может вывести лишь прием управляющего байта со значением, большим 1.

Если управляющий байт равен 1, следующие 4 байта задают адрес слова памяти, которое будет считано и передано как 4 байта по тому же линку, из которого поступили в противоположном направлении предыдущие 4 байта. После этого транспьютер остается в режиме управления памятью.

Режим управления памятью используется обычно для целей отладки.

Управление системой

Появление уровня 1 на входе Analyze переводит транспьютер, работающий по программе, в режим управления памятью. Как уже было сказано выше, в этом режиме может быть считано и изменено состояние памяти транспьютера.

Обработка ошибок

Программные ошибки, такие как арифметическое переполнение, деление на 0, выход за границы массива, вызывают установку в транспьютере флага error и появление сигнала на выходе Error. Флаг режима обработки ошибок транспьютера - HaltOnError - позволяет определять поведение транспьютера в случае ошибки (установки флага error): если был задан режим остановки (HaltOnError 1), то в случае возникновения ошибки устанавливается еденица на выходе Error и транспьютер останавливается; если была выполнена установка HaltOnError=0, то в случае ошибки устанавливается в еденицу флаг error, однако транспьютер продолжает работать.

В мультипроцессорных системах выводы Analyze, Reset, Error, Errorin всех транспьютеров обычно соединены согласно схеме, представленной на рис. 79. При такой схеме соединения появление сигнала Error на выводе любого транспьютера переводит всю систему в режим управления памятью. Соответствующие программы в хост-машине позволят определить состояние системы и пути преодоления ошибочной ситуации.

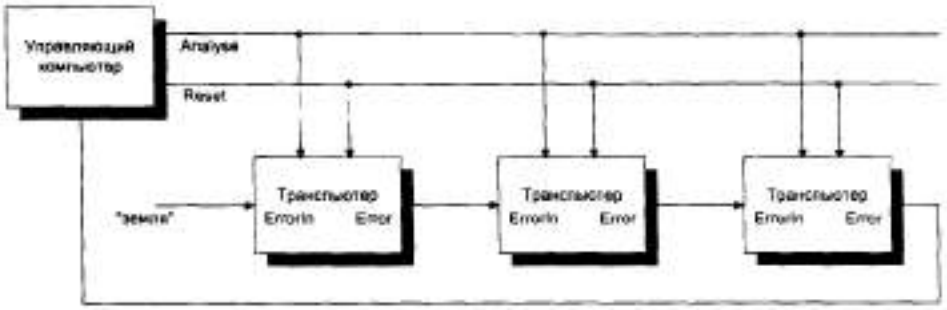


РИС. 79. СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЛИНИЙ СИСТЕМНОГО СЕРВИСА В МУЛЬТИТРАНСПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ

Лекция 13.

Транспьютер Т9000

Архитектурные и структурные особенности

На момент своего появления транспьютеры семейства Т-8 были самыми быстродействующими 32-разрядными микропроцессорами. Попытка фирмы Inmos сохранить лидерство перед американскими производителями микропроцессоров воплотилась в разработку транспьютера Т9000. Его основные технические характеристики:

- производительность - 200 MIPS, 25 MFLOPS;
- объем внутрикристальной памяти - 16 Кбайт;
- число коммуникационных каналов - 4;
- скорость обмена по линку - 100 Мбит/с.

Основными особенностями архитектуры данного транспьютера являются аппаратная поддержка механизма виртуальных каналов и аппаратный группировщик команд, повышающий загрузку параллельно функционирующих устройств процессора.

Однако фирма Inmos не смогла выдержать обещанные сроки поставки Т-9000, а также достичь объявленной производительности. Поэтому, хотя образцы Т-9000, работающие на пониженной, по сравнению с объявленной, тактовой частоте были выпущены, коммерческого успеха они не имели.

Виртуальные линки

Механизм виртуальных линков позволяет вести по одному физическому линку обмен между произвольным числом пар процессов, протекающих в разных транспьютерах.

Управляет обменом встроенный в Т-9000 процессор виртуального канала (VCP). Сообщение, передаваемое от процесса-отправителя к процессу-получателю, VCP делит на пакеты, каждый из которых содержит 32 байта данных (последний пакет - от 1 до 32 байт), заголовок пакета и концевик (дам последнего пакета - признак конца сообщения, для остальных - признак конца

пакета). При получении пакета, VCP в принимающем транспьютере передает подтверждение в виде пустого пакета содержащего только заголовок и признак конца пакета. VCP, используя информацию, содержащуюся в заголовке пакета, осуществляет маршрутизацию пакетов и сшивку сообщения. Таким образом, обмен данными для процессов выглядит так же, как и в случае транспьютеров прежних поколений, что способствует преемственности программного обеспечения.

"Прозрачность" для процессов маршрутизации сообщений в сети транспьютеров T9000 полностью устраняет различие между обменом в рамках одного транспьютера и обменом в транспьютерной сети. Этот свойство существенно упрощает разработку программы для мультитранспьютерной системы и повышает ее эффективность, поскольку не требуется дополнительных расходов на организацию маршрутизации и коммутации.

В целях увеличения числа физических связей транспьютера T9000 разработан программируемый коммутатор C 104, осуществляющий передачу сообщения с любого из 32 входов на любой из 32 выходов в соответствии с их заголовком.

Для возможности использования в системе T9000 совместно с транспьютерами предшествующих поколений разработана микросхема C 100, выполняющая согласование электрических характеристик и преобразование формата передаваемых по линкам данных.

Группировщик команд

В T-9000 полностью сохранена система команд предыдущих поколений транспьютеров. Увеличение производительности достигается за счет одновременного исполнения группы, в которую входит до 8 команд.

В T-9000 реализован аппаратный группировщик команд. Образование групп команд преследует цель достижения высокой загрузки устройств процессора.

Процессор за один такт извлекает из памяти 4 команды. В силу того, что некоторые команды требуют для исполнения более чем 1 такт, в процессоре может быть накоплено количество команд, достаточное для формирования 5 групп по 8 команд каждая, что соответствует полной загрузке устройств процессора.

Транспьютероподобные микропроцессоры серии "Квант"

Примером отечественной разработки транспьютероподобных процессоров являются микропроцессоры серии "Квант". Это семейство 32-разрядных микропроцессоров с оригинальной архитектурой, сочетающей RISC-подход с методикой длинного командного слова. Семейство характеризуется высокой степенью внутреннего параллелизма процессов обработки, конвейерным выполнением команд, Гарвардской архитектурой памяти, наличием последовательных коммуникационных каналов -линков. Были выпущены две модификации микропроцессора:

- "Квант-10" по технологии 2,5 мкм на трех полузаказных матричных

кристаллах 1537 ХМ2, спроектированных в НИИ "Квант" и изготовленных в НИИ точной технологии, г. Зеленоград;

• "Квант-20" по технологии 1,5 мкм на одном кристалле типа U1700 фирмы ZMD (ФРГ, Дрезден), спроектированном в НИИ "Квант" и изготовленном фирмой ZMD. Структура микропроцессора показана на рис. 80. Микропроцессор работает с внешними раздельными кэш-памятями команд и данных и может использовать сопроцессор. Память данных микропроцессора содержит только данные, тогда как память команд может содержать как команды, так и данные (такая архитектура памяти получила название модифицированной Гарвардской).

Устройство управления

Процессор выбирает из памяти команд 32-разрялные команды и помещает их сначала в первый, а затем во второй регистры команд, далее декодирует команды и формирует управляющие сигналы для всех функциональных блоков процессора. Блок управления прерываниями обеспечивает приоритетную схему обработки 10 типов внешних и внутренних прерываний. Блок ПДП прямого доступа в память позволяет выполнять вычисления одновременно с обменом данными по 4 коммуникационным каналам. Блок защиты данных предназначен для защиты фрагментов памятей команд и данных, выделяемых под операционную систему.

Рис. 80. Структура микропроцессора "Квант"

Адресное устройство

В процессоре реализована концепция разнесенной" (decoupled) архитектуры, в соответствии с которой все вычисления адресов выполняются отдельным адресным устройством, что предоставляет возможность одновременной обработки данных в арифметическом устройстве и вычисления адресов в адресном устройстве.

Адресное устройство содержит в программном счетчике адрес следующей команды, поддерживает в памяти стек адресов возврата из подпрограмм (обработчиков прерываний), выполняет все вычисления адреса в 16-разрядном адресном сумматоре. Файл адресных регистров (АР) содержит 8 16-разрядных АР для МП "Квант-10" и 4 16-разрядных АР для МП "Квант-20".

Арифметическое устройство

Арифметический блок способен выполнять 16 логических и 14 арифметических операции, в том числе байтовые, пошаговое умножение 32-

разрядного множимого на два разряда множителя. Логический блок может выполнять логические операции параллельно с арифметическими. Все операции выполняются над 32- разрядными операндами за один такт.

Универсальный сдвигатель способен выполнять за один такт логический, арифметический или циклический сдвиг 32-разрядного слова влево или вправо на 0 - 31 разряд, а также осуществлять циклические сдвиги внутри байтов, тетрад, пар. Схема маскирования арифметического устройства позволяет маскировать результаты любой операции содержимым одного из регистров общего назначения. Файл регистров общего назначения (РОН) используется для хранения операндов, результатов, масок, адресов данных. В регистр флагов заносятся признаки по результатам выполнения операций в арифметическом устройстве.

Системное устройство

Системное устройство обеспечивает связь с 4 аналогичными процессорами по независимым каналам. Обмен осуществляется побитно блоками слов. В начале каждого блока задается количество передаваемых слов и адрес в памяти, в который будет записываться сообщение. В процессе передачи осуществляется контроль по четности для каждого передаваемого байта данных. В случае ошибки при передаче вырабатывается соответствующее прерывание.

Регистр зашиты памяти позволяет запрещать запись в любой блок памяти длиной 4 Кслов.

Конвейер процессора

В процессоре реализован трехстадийный конвейер выполнения команд. На первой стадии осуществляется выборка команды из памяти команд, на второй стадии производится формирование адреса данных для последующего обращения в память и модификация регистров адреса, на третьей стадии выполняются ввод-вывод данных из памяти по предварительно вычисленному адресу и операции арифметики. Действия на каждом этапе выполняются за один такт, что позволяет при обеспечении высокой степени загруженности конвейера выполнять команды в среднем за один такт.

Система команд

Команды процессора подразделяются на простые и комплексные. Первые выполняют одно действие, тогда как вторые задают трехадресную арифметическую операцию над данными в регистрах одновременно с операцией обмена данными с памятью и (или) модификацией адресных регистров.

При обращении к памяти используются следующие виды адресации:

базовая по содержимому АР, базовая по содержимому РОНа, автоинкрементная или автодекрементная адресация по любому АР, базово-индексная адресация по двум АР. В МП "Квант-20" добавлена базово-индексная адресация с 8-разрядным смещением, задаваемым в поле команды.

Для упрощения устройства управления и обеспечения большей гибкости в программах в микропроцессоре реализована следующая схема выполнения

условных и безусловных переходов. В случае условного перехода специальная команда проверяет соответствие флага признаков результата арифметической операции одному из 16 возможных условий перехода. Если имеет место соответствие, то следующая команда не выполняется, а как бы подменяется пустой операцией (NOP). Причем проверка условия осуществляется на фоне выполнения арифметических операций.

Чтобы не нарушить работу конвейера (избежать пропуска конвейерных циклов), безусловный переход выполняется но принципу "отложенного перехода". В конвейере сначала отрабатывается команда следующая за командой перехода, а затем выполняется переход, Так же выполняется и обращение к подпрограммам.

Конвейеризация внутренних процессов в осуществляется во времени выполнения операций в различных функциональных устройствах микропроцессора позволяют выполнять до четырех команд за один такт.

Производительность микропроцессора.

Гибкая система команд микропроцессор способствует его эффективному применению как на задачах счётного характера, так и на задачах логической и символьной обработки. Коммуникационные возможности процессора позволяют строить на его базе масштабируемые системы с MPP-архитектурой.

Уникальная архитектура процессора серии "Квант" позволила обеспечить лучшее значение производительности по сравнению с транспьютерами фирмы Inmos. Производительность микропроцессора "Квант-10" с тактовой частотой 4 МГц соответствует производительности транспьютера Т-800 с частотой 20 МГц. Производительность микропроцессоров "Квант-10" и "Квант-20" может быть оценена как 12-15 Моп/с и 25-30 Моп/с.

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. М. Таугер

КОНСТРУИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Учебное пособие

Ай Пи Ар Медиа
Москва
2022

Автор:
Таугер В. М. — канд. техн. наук, зав. кафедрой технической механики
Уральского государственного горного университета

Таугер, Виталий Михайлович.
Т23 Конструирование мехатронных модулей : учебное пособие / В. М. Таугер ; Уральский государственный горный университет. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022 . — 261 с. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-4497-1372-8

В учебном пособии дана классификация современных мехатронных модулей и их тормозных механизмов, датчиков, реле, направляющих. Приведены общие положения по конструированию мехатронных модулей с электро- и гидроприводом, описаны базовые конструктивные элементы модулей и методики их расчета.

Подготовлено с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Предназначено для бакалавров обучающихся по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», изучающих дисциплины «Расчет и конструирование мехатронных и робототехнических систем», «Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование», аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение», изучающих дисциплину «Основы мехатроники», а также для студентов других технических направлений, занимающихся проектированием модулей и комплексов для автоматизации производств.

Учебное электронное издание

ISBN 978-5-4497-1372-8

© Таугер В. М., 2022
© ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа», 2022

Редактор *Ю. В. Семенова*
Технический редактор, компьютерная верстка *Е. В. Якубович*
Корректор *О. А. Адясова*
Обложка *С. С. Сизиумовой*

Подписано к использованию 19.08.2021. Объем данных 19 Мб.

Издание представлено в электронно-библиотечных системах
IPR BOOKS (www.iprbookshop.ru),
Библиокомплектатор (www.bibliocomplectator.ru)

Бесплатный звонок по России: **8-800-555-22-35**
Тел.: 8 (8452) 24-77-97, 8 (8452) 24-77-96

Отдел продаж и внедрения ЭБС:
доб. 206, 213, 144, 145
E-mail: sales@iprmedia.ru

Отдел комплектования ЭБС:
доб. 224, 227, 208
E-mail: mail@iprbookshop.ru

По вопросам приобретения издания обращаться:
доб. 208, 201, 222, 224
E-mail: izdat@iprmedia.ru, author@iprmedia.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1. КОНСТРУКЦИИ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 8
1.1. Основные термины и определения 8
1.2. Классификация мехатронных модулей 9
1.3. Электроприводные мехатронные модули 12
1.3.1. Модули движения 12
1.3.2. Мехатронные модули движения 24
1.3.3. Интеллектуальные мехатронные модули 31
1.4. Гидроприводные мехатронные модули 37

2. ДВИГАТЕЛИ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 41
2.1. Электродвигатели 41
2.1.1. Электродвигатели углового движения 41
2.1.2. Электродвигатели линейного перемещения 46
2.2. Гидравлические двигатели 50
2.2.1. Классификация гидравлических двигателей объемного вытеснения 50
2.2.2. Гидравлические двигатели вращательного движения 52
2.2.3. Гидроцилиндры 61

3. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 65
3.1. Определение мощности двигателя 65
3.1.1. Общие положения 65
3.1.2. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при незначительных динамических нагрузках 66
3.1.3. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при значительных динамических нагрузках 69
3.1.4. Оптимизация выбора силовых элементов 71
3.2. Расчет преобразователя движения 72
3.2.1. Предварительный выбор передачи по общим критериям 72
3.2.2. Особенности расчета преобразователей движения мехатронных модулей 80
3.2.3. Цилиндрические зубчатые передачи 82
3.2.4. Конические зубчатые передачи 82
3.2.5. Реечные передачи 83
3.2.6. Червячные передачи 94
3.2.7. Планетарные зубчатые передачи 95
3.2.8. Волновые зубчатые передачи 104
3.2.9. Передачи винт-гайка скольжения 116
3.2.10. Шарико-винтовые передачи 121
3.2.11. Ролико-винтовые передачи 127
3.3. Люфтовыбирающие механизмы 129
3.3.1. Выборка мертвого хода в зубчатых преобразователях движения 129
3.3.2. Выборка мертвого хода в винтовых преобразователях движения 134

4. ГИДРОПРИВОД МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 141
4.1. Насосы 141
4.1.1. Классификация насосов 141
4.1.2. Радиально-поршневые насосы 142
4.1.3. Аксиально-поршневые насосы 144
4.1.4. Пластинчатые насосы 147
4.1.5. Шестеренные насосы 150
4.2. Клапаны и дроссели 151
4.2.1. Обратные клапаны 151
4.2.2. Предохранительные клапаны 152
4.2.3. Дроссели и дроссельные регуляторы скорости гидродвигателя 154
4.3. Гидрораспределители 158
4.3.1. Общие сведения 158
4.3.2. Золотниковые распределители 160
4.3.3. Дросселирующие распределители 165
4.4. Вспомогательные устройства гидроприводов 168
4.4.1. Гидроаккумуляторы 168
4.4.2. Резервуары для рабочей жидкости 170
4.4.3. Фильтры 172
4.5. Методика проектирования гидросистем мехатронных модулей 173

5. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 177
5.1. Назначение и разновидности тормозных устройств 177
5.2. Механические тормозные устройства 178
5.3. Электромагнитные тормозные устройства 188

6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ 192
6.1. Назначение и разновидности направляющих 192
6.2. Направляющие с трением скольжения 192
6.3. Направляющие с трением качения 199
6.4. Шариковые LM-направляющие 203
6.5. Шарикосплайновые направляющие 204
6.6. Расчеты LM- и шарикосплайновых направляющих 205
6.6.1. Расчет LM-направляющих на долговечность 205
6.6.2. Расчет шарикосплайновых направляющих на долговечность 207
6.6.3. Расчет LM- и шарикосплайновых направляющих на статическую грузоподъемность 208

7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 210
7.1. Датчики информации 210
7.2. Датчики положения и перемещения 211
7.3. Датчики скорости 222
7.4. Реле давления и манометры 226
7.5. Динамометры 227

8. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ 230
8.1. Общие положения 230
8.2. Функция и структура мехатронного модуля 232
8.3. Синергетическая интеграция в мехатронных модулях 235

8.4. Основы методики конструирования мехатронных модулей 241
8.4.1. Техническое задание 241
8.4.2. Анализ взаимосвязей мехатронного модуля с внешним окружением 242
8.4.3. Разработка технических требований 243
8.4.4. Предварительное конструирование основных частей мехатронного модуля 245
8.4.5. Разработка вариантов эскизной компоновки мехатронного модуля 246
8.4.6. Чертеж эскизной компоновки 248
8.4.7. Компактность конструкции 250
8.4.8. Чертеж окончательной компоновки 251
8.4.9. Типы и стадии разработки конструкторской документации 254

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 259

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 260

ВВЕДЕНИЕ

Мехатроника является новой и динамично развивающейся отраслью науки и техники. Она базируется на знаниях и достижениях в областях механики, электроники и компьютерного управления и представляет собой более высокий уровень развития современного машиностроения.

В ряде отраслей производства тенденция перехода от механики к мехатронике сегодня доминирует, что приводит к появлению более совершенных машин, систем и процессов.

Современное производство и эксплуатация промышленного оборудования основаны на массе локальных комплексов, либо автоматизированных, либо таких, автоматизация которых возможна и целесообразна, что создает основу для широкого внедрения мехатронных модулей и систем. Особо следует указать на технологические процессы, в котором устройства работают в тяжелых условиях, а следовательно, существует настоятельная необходимость в мехатронных модулях повышенной надежности и эффективности.

В учебном пособии приведены общие положения по конструированию мехатронных модулей с электро- и гидроприводом, даны описания базовых конструктивных элементов модулей и методики их расчета.

Издание предназначено для бакалавров и аспирантов направления подготовки «Мехатроника и робототехника», а также может быть полезно студентам других технических направлений, занимающимся проектированием модулей и комплексов для автоматизированных производств.

В результате изучения изложенного в учебном пособии материала обучащиеся будут:

– *знать* структуру, состав и классификацию мехатронных модулей, принципы и методы математического моделирования мехатронных модулей и систем, стандартные исполнительные и управляющие устройства, средства автоматики, измерительной и вычислительной техники;

– *уметь* производить расчеты как отдельных структурных элементов, так и мехатронных модулей и узлов в целом;

– *владеть* навыками составления математических моделей и проектирования мехатронных узлов.

1. КОНСТРУКЦИИ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

1.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Мехатроника — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точного перемещения с электронными, электротехническими (гидротехническими, пневмотехническими) и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производство качественно новых модулей и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями.

Мехатронный модуль (ММ) — функционально и конструктивно самостоятельное изделие для реализации движений с взаимопроникновением и синергетической аппаратно-программной интеграцией составляющих его элементов, имеющих различную физическую природу.

К *элементам различной физической природы* относятся:

– механические (преобразователи движения, трансмиссии, звенья);

– гидравлические (гидрораспределители, клапаны, дроссели);

– пневматические (пневмораспределители, клапаны, дроссели);

– электротехнические (двигатели, тормоза, электроуправляемые муфты);

– гидротехнические (насосы, гидродвигатели, гидромуфты, гидротрансформаторы, гидроаккумуляторы);

– пневмотехнические (насосы, компрессоры, пневмодвигатели, пневмоаккумуляторы);

– электронные (электронные блоки и микропроцессоры);

– информационные (датчики перемещения, линейной и угловой скорости, усилия, момента, температуры, давления и т.п.).

Суть *синергетической интеграции* состоит в объединении в единый модуль элементов различной физической природы при сохранении функционального преобразования, выполняемого данным модулем.

Преобразователь движения — механическое устройство, которое реализует заданное управляемое движение и взаимодействует с внешними объектами. В приводных ММ с этой целью применяются одно- и многоступенчатые передачи вращательного (редукторы, мультипликаторы) и поступательного движения, а также вариаторы различных конструкций.

Интерфейс — устройство, обеспечивающее связь между различными блоками ММ. В зависимости от физической природы входных и выходных переменных интерфейсные блоки могут быть как чисто механическими (гидравлическими, пневматическими), так и содержать электронные аппаратно-программные компоненты. Примером механического интерфейса является муфта, связывающая преобразователь движения с двигателем (необходимо попутно отметить, что в ММ следует всемерно избавляться от таких интерфейсов). Электронные интерфейсы расположены на входах и выходах устройства компьютерного управления и предназначены для его сопряжения с последующими структурными элементами, например, с цифро-аналоговым преобразователем и датчиками обратной связи.

Модуль движения (МД) — конструктивно и функционально самостоятельный узел, включающий в себя механическую (гидравлическую, пневматическую) и электротехническую (гидротехническую, пневмотехническую) составляющие, который можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

Мехатронный модуль движения (ММД) — конструктивно и функционально самостоятельный узел, включающий в себя механическую, (гидравлическую, пневматическую), электротехническую (гидротехническую, пневмотехническую) и информационную части, который можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

Интеллектуальный мехатронный модуль (ИММ) — конструктивно и функционально самостоятельный узел с синергетической интеграцией механической (гидравлической, пневматической), электротехнической (гидротехнической, пневмотехнической), информационной и компьютерной (электронной) частей, который можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

По физической природе составляющих элементов ММ подразделяются на электроприводные, гидроприводные, пневмоприводные и прочие.

В состав электроприводных ММ входят электродвигатель и (как правило) преобразователь движения. Они распространены наиболее широко и обычно являются базой для сравнения вариантов на стадии проектирования.

Гидроприводные ММ содержат гидродвигатели линейного или вращательного движения. По сравнению с электроприводными они обладают значительно меньшими размерами и массой, в частности, потому, что не требуют преобразователя движения; малой инерционностью; простотой регулирования и его широким диапазоном. К недостаткам их следует отнести сравнительно высокую стоимость; необходимость в насосной установке; чувствительность к качеству рабочей жидкости.

Пневмоприводные ММ по принципу действия подобны гидроприводным, а различия между ними определяются особенностями рабочей среды — сжатого воздуха. ММ с пневмоприводом конструктивно проще гидроприводных, дешевле, менее требовательны в эксплуатации, способны реализовать более высокие скорости движения. В то же время их нагрузочная способность при равных размерах на два порядка меньше, существенно ниже КПД, они не в состоянии обеспечивать точные перемещения.

В число прочих ММ входят модули как с комбинированным приводом, например электрогидравлическим, так и с устройствами для преобразования энергии, не относящимися к электро-, гидро- и пневмоприводу.

Ниже речь пойдет об электроприводных и гидроприводных ММ как наиболее широко применяемых в настоящее время.

Классификация ММ по конструктивным признакам представлена на рис. 1.1.

В полной мере фундаментальному определению мехатроники соответствуют только ИММ, которые содержат приводную часть (двигатель), информационную часть (датчики) и аппаратно-встроенную компьютерную часть.

Включение в классификацию МД и ММД представляется методически и логически обоснованным, так как эти классы объектов, построенные на мехатронных принципах проектирования, являются базой для создания ИММ.

Далее ММ будут рассмотрены согласно приведенной классификации.

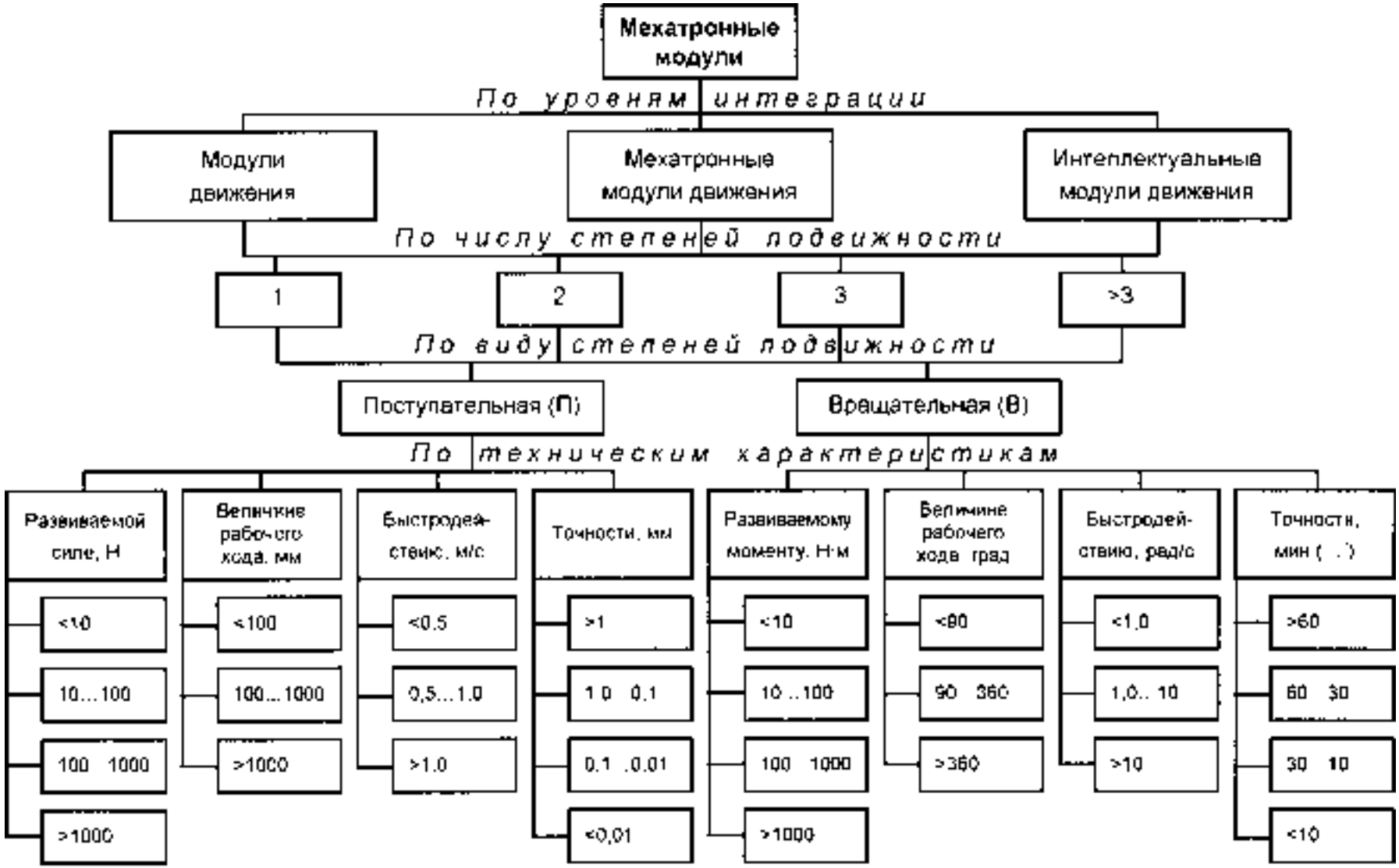


Рис. 1.1. Классификация мехатронных модулей

1.3. ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ

1.3.1. Модули движения

Главным отличительным признаком МД от общепромышленного привода является использование вала двигателя в качестве одного из элементов механического преобразователя движения. Примеры МД: мотор-редуктор, мотор-колесо, мотор-барабан, электрошпиндель.

Мотор-редуктор объединяет в один компактный конструктивный модуль электродвигатель и преобразователь движения. Эта конструкция получила в настоящее время широкое распространение. Выпускается целая гамма различных типов мотор-редукторов для различных условий применения, позволяющая найти оптимальное решение каждой конкретной задачи.

Хорошо известный в России Санкт-Петербургский научно-технологический центр «Редуктор» (НТЦ «Редуктор») выпускает одно-, двух- и трехступенчатые цилиндрические, цилиндро-червячные, червячные, планетарные и волновые мотор-редукторы на лапах, фланцевые и с полым выходным валом. Широта охвата параметров такова, что конструктор имеет возможность подобрать мотор-редуктор на передаточное число и крутящий момент на выходном валу в диапазонах u = 1,6–4 000 и T_2 = 4–69 300 Н·м соответственно.

Московский научно-технологический центр «Приводная техника» (НТЦ «Приводная техника») выпускает одно- и двухступенчатые червячные, цилиндрическо-червячные и цилиндрические соосные мотор-редукторы. Общие диапазоны параметров: u = 7–10 000; T_2 = 3,9–3 984 Н·м.

Многие зарубежные фирмы, например, *MOTOVARIO*, *VARVEL*, *MAXON* выпускают различные мотор-редукторы. Фирма *MAXON* производит электродвигатели, цилиндрические и планетарные редукторы и на их основе мотор-редукторы, которые при необходимости снабжают фотоимпульсными датчиками, резольверами и тормозами (переводя таким образом в класс ММД).

Блочно-модульная система присоединения к двигателю различных типов планетарных и цилиндрических редукторов, а также магнитных и цифровых фотоимпульсных датчиков показана на рис. 1.2.

Конструктивное объединение двигателя и преобразователя движения в мотор-редуктор имеет ряд преимуществ по сравнению с устаревшей системой соединения двигателя и преобразователя движения через муфту. Это и значи-

тельное сокращение габаритных размеров, и существенное уменьшение количества соединительных узлов и деталей, и снижение затрат на установку, отладку и запуск.

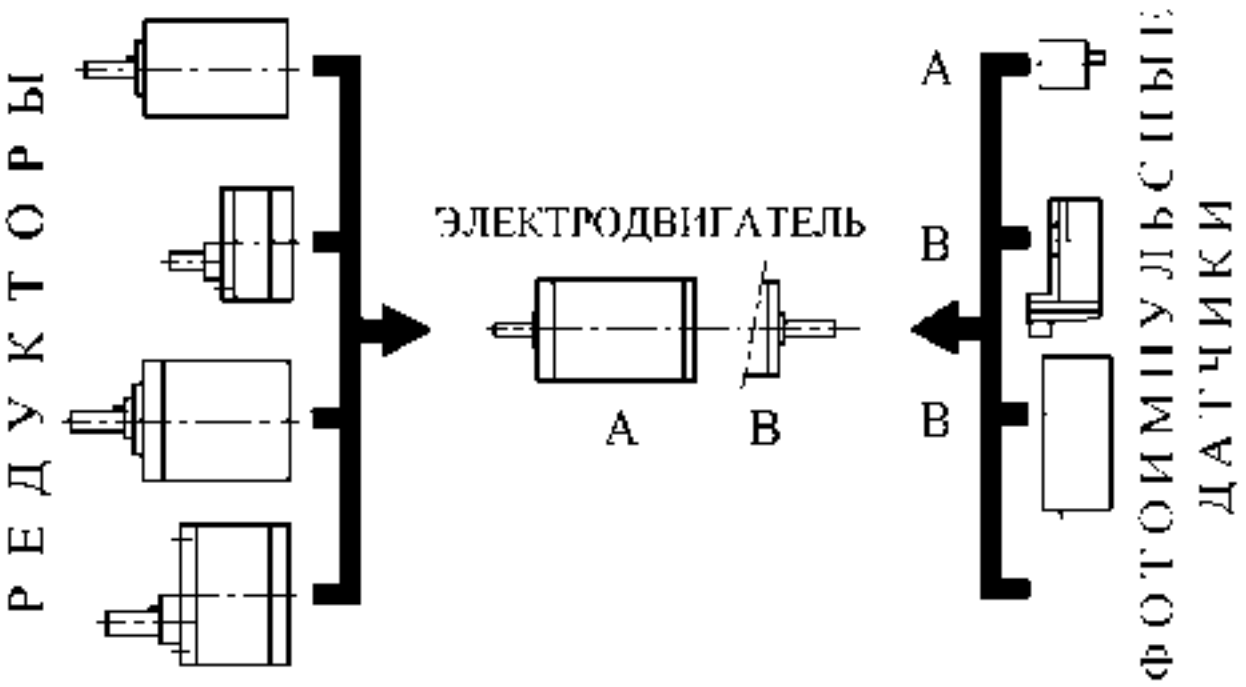


Рис. 1.2. Блочно-модульная система формирования мотор-редукторов:
А, В — исполнения двигателя

Благодаря своим достоинствам мотор-редуктор является в настоящее время одним из наиболее распространенных видов электропривода. Во всем мире выпускают ежегодно миллионы штук мотор-редукторов различных типов и исполнений, что позволяет удовлетворить все мыслимые потребности.

Мотор-редуктор с преобразователем движения в виде соосного цилиндрического редуктора (рис. 1.3) состоит из двух основных элементов: двигателя *1* и редуктора *2*, имеющего стыковочную поверхность *3* с отверстиями для крепления к ней двигателя винтами или болтами *4*. При объединении двигателя и редуктора в единый конструктивный модуль вал *5* двигателя вводят во входной полый вал *6* редуктора и закрепляют шпонкой *7*. Возможен вариант, когда двигатель и редуктор имеют общий вал.

Схема одноступенчатого червячного мотор-редуктора представлена на рис. 1.4. Он состоит из двигателя *1* и червячного преобразователя движения *2*, соединенных в общий корпус винтами *3*. Вал *4* двигателя и преобразователя движения единый.

Рис. 1.3. Соосный двухступенчатый мотор-редуктор:
а — схема; *б* — внешний вид

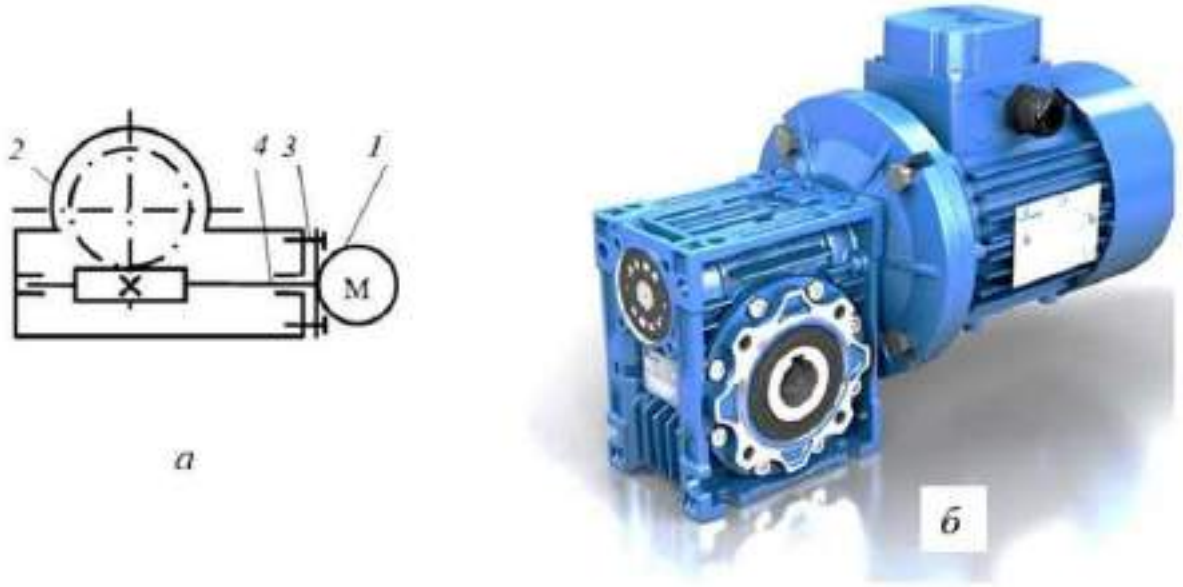


Рис. 1.4. Червячный мотор-редуктор:
а — схема; *б* — внешний вид

Внешний вид двухступенчатого червячного мотор-редуктора фирмы *MOTOVARIO* показан на рис. 1.5.

В мотор-редукторах наиболее часто используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, регулируемые преобразователем частоты вращения вала, однофазные двигатели и двигатели постоянного тока.

В качестве преобразователей движения, как уже было указано, используют зубчатые цилиндрические и конические, червячные, планетарные, волновые, винт-гайка и т.п. передачи.

Рис. 1.5. Двухступенчатый червячный
мотор-редуктор фирмы *MOTOVARIO*

Для защиты мотор-редуктора от действия внезапных перегрузок в его конструкции предусматривают ограничитель крутящего момента. Вариант такого устройства в червячном мотор-редукторе приведен на рис. 1.6.

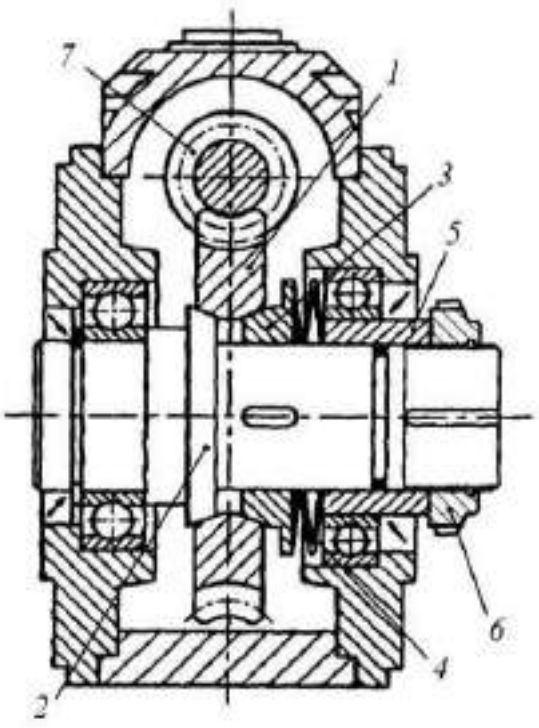


Рис. 1.6. Червячный мотор-редуктор
с ограничителем передаваемого момента

Червячное колесо *1* устанавливают на неподвижный конус *2*, выполненный заодно с выходным валом, и подвижный конус *3*, который поджимают тарельчатой пружиной *4* через подвижную втулку *5* при помощи регулировочной гайки *6* с фиксатором. В зависимости от того, на сколько оборотов завернута регулировочная гайка, возникает соответствующая осевая сила, вызывающая появление момента трения между конусами и червячным колесом (предельного передаваемого момента).

При превышении внешним крутящим моментом на выходном валу *2* его предельного значения червячное колесо *1* начинает проворачиваться и не передает движение на червяк *7*, тем самым предохраняя преобразователь движения и двигатель от повреждения.

Планетарный зубчатый мотор-редуктор изображен на рис. 1.7. Он состоит из асинхронного двигателя *1* и двухступенчатого планетарного зубчатого преобразователя движения *2*, соединенных при помощи винтов *3* в единый корпус.

В преобразователе движения плавающими элементами являются водило первой ступени и солнечная шестерня второй ступени, которые связаны между собой зубчатыми муфтами. Водило второй ступени выполнено заодно с выходным валом преобразователя движения. Сателлиты первой ступени установлены в водилах консольно.

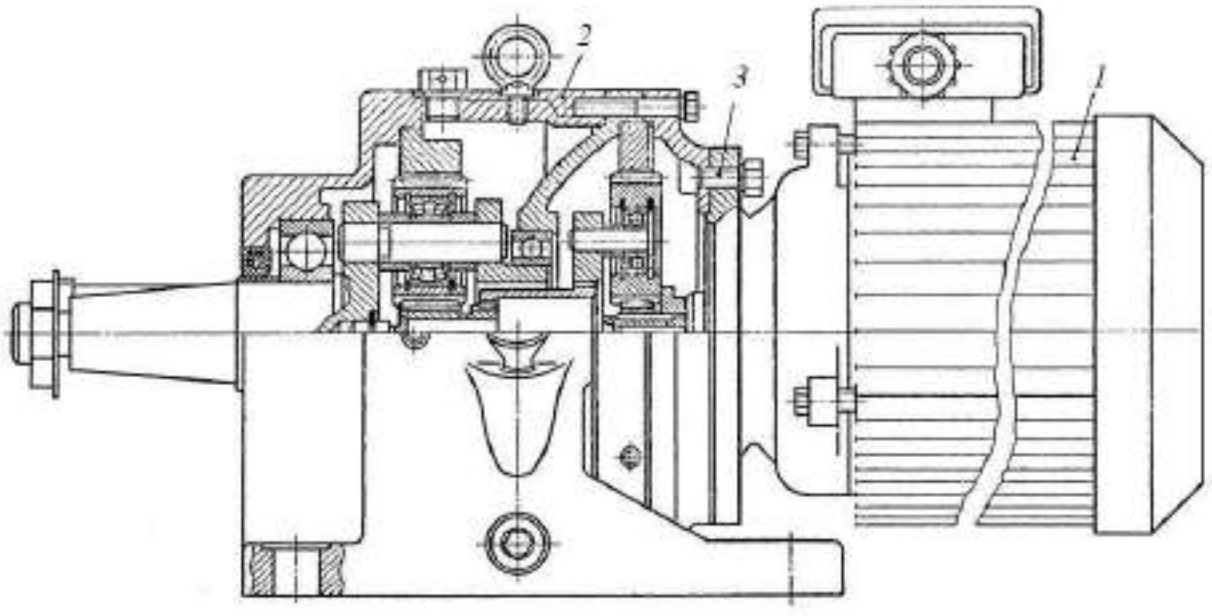


Рис. 1.7. Планетарный двухступенчатый мотор-редуктор

Планетарно-цевочный одноступенчатый мотор-редуктор, состоящий из двигателя *1* и преобразователя движения *2*, соединенных в единый корпус винтами *3*, представлен на рис. 1.8.

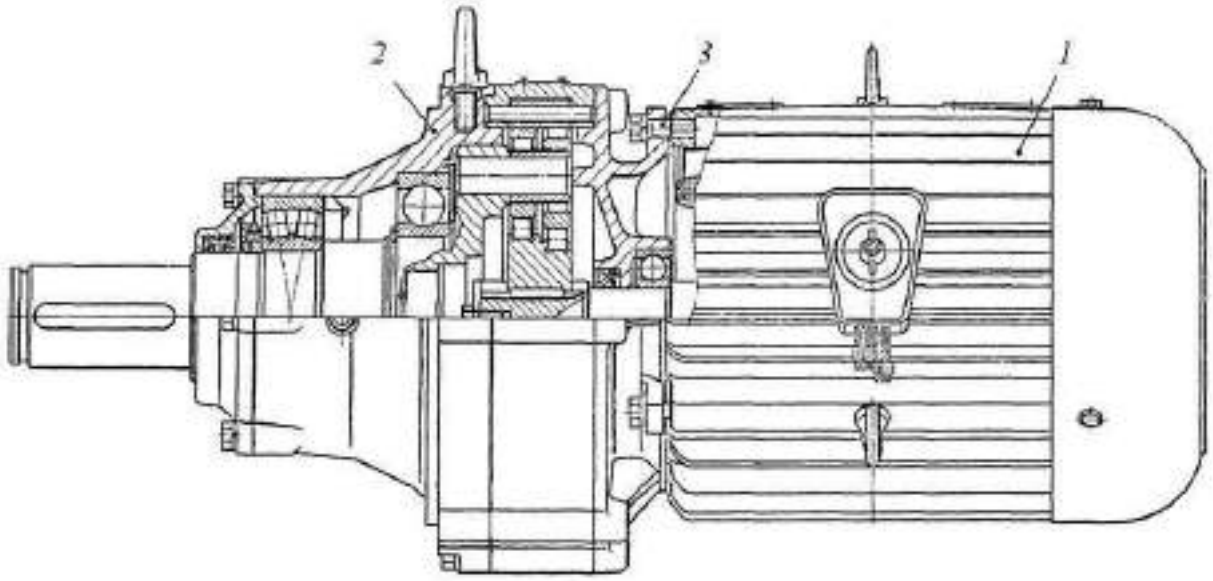


Рис. 1.8. Планетарно-цевочный мотор-редуктор

Мотор-редуктор на основе волнового механизма с электромагнитным генератором волн изображен на рис. 1.9. Он состоит из гибкого колеса *1*, электромагнитного генератора волн *2*, жестких колес *3*, гибких подшипников *4*, кулачков *5*, зубчатого колеса *6* и выходного вала *7*.

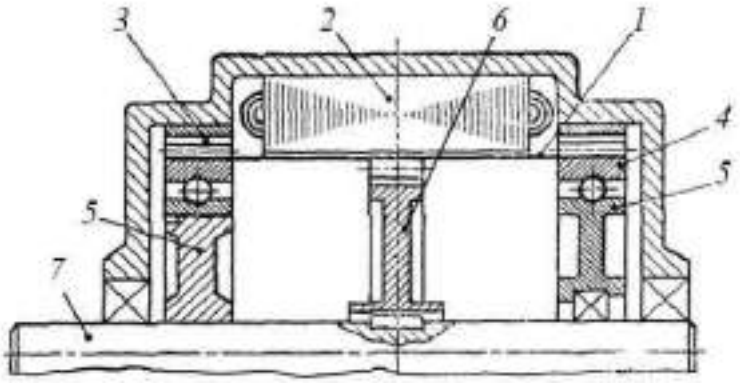


Рис. 1.9. Волновой мотор-редуктор

При работе мотор-редуктора гибкое колесо под воздействием электромагнитного генератора волн входит в зацепление с жесткими колесами. При этом гибкое колесо деформируется синхронно с вращающимся электромагнитным полем и, взаимодействуя с жесткими колесами, вращается относительно корпуса, передавая через зубчатое колесо *6* вращение выходному валу. Кулачки с надетыми на них гибкими подшипниками приходят в движение вместе с гибким колесом. Кулачки можно устанавливать на выходной вал непосредственно

(левый кулачок) или при помощи подшипников качения (правый кулачок). Во втором случае обеспечивается радиальная координация гибкого колеса относительно жесткого, увеличивается надежность, долговечность и повышается коэффициент полезного действия модуля движения.

Подробно планетарные, планетарно-цевочные и волновые редукторы будут рассмотрены в главе 3.

Во многих случаях скорость вращения выходного вала мотор-редуктора должна быть изменяемой. Реализовать это требование возможно применением механических вариаторов, позволяющих регулировать скорость вращения, либо применением электронных устройств, изменяющих скорость вращения двигателя. Каждый из указанных способов имеет свои преимущества и недостатки, и применяют их в зависимости от тех конструктивных и технологических задач, которые необходимо решить. Например, если требуется повысить передаваемый момент на выходном валу, то целесообразно применять конструкцию мотор-редуктора с механическим вариатором. Если же необходимо расширить диапазон регулирования скорости либо сохранить минимальные габариты и массу мотор-редуктора, то предпочтительны частотные преобразователи скорости.

В мотор-редукторах могут быть использованы различные типы вариаторов. При этом изделие получает название *мотор-вариатор-редуктор*.

На рис. 1.10, *а* представлена общая компоновочная схема мотор-вариатор-редуктора, на рис. 10, *б* — внешний вид мотор-вариатор-редуктора *MOTOVARIO*. Двигатель *1*, вариатор *2* и редуктор *3* соединяют фланцами с помощью винтов (болтов) *4*.

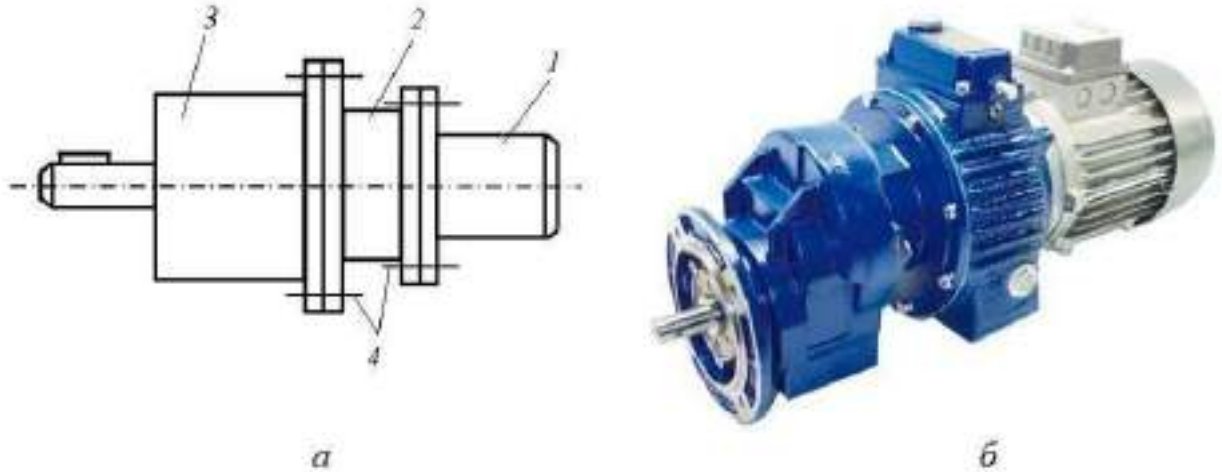


Рис. 1.10. Мотор-вариатор-редуктор:
а — структурная схема; *б* — внешний вид

НТЦ «Редуктор» применяет планетарно-фрикционные вариаторы и производит мотор-вариатор-редукторы: червячные, цилиндрическо-червячные, червячные двухступенчатые, планетарные, цилиндрические соосные, волновые.

Характеристики червячных мотор-вариатор-редукторов приведены в табл. 1.1, планетарных — в табл. 1.2, волновых — в табл. 1.3.

Таблица 1.1

Технические характеристики червячных мотор-вариатор-редукторов

Типоразмер	Диапазон регулирования	Частота вращения выходного вала n_2, об/мин		Мощность двигателя P_1, кВт	
		max	min	max	min
МВЧ-40	6,6	45–12	7–14	0,18	–
МВЧ-63	6,5	11–125	1,8–19	0,75	0,25
МВЧ-80		12,5–12	1,9–19	1,8	0,37
МВЧ-100			1,9–20,6	4,0	0,75
МВЧ-125	6,6		1,9–23,8	7,5	
МВЧ-160			1,9–25	11,0	1,1
МВЧ-200	6,3	12,5–50	2–10		3,0
МВЧ-250	5,4	12,5–32	2–6		5,5

Таблица 1.2

Технические характеристики планетарных мотор-вариатор-редукторов

Типоразмер	Диапазон регулирования	Частота вращения выходного вала n_2, об/мин		Мощность двигателя P_1, кВт	
		max	min	max	min
МВП-25	5,2	4–186	1–30	1,5	0,18
МВП-31,5				3,0	
МВП-35,5				4,0	
МВП-40					
МВП-45				5,5	
МВП-50					
МВП-56				7,5	
МВП-63				9,2	

Типоразмер	Диапазон регулирования	Частота вращения выходного вала n_2, об/мин		Мощность двигателя P_1, кВт	
		max	min	max	min
МВП-71	5,2	4–186	1–30	9,2	0,18
МВП-80					0,25
МВП-91					
МВП-100					
МВП-112					0,37
МВП-125					

Таблица 1.3

Технические характеристики волновых мотор-вариатор-редукторов

Типоразмер	Диапазон регулирования	Частота вращения выходного вала n_2, об/мин		Мощность двигателя P_1, кВт
		max	min	
МВВэ-50	3,5; 5,3; 5,8	8–12,5	1,36–2,1	0,18–5,5
МВВэ-63				
МВВэ-80				
МВВэ-100				
МВВэ-125				
МВВэ-160				
МВВэ-200				
МВВэ-250				
МВВэ-315				

Применение мотор-редукторов в комплекте с частотными преобразователями скорости позволяет посредством изменения скорости вращения вала двигателя осуществлять плавное (бесступенчатое) регулирование скорости выходного вала с сохранением момента.

Подбор типоразмера частотного преобразователя проводят по мощности двигателя. НТЦ «Редуктор» при комплектации мотор-редукторов применяет частотные преобразователи шести фирм: *Verter*, *DELTA ELECTRONICS Inc*, *LG INDUSTRIAL SYSTEMS*, *ADLEE*, *VACON*, НТЦ «Приводная техника».

Конструкция мотор-колеса на основе планетарно-цевочного преобразователя движения типа *K-H-V* представлена на рис. 1.11.

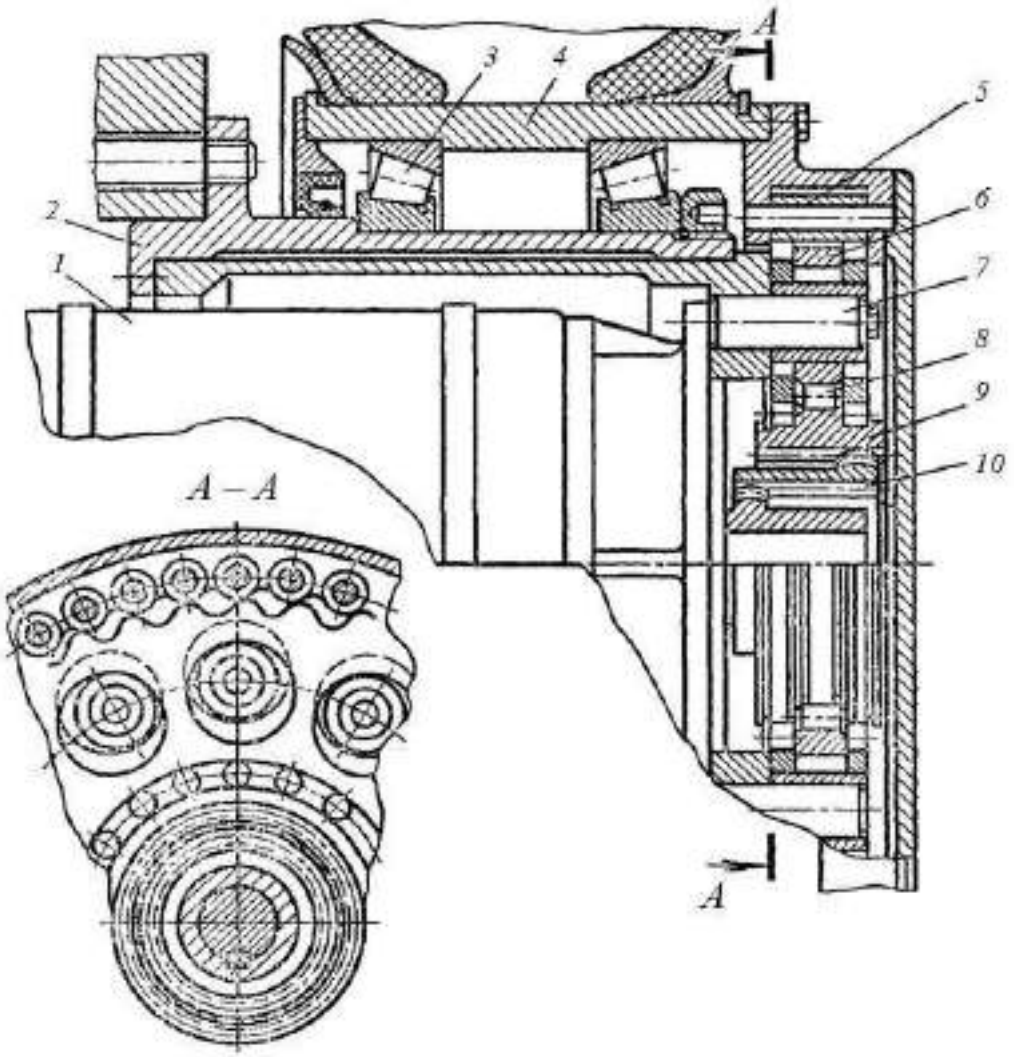


Рис. 1.11. Конструкция мотор-колеса
на основе планетарно-цевочного редуктора

Эксцентрик *9* связан с валом электродвигателя *7* через двойную зубчатую муфту *10*. Для роликов *8* эксцентрик имеет три беговые дорожки. Через сателлит *6* вращение передается цевочному колесу *5* и дальше на ступицу колеса *4*, которая опирается на два конических радиально-упорных подшипника *3*. Механизм параллельных кривошипов *7* установлен в неподвижной ступице *2*. Передача является двухсателлитной, причем один из сателлитов раздвоен и расположен симметрично относительно другого, что исключает неравномерность распределения нагрузки по длине цевок колеса *5*. Эксцентрик *9* выполнен плавающим и не имеет радиальных опор. Конструкция компактна и достаточно проста в сборке и разборке.

Конструкция мотор-барабана для электротали показана на рис. 1.12. Двигатель *1* встроен в барабан *2*. Преобразователь движения планетарный двухступенчатый типа 3К с прямозубыми колесами вынесен за пределы барабана.

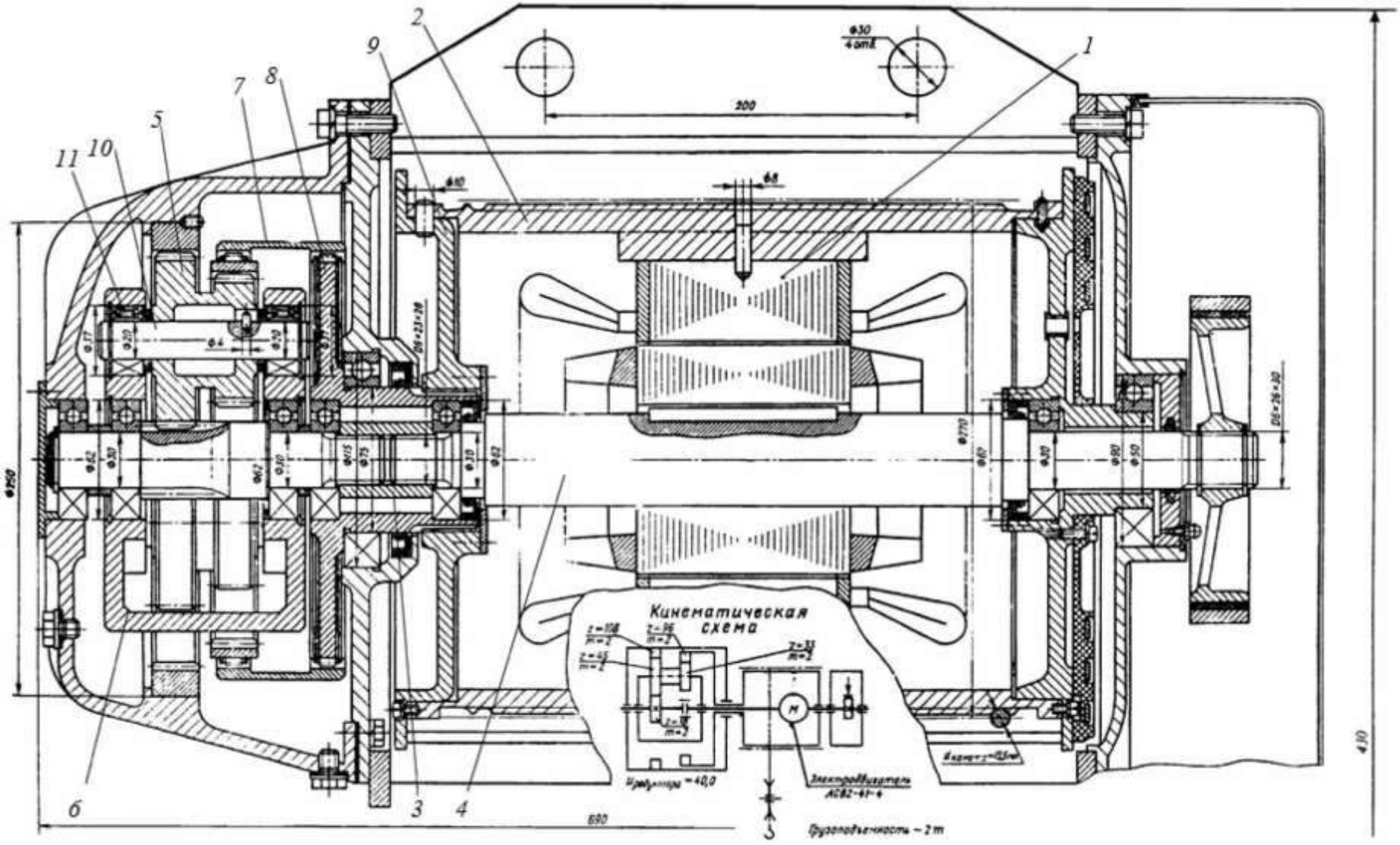
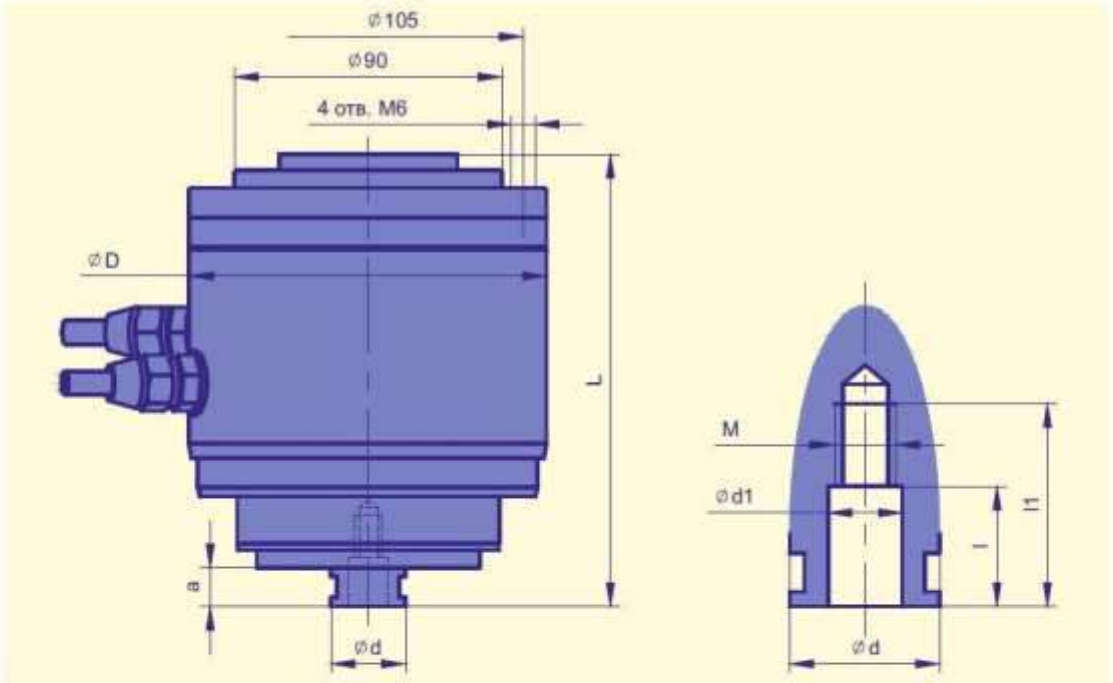


Рис. 1.12. Мотор-барабан электротали

Движение ротора двигателя через зубчатую муфту *3* и входной вал-шестерню *4* преобразователя движения передается блоку *5* сателлитов, который приводит в движение водило *6*, корончатое двухвенцовое колесо *7*, зубчатое колесо *8* и через зубчатую муфту *9* сообщает вращение барабану. Блок *5* сателлитов вращается вместе с осью *10* в игольчатых подшипниках *11*, установленных в щеках водила *6*. Количество сателлитов — три. Передаточное отношение изображенного редуктора равно 40, грузоподъемность тали 20 кН.

В настоящее время выпускают широкую номенклатуру высокоскоростных прецизионных электро- и пневмошпинделей с частотой вращения 9 000–250 000 об/мин, предназначенных для обработки различных металлов и неметаллических материалов шлифованием, фрезерованием, сверлением, а также специального назначения, в том числе для промышленных лазеров.

В качестве примера может быть приведен электрошпиндель типа ШКВ производства ООО «ПИМЕК» (Москва) (рис. 1.13). Этот модуль предназначен для скоростной обработки деталей из полимеров и легких сплавов. Конструктивно электрошпиндель представляет собой мехатронный модуль со встроенным трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.



Электрошпиндель	Размеры, мм								Масса, кг
	ØD	L	a	Ød	Ød1	M	l1	l2	
ШКВ 12-24/0,5	Ø120	153	13	Ø25	Ø9	M8	18	35	8,3
ШКВ 24-48/0,5	Ø120	150	12	Ø20	Ø7	M6	16	26	8,3
ШКВ 48-96/0,3	Ø120	125	8	Ø14	Ø5	M4	10	18	6,5

Рис. 1.13. Электрошпиндель типа ШКВ

В обозначении первое число показывает минимальную частоту вращения в тысячах оборотов в минуту, через дефис — максимальную, через косую черту — мощность двигателя в киловаттах.

1.3.2. Мехатронные модули движения

Развитие новых электронных технологий привело к созданию миниатюрных датчиков и электронных блоков для обработки их сигналов. Это позволило ввести в ММД электронные и информационные устройства, наличие которых является главным отличительным признаком ММД от МД.

Современное производство предъявляет к ММД целый ряд требований: высокая точность реализации исполнительных движений; надежность, долговечность; возможность работы при наличии различных видов возмущений и в широком диапазоне температур окружающей среды; значительно меньшие массогабаритные показатели по сравнению с обычным электроприводом. Требования к развиваемым усилиям, точности и скорости исполнительных движений диктуются особенностями автоматизируемых операций, а требование минимизации размеров — необходимостью встраивания модуля в ограниченное пространство. Попытка синтеза ММД из имеющихся в наличии серийно выпускаемых компонентов может привести к технически и экономически неэффективным решениям. Рациональным является проектирование специализированного ММД, наиболее полно отвечающего его служебному назначению.

Сложность и противоречивость требований, предъявляемых к ММД, обусловливает целесообразность мехатронного подхода к их проектированию. В частности, следование принципу синергетической интеграции элементов системы приводит к обеспечению желаемого уровня качества модуля за счет конструктивного и функционального взаимопроникновения его компонентов, многие из которых являются специализированными и создаются в ходе параллельного системного проектирования с учетом их последующего объединения.

Если преобладающим является требование обеспечения компактности, то оно может быть реализовано путем использования бесконтактных электрических машин и их интеграции с преобразователями движения и информационно-измерительными элементами. При этом преобразователи движения и датчики не являются отдельными устройствами, а становятся неотъемлемыми элементами двигателя. Синергетический эффект достигается также за счет выполнения некоторыми компонентами ММД нескольких функций одновременно.

Такие решения позволяют исключить многие механические интерфейсы, упростить и удешевить конструкцию, устранить необходимость механической подгонки и согласования датчика и двигателя.

ММД являются функциональными «кубиками», из которых можно компоновать сложные мехатронные системы.

Примеры ММД: модули на основе электродвигателей углового и линейного движения и различных преобразователей движения (винтовых, червячных, планетарных, волновых и т.п.), безредукторные ММД, безредукторные поворотные столы.

ММ линейного движения выходного звена изображен на рис. 1.14. Он состоит из асинхронного двигателя *1* с полым валом *2*, шарико-винтовой передачи, включающей в себя винт *3*, шарики *4*, составную гайку *5*, соединенную с валом *2*, направляющей *6*, нормально замкнутого электромагнитного тормоза *7*, фотоимпульсного датчика 8 и корпуса *9*.

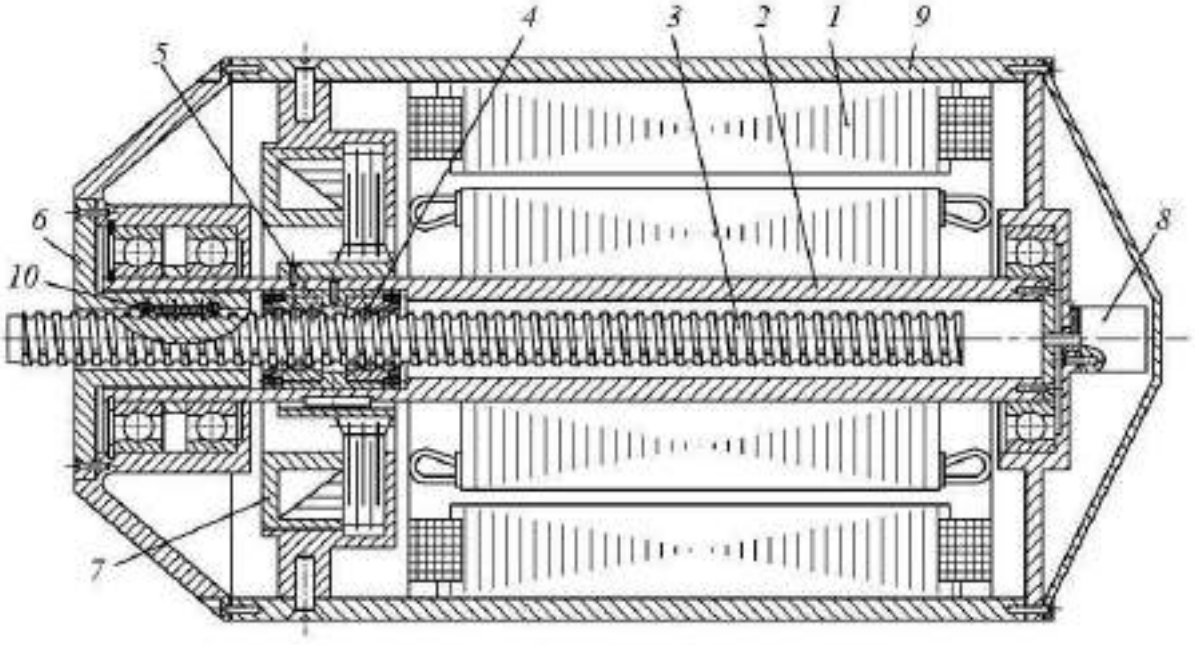


Рис. 1.14. Мехатронный модуль линейного движения

При вращении ротора двигателя *1* вал *2* вращает гайку *5*, которая через шарики *4* вызывает поступательное перемещение винта *3*. Для предотвращения проворачивания и уменьшения трения при перемещении винта *3* в нем сделаны три продольных паза, в которые входят шарики *10* направляющей *6*. Величину перемещения винта *3* фиксирует фотоимпульсный датчик *8*. Электромагнитный тормоз *7*, закрепленный в корпусе *9*, в случае отключения электроэнергии срабатывает и останавливает винт.

Двухстепенной (двухкоординатный) ММД показан на рис. 1.15. Модуль состоит из двух двигателей *1* и *2*, волнового преобразователя движения с неподвижным гибким колесом *3*, подвижным жестким колесом *4* и кулачковым генератором волн *5*, двухступенчатого преобразователя движения, состоящего из конической зубчатой передачи *6–7*, волнового преобразователя движения с неподвижным жестким колесом *8*, подвижным гибким колесом *9* и кулачковым генератором волн *10*, двух фотоимпульсных датчиков *11* и *12*.

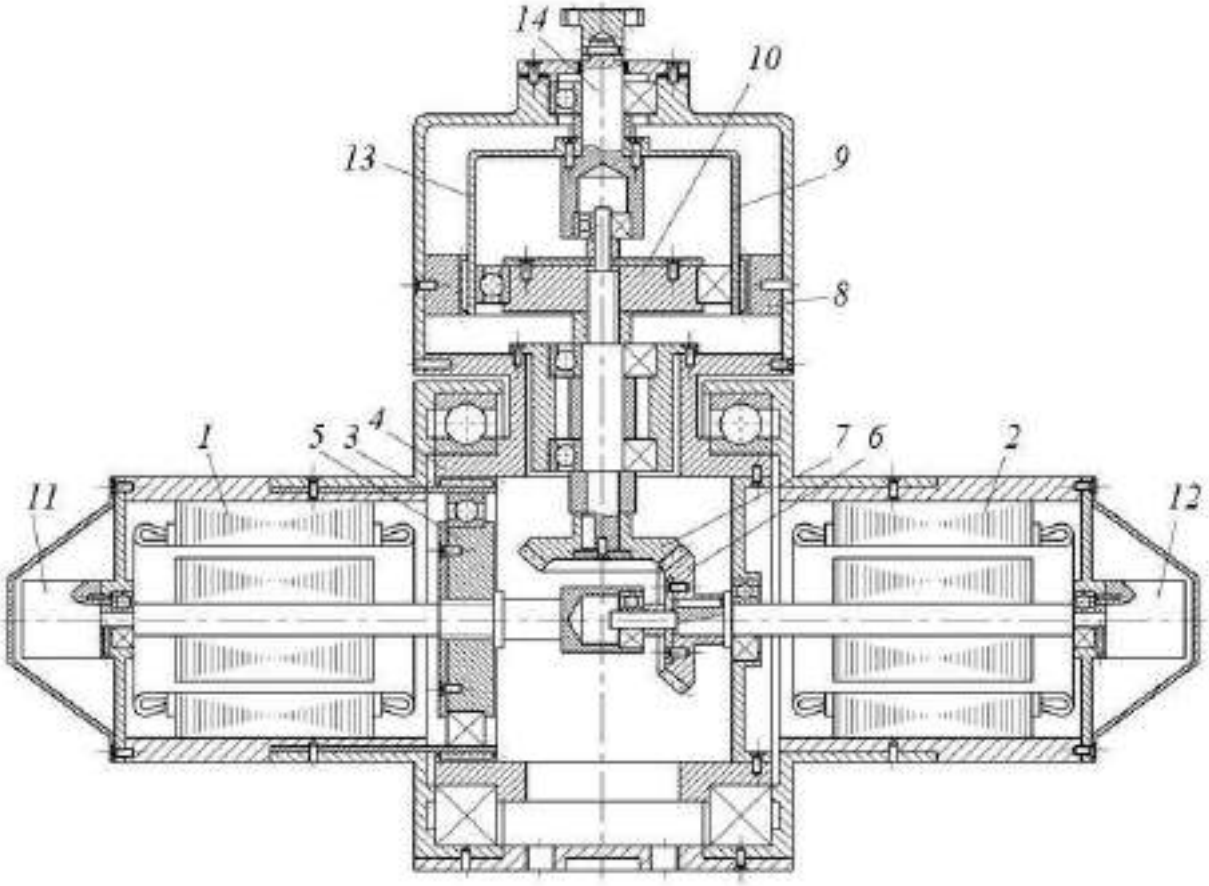


Рис. 1.15. Двухкоординатный мехатронный модуль движения

При включении двигателя *1* генератор волн *5* начинает вращаться и жесткое колесо *4* вместе со связанным с ним корпусом *13* приходит в движение.

При включении двигателя *2* вращение его вала через пару зубчатых колес *6–7* приводит во вращение генератор волн *10*, и гибкое колесо *9* вместе со связанным с ним выходным валом *14* приходит в движение.

Фотоимпульсные датчики *11* и *12* предназначены для определения положения и перемещения корпуса *13* и выходного вала *14* соответственно.

ММД фирмы *MAXON* изображен на рис. 1.16.

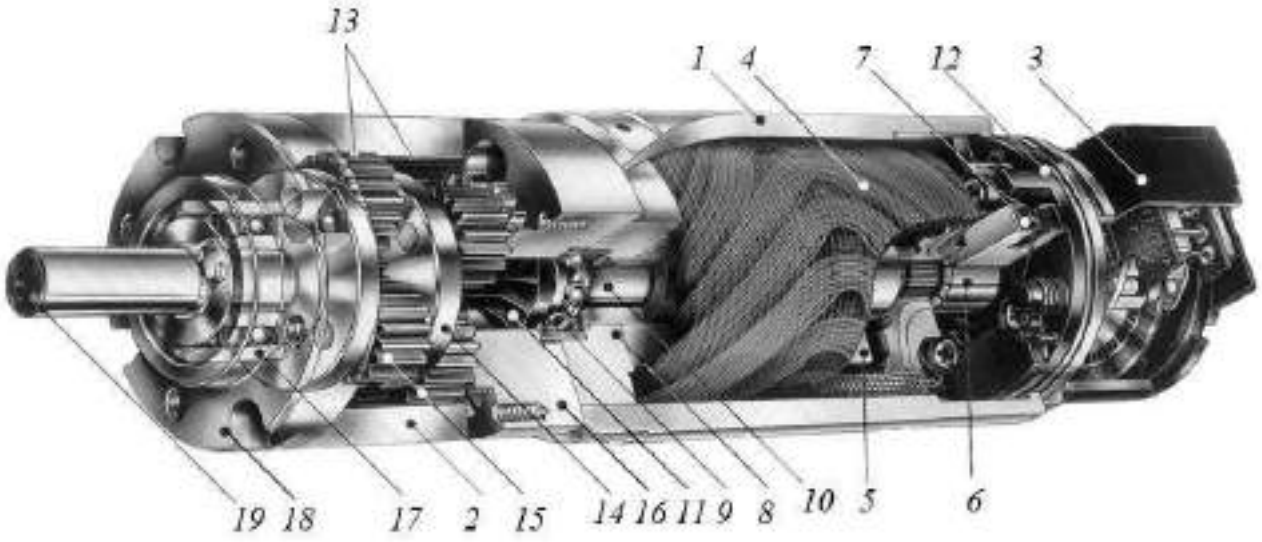


Рис. 1.16. Мехатронный модуль движения фирмы *MAXON*

Он состоит из коллекторного двигателя *1*, двухступенчатого планетарного редуктора *2* и фотоимпульсного датчика положения *3*. Двигатель включает в себя обмотку *4*, магнит *5*, коллектор *6*, щетки *7*, фланец 8, подшипник *9*, вал *10*, заканчивающийся вал-шестерней *11*, и крышку *12*.

Каждая ступень редуктора типа 2К-*Н* с одним внешним и одним внутренним зацеплениями имеет два центральных колеса *11* и *13* (первая ступень), водило *14* и сателлиты *15*. Для установки подшипника *9* имеется специальная монтажная плита *16*. Подшипник *17* закреплен во фланце *18* преобразователя движения, через который проходит выходной вал *19*.

Фотоимпульсный датчик (ФИД) предназначен для определения положения и перемещения выходного вала.

Важнейшим этапом развития ММД стали разработки модулей типа *двигатель — рабочий орган*. Такие конструктивные модули имеют особое значение для технологических мехатронных систем, целью движения которых является реализация целенаправленного воздействия рабочего органа на объект работ. ММД типа двигатель — рабочий орган широко применяют в шлифовальных и фрезерных станках под названием мотор-шпиндели.

Мотор-шпиндель фирмы *Fortuna* (Германия) изображен на рис. 1.17. Он состоит из электродвигателя *1*, передаточного вала *2* с поддерживающим роликом *3* и шпиндельного вала *4*, установленного в подшипниковых опорах *5*.

Фирма *Fortuna* выпускает ряд типоразмеров мотор-шпинделей с диапазоном частот вращения 3 000–21 000 об/мин, мощностями 1,5–18,5 кВт и массами 26–230 кг.

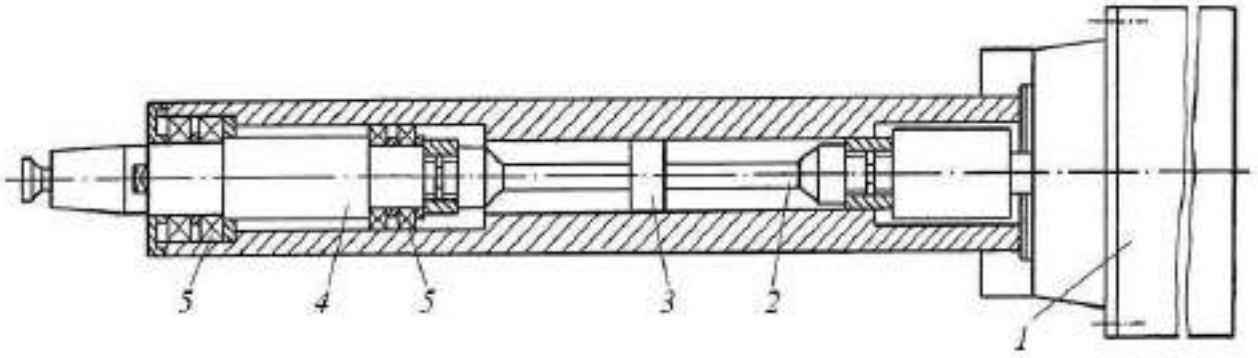


Рис. 1.17. Мотор-шпиндель фирмы *Fortuna*

ММД в виде безредукторного поворотного стола (рис. 1.18) предназначен для обеспечения режимов позиционирования и контурной обработки на фрезерных, сверлильных и расточных станках. Он состоит из основания *1* и собственно поворотного стола *2*, опирающегося на упорные подшипники *3*, встроенного двигателя *4*, ротор *5* которого соединен с планшайбой *6*, датчика *7* положения, датчика *8* скорости и гидротормоза *9*, обеспечивающего фиксацию планшайбы в нужном положении. Безредукторное соединение ротора двигателя с планшайбой позволяет увеличить точность позиционирования стола и расширить его технологические возможности. Одновременно упрощается конструкция стола, уменьшается число деталей, повышается жесткость.

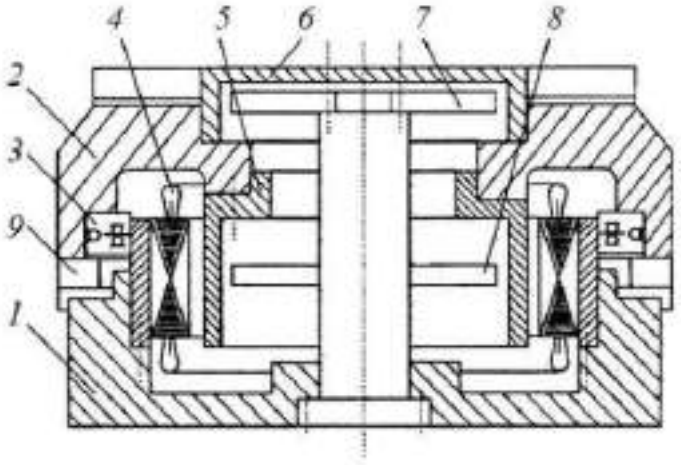


Рис. 1.18. Безредукторный поворотный стол

В табл. 1.4 приведены основные технические характеристики безредукторных поворотных столов.

ММ дают возможность создавать разнообразное технологическое оборудование нетрадиционных компоновок. Одним из представителей такого технологического оборудования является многокоординатный обрабатывающий

центр с перемещающимся по дуге шпинделем, схема которого представлена на рис. 1.19. В этом центре применяются такие ММД, как модуль поступательного перемещения, безредукторный поворотный стол и безредукторный моторшпиндель.

Таблица 1.4

Основные технические характеристики безредукторных поворотных столов

Наименование характеристики	Модель				
	СП 200	СП 320	СП 630	СП 630В	СП 1000
Вращающий момент (30 мин), Н·м	20	300	600	1 500	2 500
Вращающий момент (5 мин), Н·м	40	600	1 200	3 000	5 000
Внешний диаметр, мм	191	398	644	584	930
Высота, мм	170	240	250	200	280
Погрешность позиционирования, угл. с (...")	3				

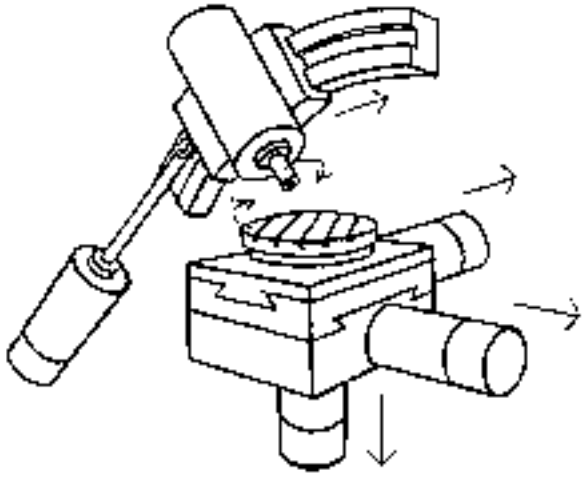


Рис. 1.19. Многокоординатный обрабатывающий центр

В общем случае электроприводной ММД состоит из следующих основных частей (блоков):

двигатель;

– преобразователь движения (в безредукторных ММД отсутствует);

– тормозное устройство, предназначенное для уменьшения скорости подвижного звена, остановки и удержания его в неподвижном состоянии (может отсутствовать);

– люфтовыбирающий механизм, предназначенный для выборки зазора (мертвого хода) в некоторых видах преобразователей движения (может отсутствовать);

направляющие, обеспечивающие заданное относительное движение выходного звена ММ (может отсутствовать);

– информационное устройство, преобразующее контролируемую величину в сигнал, удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации, а также для воздействия им на управляемые процессы.

Состав ММД иллюстрирует рис. 1.20.

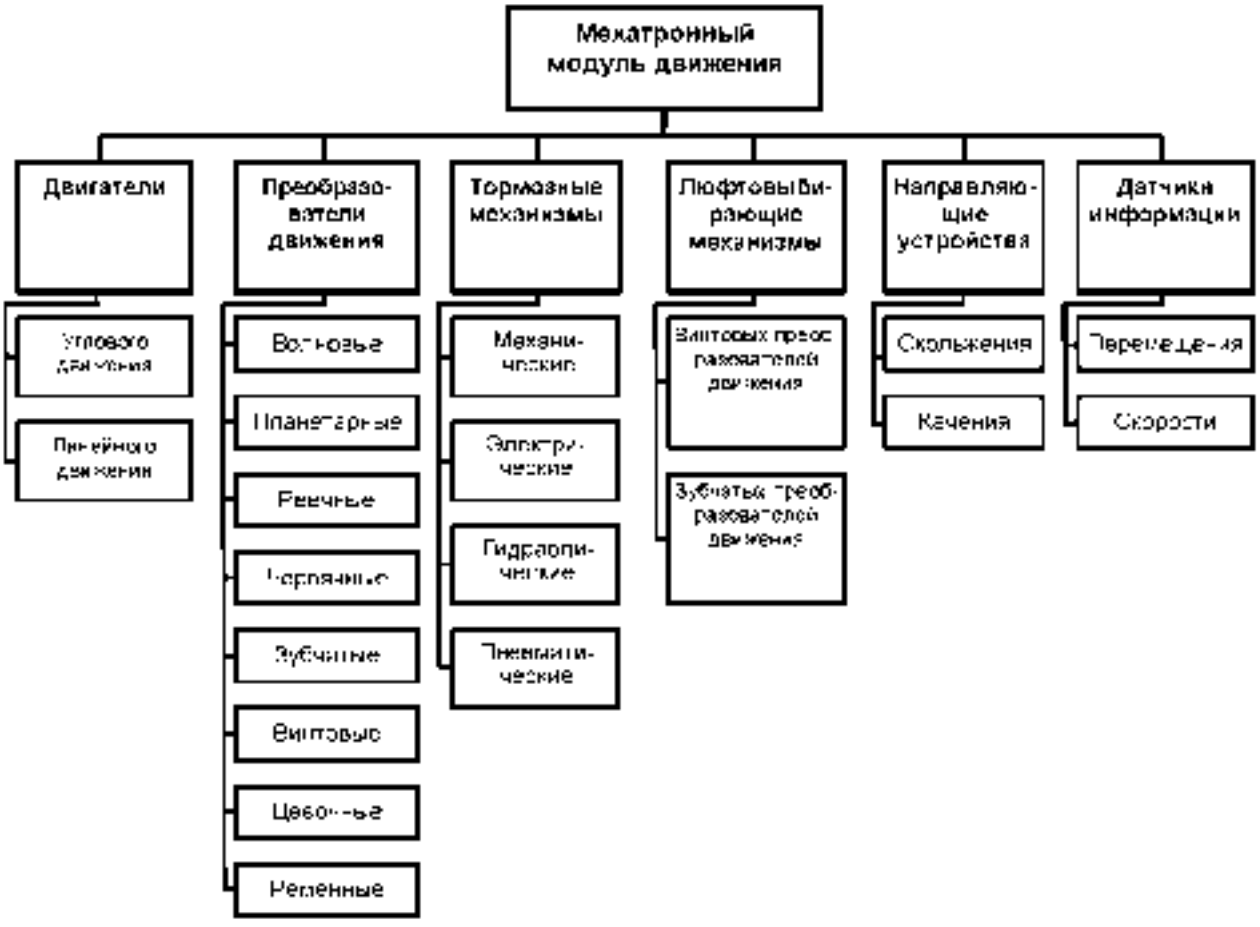


Рис. 1.20. Состав мехатронного модуля движения

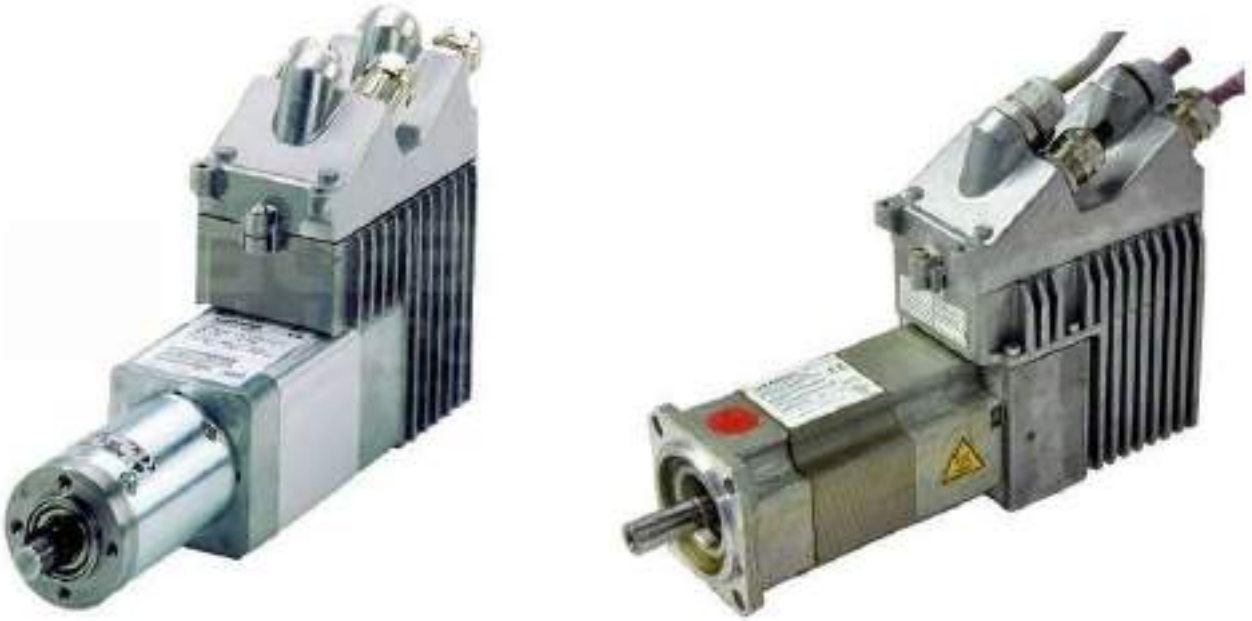
Необходимо учитывать, что конкретные виды блоков не исчерпываются показанными на схеме. В частности, кроме датчиков перемещения и скорости в ММД используют датчики усилия, крутящего момента и т.д.

1.3.3. Интеллектуальные мехатронные модули

Создание ИММ является главной особенностью современного этапа развития мехатроники.

По сравнению с ММД в конструкцию ИММ дополнительно встраивают микропроцессорные вычислительные устройства и силовые электронные преобразователи, что придает этим модулям интеллектуальные свойства и является их главным отличительным от ММД признаком.

На рис. 1.21 изображены ИММ фирмы *SIEMENS SIMODRIVE POSMO A* (рис. 1.21, *а*) и *SIMODRIVE POSMO SI* (рис. 1.21, *б*).



а *б*

Рис. 1.21. Интеллектуальные мехатронные модули фирмы *SIEMENS*:
а — SIMODRIVE POSMO A; б — SIMODRIVE POSMO SI

Синергетическая интеграция названных элементов составляет структурный базис мехатроники. Мехатронная идея синергетической интеграции элементов различной физической природы становится все более популярной среди разработчиков и потребителей наукоемкой продукции. Первые образцы ИММ появились в середине 90-х гг. XX в., и в последние годы их доля на рынке быстро увеличивается. Так, по данным журнала *Packaging Digest* (август 2002), в настоящее время встроенные контроллеры управления движением применяют в 35,1 % мехатронных упаковочных машин, и в течение ближайших 1,5–2 лет

ожидалось увеличение доли машин этого класса на 8–10 %. Аналогичная тенденция наблюдается и в других областях применения мехатронных систем, в частности в автоматизированном машиностроении.

Целесообразность применения ИММ обосновывается следующими факторами:

– способностью ИММ выполнять сложные движения самостоятельно, без обращения к верхнему уровню управления, что повышает автономность модулей, гибкость и живучесть мехатронных систем, работающих в изменяющихся и неопределенных условиях внешней среды;

– упрощением коммуникаций между модулями и центральным устройством управления (вплоть до перехода к беспроводным коммуникациям), что позволяет добиваться повышенной помехозащищенности мехатронной системы и ее способности к быстрой реконфигурации;

– повышением надежности и безопасности мехатронных систем благодаря компьютерной диагностике неисправностей и автоматической защите в аварийных и нештатных режимах работы;

– возможностью создания на основе ИММ распределенных систем управления с применением сетевых методов, аппаратно-программных платформ на базе персональных компьютеров и соответствующего программного обеспечения;

– использованием современных методов теории управления (программных, адаптивных, интеллектуальных, оптимальных) непосредственно на исполнительном уровне и повышением тем самым качества процессов управления в конкретных реализациях;

– интеллектуализацией силовых преобразователей, входящих в состав ИММ, для реализации непосредственно в ММ интеллектуальных функций по управлению движением, защите модуля в аварийных режимах и диагностики неисправностей;

– интеллектуализацией сенсоров для ММ, позволяющей добиться более высокой точности измерения путем обеспечения в самом сенсорном блоке фильтрации шумов, калибровки, линеаризации характеристик вход/выход, компенсации перекрестных связей, гистерезиса и дрейфа нуля.

Основным фактором, сдерживающим использование ИММ в серийных изделиях, является их высокая цена, хотя в последние годы она постоянно снижалась. Это снижение обусловлено:

– бурным развитием аппаратных устройств и информационных технологий, ориентированных на задачи управления движением;

– появлением полупроводниковых приборов нового поколения (силовых полевых транзисторов, биполярных транзисторов с изолированным затвором, тиристоров с полевым управлением);

– переходом на новую элементную базу в системах управления движением, которая создается цифровыми сигнальными процессорами (*DSP*-процессорами) и блоками *FPGA* (*Field Programmable Gate Arrays*);

– разработкой гибридных технологий мехатроники, позволяющих встраивать электронные и вычислительные устройства в механические узлы.

Электроприводной ИММ состоит из следующих основных элементов:

– двигателя;

– преобразователя движения;

– датчиков обратной связи и сенсорных устройств;

– управляющего контроллера;

– силового преобразователя;

– устройств сопряжения и связи.

В современных ИММ используют различные типы двигателей: углового и линейного движения, переменного и постоянного тока, коллекторные и вентильные, непрерывного движения и шаговые.

В качестве преобразователей движения применяют зубчатые, винтовые и другие передачи. В конструкциях некоторых ИММ, построенных на базе высокомоментных двигателей, преобразователи движения отсутствуют.

В ИММ используют различные датчики положения и скорости (фотоимпульсные, вращающиеся трансформаторы, тахогенераторы) и сенсоры (датчики тока и момента, температуры и вибрации), которые передают информацию в устройство компьютерного управления о фактическом состоянии подсистем модуля.

Встроенные управляющие контроллеры, реализованные на современной элементной базе, позволяют получать компактные и надежные мехатронные узлы, обладающие интеллектуальными функциями, и строить на их основе многокоординатные мехатронные системы с децентрализованным управлением. В сочетании с открытой архитектурой систем управления типа *PC-NC* это позволяет создать качественно новые системы управления, обладающие радикально лучшими характеристиками по быстродействию, точности и функциональной гибкости.

Принципиально важно, чтобы все перечисленные элементы были конструктивно объединены в едином корпусе, чтобы сделать устройства связи внутренними блоками, недоступными для пользователя.

Следует подчеркнуть, что сущность ИММ определяется не типом структурных элементов, использованных в данной конструкции, а в первую очередь их функциональным назначением.

Одним из исторически первых ИММ является модуль *SmartMotor* американской фирмы *Animatics Corp.*, который появился на рынке в 1994 г.

Он создан на базе стандартного двигателя диаметром 60 мм, в задней части корпуса которого дополнительно были установлены ФИД, усилитель, 32-битовый программируемый контроллер и устройство связи с сетью. Модуль универсальный, может быть использован в мехатронных системах различного назначения. Производитель подчеркивает, что на 70 % модуль состоит из стандартных элементов, что позволило снизить его стоимость и обеспечить высокую надежность. Пользователь может самостоятельно выбрать режим управления (по положению, скорости или ускорению), а также использовать алгоритмы компьютерного управления, компенсирующие влияние люфта в преобразователях движения на динамические характеристики модуля.

Фирма *SIEMENS*, как уже было сказано, выпускает ИММ *SIMODRIVE POSMO A*, состоящие из следующих элементов:

- вентильного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов;
- планетарного или червячного редуктора (возможен безредукторный ИММ);
- тормозного устройства (может отсутствовать);
- встроенного ФИД;
- силового преобразователя, закрепленного на крышке двигателя;
- комплектного управляющего устройства, включающего регулятор двигателя, блоки позиционирования и программирования, а также коммуникационный интерфейс для подключения в среде *PROFIBUS*.

Отличительной особенностью конструкции является съемная крышка для подключения силового преобразователя, которая содержит интегрированный переключатель адреса шины *PROFIBUS* и тормозной резистор, что позволяет при необходимости отключить двигатель без разрыва коммуникационных и силовых (по питанию) связей в других устройствах. Благодаря объединению коммуникационной и силовой шин достигается упрощение внутренней структуры модуля и обеспечивается его компактность.

Управление модулем осуществляют по стандартной шине *PROFIBUS*, при этом возможны следующие режимы движения:

- перемещение в конечную позицию с программно заданной скоростью и регулируемым ускорением;
- движение с регулируемой частотой вращения вала и регулируемым ускорением.

Оператор с помощью специального программного обеспечения может задавать в программе движения временные или логические условия, использовать методы компенсации зазора (люфта), получать сообщения о текущем положении и диагностике состояния модуля.

Технические данные модулей *SIMODRIVE POSMO A* указаны в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Технические характеристики ИММ *SIMODRIVE POSMO A*

Мощность двигателя, Вт	75	300
Напряжение питания, В	24	48
Тип двигателя	С возбуждением от постоянных магнитов бесщеточный серводвигатель	
Номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин	3 300; 2 000	3 500; 3 000
Номинальный момент двигателя, Н·м	0,18; 0,36	0,48; 0,95
Номинальный ток двигателя, А	4,5; 9	5; 10
КПД двигателя, %	65	75
Момент инерции двигателя, кг·м^2	$6 \cdot 10^{-2}$	$6{,}3 \cdot 10^{-2}$
Масса модуля, кг:		
без редуктора	3,1	3,9 (4,0)
с 1-ступенчатым зубчатым редуктором	3,5	5,1 (5,2)
с 2-ступенчатым зубчатым редуктором	3,7	5,4 (5,5)
с 3-ступенчатым зубчатым редуктором	3,9	–
с червячным редуктором	3,5	–
Примечание. Значения в скобках — масса модуля с тормозом.		

ИММ *SIMODRIVE POSMO SI* фирмы *SIEMENS* предназначен для реализации движений по одной управляемой координате при децентрализованном управлении мехатронной системой.

В состав модуля входят следующие элементы:

– вентильный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов (напряжение питания 600 В);

– преобразователь движения и тормозное устройство;

– блок силовой электроники;

– встроенный ФИД;

– вентилятор для принудительного охлаждения;

– управляющее устройство, включающее в себя управляющий контроллер, блоки позиционирования и программирования, а также коммуникационный интерфейс для шины *PROFIBUS*.

Типоряд ИММ *SIMODRIVE POSMO SI* включает в себя модули с двигателями мощностью 2,1–6 кВт и частотой вращения 3 000 об/мин, способные создавать на выходном валу максимальные крутящие моменты 4–12 Нм. Массы модулей находятся в диапазоне 12–26,3 кг.

Функциональные возможности модуля:

– позиционирование по одной оси с возможностью свободного программирования последовательности движений;

– использование в качестве ведомого устройства (*Slave*) в сети *PROFIBUS-DP* с быстрым циклическим обменом данными с ведущим устройством (*Master*);

– интерполяционный вид движения совместно с другими приводами, обеспечиваемый иерархической системой управления с контроллером движения и шиной *PROFIBUS-DP*;

– встроенная система измерения абсолютных значений перемещений;

– быстрый ввод в эксплуатацию всех приводов на шине *PROFIBUS-DP* с помощью специальной программы *SimoCom U*, работающей под *Windows* 95/98/*NT*.

Фирма *SIEMENS*, производитель данных модулей, отмечает их следующие достоинства:

– размещение модуля непосредственно в машине позволяет минимизировать затраты потребителя на стойку управления;

– быстрая инсталляция машины благодаря установке модуля и объединению коммуникационных и силовых шин;

– непосредственное подключение сигналов с помощью 4 клемм, которые настраиваются как входы или выходы, установка удобной для использования модульной штекерной техники и стандартных кабелей;

– вставляемая крышка подключений с интегрированным переключателем адреса *PROFIBUS-DP* позволяет отключать модуль или приводной контур без прерывания других связей;

– быстрая диагностика с помощью светодиодов, показывающих неисправность и готовность к работе, передачи информации по шине *PROFIBUS-DP* и использования специальной программы *SimoCom U*;

– быстрая замена модулей с помощью карты памяти (*Memory Card*).

1.4. ГИДРОПРИВОДНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ

Типичными ММ с гидроприводом являются следящие и шаговые модули.

Электрогидравлический следящий ММ представляет собой моноблок, который состоит из гидродвигателя вращательного или поступательного движения, дросселирующего распределителя с электроуправлением, регулирующих и управляющих аппаратов, а также электрических датчиков обратной связи [6].

Примеры следящих мехатронных модулей — поворотный следящий привод СП и привод поступательного движения ПЭГС.

Поворотный следящий привод СП (рис. 1.22) предназначен для осуществления возвратно-вращательных движений в пределах угла 270° в соответствии с программой, поступающей на вход управляющего устройства в виде электрических сигналов.

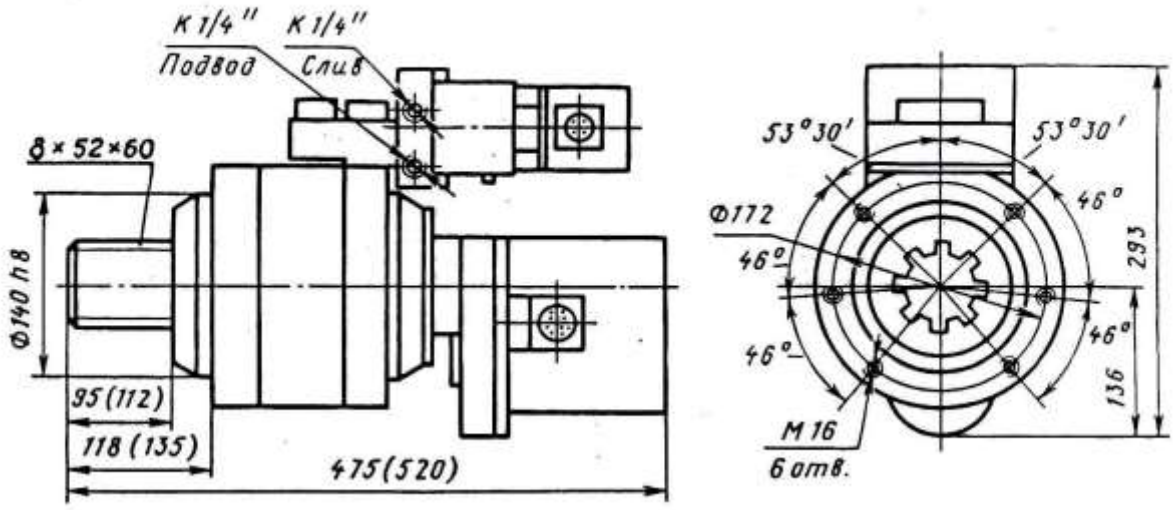


Рис. 1.22. Электрогидравлический следящий привод СП
(размеры без скобок — для СП1 и СП2, в скобках — для СП3)

Приводы комплектуются моментными гидроцилиндрами ДПГ (см. п. 2.2.2), электрогидравлическим усилителем мощности на базе дросселирующего распределителя, дросселем, предохранительными клапанами, датчиком обратной связи, соединенным с выходным валом через мультипликатор.

Основные технические параметры приводов — см. табл. 1.6.

Привод электрогидравлический ПЭГС предназначен для возвратно-поступательного перемещения рабочих органов машин в соответствии с программой, поступающей на вход управляющего устройства в виде электрических сигналов.

Таблица 1.6

Основные параметры электрогидравлических следящих приводов СП

Параметр	СП1	СП2	СП3
Номинальный крутящий момент, Н·м	500	1 250	2 000
Номинальное давление, МПа	6,3	12,5	
Максимальный расход, $дм^3/мин$	15		17
Максимальная угловая скорость, $с^{-1}$	2,094		1,745
Максимальная угловая погрешность позиционирования	± 5′	± 8′	± 10′
Масса, кг	56		63

Привод ПЭГС содержит гидроцилиндр, электроуправляемый дросселирующий распределитель, запирающий гидроагрегат (гидрозамок), блок датчиков и люфтовыбирающее устройство.

Электрогидравлические шаговые приводы (модули) были разработаны в конце 50-х гг. прошлого века в СССР и сразу получили широкое распространение в отечественном и зарубежном машиностроении как устройства для точного перемещения рабочих органов агрегатов с числовым программным управлением. В нашей стране созданы три типоряда приводов: ЭМГ18-1, Э32Г18-2 и 1,5-2Г18-3.

Основные параметры приводов ПЭГС приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Основные параметры электрогидравлических приводов ПЭГС

Параметр	ПЭГС-6	ПЭГС-8	ПЭГС-8М	ПЭГС-9/1
Номинальное рабочее усилие, кН	16	20		
Номинальный расход, $дм^3/мин$	40		20	40
Номинальное давление, МПа	16		12,5	16
Максимальная скорость, м/с	0,6	0,45	0,18	0,45
Ход штока, мм	500	630	270	1 000
Погрешность позиционирования, мм	± 0,75		± 0,6	± 0,75
Масса, кг	31	38	35	42

Шаговый привод ЭМГ18-1 (рис. 1.23) состоит из аксиально-поршневого гидромотора типа Г15-2 (см. п. 2.2.2), следящего устройства в виде кранового золотника и шагового электродвигателя типа ШД-4. Вал гидромотора *1* муфтой *2* связан со втулкой *3*, внутри которой расположен крановый золотник *4*, соединенный с валом шагового двигателя. Каналами в корпусе втулка и крановый золотник сообщаются с напорной и сливной линиями гидросистемы, а также с рабочими камерами гидромотора (каналы I и II). В нейтральном положении (разрез *А-А* на рис. 1.23) золотник *4* перекрывает каналы во втулке *3*, и жидкость в гидромотор не поступает.

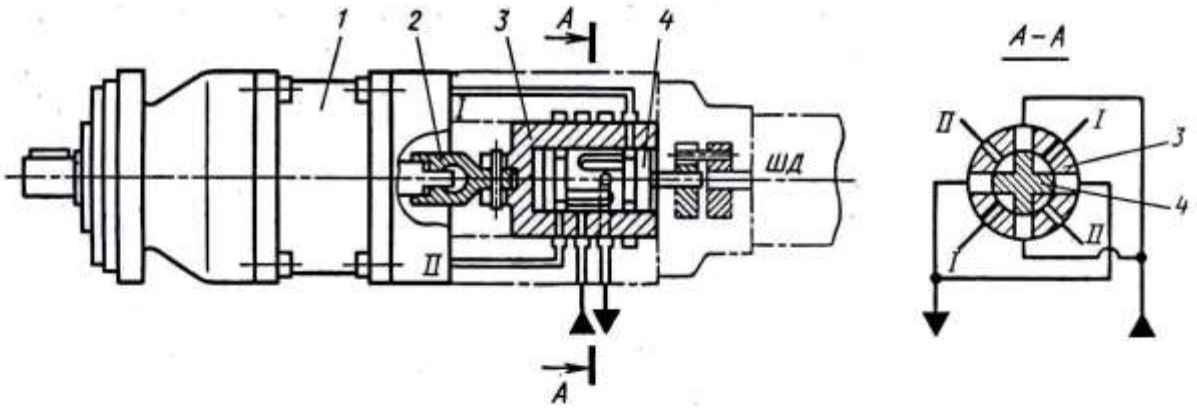


Рис. 1.23. Схема электрогидравлического шагового привода ЭМГ18-1

В шаговый двигатель подается импульсный ток. Каждый импульс обеспечивает поворот его вала вместе с крановым золотником на определенный угол (*шаг*, или *угловую дискрету*), чаще всего равный 1,5°. Золотник при этом открывает напорную и сливную линии, соединяя напорную линию с каналом I, а сливную — с каналом II (или наоборот, в зависимости от направления вращения вала шагового двигателя). Вал гидромотора поворачивается вместе со втулкой *3* до тех пор, пока напорная и сливная линии снова не окажутся перекрытыми золотником *4*, т.е. на угол, равный угловой дискрете шагового двигателя. Другими словами, частота вращения гидромотора равна частоте вращения шагового двигателя, и направление вращения вала гидромотора соответствует направлению вращения вала шагового двигателя. По отношению к шаговому двигателю гидромотор является гидравлическим усилителем мощности и крутящего момента.

Конструкция *шагового привода Э32Г18-2* отличается от ЭМГ18-1 тем, что в ней использован дросселирующий золотник с осевым перемещением, связанный с валом шагового двигателя кинематической парой винт-гайка.

Отличие *шагового привода 1,5-2Г18-3* от Э32Г18-2 состоит в том, что он снабжен регулируемым гидромотором и системой автоматического изменения его рабочего объема, которая обеспечивает ускоренное вращение вала при уменьшении нагрузки.

В табл. 1.8 приведены основные технические данные электрогидравлических шаговых приводов ЭМГ18-1, Э32Г18-2 и 1,5-2Г18-3 (взяты по два привода из каждого типоряда).

Таблица 1.8

Основные параметры электрогидравлических шаговых приводов

Параметр	ЭМГ18-12Н	ЭМГ18-15Н	Э32Г18-22	Э32Г18-25	1,5-2Г18-32	1,5-2Г18-35
Рабочий объем, $дм^3$	0,02	0,16	0,02	0,16	0,01–0,02	0,08–0,16
Максимальная частота вращения, об/мин	200		2 000	1 000	4 000	2 000
Номинальный крутящий момент, Н·м	11	92	11	92	5–11	40–92
Максимальный расход, $дм^3$/мин	4	32	40	160	40	160
Максимальная угловая погрешность позиционирования	± 1,4°	± 0,8°	± 1,2°			
Масса, кг	16	64	15,5	57	26,5	64
Примечание. Номинальное давление 6,3 МПа.						

Контрольные вопросы

1. Что такое модуль движения, мехатронный модуль движения, интеллектуальный мехатронный модуль?
2. Что такое преобразователь движения?
3. В чем суть синергетической интеграции?
4. Какие компоненты входят в состав мехатронного модуля движения?
5. Какие виды привода используются в мехатронных модулях?
6. Какие компоненты входят в состав электрогидравлического следящего привода?

2. ДВИГАТЕЛИ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

2.1. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

2.1.1. Электродвигатели углового движения

В ММ применяют различные типы двигателей углового движения: постоянного тока, синхронные и асинхронные переменного тока.

Наиболее простым в управлении является *двигатель постоянного тока*, так как при постоянном значении магнитного потока регулирование момента производят только изменением величины тока.

Синхронный двигатель (иногда его называют вентильным) состоит из синхронной электрической машины, датчика положения ротора и электронного устройства управления.

Управление синхронным двигателем сложнее, поскольку при фиксированном значении магнитного потока, кроме регулирования величины тока, необходимо также регулировать величину пространственного угла, добиваясь получения требуемого значения момента.

Наиболее сложным в управлении является *асинхронный двигатель*. Управление им требует регулирования тока статора при поддержании постоянства магнитного потока и пространственного угла для получения максимального значения развиваемого момента.

По большинству других характеристик, и прежде всего по массогабаритным показателям, двигатели переменного тока превосходят двигатели постоянного тока.

При выборе двигателя постоянного тока необходимо учитывать его форму, так как она в значительной мере определяет геометрические параметры ММ. По конструктивному исполнению различают два вида двигателей: классическую форму ($L/D \geq 2$) и дисковую ($L/D \leq 1$), где L — длина двигателя, D — диаметр его корпуса. Форма двигателя зависит от конструкции якоря и вида встроенных датчиков. Известны три вида конструктивного исполнения якорей двигателей постоянного тока: классический, гладкий и малоинерционный. Вид якоря определяют по наличию на нем паза (классический) или отсутствию паза (гладкий) и выполнению якоря полым или дисковым (малоинерционный).

По способу подведения напряжения в обмотку якоря двигатели постоянного тока делят на коллекторные и бесконтактные (вентильные).

Двигатели с классическим якорем имеют относительно небольшой диаметр якоря при значительной его длине. Следовательно, классическая (удлиненная) форма двигателя обусловлена конструкцией якоря. Эти двигатели надежны, обладают большой прочностью и теплоемкостью. К ним относят, например, коллекторные двигатели с обмоткой возбуждения серий Д и СД, с возбуждением от постоянных магнитов серий ДП и ДПМ и т.п.

У двигателей серий Д и СД, например, Д-25Г, СД-150 цифры 25 и 150 в их обозначении указывают значение номинальной мощности, Вт. В обозначении двигателей серии ДПМ мощностью свыше 100 Вт, например ДПМ-1,6, цифры обозначают величину номинального момента, Нм, а мощностью менее 100 Вт, например ДПМ-25, — наружный диаметр корпуса, мм.

Двигатели с малоинерционным полым якорем имеют классическую (удлиненную) форму. В них постоянные магниты могут находиться как внутри ротора, так и снаружи. В последнем случае момент инерции вращающихся частей меньше, чем при расположении магнитов внутри ротора.

Эти двигатели обладают более высоким КПД и большим быстродействием по сравнению с двигателями с классическим якорем.

Двигатели с малоинерционным дисковым якорем имеют форму короткого цилиндра, длина которого меньше диаметра. Якорь у таких двигателей представляет собой закрепленный на валу тонкий немагнитный диск.

Возбуждение такого двигателя обычно создается постоянными магнитами (реже обмотками возбуждения), расположенными в торцевой плоскости, так что двигатель имеет не цилиндрический (радиальный) воздушный зазор, а плоский (аксиальный), вследствие чего уменьшается осевой габарит двигателя.

Дисковые двигатели обладают большим быстродействием, чем классические, так как их вращающаяся часть имеет малый момент инерции. При этом кратность пускового момента у них выше (до 10), чем у классических.

У двигателей с дисковым якорем существует проблема отвода тепла, так как тепловая постоянная якоря относительно мала. Поэтому ММ с двигателями с дисковым якорем рекомендуют устанавливать на металлическом основании или осуществлять принудительную их вентиляцию.

Условное обозначение коллекторного двигателя серии ДП с дисковым якорем с проволочной обмоткой, выведенной на коллектор, и возбуждением от постоянных магнитов, например, ДП125-60-3-24 расшифровывают следующим образом: 125 — диаметр корпуса, мм; 60 — номинальная мощность, Вт; 3 — частота вращения вала, тыс. об/мин; 24 — напряжение питания, В. В дви-

гателях с дисковым якорем с печатной обмоткой и возбуждением от постоянных магнитов серии ПЯ, например ПЯ-50, цифра 50 указывает номинальную мощность, Вт. Двигатели серии ПЯ снабжены встроенным тахогенератором.

Коллекторные двигатели постоянного тока обладают малым сроком службы, повышенной чувствительностью к воздействиям окружающей среды, искрением под щетками, образованием щеточной пыли. Эти недостатки связаны с наличием скользящего контакта в щеточно-коллекторном узле.

У *бесконтактных двигателей* механический коллектор заменен бесконтактным переключателем (коммутатором) на полупроводниковых приборах. Коммутатор управляется датчиком положения ротора. Габаритные размеры и масса двигателя несколько увеличиваются, но значительно повышаются его надежность и долговечность по сравнению с коллекторными двигателями.

Бесконтактный двигатель содержит синхронную машину и датчик углового положения ротора. Бесконтактный двигатель постоянного тока имеет инверсное (обращенное) исполнение, т.е. обмотка якоря расположена в пазах статора, а на роторе размещены постоянные магниты с одной или двумя парами полюсов.

В качестве датчиков положения ротора применяют сельсины, синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (резольверы), датчики Холла.

При дискретном способе управления используют цифровые датчики положения.

Срок службы современных бесконтактных двигателей не менее 10 000 ч.

Примером высокооборотных бесконтактных двигателей являются двигатели серии БК.

В ММ широко применяют бесколлекторные двигатели переменного тока, обладающие следующими преимуществами: длительность службы (гарантийный срок службы более 40 000 ч); большие допустимые кратковременные перегрузки по току; возможность использования в агрессивных средах (отсутствует механический контактный коллектор, источник искрового и дугового разрядов); небольшие массогабаритные параметры; удобное с точки зрения охлаждения расположение обмотки (на неподвижном статоре).

Различают асинхронные и синхронные двигатели переменного тока.

Асинхронные двигатели применяют разных модификаций: однофазные, двухфазные и трехфазные, с короткозамкнутым и фазным роторами. В настоящее время в ММ находят наибольшее применение трехфазные короткозамкнутые электродвигатели серий ДАТ, 4А, АИР, 5АИ.

Регулирование скорости асинхронного короткозамкнутого двигателя производят путем изменения задаваемой частоты и тока электродвигателя. Такое регулирование называют частотно-токовым.

Синхронные двигатели применяют в различных областях техники. Они характеризуются хорошей управляемостью, высоким КПД, бесконтактностью, широкими функциональными возможностями. Применение синхронных двигателей в ММ обеспечивает высокую частоту вращения выходного звена, малое время (менее 0,1 с) разгона от нуля до максимальной частоты вращения, отсутствие пульсаций момента, малые массу и габариты, небольшой собственный момент инерции, высокую перегрузочную способность в циклическом режиме, широкий диапазон регулирования частоты вращения.

Электромагнитный момент синхронного двигателя зависит от магнитного потока возбуждения, тока и пространственного угла между векторами магнитного потока и тока.

У синхронных двигателей угол φ положения ротора относительно статора контролируется дискретным датчиком. Равномерность регулирования в преде-лах шага достигается путем регулирования тока. Система управления — замкнутая.

Такой режим работы называют режимом бесконтактного двигателя постоянного тока. При работе в нем синхронный двигатель имеет механические и регулировочные характеристики двигателя постоянного тока.

Однако наиболее хорошие регулировочные свойства синхронный двигатель приобретает не при дискретном, а при непрерывном контроле положения ротора и отслеживании равенства угла $\varphi = 90°$, тем самым формируя синусоидальное значение тока в каждой фазе. В этом случае двигатель имеет самые высокие энергетические характеристики.

Примером синхронных вентильных двигателей являются двигатели серий: ДВУ (на магнитах из феррита-стронция); 2ДВУ (на редкоземельных магнитах); 3ДВУ (дисковые на редкоземельных магнитах).

Максимальный допустимый момент этих двигателей равен пятикратному номинальному моменту.

Все двигатели серии ДВУ имеют пристраиваемый комплексный датчик типа ПДФ-8 или ПДФ-9, включающий в себя бесколлекторный тахогенератор, бесконтактный датчик положения ротора и датчик положения или встроенный датчик аналогичного назначения. Имеется модификация двигателей со встроенным электромагнитным тормозом.

Следует отметить новое направление в конструктивном исполнении двигателей: проектирование и создание двигателей для непосредственного встраивания в механизм, а не принятого универсального присоединения к механизму. В состав таких двигателей не входят вал, опорные щиты и подшипники, что существенно упрощает конструкцию преобразователя движения.

В качестве примера могут быть приведены вентильные бесконтактные двигатели серии ДБМ (рис. 2.1). Они имеют плоскую встраиваемую конструкцию из статора *1* и ротора *2* и предназначены для работы в шаговом и регулируемом режимах.

Рис. 2.1. Внешний вид двигателя ДБМ

Подобное исполнение обеспечивает пакетирование для увеличения требуемого момента, т.е. конструкция двигателя в этом случае представляет собой пакет синхронных машин с общим датчиком положения ротора.

Условное обозначение двигателя серии ДБМ, например, ДБМ-63-0,06-3-2 расшифровывают следующим образом: ДБМ — двигатель бесконтактный моментный; 63 — внешний диаметр корпуса, мм; 0,06 — номинальный момент, Н·м, 3 — номинальная частота вращения, тыс. об/мин; 2 — число фаз.

Двигатели серии ДБМ спроектированы для работы с малыми скоростями и большими моментами и обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными бесконтактными двигателями: повышенным ресурсом работы; большим отношением вращающего момента к моменту инерции ротора, что обеспечивает высокое быстродействие; высокой точностью отработки угла поворота из-за отсутствия упругих связей и люфтов. Применение таких двигателей в ММ позволяет во многих случаях отказаться от преобразователя движения.

В большинстве случаев двигатели серии ДБМ используют в режиме бесконтактной машины постоянного тока.

В качестве датчика положения ротора в ММ с двигателем серии ДБМ используют бесконтактный синусно-косинусный вращающийся трансформатор типа редуктосин.

2.1.2. Электродвигатели линейного перемещения

Принцип действия и конструктивная схема двигателя линейного перемещения, или линейного двигателя, известны давно.

Прототипом линейного двигателя является электромагнитная система, состоящая из металлического сердечника-магнита и статорной обмотки (рис. 2.2). При подаче тока определенной полярности в статорную обмотку сердечник-магнит смещается в ту или иную сторону. Между источником энергии и подвижным звеном нет промежуточных элементов. Передача энергии осуществляется через воздушный зазор между статорной обмоткой и подвижным звеном. На этом принципе действия уже много лет работают различные системы электроавтоматики, электротормозов, защиты и т.п.

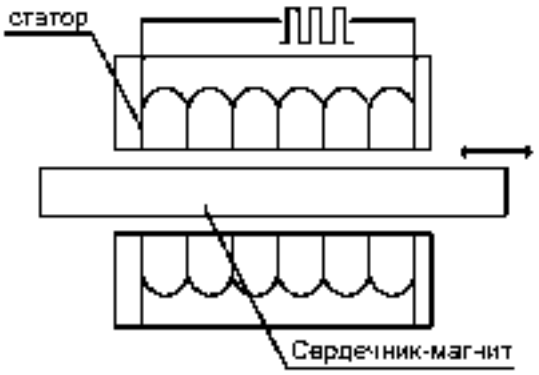


Рис. 2.2. Схема простейшего линейного электродвигателя

Достоинствами таких систем являются простота конструкции, быстрота срабатывания, почти мгновенный останов и реверс, большие осевые усилия, простота настройки и применения.

Для идеальной работы их не хватало только возможности регулировать скорость подвижного звена, но без этого сконструировать линейный двигатель было невозможно.

Потребовались многие годы работы ученых и конструкторов в разных странах, прежде чем был достигнут успех. В Японии впервые был успешно использован линейный привод как движитель сверхскоростных поездов. Попытки создания линейных двигателей для металлообрабатывающих станков приводили к возникновению сильных магнитных полей, нагреву двигателя, неравномерности движения подвижного звена. И только на пороге третьего тысячелетия японская компания *SODICK Co., Ltd* первой сумела решить сложнейшие конструкторско-технологические задачи, позволившие приступить к серийному

выпуску станков (пока в основном электроэрозионных) с принципиально новыми линейными двигателями, в которых решены все проблемы по обеспечению равномерности движения подвижного звена станка со сверхвысокой точностью, с широким диапазоном регулирования скорости, громадными ускорениями, мгновенным остановом и реверсом, простотой обслуживания и наладки и др.

Можно представить себе «получение» линейного двигателя из двигателя углового движения (рис. 2.3) в результате продольного разреза статора и развертки его в плоскость. Ротор также следует выпрямить. В результате движение «ротора» становится линейным. Обратная свертка линейного двигателя (рис. 2.4) относительно его поперечной оси приводит к появлению линейного двигателя иного типа.

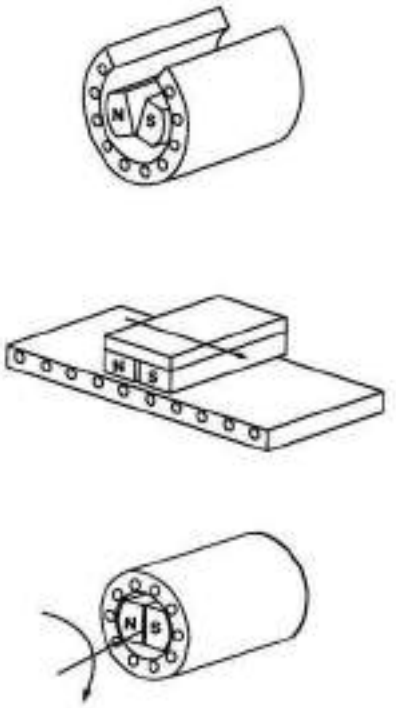


Рис. 2.3. Получение линейного двигателя
разверткой двигателя вращательного движения

Следует отметить, что двигаться может либо «ротор», либо «статор». Все зависит от того, что закреплено. Если закреплен «статор», то движется «ротор», при закреплении «ротора» движется «статор».

Таким образом, линейный двигатель состоит из двух основных элементов: электромагнитного «статора» *1* и плоского «ротора» *2* (рис. 2.5, *а, б*) с воздушным зазором между ними. Для определения текущих координат подвижного звена на неподвижном звене устанавливают измерительную линейку с высокой дискретностью (0,1 мкм).

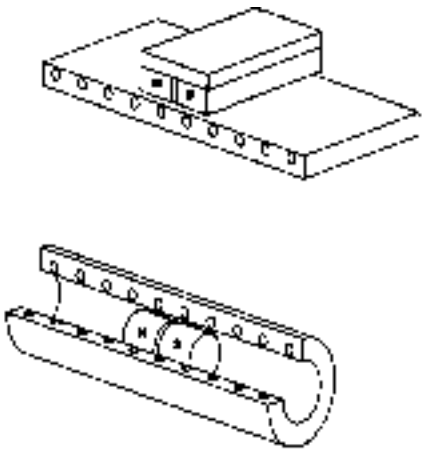


Рис. 2.4. Получение линейного двигателя
свертыванием относительно поперечной оси

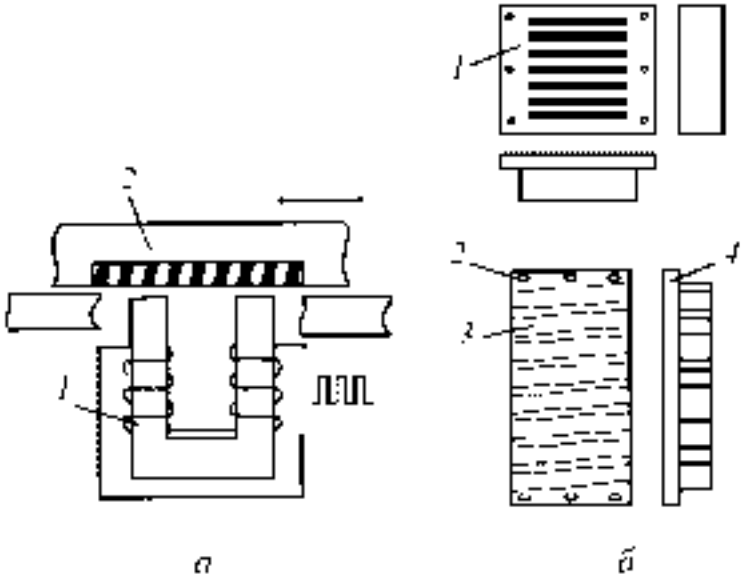


Рис. 2.5. Устройство линейного двигателя

«Ротор» 2 (рис. 2,5, *б*) состоит из ряда прямоугольных сильных (редкоземельных) постоянных магнитов *3*, закрепленных под определенным фиксированным углом на тонкой плите *4* из специальной высокопрочной керамики с малым (в два раза меньше, чем у гранита) коэффициентом температурного расширения. Применение керамики с системой охлаждения и использование высокоэффективной шестифазной импульсной системы управления (системы *SMC*) позволили предотвратить перегрев, избежать сильных магнитных полей и добиться точного и равномерного движения подвижного звена во всем диапазоне скоростей и нагрузок.

Компания *SODICK* серийно выпускает широкую гамму линейных двигателей со следующими характеристиками: ходом подвижного звена 100 – 2 220 мм, максимальной скоростью перемещения 3 м/с, ускорением до 20*g* при точности исполнения заданных перемещений 0,1 мкм, практически мгновенной остановкой и реверсом, моментальной реакцией на команды системы управления. Повышение температуры двигателя при работе по сравнению с температурой помещения не превышает 2 °С.

Для увеличения мощности на один рабочий орган устанавливают несколько линейных двигателей. Так, на электроэрозионных прошивочных станках фирмы *SODICK* для вертикального перемещения рабочего органа установлены два линейных двигателя, конструкция которых иллюстрируется рис. 2.6.

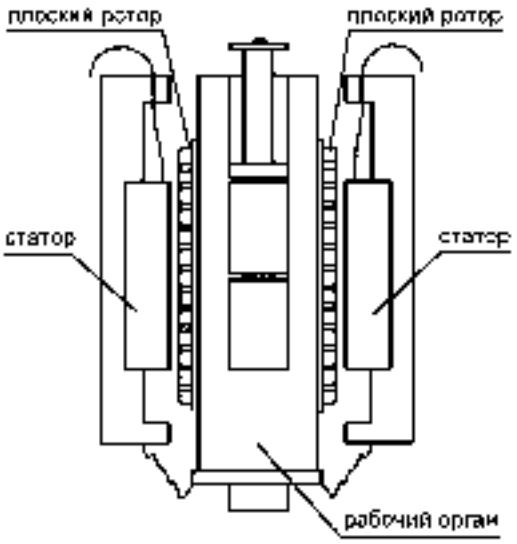


Рис. 2.6. Конструкция линейного двигателя *SODICK Co., Ltd*

Рассмотрим линейный двигатель *Iron Core Brushless Linear Servo Motor* фирмы *Baldor Electric Company*. На рис. 2.7 изображен его внешний вид.

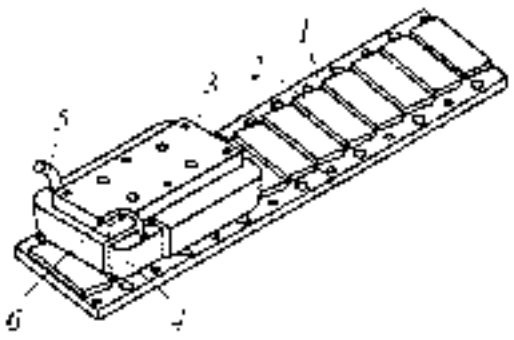


Рис. 2.7. Линейный двигатель *Iron Core Brushless Linear Servo Motor*

Двигатель состоит из направляющего устройства («ротора»), представляющего собой тонкую стальную пластину *1* с наклеенными на ней под определенным углом прямоугольными редкоземельными постоянными магнитами *2*, и подвижного звена («статора») *3*, состоящего из группы катушек, залитых теплопроводящей эпоксидной смолой, датчика Холла *4*, подводящего к катушкам кабеля *5* и кабеля *6* датчика Холла. Направляющее устройство собирают из секций длиной *D*, число которых определяется необходимой длиной двигателя.

Линейный двигатель *Cog-free Brushless Linear Servo Motor* фирмы *Baldor Electric Company* изображен на рис. 2.8. Он состоит из направляющего устройства («ротора»), представляющего собой тонкий ⌊⌋-образный стальной профиль *1* с наклеенными на его боковые поверхности прямоугольными редкоземельными постоянными магнитами *2*, и подвижного звена («статора») *3*, устроенного аналогично рассмотренному выше линейному двигателю *Iron Core Brushless*.

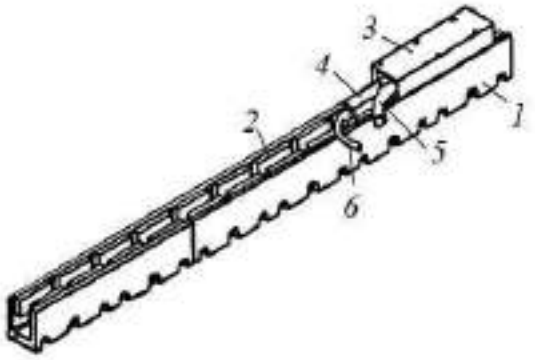


Рис. 2.8. Линейный двигатель *Cog-free Brushless Linear Servo Motor*

2.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

2.2.1. Классификация гидравлических двигателей объемного вытеснения

Гидродвигатели, использующие в рабочем процессе статическое давление жидкости, называются *двигателями объемного вытеснения*, а гидросистемы с ними — *объемным гидроприводом*.

Гидродвигатели, использующие в рабочем процессе динамическое давление жидкости, относятся к *турбомашинам*. Конструктивными элементами турбомашин, взаимодействующими с жидкостью, являются лопасти (лопатки), поэтому вместо термина «турбомашины» используют также термин *лопастные гидромашины*.

Основные преимущества двигателей объемного вытеснения перед лопастными с точки зрения их применения в гидроприводе ММ следующие:

– «жесткая» характеристика (слабая зависимость потребляемого расхода жидкости от давления, т.е. от нагрузки);

– возможность обеспечения весьма малых, так называемых ползучих, скоростей рабочих органов;

– хорошая управляемость;

– слабая зависимость КПД от режима работы.

Преимущества лопастных гидродвигателей:

– высокая энергоемкость, обусловленная большей производительностью при равных размерах;

– относительная простота конструкции.

Очевидно, что преимущества двигателей объемного вытеснения гораздо более значимые. Применение именно этих гидромашин в ММ позволяет создавать малогабаритные высоконагруженные и высокоточные устройства.

Поэтому далее будут рассмотрены гидродвигатели объемного вытеснения, или, как их еще называют, *объемные гидромоторы*.

Классификация объемных гидромоторов иллюстрируется рис. 2.9.

По виду движения рабочего органа различают гидромоторы поступательного движения (*гидроцилиндры*) и вращательного движения.

Гидроцилиндры, способные развивать рабочие усилия как при прямом, так и при обратном движении, называются *гидроцилиндрами двустороннего действия* и могут быть выполнены с односторонним или двусторонним штоком.

Гидроцилиндры, предназначенные для создания усилия постоянного направления (в одном направлении ход рабочий, в обратном — холостой), называются *гидроцилиндрами одностороннего действия* и могут быть поршневыми или плунжерными.

Гидромоторы вращательного движения подразделяются на неполноповоротные (*моментные гидроцилиндры*) и полноповоротные, иначе называемые гидромоторами неограниченного вращения.

Моментные гидроцилиндры выполняют возвратно-вращательное движение на угол менее 360°. Они могут иметь ротор с одной или несколькими пластинами.

Полноповоротные гидромоторы, совершенно аналогично насосам объемного вытеснения, подразделяются на радиально- и аксиально-поршневые, пластинчатые и шестеренные.

В дальнейшем под *гидромотором* будет подразумеваться именно гидродвигатель неограниченного вращения.

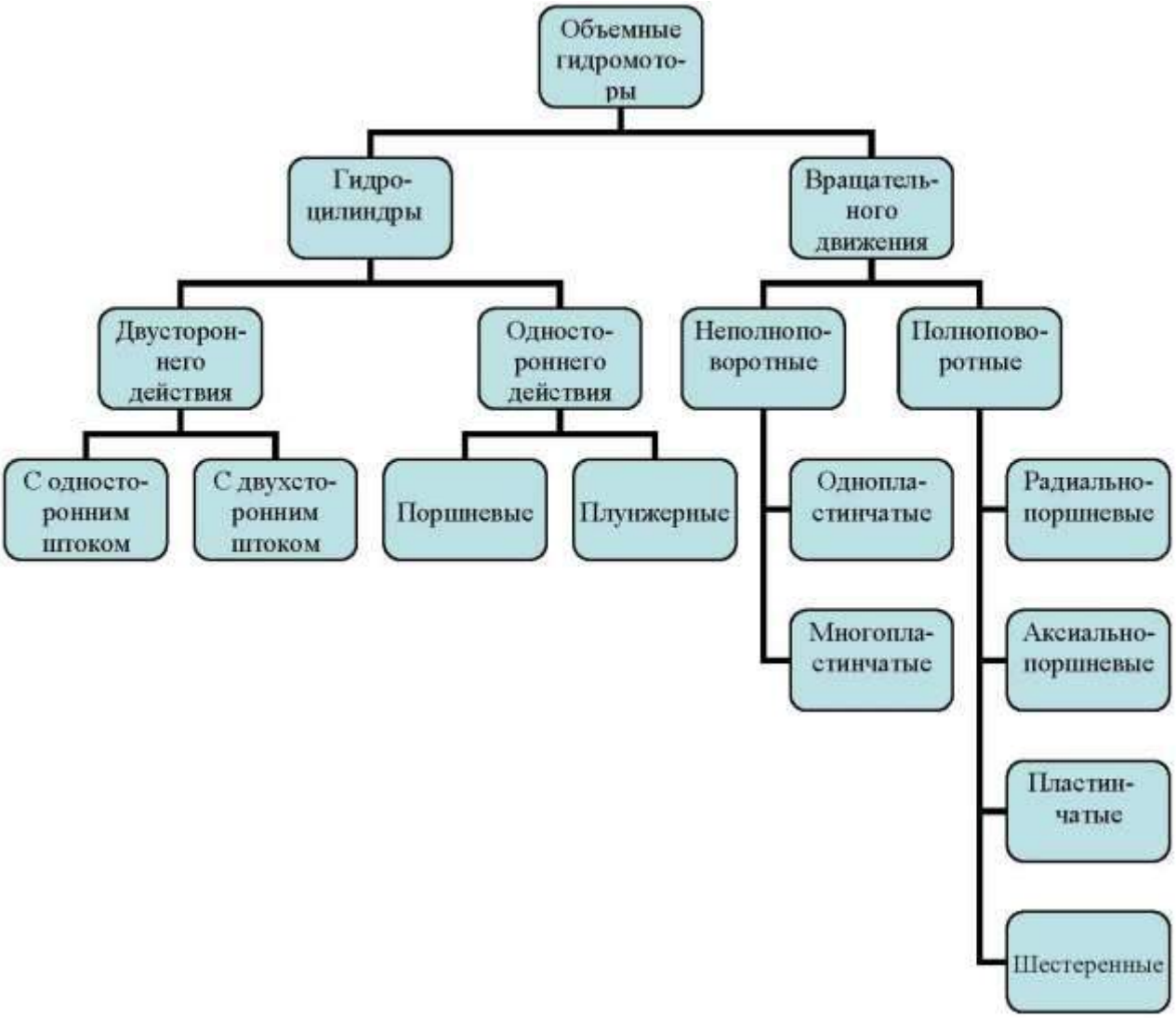


Рис. 2.9. Классификация двигателей объемного вытеснения

Следует указать на такое очень важное свойство гидромашин, как *обратимость*. Подача жидкости под высоким давлением в полость всасывания насоса приводит к вращению его ротора и созданию на его валу крутящего момента, величина которого определяется давлением жидкости, т. е насос начинает работать как гидромотор. Поэтому конструкции насосов и гидромоторов одного и того же принципа действия имеют практически одинаковые основные элементы.

2.2.2. Гидравлические двигатели вращательного движения

Серийно выпускающиеся *радиально-поршневые гидромоторы* представляют собой достаточно сложные агрегаты; некоторые из них имеют собственную гидросистему, средства регулирования и реверсирования и т.п. Их мас-

согабаритные показатели таковы, что применение этих гидромашин в ММ практически невозможно. Есть, однако, и среди радиально-поршневых гидромоторов очень интересные с этой точки зрения.

Следует, в частности, особо рассмотреть устройство радиально-поршневого гидромотора многократного действия, иначе называемого высокомоментным гидромотором.

Схема высокомоментного гидромотора приведена на рис. 2.10.

Характерной особенностью его конструкции является статор, внутренняя поверхность которого спрофилирована таким образом, что поршень за один оборот ротора совершает несколько двойных ходов (в гидромоторе по рис. 2.10 таких двойных ходов четыре).

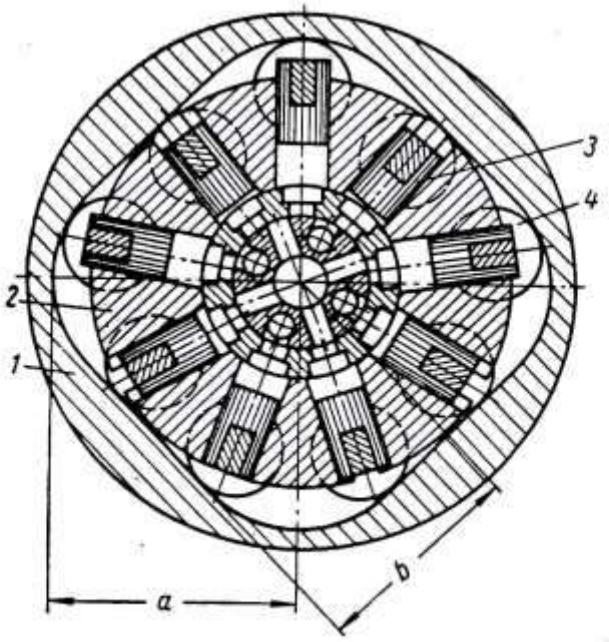
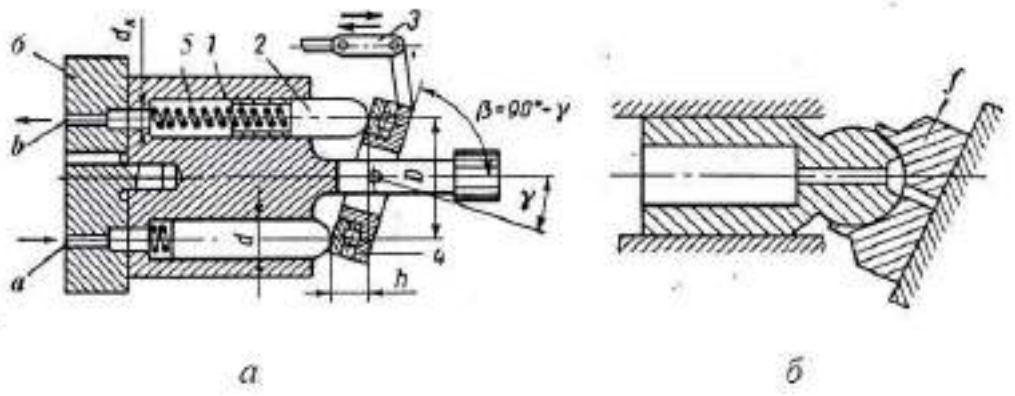


Рис. 2.10. Роторно-поршневой высокомоментный гидромотор:
1 — статор; *2* — блок цилиндров (ротор); *3* — поршень; *4* — ролик

Пусть в общем случае число двойных ходов гидромотора равно m. Тогда расход жидкости, потребляемый такой гидромашиной, будет в m раз больше, чем гидромотором одинарного действия при тех же перемещениях и диаметрах поршней, во столько же раз выше крутящий момент и меньше угловая скорость ротора. А если принять во внимание, что при необходимости можно обеспечить $m = 20$, то становится очевидной целесообразность применения высокомоментных гидромоторов в ММ с большими значениями крутящего момента и низкими частотами вращения выходного вала.

Аксиально-поршневые гидромоторы более компактны и удобны для применения в ММ, чем радиально-поршневые, поэтому и используются они значительно чаще. В настоящее время предприятиями выпускается широкая номенклатура гидромоторов рассматриваемого типа на различные давления и расходы жидкости.

Принцип действия аксиально-поршневого гидромотора поясняется рис. 2.11, *а*.



а *б*

Рис. 2.11. Схема аксиально-поршневого гидромотора:
а — конструкция; *б* — опорный башмак;
1 — ротор; *2* — поршень (плунжер); *3* — звено механизма качания наклонной шайбы *4*; *5* — пружина; *6* — узел распределения жидкости;
a — окно для подвода жидкости; ***b*** — сливное окно; ***f*** — опорный башмак

При подаче жидкости из линии нагнетания через узел распределения *б* в окно ***a*** плунжер *2* нижнего цилиндра, контактирующий с наклонной шайбой *4* посредством упорного подшипника качения, выдвигается за половину оборота на расстояние *h* из цилиндра. За последующую половину оборота ротора плунжер снова вдвигается в цилиндр, и жидкость через узел распределения и окно ***b*** вытесняется в сливную линию.

Пружины *5* обеспечивают постоянный контакт плунжеров с упорным подшипником наклонной шайбы.

Механизм качания (*3* — его концевое звено) изменяет угол γ наклона шайбы *4*, причем соответственно изменяется ход плунжера *h* по закону:

$$h = D\mathrm{tg}\gamma, \qquad (2.1)$$

где *D* — диаметр окружности, на которой расположены плунжеры в роторе.

Очевидно, что поворотом шайбы *4* против часовой стрелки можно получить $h = 0$ и, следовательно, остановку гидромотора, а затем и реверсирование направления вращения ротора.

Опорный башмак *f* (рис. 2.11, *б*) позволяет заменить точечный контакт плунжеров с поверхностью опорной шайбы поверхностным контактом (плунжера с башмаком — по сферической поверхности, башмака с наклонной шайбой — по плоскости) и таким образом снизить интенсивность износа контактирующих поверхностей.

Иначе решена задача изменения частоты вращения в аксиально-поршневом насосе, конструкция которого показана на рис. 2.12.

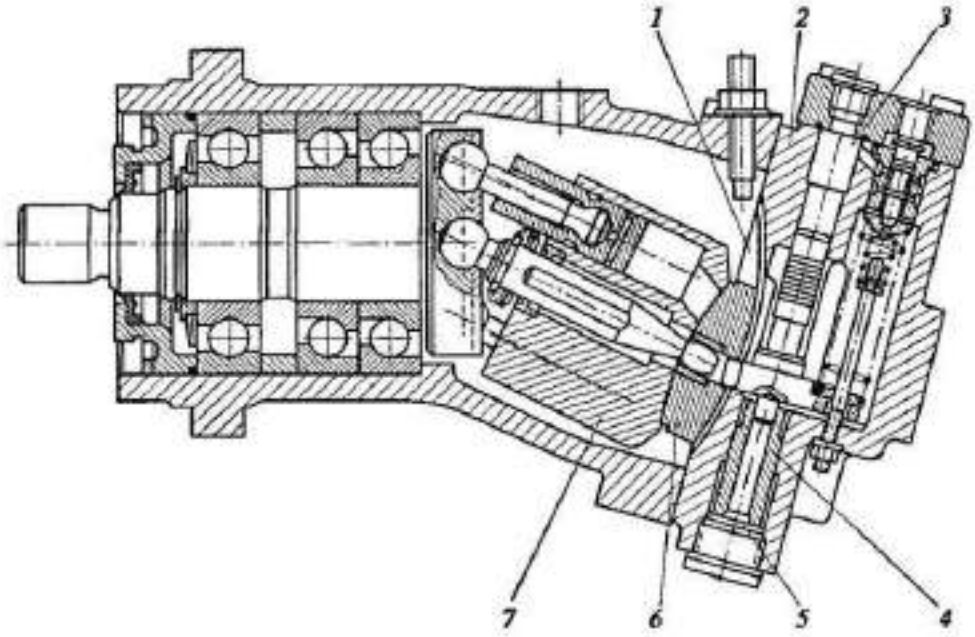


Рис. 2.12. Аксиально-поршневой гидромотор,
регулируемый изменением угла наклона блока цилиндров:
1 — цилиндрический паз; *2* — крышка корпуса; *3* — полость; *4* — поршень;
5 — гидроцилиндр; *6* — распределитель; *7* — блок цилиндров

Его распределитель *6* имеет возможность скользить по цилиндрическому пазу *1* в крышке корпуса *2*. Изменение угла наклона блока цилиндров *7* производится поршнем *4* управляющего гидроцилиндра *5* при подаче в его полость *3* жидкости под давлением.

В качестве примера в табл. 2.1 приведены основные параметры серийно выпускаемых аксиально-поршневых нерегулируемых гидромоторов ряда Г15-2.

На рис. 2.13 показан внешний вид аксиально-поршневого регулируемого гидромотора Г12-21Р.

Таблица 2.1

Основные параметры аксиально-поршневых гидромоторов Г15-2

Параметр	Г15-21Н	Г15-22Н	Г15-23Н	Г15-24Н	Г15-25Н
Номинальный крутящий момент, Н·м	9,4	16,7	33,3	66,7	133
Номинальный расход, $дм^3$/мин	10,8	19,2	38,4	76,8	154
Номинальная мощность, кВт	0,96	1,7	3,4	6,8	13,6
Масса, кг	4,5	7,0	12	20	40

Примечания:
1. Номинальная частота вращения 960 об/мин.
2. Номинальное давление 6,3 МПа.
3. Полный КПД 0,87.

Рис. 2.13. Аксиально-поршневой регулируемый гидромотор Г15-21Р

Пластинчатые гидромоторы в ММ составляют определенную конкуренцию гидромоторам аксиально-поршневым. Поэтому интересно сравнить между собой эти два типа по конструктивной сложности и рабочим параметрам.

Схема пластинчатого гидромотора двойного действия показана на рис. 2.14.

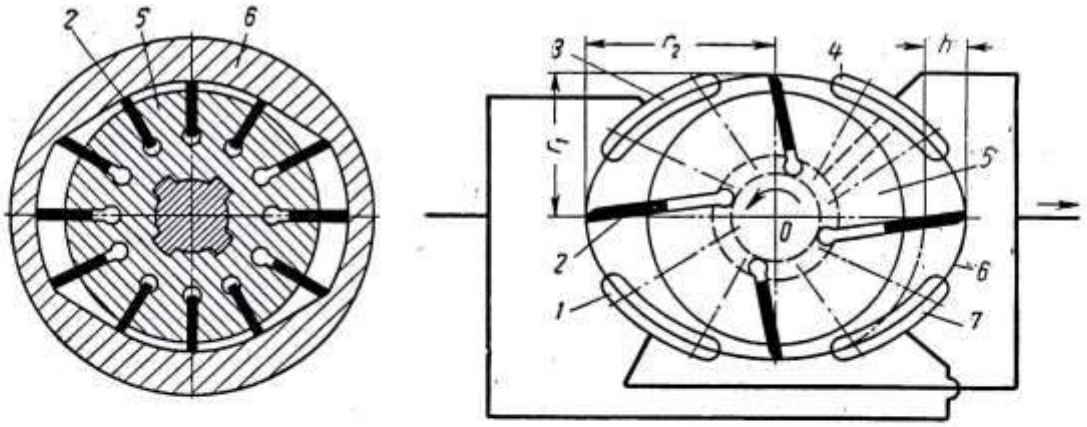


Рис. 2.14. Пластинчатый гидромотор двойного действия:
1, *4* — сливные окна; *2* — пластины; *3*, *7* — подающие окна;
5 — ротор; *6* — статор

Поверхность статора *6* спрофилирована таким образом, что при вращении ротора *5* против часовой стрелки жидкость под давлением поступает в насос через окна *3* и *7* и выходит в сливную линию через окна *1* и *4*. Силы давления жидкости на ротор со стороны полостей подачи взаимно уравновешиваются.

Недостаток таких гидромоторов — невозможность их регулирования.

Основные рабочие параметры гидромоторов Г16-1–М даны в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Основные параметры пластинчатых гидромоторов Г16-1–М

Параметр	**Г16-11М**	**Г16-12М**	**Г16-13М**	**Г16-14М**	**Г16-15М**
Номинальный крутящий момент, Н·м	6,2	12,3	24,5	49	98
Номинальный расход, $дм^3$/мин	14	19,4	37,1	67,2	129
Номинальная мощность, кВт	0,6	1,2	2,4	4,9	9,8
Номинальное давление, МПа	8			7	
Полный КПД	0,5	0,63	0,69	0,73	0,76
Масса, кг	6,3		10	24	
Примечание. Номинальная частота вращения 960 об/мин.					

При сравнении параметров пластинчатых и поршневых гидромашин обращает на себя внимание существенно меньший объемный КПД пластинчатых гидромоторов. Причина этого состоит в невозможности предотвращения перетечек жидкости между пластинами и поверхностью расточки статора, между пластинами и боковыми стенками.

К достоинствам пластинчатых гидромоторов следует отнести их более простую конструкцию.

Об эксплуатационных преимуществах аксиально-поршневых гидромоторов перед пластинчатыми говорят следующие данные.

По номинальному расходу близки гидромоторы Г15-23Н и Г16-13М, но Г15-23Н развивает в 1,4 раза большие крутящий момент и мощность, имеет полный КПД в 1,26 раза выше, причем масса его только в 1,2 раза больше. К этому следует добавить, что Г15-23Н способен работать при перепаде давлений 12,5 МПа, а Г16-13М — 8 МПа, и уровень шума у Г15-23Н на 12 дБ(А) ниже, чем у Г16-13М.

Разумеется, такого «экспресс-сравнения» недостаточно, чтобы однозначно утверждать о превосходстве аксиально-поршневых гидромоторов. В каждом конкретном случае необходимо рассматривать в совокупности весь ММ и сравнивать варианты по стоимости, габаритам и т.д.

В конструкциях ММ находят широкое применение *неполноповоротные гидромоторы*, или моментные гидроцилиндры.

Схема моментного гидроцилиндра с одной пластиной показана на рис. 2.15. Он состоит из корпуса *1* и ротора, представляющего собой втулку *2* с пластиной *3*. Кольцевая полость между внутренней поверхностью корпуса и втулкой разделена перемычкой *4* с уплотнительным элементом *5*.

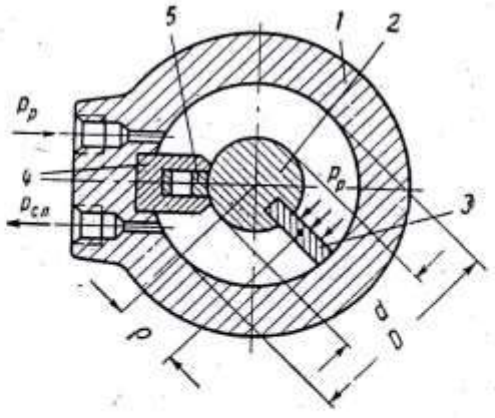


Рис. 2.15. Моментный гидроцилиндр:
1 — корпус; *2* — втулка; *3* — пластина; *4* — перемычка;
5 — уплотнительный элемент

При подаче жидкости под давлением $p_р$ в верхний канал пластина *3* с втулкой *2* поворачивается по часовой стрелке. Максимальный угол поворота обычно равен 270°.

Развиваемый моментным гидроцилиндром крутящий момент:

$$T = (p_р - p_{сл}) A_{пл} \rho \eta_{мех}, \tag{2.2}$$

где $p_{сл}$ — давление жидкости в сливном канале; $A_{пл}$ — площадь рабочей поверхности пластины; ρ — плечо приложения силы давления.

Площадь рабочей поверхности пластины:

$$A_{пл} = (D - d)\frac{b}{2}, \tag{2.3}$$

где b — ширина пластины по оси цилиндра.

Плечо силы давления:

$$\rho = \frac{D + d}{4}, \tag{2.4}$$

поэтому для $p_{сл} \approx 0$:

$$T = 0{,}125 p_р (D^2 - d^2) b \eta_{мех}. \tag{2.5}$$

Угловая скорость ротора:

$$\omega = \frac{Q\eta_{об}}{A_{пл}\rho} = \frac{8Q\eta_{об}}{(D^2 - d^2)b}. \tag{2.6}$$

В отличие от гидроцилиндров поступательного движения, в моментных гидроцилиндрах $\eta_{об} < 1$, так как достаточно эффективно уплотнить зазоры между пластиной, корпусом и боковыми стенками не удается.

Многопластинчатые моментные гидроцилиндры содержат две или три пластины и развивают соответственно большие крутящие моменты, но меньшие угловые скорости (при равных расходах жидкости), причем максимальный угол поворота соответственно уменьшается.

Для многопластинчатых гидроцилиндров формулы (2.5) и (2.6) принимают следующий вид:

$$T = 0{,}125 p_{\text{р}} z (D^2 - d^2) b \eta_{\text{мех}}; \tag{2.7}$$

$$\omega = \frac{Q\eta_{\text{об}}}{A_{\text{пл}}\rho} = \frac{8Q\eta_{\text{об}}}{(D^2 - d^2)zb}. \tag{2.8}$$

В (2.7) и (2.8) z — число пластин.

Основные технические параметры серийно выпускаемых моментных гидроцилиндров ДПГ приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Основные параметры моментных гидроцилиндров ДПГ

Параметр	ДПГ16	ДПГ63	ДПГ125	ДПГ200
Номинальный крутящий момент, Н·м	160	630	1250	2000
Расход при максимальной угловой скорости, дм^3/мин	1,6	6,3	12,5	20
КПД: полный объемный	 0,9 0,94	 0,92 0,97	 0,89 0,98	 0,9 0,98
Масса, кг	4	14	40	45
Примечания: 1. Угловая скорость максимальная 3,14 с$^{-1}$. 2. Номинальное давление 16 МПа. 3. Угол поворота 270°.				

Шестеренные гидромоторы имеют наиболее простую конструкцию из всех машин объемного вытеснения.

На роторе гидромотора закреплена шестерня *1* (рис. 2.16), в зацеплении с которой находится шестерня *4*. Зазоры между вершинами зубьев шестерен и внутренней поверхностью корпуса *3* весьма малы. Жидкость под давлением поступает в полость *5*, приводя зубчатую пару во вращение. Из полости *5* в полость *2* жидкость переносится во впадинах между зубьями, ограниченных поверхностью корпуса и двумя (передней и задней) боковыми крышками.

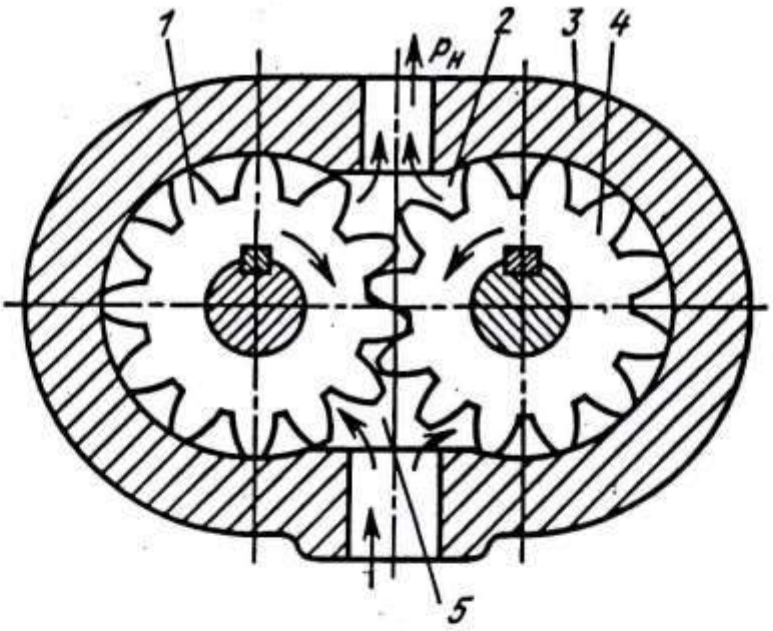


Рис. 2.16. Схема действия шестеренного гидромотора:
1, *4* — шестерни; *2* — подающая полость; *3* — корпус;
5 — сливная полость

Об одном из достоинств шестеренных гидромоторов — конструктивной простоте — уже сказано выше.

Кроме того, следует отметить надежность в эксплуатации и несколько более высокий, по сравнению с пластинчатыми насосами, объемный КПД.

Основной недостаток этих гидромашин состоит в невозможности их регулирования. Попытки создать регулируемый шестеренный насос предпринимаются, но успеха до настоящего времени достичь не удалось, так как конструкция резко усложняется, увеличиваются утечки, снижается качество зацепления и связанные с ним надежность и долговечность и т.п.

Также нужно указать на сравнительно низкий механический КПД. Дело в том, что ротор и шестерня *4* (рис. 2.16) установлены обычно на подшипниках скольжения, что дает возможность уменьшить размеры насоса в целом и избежать больших утечек, но увеличивает потери мощности на трение.

2.2.3. Гидроцилиндры

Принцип работы гидроцилиндров поясняется рис. 2.17.

Гидроцилиндр содержит корпус (гильзу) *1*, в котором расположен поршень *3*, шток *5* которого выходит наружу. Зазор между поршнем и корпусом перекрыт уплотнением *2*, а между штоком и корпусом — уплотнением *3*.

При расчете гидроцилиндров необходимо принимать во внимание силы трения между уплотнительными элементами и движущимися поверхностями. Эти силы учитываются механическим КПД, величина которого, по различным данным, находится в интервале $\eta_{мех}$ = 0,85–0,98. Конкретное значение $\eta_{мех}$ на стадии расчета определить невозможно, оно зависит от многих факторов.

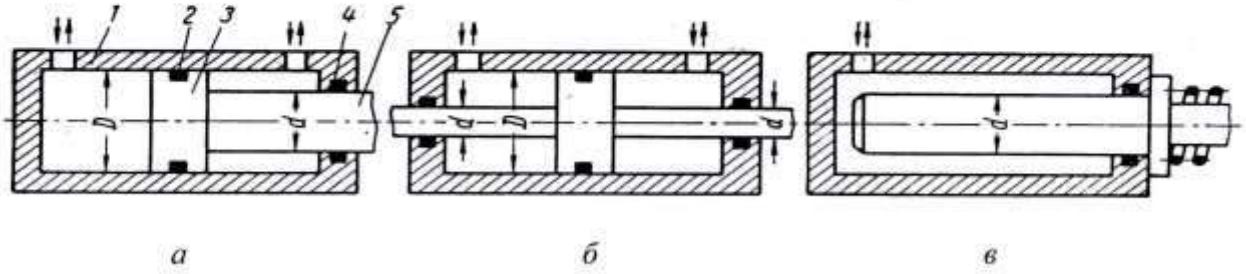


Рис. 2.17. Схемы гидроцилиндров:
а — гидроцилиндр двустороннего действия с односторонним штоком;
б — гидроцилиндр двустороннего действия с двусторонним штоком;
в — гидроцилиндр одностороннего действия плунжерный

Один из них — диаметр уплотняемой поверхности, с величиной которого величина $\eta_{мех}$ связана линейной зависимостью. К сожалению, полагаться на значения $\eta_{мех}$, полученные из приводимых в различных источниках формул, нельзя. На основе анализа ряда научно-технических работ могут быть рекомендованы для использования на стадии предварительного расчета следующие значения $\eta_{мех}$:

- при диаметрах поршня (плунжера) до 40 мм $\eta_{мех}$ = 0,85;
- при диаметрах поршня свыше 40 до 60 мм $\eta_{мех}$ = 0,9;
- при диаметрах поршня свыше 60 до 125 мм $\eta_{мех}$ = 0,92;
- при диаметре поршня свыше 125 мм $\eta_{мех}$ = 0,95.

У гидроцилиндра двустороннего действия с односторонним штоком различают поршневую (слева от поршня на рис. 2.17, *а*) и штоковую (справа от поршня на рис. 2.17, *а*) полости. От того, в какую полость подается жидкость под давлением, зависят усилие на штоке и скорость движения штока. Подача жидкости в поршневую полость при условии, что давление в штоковой полости мало отличается от атмосферного, обеспечивает усилие:

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} p\eta_{мех} \qquad (2.9)$$

и скорость выдвижения штока из цилиндра:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D^2}, \tag{2.10}$$

где Q — расход поступающей в цилиндр жидкости.

При подаче в штоковую полость усилие равно:

$$F_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p\eta_{\text{мех}}; \tag{2.11}$$

скорость перемещения штока в цилиндр:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}. \tag{2.12}$$

Усилие и скорость перемещения штока гидроцилиндра с двусторонним штоком (рис. 2.17, *б*) не зависят от того, в какую полость подается жидкость, и определяются по формулам (2.11) и (2.12).

Усилие и скорость выдвижения плунжера гидроцилиндра, изображенного на рис. 2.17, *в*, определяются по формулам (2.9) и (2.10), в которых под D подразумевается диаметр плунжера. Такой гидроцилиндр под действием давления жидкости совершает ход в одну сторону (на рис. 2.17, *в* — вправо), а обратный ход — под действием внешней силы (на рис. 2.17, *в* это сила пружины).

В настоящее время действует ряд стандартов на гидроцилиндры. В качестве примера могут быть приведены стандарты на гидроцилиндры для станочных приспособлений с диаметрами поршня от 40 до 80 мм для работы при номинальном давлении жидкости 10 МПа со скоростями до 0,063 м/с [9]. Эти стандарты распространяются на цилиндры одностороннего действия со сплошным и полым штоками, а также двустороннего действия.

Конструкции гидроцилиндров не исчерпываются показанными на рис. 2.17. Например, находят применение телескопические гидроцилиндры (рис. 2.18). Они позволяют при малой длине гильзы получить большое перемещение объекта.

Рис. 2.18. Телескопический гидроцилиндр

Контрольные вопросы

1. Дайте сравнительную характеристику электродвигателей вращательного движения.

2. Электродвигатели какого типа способны развивать наибольшие пусковые моменты?

3. В чем состоит конструктивное различие коллекторного и бесколлекторного электродвигателей?

4. Что такое датчик Холла?

5. Поясните принцип работы электродвигателя поступательного движения.

6. Дайте сравнительную характеристику объемных гидродвигателей вращательного движения.

7. Назовите преимущества объемных гидродвигателей по сравнению с электродвигателями.

8. Какой, по Вашему мнению, объемный гидродвигатель вращательного движения имеет простейшую конструкцию?

9. Что такое гидроцилиндр двустороннего действия с двусторонним штоком?

10. Как устроен телескопический гидроцилиндр?

3. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

3.1.1. Общие положения

Определение требуемой мощности двигателя, или энергетический расчет, является важной частью процесса конструирования ММ и направлен на рациональный выбор двигателя и преобразователя движения (совокупность двигателя и преобразователя движения далее будет называться *приводом*), которые обеспечивают заданные законы движения выходного звена. Необходимо учитывать, что привод определяет энергетические свойства модуля и его кинематические и динамические характеристики и при этом является весьма дорогостоящим, энерго- и материалоемким узлом. Поэтому следует стремиться обеспечить заданные характеристики ММ с одновременной минимизацией стоимости, мощности и массы привода.

Методика энергетического расчета ММ определяется заданными режимами движения и информацией о параметрах нагрузки. С этой точки зрения можно выделить два основных варианта постановки задачи расчета ММ, которые наи-более часто встречаются в инженерной практике.

В первом варианте проводят проектирование *специализированного* ММ как составляющей части мехатронной системы. При таком подходе конструктор с помощью специальных расчетов получает детальную информацию об объекте: законе его движения во времени, характеристиках нагрузки (включая ее составляющие), массогабаритных параметрах объекта, условиях эксплуатации и т.д. Наличие полной информации о нагрузке позволяет оптимизировать параметры привода.

Методики энергетического расчета и оптимизации специализированных ММ можно найти в специальной литературе.

Второй вариант предусматривает создание *универсального* ММ как функционально самостоятельного изделия, которое в дальнейшем может быть использовано в мехатронных системах различного назначения и конструктивного исполнения. В этом случае конструктор не имеет полной информации о характере нагрузки и законе движения объекта во времени. Энергетический расчет проводят для типового закона перемещения выходного звена модуля по предельным значениям нагрузки, скорости и ускорения движения.

Ниже будет рассмотрен энергетический расчет универсального ММ.

3.1.2. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при незначительных динамических нагрузках

Рассмотрим методику расчета универсального ММ при незначительных динамических нагрузках, когда силы инерции значительно меньше внешних сил, действующих на ММ. В этом случае основными исходными данными являются:

- структурная схема мехатронного модуля;
- приложенная внешняя нагрузка (сила $F_{\text{Н}}$ или вращающий момент $T_{\text{Н}}$);
- требуемая скорость (линейная $v_{\text{вых}}$ или угловая $\omega_{\text{вых}}$) выходного звена.

Для ММ поступательного движения требуемую мощность двигателя, Вт, определяют по формуле:

$$P = \frac{F_{\text{Н}} v_{\text{вых}} K_{\text{дин}}}{\eta}, \tag{3.1}$$

где $F_{\text{Н}}$ — усилие сопротивления на выходном звене, Н; $v_{\text{вых}}$ — линейная скорость выходного звена, м/с; η — коэффициент полезного действия преобразователя движения; $K_{\text{дин}} = 1{,}1–1{,}3$ — коэффициент запаса, учитывающий влияние динамических нагрузок в период разгона и торможения.

Для ММ вращательного движения требуемую мощность двигателя, Вт, определяют по формуле:

$$P = \frac{T_{\text{Н}} \omega_{\text{вых}} K_{\text{дин}}}{\eta}, \tag{3.2}$$

где $T_{\text{Н}}$ — момент сопротивления на выходном звене, Н·м; $\omega_{\text{вых}}$ — угловая скорость выходного звена, $с^{-1}$.

Формулу (3.2) следует использовать с учетом предполагаемого типа двигателя. В том случае, если двигатель способен развивать пусковой момент, значительно превышающий номинальный, коэффициент $K_{\text{дин}}$ может быть принят равным единице. В частности, это касается асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором 4А, АИР и 5АИ, которые имеют отношение пускового момента к номинальному не менее двух.

Так как двигатели одной и той же мощности имеют разные номинальные вращающие моменты $T_{ном}$, то необходимо определить требуемый момент двигателя, Н·м:

$$T_{д.тр.} = \frac{T_{II}}{i\eta}, \tag{3.3}$$

где i — передаточное отношение преобразователя движения.

Окончательно тип двигателя выбирают по каталогам исходя из условий:

$$P_д \geq P; \tag{3.4}$$

$$T_{ном} \geq T_{д.тр.} \tag{3.5}$$

Предварительный выбор вентильного бесконтактного моментного двигателя серии ДБМ осуществляют для ММ без преобразователя движения по пусковому моменту $T_п$, равному статическому синхронизирующему моменту $T_с$ (см. табл. 2.3), для ММ с преобразователем движения — по приведенной выше методике.

Для ММ, работающих в повторно-кратковременном режиме, должна быть задана циклограмма нагружения (рис. 3.1).

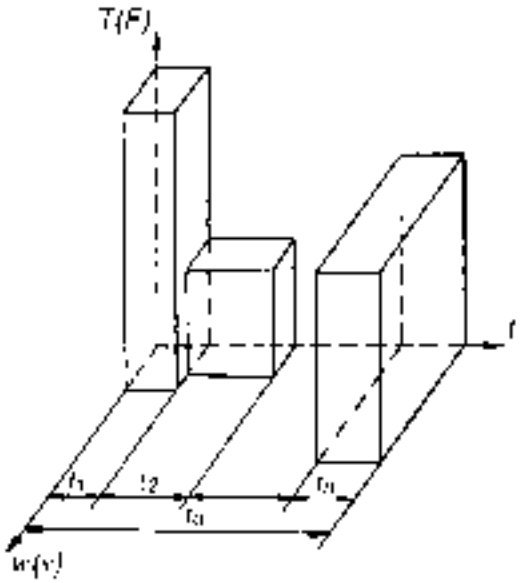


Рис. 3.1. Циклограмма нагружения мехатронного модуля

В этом случае, учитывая, что время разгона и торможения значительно меньше времени установившегося движения, можно определить значение требуемой среднеквадратичной статической мощности, приведенной к валу двигателя, Вт:

$$P_C = \frac{\sqrt{\sum_{K=1}^{n}\left(P_{CK}\cdot\frac{\omega_{ном}}{\omega_{PK}}\right)^2\cdot t_{PK}^2}}{\sum_{K=1}^{n}\beta_{w_K}\cdot t_{PK}} K_{дин}. \qquad (3.6)$$

В формуле (3.6):

– $P_{СК}$ — требуемая статическая мощность двигателя на K-м рабочем участке нагрузочной циклограммы двигателя, Вт; для ММ линейного движения:

$$P_{CK} = \frac{F_{HK} v_K}{\eta}, \qquad (3.7)$$

где $F_{НК}$ — сила сопротивления на K-м рабочем участке циклограммы, Н; $v_К$ — линейная скорость выходного звена на K-м рабочем участке циклограммы, м/с; для ММ вращательного движения:

$$P_{CK} = \frac{T_{HK}\omega_K}{\eta}, \qquad (3.8)$$

где $T_{НК}$ — момент сопротивления на K-м рабочем участке циклограммы, Н·м ; $\omega_К$ — угловая скорость выходного звена на K-м рабочем участке циклограммы, $с^{-1}$;

– n — число включенных состояний двигателя за цикл;

– $\omega_{ном}$ — номинальная скорость вращения вала двигателя, $с^{-1}$;

– $\omega_{РК}$ — рабочая скорость вращения вала двигателя на K-м рабочем участке циклограммы, $с^{-1}$;

– $t_{РК}$ — длительность K-го рабочего участка циклограммы, с;

– β_{w_E} — коэффициент, учитывающий теплоотдачу при понижении скорости вращения двигателя по отношению к номинальной, вызванном условиями обеспечения требуемого технологического процесса, определяемый по формуле:

$$\beta_{w_E} = \beta_o + (1 - \beta_o)\frac{\omega_{РК}}{\omega_{ном}}, \tag{3.9}$$

где β_o = 0,7–0,78 — для двигателей закрытого исполнения.

Требуемый среднеквадратичный момент двигателя:

$$T_c = \frac{\sqrt{\sum_{к=1}^{n} T_{НК}^2 \cdot t_{РК}^2}}{\sum_{к=1}^{n} t_{РК}}. \tag{3.10}$$

Тип двигателя выбирают по каталогам, исходя из следующих условий:

$$P_д \geq P_c; \tag{3.11}$$

$$T_{ном} \geq T_c. \tag{3.12}$$

3.1.3. Энергетический расчет универсального мехатронного модуля при значительных динамических нагрузках

Исходными данными при расчете универсального ММ при значительных динамических нагрузках являются:

– структурная схема ММ;

– приложенная внешняя нагрузка $M_Н$ ($T_Н$ или $F_Н$);

– требуемая скорость (линейная $v_{вых}$ или угловая $\omega_{вых}$) выходного звена;

– момент инерции $J_н$ (масса $m_н$) объекта управления;

– требуемое ускорение $E_{вых}$ (угловое $\varepsilon_{вых}$ или линейное $a_{вых}$) выходного звена.

Длительность разгона и торможения значительно меньше периода установившегося движения, поэтому динамические нагрузки оказывают влияние на работу двигателя очень короткий промежуток времени. Это дает возможность определить мощность двигателя и предварительно его выбрать по методике, изложенной выше, т.е. без учета динамических нагрузок.

Влияние динамических нагрузок на величину момента двигателя может быть значительным. Поэтому необходимо определить требуемый момент двигателя с учетом динамических нагрузок по формуле:

$$T_{\text{д.тр.max}} = \frac{T_{\text{Н}} + T_{\text{дин}}}{u\eta}, \tag{3.13}$$

где $T_{\text{дин}}$ — динамический момент, вызванный ускоренным движением вращающихся частей ММ и объекта управления, приведенный к выходному звену, Н·м, равный:

$$T_{\text{дин}} = \left(J_{\text{д}} u^2 + J_{\text{пд}} + J_{\text{н}}\right)\varepsilon_{\text{вых}}, \tag{3.14}$$

$J_{\text{д}}$ — момент инерции ротора двигателя, кг·м^2; $J_{\text{пд}}$ — момент инерции вращающихся частей преобразователя движения, кг·м^2, равный:

$$J_{\text{пд}} \approx (0{,}1...0{,}3) J_{\text{д}} u^2, \tag{3.15}$$

$J_{\text{н}}$ — момент инерции объекта управления, кг·м^2.

Окончательно тип электродвигателя выбирают по стандартам исходя из условий:

$$P_{\text{д}} \geq P; \tag{3.16}$$

$$T_{\text{ном}} \geq T_{\text{д.тр}}; \tag{3.17}$$

$$T_{\text{д.max}} \geq T_{\text{д.тр.max}}, \tag{3.18}$$

где $T_{\text{д.max}}$ — максимальный момент двигателя (задается в стандартах).

При отсутствии данных приближенно можно принимать:

$$T_{\text{д.max}} \approx (2{,}0...2{,}2) T_{\text{ном}}. \tag{3.19}$$

Возвращаясь к формуле (3.2), можно сделать вывод, что двигатели 4А, АИР и 5АИ удовлетворяют условию (3.19).

В случае невыполнения указанных условий необходимо выбрать двигатель с бóльшим максимальным вращающим моментом.

3.1.4. Оптимизация выбора силовых элементов

Выбор варианта привода (двигателя и преобразователя движения) ММ может быть осуществлен неоднозначно, поэтому при его конструировании следует стремиться к оптимальному решению. Необходимо выбрать *критерий оценки качества* варианта. Оптимальным считается тот, которому соответствует экстремальное значение критерия.

В инженерной практике в качестве критериев оптимизации применяют различные показатели:

- время перемещения выходного звена на заданное расстояние;
- время согласования скорости выходного звена с заданным значением;
- минимизация массы и габаритов ММ;
- энергопотребление ММ при выполнении типовых движений.

Результат конструирования в значительной степени зависит от того, насколько удачно разработчик выберет необходимый критерий.

Например, выбор в качестве критерия максимального углового ускорения ε_{max} выходного звена ориентирован на ММ, работающие в составе высокопроизводительного оборудования. Для осуществления поставленной задачи необходимо определить оптимальное передаточное отношение преобразователя движения по формуле:

$$u_{опт} = \frac{T_{Н}}{\eta \cdot T_{д.max}} + \sqrt{\left(\frac{T_{Н}}{\eta \cdot T_{д.max}}\right)^2 + \frac{J_{н}}{J_{д.пд}}}. \qquad (3.20)$$

Требуемый максимальный момент двигателя определяют в виде:

$$T_{дтр.max} = \frac{2}{\eta}\sqrt{J_{д.пд}\varepsilon_{max}\left(J_{н}\varepsilon_{max} + T_{Н}\right)}, \qquad (3.21)$$

где $J_{д.пд}$ — момент инерции ротора двигателя и приведенный к валу двигателя момент инерции преобразователя движения:

$$J_{д.пд} \approx (1{,}1 \ldots 1{,}3) J_{д}. \qquad (3.22)$$

Для выбора типа электродвигателя необходимо выполнение условия:

$$T_{\text{д.max}} \geq T_{\text{д.тр.max}}. \tag{3.23}$$

Если условие (3.23) не выполняется, необходимо выбрать двигатель с большим максимальным вращающим моментом.

Для выбранного привода с оптимальным передаточным отношением необходимо выполнение условия:

$$\frac{\omega_{\text{ном}}}{u_{\text{опт}}} \geq \omega_{\text{вых}}. \tag{3.24}$$

При невыполнении условия (3.24) следует выбрать двигатель с бóльшими скоростными возможностями и провести перерасчет мехатронного модуля.

3.2. РАСЧЕТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДВИЖЕНИЯ

3.2.1. Предварительный выбор передачи по общим критериям

Критерием для выбора передачи называется техническое требование к ММ, позволяющее выделить из перечня механических передач те, конструкции которых позволяют обеспечить его выполнение.

Если же техническое требование может быть реализовано передачами различных типов, то критерием для выбора оно, очевидно, являться не может. Например, практически все передачи с жесткими звеньями способны обеспечить перемещение рабочего органа с точностью ± 1 мм. Следовательно, подобное техническое требование не может служить основанием для выбора передачи конкретного типа, т.е. не входит в число критериев.

С ужесточением технического требования до некоторого предела оно переходит в разряд критериев. Пусть техническим требованием оговаривается точность перемещения рабочего органа ± 0,01 мм. В этом случае оно, безусловно, является критерием, которому удовлетворяет далеко не каждая передача.

Критерии подразделяются на *общие и специальные*.

Общими называются критерии, входящие в техническое задание практически любого ММ. К ним относятся:

– передаточное отношение преобразователя движения;

– КПД;

– вид движения и скорость (линейная или угловая) рабочего органа;

– максимальные допустимые габариты и масса;

– обусловленные заказчиком стоимость изготовления и эксплуатационные расходы.

Специальными называются критерии, обусловленные техническими требованиями, которые связаны с конкретным назначением ММ. К ним относятся:

– допустимая кинематическая погрешность перемещений рабочего органа;

– допустимая величина мертвого хода (для реверсивного ММ);

– обеспечение самоторможения;

– прочие критерии (определенная конфигурация, способ крепления и др.).

В ряде случаев выбор передачи может быть произведен уже на основании анализа общих критериев.

Передаточное отношение — один из важнейших параметров передачи (применительно к зубчатым, червячным, планетарным и волновым передачам используется термин *передаточное число*).

Для обеспечения заданного передаточного отношения часто применяют многоступенчатые передачи. Например, передаточное число цилиндрической зубчатой передачи в принципе не ограничено. Однако, начиная уже с $u = 6{,}3$, целесообразно от одноступенчатой передачи перейти к двухступенчатому редуктору. Конструкция усложняется, но становится компактной и малогабаритной, что благоприятно сказывается на ММ в целом. Существенный эффект увеличения передаточного числа дают комбинации из передач различных типов, например, червячной и зубчатой цилиндрической. Червячно-цилиндрический редуктор без особых трудностей может быть выполнен с $u = 315$.

Передачи винт-гайка скольжения (ВГС), шарико-винтовые (ШВП), роликовинтовые (РВП) и реечные, предназначенные для преобразования вращательного движения в поступательное или, наоборот, поступательного во вращательное, характеризуются передаточным отношением, имеющим размерность.

Передаточное отношение при преобразовании вращательного движения в поступательное равно:

$$u_{\text{ВП}} = \frac{\omega_1}{v_2}, \qquad (3.25)$$

при преобразовании поступательного движения во вращательное:

$$u_{\text{ПВ}} = \frac{v_2}{\omega_1}, \tag{3.26}$$

где ω_1 — угловая скорость вращающегося звена, с $^{-1}$; v_2 — скорость движения поступательно перемещающегося звена, м/с.

Для ММ, предназначенного к эксплуатации при больших нагрузках и в напряженном режиме (большая продолжительность включения, высокие скорости рабочего органа), существенным становится такой критерий, как КПД. Помимо того, что от его величины зависят энергозатраты ММ, нужно также принимать во внимание следующее соображение.

Низкий КПД характерен для передач, работа которых сопровождается интенсивным относительным скольжением звеньев, т.е. червячной и ВГС. Эксплуатация таких передач в тяжелом режиме сопровождается комплексом отрицательных последствий: быстрым абразивным износом контактирующих поверхностей, нагревом, увеличением кинематической погрешности и мертвого хода.

Не все передачи способны обеспечить требуемую быстроходность рабочего органа ММ. Трудности при конструировании возникают не только тогда, когда задана высокая скорость выходного звена, но и когда нужно придать ему сверхнизкую, так называемую ползучую, скорость. В последнем случае может существовать принципиальная возможность использования, например, многоступенчатого цилиндрического зубчатого редуктора, но это будет настолько громоздкий механизм, что он не пройдет по критериям габаритов и стоимости изготовления.

Смысл последних двух критериев — максимальные допустимые габариты и масса, стоимость изготовления и эксплуатационные расходы — понятен и пояснений не требует. Оценка по ним требует от конструктора умения сопоставить передачи хотя бы качественно, по принципу «больше — меньше», что, в свою очередь, подразумевает представление о технологии изготовления передач. При ориентировочном определении массы могут помочь эмпирические зависимости массы различных типов редукторов от их главного параметра:

– одноступенчатый цилиндрический редуктор:

$$m = 8000 a_w^{2,5}, \tag{3.27}$$

– двухступенчатый цилиндрический редуктор:

$$m = 10240 a_{wT}^{2,5}, \tag{3.28}$$

– коническо-цилиндрический редуктор:

$$m = 12300 a_{wT}^{2,5}, \tag{3.29}$$

– червячный редуктор:

$$m = 24900 a_w^3, \tag{3.30}$$

где m — масса редуктора, кг; a_w — межосевое расстояние, м; a_{wT} — межосевое расстояние тихоходной ступени, м.

Формулы (3.27)–(3.30) получены для редукторов с чугунными корпусами. При выполнении корпуса из сплава на основе алюминия значение массы уменьшается в 1,5–2 раза.

Значения некоторых общих критериев, характерные для различных механических передач, приведены в табл. 3.1, 3.2.

Таблица 3.1

Значения общих критериев для передач вращения

Передача	Критерий		
	u	КПД	ω_{po}, $с^{-1}$
Зубчатая цилиндрическая	1–12,5 (1–6,3)	0,98	150–12 (150–23,8)
Цилиндрический двухступенчатый редуктор	6,3–63 (8–40)	0,96	23,8–2,38 (18,8–3,75)
Зубчатая коническая	1–5	0,97	150–30
Коническо-цилиндрический редуктор	10–40 (10–31,5)	0,95	15–3,75 (15–4,76)
Планетарная схемы 2*K*-*H*	3–9 (4–6)	0,97	50–16,7 (37,5–25)
Волновая	63–400 (80–315)	0,87–0,81	2,38–0,375 (1,88–0,476)

Передача	Критерий		
	u	КПД	$\omega_{ро}$, $с^{-1}$
Червячная	8–80 (10–32)	0,95–0,7	18,8–1,88 (15–4,69)

Примечания:

1. $\omega_{ро}$ — угловая скорость рабочего органа при угловой скорости вала двигателя 150 $с^{-1}$.
2. В скобках указаны диапазоны оптимальных значений.

Таблица 3.2

Значения общих критериев для вращательно-поступательных передач

Передача	Критерий		
	$u_{ВП}$, $м^{-1}$	КПД	$v_{ро}$, м/с
Реечная	10–200	0,96	15 (≤ 1,0)
Винт-гайка скольжения	150–3 000	≤ 0,7	1,6 (≤ 0,1)
Шарико-винтовая	150–3 000 (300–2 000)	0,9–0,95	3,0 (≤ 1,0)

Примечания:

1. $v_{ро}$ — максимальная скорость рабочего органа.
2. В скобках указаны диапазоны оптимальных значений.

По данным табл. 3.1 отметим, что многоступенчатые планетарные редукторы чаще всего образуются путем последовательного соединения передач схемы 2*К-Н*. В ряде случаев целесообразен синтез преобразователя движения в виде комбинации передач различных типов, как это уже было показано на примере червячно-цилиндрического редуктора.

Определение граничных значений критериев для оценки вращательно-поступательных передач затруднительно. В первую очередь это касается передачи ВГС (и вообще характерно для передач с интенсивным скольжением рабочих поверхностей). Величины КПД передач лежат в очень широких пределах. Значение КПД, приведенное в табл. 3.2, является максимальным, обычно же оно не превышает 0,5. То же можно сказать и о величине скорости рабочего органа. Оптимальное значение для передачи ВГС $v_{ро} \le 0{,}1$ м/с получено по наибольшему значению скорости относительного скольжения в винтовой паре $v_{ск} = 0{,}25$ м/с.

Диапазон оптимальных значений для ЩВП $v_{ро} \le 1{,}0$ м/с получен при допущении, что частота вращения винта $n_В \le 3\,000$ об/мин.

Оценка передач по общим критериям невозможна без знания их конструктивных и технологических особенностей.

Цилиндрическая зубчатая передача может быть выполнена с внешним либо с внутренним зацеплением. Передача с внутренним зацеплением имеет меньшие габариты, но конструктивно и технологически сложнее передачи с внешним зацеплением, поэтому ее применение должно быть обосновано.

Во всех случаях следует стремиться к использованию косозубых передач: они имеют меньшие габариты и способны обеспечивать окружные скорости до 30 м/с при незначительном технологическом усложнении.

Для получения наименьших габаритов двухступенчатого редуктора важно правильно распределить общее передаточное число между ступенями (табл. 3.3, 3.4). Значения общего передаточного числа u, а также передаточных чисел быстроходной ступени $u_Б$ и тихоходной ступени $u_Т$ даны в соответствии со стандартным рядом.

Таблица 3.3

Передаточные числа ступеней трехосных цилиндрических редукторов

u	10	12,5	14	16	18	20	22,4	25	28	31,5	≥ 35,5
$u_Б$	3,55	4	4,5	5	5,6		6,3	7,1		8	9
$u_Т$	2,8	3,15				3,55			4		≥ 4

Таблица 3.4

Передаточные числа ступеней соосных цилиндрических редукторов

u	10	12,5	14	16	18	20	22,4	25	28	31,5	35,5	≥ 40
$u_Б$	4,5	5	5,6		6,3	7,1		8	9		10	
$u_Т$	2,24	2,5		2,8			3,15			3,55		≥ 4

Следует отметить, что от ММ, как правило, требуется точное выполнение задания в части передаточного числа, и отступление от стандарта допустимо.

В силу особенностей технологии изготовления *конических передач* рекомендуется выполнять их с передаточными числами $u \leq 5$. Это ограничение, в свою очередь, приводит к необходимости уже при $u > 5$ использовать конические передачи в составе двухступенчатых, обычно коническо-цилиндрических, редукторов. Нагрузочная способность конических передач ниже (при равных массах), чем цилиндрических, поэтому конической делают быстроходную ступень.

Учитывая это обстоятельство, а также то, что ММ, как правило, характеризуются компактностью и малыми размерами, далее будут рассматриваться передачи с внешними конусными расстояниями 50 мм $\leq R_e \leq$ 100 мм.

Реечные передачи наряду с ВГС, ШВП и РВП используются для преобразования вращательного движения в поступательное и так же, как ШВП, для преобразования поступательного движения во вращательное.

Преимуществами реечной передачи по сравнению с передачей ВГС являются высокий КПД и менее интенсивный износ деталей, а по сравнению с ШВП — простота конструкции и низкая стоимость. Однако, как это видно из табл. 3.2, ее передаточное отношение на 1–2 порядка меньше, чем у винтовых передач. Следовательно, реечная передача по сравнению с ними более скоростная.

Червячные передачи обычно выполняют с передаточными числами $u \geq 8$. Достоинствами червячных передач являются возможность реализации в одной ступени большого передаточного числа, плавность и бесшумность работы, обеспечение самоторможения при числе витков червяка $z = 1$.

Необходимо учитывать и недостатки червячных передач: относительно низкий КПД (особенно при больших u), опасность перегрева, повышенный износ зубьев колеса.

На самоторможение червячной передачи можно рассчитывать в том случае, если нагрузка не имеет вибрационного характера.

Диапазон передаточных чисел *волновых зубчатых передач*: $80 \leq u \leq 400$.

Вследствие многопарности зацепления для этих передач характерны весьма малые значения кинематической погрешности и мертвого хода. При сравнительно малых габаритах и массе волновые передачи способны создавать на выходном звене крутящие моменты до 150 кН·м. На волновом принципе основаны механизмы для передачи вращения в герметично закрытое пространство. В настоящее время волновые передачи представляются весьма перспективными, область их использования интенсивно расширяется.

Есть, однако, у волновых передач и серьезные недостатки, главный из которых — сложность изготовления, а это значит — высокая стоимость. Кроме того, максимальная частота вращения генератора волн (т.е. быстроходного ва-

ла) с гибким подшипником ограничивается температурой нагрева и для диаметров гибких колес 50,8–203 мм равна 3 500 об/мин, а для диаметров 254–407 мм — 1 750 об/мин. В ряде случаев это приводит либо к необходимости перехода на другую, менее совершенную конструкцию генератора волн, либо вообще к отказу от применения волновой передачи. Следует также указать высокую чувствительность передачи к качеству смазки, так как мелкие зубья (применяются модули 0,3–1,25 мм) в условиях интенсивного скольжения при наличии абразивных частиц быстро изнашиваются.

Передачи ВГС предназначены в основном для преобразования вращательного движения в поступательное и лишь в редких случаях — поступательного во вращательное.

Конструкции передач просты и технологичны. Передачи работают плавно и бесшумно, имеют высокую надежность, способны обеспечивать микроперемещения, при однозаходной резьбе обладают свойством самоторможения.

Недостатки передач: низкий КПД (обычно не выше 0,5) и интенсивный износ вследствие трения скольжения между витками винта и гайки.

ШВП обладают такими положительными качествами, как высокий КПД (0,9–0,95), небольшой износ, высокая точность хода, возможность работы без смазки. Однако по сравнению с передачей ВГС они значительно сложнее по конструкции и дороже. К недостаткам их также относится невозможность самоторможения.

РВП характеризуются весьма высокой нагрузочной способностью, осевой жесткостью и неприхотливостью к условиям эксплуатации. Они позволяют достичь бóльших по сравнению с ШВП передаточных отношений, обеспечивают весьма высокую точность позиционирования и более компактны. Данные передачи самотормозящиеся.

Особенностью конструкции планетарных передач является многопоточность, заключающаяся в параллельной работе нескольких зубчатых пар. Распределение нагрузки по потокам позволяет уменьшить габариты и массу редуктора в целом.

Конструкции планетарных редукторов чрезвычайно многообразны. Среди них есть механизмы с весьма большими передаточными числами (до 10 000), например эксцентриково-планетарный редуктор. Однако чаще всего используется, как было сказано выше, передача по схеме 2*К-Н*.

Планетарные передачи обладают удобной для применения в ММ конструктивной особенностью: они соосные. Это облегчает компоновку модулей и уменьшает их габаритные размеры.

Недостатки планетарных передач по сравнению с обычными цилиндрическими: сложность конструкции, повышенные требования к точности изготовления и монтажа, существенное снижение КПД с увеличением передаточного числа.

Весьма перспективны передачи, по конструктивной схеме подобные эксцентриково-планетарной, но с другим, не эвольвентным, зацеплением (например, планетарно-цевочным), позволяющим обойтись меньшими числами зубьев в паре шестерня-колесо, а потому более простым в изготовлении.

Далее будут приведены методики расчета названных выше передач как преобразователей движения ММ.

3.2.2. Особенности расчета преобразователей движения мехатронных модулей

В расчетах преобразователей движения ММ имеется ряд отличий от расчетов передач общего назначения вследствие значительной разницы в требованиях, предъявляемых к этим категориям механизмов.

Рассматривая же требования, следует начать с такого фундаментального показателя, как стоимость изготовления.

Для передач общего назначения стоимость изготовления является одним из основных критериев выбора материалов и термообработки, технологии изготовления, средств и способов смазки и т.д., а размеры и масса отступают на второй план.

В передачах ММ, наоборот, выше ценятся компактность, малые габариты и масса, а стоимость имеет гораздо меньшее значение. Отсюда — изготовление деталей передач из высокопрочных сталей, а корпусов — из легких сплавов и композитов, применение новейших разработок в области конструирования и эксплуатации механизмов и т.п.

Как правило, в техническом задании на передачу общего назначения отсутствуют какие-либо требования к точности перемещения рабочего органа. Приводы, в состав которых входят эти передачи, либо вообще не предназначены для отработки точных перемещений, либо достаточная для выполнения поставленной задачи точность обеспечивается специальными устройствами, а передачи «от ответственности освобождаются». Исключение составляют ВГС, ШВП и РВП, поскольку сама конструкция их способствует перемещениям с повышенной точностью.

Для преобразователей движения ММ требование кинематической точности и ограничение мертвого хода вполне типичны. Зачастую ММ как раз и предназначен для совершения перемещений с высокой точностью. А это, в свою очередь, накладывает отпечаток на расчет и саму конструкцию передачи. Изменяется вид сопряжения зубчатых колес, назначается более высокая степень точности, принимаются конструктивные меры для устранения радиальных и осевых зазоров в подшипниковых опорах.

В большинстве случаев передачи общего назначения разрабатываются в расчете на тяжелый и весьма тяжелый режимы эксплуатации. Это обусловливает наименьшие значения допускаемых напряжений, а в итоге — наибольшие размеры деталей передач.

Передачи ММ работают в основном в повторно-кратковременных режимах (легком и среднем). Появляется возможность повышения напряжений, что в совокупности с высокими прочностными характеристиками материалов приводит к уменьшению размеров ответственных деталей. Снижается их жесткость, растут упругие деформации и связанный с ними мертвый ход. Поэтому при расчете передаточных механизмов ММ необходимо уделять больше внимания вопросам жесткости деталей.

Следует отметить такую особенность, как более скрупулезное приведение размеров деталей передачи ММ в соответствие с результатами расчетов. В качестве примера этого положения может быть приведен вал колеса зубчатой передачи.

Согласно принятой методике конструирования валов, диаметры участков вала назначают предварительно, а затем проверяют на усталостную прочность. Пусть при минимальном допускаемом запасе усталостной прочности $[s]_{min} = 1{,}6$ расчетный запас прочности в наиболее нагруженном сечении составил $s = 4$. Для передачи общего назначения результат считают удовлетворительным и размеры вала оставляют без изменений. Если же это передача ММ, к которому предъявляется жесткое требование минимизации массы, то необходимо решить вопрос о возможности приближения s к $[s]$ путем уменьшения диаметров ступенек.

Разумеется, далеко не к каждому преобразователю движения ММ предъявляется весь комплекс названных выше требований. В случае, если по техническому заданию ММ подобен механизму общего назначения, то и расчет его передач может быть произведен по соответствующей методике.

Методика разработки преобразователя движения ММ содержит следующие этапы:

– выбор типа преобразователя по общим и специальным критериям;

– проектный расчет передачи с целью определения ее основных конструктивных параметров;

– проверочный расчет передачи;

– эскизная компоновка преобразователя движения;

– конструирование валов и предварительный выбор подшипников;

– определение размеров элементов корпуса;

– разработка эскиза преобразователя движения;

– проверочные расчеты подшипников, валов, соединений;

– выбор способа смазки и смазочных материалов;

– разработка чертежно-конструкторской документации.

Ниже будут рассмотрены методики расчета различных передач.

3.2.3. Цилиндрические зубчатые передачи

Расчет одноступенчатой передачи и двухступенчатого редуктора основан на методике расчета передач общего назначения. При расчете передачи для ММ нужно учитывать следующие рекомендации:

– передача должна быть косозубой, если в техническом задании специально не оговорено изготовление прямозубой;

– твердость шестерни и колеса принимать либо ($HB_1 > 350$; $HB_2 > 350$), либо ($HB_1 > 350$; $HB_2 < 350$);

– в отличие от передач общего назначения, величину модуля m_n можно принимать меньше 1,5 мм из стандартного ряда, мм: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25;

– при определении u, a_w, b_1, b_2 требования технического задания имеют преимущество перед требованиями стандарта; например, если по конструкции ММ необходимо, чтобы a_w было равно 120 мм, следует принимать $a_w = 120$ мм, несмотря на расхождение со стандартом (ближайшее стандартное значение $a_w = 125$ мм);

– при проектировании двухступенчатого редуктора следует отдавать предпочтение соосной схеме, так как она повышает компактность ММ.

Обозначения: b_1 — ширина венца шестерни; b_2 — ширина венца колеса.

В остальном расчет следует выполнять по соответствующей литературе.

3.2.4. Конические зубчатые передачи

Расчет конических передач основан на методике расчета передач общего назначения.

Дополнительные рекомендации:

– при нереверсивном характере нагрузки передача должна иметь круговые зубья, при реверсивной нагрузке передача прямозубая;

– передаточное число $u \le 5$; при необходимости обеспечения $u > 5$ целесообразно перейти от одноступенчатой передачи к коническо-цилиндрическому редуктору и передаточные числа ступеней выбирать по табл. 3.5;

– твердость шестерни и колеса передачи с круговым зубом — см. п. 3.2.3;

– о величине модулей — см. п. 3.2.3.

Таблица 3.5

Рекомендуемые передаточные числа коническо-цилиндрического редуктора

Передаточное число редуктора u	8; 9	10; 11,2	12,5; 14	16	≥ 18
Передаточное числобыстроходной ступени $u_Б$	3,15	3,55	4	4,5	5
Примечание. В случае расхождения передаточного числа, определенного по техническому заданию, со стандартом преимущество имеет требование технического задания.					

3.2.5. Реечные передачи

3.2.5.1. *Исходные данные* (в соответствии с техническим заданием на ММ):

– вид передачи — прямозубая;

– номинальная нагрузка на выходном звене (сила на рейке F_t, Н);

– номинальная скорость выходного звена (линейная скорость рейки v, м/с);

– максимальное рабочее перемещение выходного звена (рейки H_2, мм);

– нагрузочная диаграмма (циклограмма);

– срок службы (долговечность) передачи;

– прочие (массогабаритные показатели, способ крепления, конфигурация корпуса и т.д.).

Для определенности принято, что ведущим звеном является шестерня.

На рис. 3.2 показаны прямозубые и косозубая реечные передачи различных размеров.

Рис. 3.2. Реечные передачи

3.2.5.2. *Кинематический расчет* начинается с предварительного определения диаметра делительной окружности шестерни d', мм, по формуле:

$$d' = 0,92\sqrt{F_t}. \tag{3.31}$$

Полученное значение округлить до целого.

3.2.5.3. *Проектный расчет* начинается с определения необходимых допускаемых контактных напряжений для материалов шестерни и рейки и выбора соответствующих марок сталей и способов упрочнения.

Необходимое допускаемое контактное напряжение для шестерни:

$$[\sigma_H] = \frac{487}{d'}\sqrt{\frac{F_t K_{H\beta}}{\psi_{bd}}}, \tag{3.32}$$

где $K_{H\beta}$ — коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине зуба (табл. 3.6); ψ_{bd} — коэффициент относительной ширины шестерни.

Величина ψ_{bd} определяется отношением $\psi_{bd} = b/d$, но для прямозубой передачи наименьшее значение делительного диаметра шестерни $d_{min} = 17m$, а наибольшая рекомендуемая ширина рейки $b_{max} = 10m$. Подстановка этих значений в указанное отношение дает наибольшую величину коэффициента ψ_{bd}: $\psi_{bdmax} = 10/17 \approx 0,59$.

Таблица 3.6

Значения коэффициентов $K_{H\beta}$, $K_{F\beta}$

Расположение шестерни относительно опор, тип опор	Твердость, *HB*	$K_{H\beta}$			$K_{F\beta}$		
		ψ_{bd}			ψ_{bd}		
		0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6
Консольное, шарикоподшипники	≤ 350	1,08	1,17	1,28	1,16	1,37	1,64
	> 350	1,22	1,44	–	1,33	1,7	–
Консольное, роликоподшипники	≤ 350	1,06	1,12	1,19	1,1	1,22	1,38
	> 350	1,1	1,25	1,45	1,2	1,44	1,71
Симметричное	≤ 350	1,01	1,02	1,03	1,01	1,03	1,05
	> 350			1,04	1,02	1,04	1,08
Несимметричное	≤ 350	1,03	1,05	1,07	1,05	1,1	1,17
	> 350	1,06	1,12	1,2	1,09	1,18	1,3

Затем определяют эквивалентное число циклов нагружения зуба шестерни контактными напряжениями по формуле:

$$N_{HE1} = 1{,}15 \cdot 10^6 \frac{CL_H}{d' t_{\text{ц}}} \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{F_{ti}}{F_t} \right)^3 v_i t_i, \qquad (3.33)$$

где C — число реек, находящихся в зацеплении с шестерней; L_h — заданная техническим заданием долговечность передачи, ч; $t_{\text{ц}}$ — длительность одного технологического цикла, с; F_{ti} — сила на рейке на i-м участке циклограммы нагружения; v_i — скорость рейки на i-м участке циклограммы, м/с; t_i — длительность i-го участка циклограммы, с; k — число участков циклограммы.

Находят коэффициент долговечности при расчете по контактным напряжениям:

$$K_{HL1} = \sqrt[3]{\frac{N_{H01}}{N_{HE1}}}, \qquad (3.34)$$

где N_{H01} — базовое число циклов изменения напряжений для материала шестерни (табл. 3.7), можно также использовать формулу $N_{H01} \approx HB_{\text{ср}}{}^3$.

Таблица 3.7

Базовые числа циклов N_{H0}, N_{F0} изменения напряжений, млн циклов

Твердость поверхности зубьев									
HB	200	250	300	350	400	450	500	550	600
HRC	20	25	33	36	42	47	52	56	59
N_{H0}	10	12,5	25	35	50	65	85	110	150
N_{F0}	4								

Для объемно упрочненных шестерен K_{HL1} = 1–2,6 при $HB \le 350$, для поверхностно упрочненных — K_{HL1} = 1–1,8 при $HB > 350$. Если $N_{HE1} > N_{H01}$, то принимают $K_{HL1} = 1$.

Определяют предел контактной выносливости зубьев шестерни:

$$\sigma_{H\lim b1} = [\sigma_H]_1 \frac{S_H}{K_{HL_1}}, \qquad (3.35)$$

где S_H — коэффициент безопасности (S_H = 1,1 — для объемно упрочненных зубьев; S_H = 1,2 — для поверхностно упрочненных зубьев).

После этого, используя зависимости σ_{Hlimb1} от средней твердости поверхности зуба (см. табл. 3.8), находят значение средней твердости и принимают соответствующие марку стали и термообработку по табл. 3.9.

Таблица 3.8

Пределы контактной и изгибной выносливости

Твердость зубьев, HB, HRC	Вид термообработки	Предел контактной выносливости $\sigma_{H\lim b}$, МПа	Предел изгибной выносливости $\sigma_{F\lim b}$, МПа
HB ≤ 350	Нормализация, улучшение	2HB + 70	1,8HB
HRC 35–45	Объемная закалка	18HRC + 150	550
HRC45–63	Закалка ТВЧ	17HRC + 200	550–650
HRC55–63	Цементация	23HRC	750
	Нитроцементация		750–1 000

Таблица 3.9

Механические характеристики сталей

Марка стали	Предел прочности $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Твердость[1]	Термообработка[2]
40	600	320	192–228	У
45	800–900	550	223–250 НВ	У
	850–950	600	236–263 НВ	
50Г	800	550	241–285 НВ	У
40Х	800–900	550	230–257 НВ	У
	850–950	600	243–271 НВ	
	900–1 000	700	257–285 НВ	
40НХ	850–950	600	250–280 НВ	У
	900–1 000	700	265–290 НВ	
20ХН3А	1 000	850	293–341 НВ	У
38ХА	900	800	269–321 НВ	У
37ХН3А	1 100	950	321–387 НВ	У
40ХНМА	1 100	950	293–375 НВ	У
45	1 000	750	38–42 HRC	ОЗ
50	620	340	48–52 HRC	ОЗ
45	600	340	53–55 HRC	ПЗ
40Х	1 000	850	52–56 HRC	ПЗ
40ХН	800	500	51–57 HRC	ПЗ
20Х	800	650	20–32 HRC 57–63 HRC	ЦМ, З
18ХГТ	1 150	950	332–375 НВ 56–62 HRC	ЦМ, З
12ХН3А	1 000	800	26–42 HRC 56–63 HRC	ЦМ, З
12ХН3А	1 000	850	260–400 НВ 58–63 HRC	ЦМ, З
12Х2Н4А	1 200	1 000	280–400 НВ 60–65 HRC	ЦМ, З
20Х2Н4А	1 400	1 200	300–400 НВ 60–65 HRC	ЦМ, З
38ХМЮА	1 000	850	30–34 HRC	А
40Х	900	650	60 HRC 48–56 HRC	Ц, З
40ХН	920	700	50–54 HRC	Ц, З

Примечания:

1. Числитель — твердость сердцевины, знаменатель — поверхности.
2. Обозначения: У — улучшение; ОЗ — объемная закалка; ПЗ — поверхностная закалка; ЦМ — цементация, Ц — цианирование; А — азотирование.

Согласно рекомендациям для зубчатых передач назначают марку стали и термообработку рейки. Целесообразно марку стали принимать ту же, что и для шестерни.

Вычисляют эквивалентное число циклов нагружения зуба рейки контактными напряжениями по формуле:

$$N_{HE2} = N_{HE1}\frac{\pi d'}{Cl}, \tag{3.36}$$

и коэффициент долговечности:

$$K_{HL2} = \sqrt[3]{\frac{N_{H02}}{N_{HE2}}}, \tag{3.37}$$

где N_{H02} — базовое число циклов изменения напряжений для материала рейки.

Затем определяют допускаемое контактное напряжение для рейки:

$$[\sigma_H]_2 = \sigma_{\lim b2}\frac{K_{HL2}}{S_H}, \tag{3.38}$$

где σ_{Hlimb2} — предел контактной выносливости зубьев рейки.

Меньшее из двух напряжений $[\sigma]_{H1}$ и $[\sigma]_{H2}$ является допускаемым контактным напряжением $[\sigma]_H$ для прямозубой реечной передачи.

Допускаемые напряжения изгиба $[\sigma_F]_1$ и $[\sigma_F]_2$ определяются так же, как для зубчатых передач.

Определение геометрических параметров передачи производят следующим образом.

Из условия прочности на изгиб определяют модуль зубьев:

$$m \geq \frac{6{,}6F_t}{\psi_{bd}d'[\sigma_F]_1}. \tag{3.39}$$

Полученное значение модуля округляют до ближайшего из стандартного ряда, мм: 1; 1,15; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6…, а затем находят число зубьев шестерни по формуле:

$$z_1 = \frac{d'}{m} \geq 17. \tag{3.40}$$

Число z_1 округляют до целого и уточняют делительный диаметр шестерни:

$$d = mz_1. \tag{3.41}$$

Диаметры вершин и впадин зубьев шестерни равны:

$$d_a = d + 2m; \tag{3.42}$$

$$d_f = d - 2,5m. \tag{3.43}$$

Используя найденную величину m, определяют число зубьев рейки:

$$z_2 = \frac{H_2}{\pi m}. \tag{3.44}$$

Полученное z_2 округляют до целого в большую сторону.

Ширина рейки:

$$b_2 = \psi_{bd} d, \text{ мм}; \tag{3.45}$$

ширина шестерни:

$$b = b_2 + 0,6\sqrt{b_2}, \text{ мм}, \tag{3.46}$$

с округлением b и b_2 до целых чисел.

Передаточное отношение реечной передачи:

$$u_{\text{ВП}} = \frac{\omega}{v} = \frac{2000}{d}, \text{ мм}^{-1}. \tag{3.47}$$

Максимальный угол поворота шестерни равен:

$$\varphi_1 = \frac{2H_2}{d}, \text{ рад.} \tag{3.48}$$

Угловая скорость шестерни:

$$\omega = u_{\text{ВП}} v,\ \text{с}^{-1}. \tag{3.49}$$

3.2.5.4. Далее выполняют *проверочные расчеты*.

Определяют *фактические контактные напряжения* по формуле:

$$\sigma_H = 484 Z_\varepsilon \sqrt{\frac{F_t K_{H\beta} K_{Hv}}{db_2}},\ \text{МПа}, \tag{3.50}$$

где Z_ε — коэффициент суммарной длины контактных линий; K_{Hv} — коэффициент динамической нагрузки.

Значение Z_ε вычисляют по формуле:

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}, \tag{3.51}$$

где ε_α — коэффициент торцевого перекрытия:

$$\varepsilon_\alpha = 1{,}88 - \frac{3{,}2}{z_1}. \tag{3.52}$$

Коэффициент K_{Hv} находят по табл. 3.10 в зависимости от скорости рейки v и степени точности передачи (см. табл. 3.15).

Таблица 3.10

Значения коэффициента K_{Hv}

Степень точности	Твердость зубьев*	Скорость рейки v, м/с					
		1	2	4	6	8	10
6	а	1,03	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28
	б	1,02	1,04	1,07	1,1	1,15	1,18

Степень точности	Твердость зубьев*	Скорость рейки v, м/с					
		1	2	4	6	8	10
7	а	1,04	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36
	б	1,03	1,05	1,09	1,14	1,19	1,24
Примечание. * Обозначение: а — шестерня и рейка нормализованные или улучшенные; шестерня закаленная, рейка нормализованная или улучшенная; б — шестерня и рейка закаленные							

Формула (3.50) справедлива для стальных деталей передачи.

Условие обеспечения контактной выносливости: $\sigma_H \le [\sigma_H]$. Допустимая недогрузка 5 %, перегрузка не допускается.

Проверку по *напряжениям изгиба* зуба шестерни выполняют по формуле:

$$\sigma_{F1} = 0,9 Y_{F1} \frac{F_t K_{F\beta} K_{Fv}}{b_2 m}, \text{ МПа}, \qquad (3.53)$$

где Y_{F1} — коэффициент формы зуба шестерни (табл. 3.11); K_{Fv} — коэффициент динамической нагрузки (табл. 3.12).

Таблица 3.11

Значения коэффициента Y_F

z	17	18	19	20	21	22	24	25	28	30
Y_F	4,3	4,25	4,18	4,13	4,1	4,08	4,03	3,97	3,9	3,87
z	32	35	40	45	50	60	80	100	150	рейка
Y_F	3,84	3,8	3,76	3,75	3,73		3,74	3,75	3,76	3,78

Условие обеспечения усталостной прочности зуба рейки по напряжениям изгиба:

$$\sigma_{F2} = 3,78 \frac{\sigma_{F1}}{Y_{F1}} \le [\sigma_F]_2. \qquad (3.54)$$

Условие *контактной прочности зубьев при кратковременной перегрузке* выражается формулой:

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_{\text{пик}}}{T_{\text{ном}}}},\ \text{МПа}, \qquad (3.55)$$

где $T_{\text{пик}}$ — кратковременный (пиковый) момент на шестерне, $T_{\text{ном}}$ — наибольший момент на шестерне по циклограмме нагружения, т.е. наибольший из моментов при нормально протекающем рабочем процессе.

В тех случаях, когда данных о $T_{\text{пик}}$ нет, в качестве $T_{\text{пик}} / T_{\text{ном}}$ принимают кратность максимального момента по технической характеристике двигателя.

Допускаемое максимальное контактное напряжение при объемной термообработке $[\sigma]_{H\max} = 2{,}8\sigma_T$ (σ_T — предел текучести материала зубьев), при поверхностной термообработке $[\sigma]_{H\max} = 40HRC_{\text{ср}}$ ($HRC_{\text{ср}}$ — среднее значение твердости в диапазоне для принятого вида упрочнения).

Таблица 3.12

Значения коэффициента K_{Fv}

Степень точности	Твердость зубьев*	1	2	4	6	8
6	а	1,06	1,13	1,26	1,4	1,53
	б	1,02	1,04	1,08	1,11	1,14
7	а	1,08	1,16	1,33	1,5	1,67
	б	1,03	1,05	1,09	1,13	1,17
Примечание. * Обозначение: а — шестерня и рейка нормализованные или улучшенные; шестерня закаленная, рейка нормализованная или улучшенная; б — шестерня и рейка закаленные						

Условие изгибной прочности зубьев шестерни и рейки *при кратковременной перегрузке:*

$$\sigma_{F\max 1,2} = \sigma_{F1,2} \frac{T_{\text{пик}}}{T_{\text{ном}}} \le [\sigma_{F\max}]_{1,2}, \qquad (3.56)$$

где $[\sigma]_{F\max 1,2}$ — допускаемое максимальное напряжение изгиба соответственно для шестерни и колеса (при твердости зубьев $HB \le 350$ $[\sigma]_{F\max} \approx 0{,}8\sigma_T$; при $HB > 350$ $[\sigma]_{F\max} \approx 0{,}6\sigma_B$; σ_B — предел прочности материала зубьев).

В тех случаях, когда рабочая нагрузка сжимает рейку, необходима ее *проверка на устойчивость*.

Предварительно задают форму опасного сечения рейки. Наиболее простым с точки зрения изготовления и хорошо поддающимся расчету является прямоугольное сечение.

Затем производят проверку сечения на прочность по напряжениям сжатия:

$$\sigma_c = \frac{F_t}{b_2 h_p} \le \frac{\sigma_{т2}}{[s]}, \tag{3.57}$$

где h_p — высота опасного сечения; $[s] = 2$ — коэффициент запаса прочности.

Определяют наименьший радиус инерции опасного сечения по формуле:

$$i_{min} = 0,289 h_p \tag{3.58}$$

и гибкость рейки:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{min}}, \tag{3.59}$$

где μ — коэффициент приведения длины стержня (табл. 3.13).

По величине λ и табл. 3.14 устанавливают коэффициент продольного изгиба φ и вычисляют допускаемое напряжение сжатия по условию устойчивости:

$$\sigma_y = \frac{\varphi \sigma_{т2}}{[s]}. \tag{3.60}$$

Таблица 3.13

Значение коэффициентов μ и ν

Схема закрепления рейки	μ	ν
	2	0,7
	1	2,2

Схема закрепления рейки	μ	ν
	0,7	3,4
	0,5	4,9

В том случае, если полученное по (3.57) напряжение сжатия не больше $[\sigma]_y$, т.е. $\sigma_c \le [\sigma]_y$, рейка проходит проверку на устойчивость. В противном случае необходимо увеличить размер h_p до h'_p:

$$h'_p = \frac{h_p \sigma_c}{[\sigma_y]}. \qquad (3.61)$$

Таблица 3.14

Значения коэффициента φ реек из сталей с $\sigma_{T2} \ge 320$ Мпа

λ	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
φ	0,95	0,87	0,79	0,65	0,43	0,3	0,23	0,19	0,15	0,13

Важным этапом проверочных расчетов является определение *кинематической погрешности* передачи и сравнение ее с предельно допустимой по техническому заданию.

В том случае, если нагрузка на рейку имеет реверсивный характер, то, кроме кинематической погрешности, необходимо найти *мертвый ход* передачи и сравнить его с предельно допустимым по техническому заданию.

3.2.6. Червячные передачи

Основа расчета — методика расчета передач общего назначения.

Дополнительные рекомендации:

– о величинах u, a_w — см. п. 3.2.3;

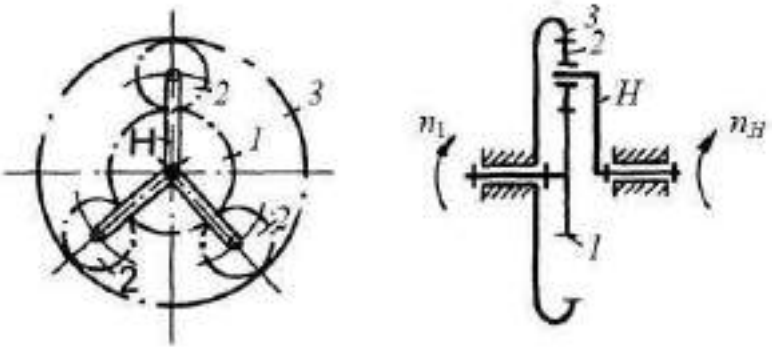
– о величинах модулей — см. п. 3.2.3;

– при необходимости обеспечения $u > 40$ целесообразно перейти от одноступенчатой передачи к червячно-цилиндрическому редуктору;

– при передаточном числе червячно-цилиндрического редуктора $u \le 50$ принимать передаточное число быстроходной ступени $u_Б = 8$; при $u > 50$ принимать передаточное число тихоходной ступени $u_Т = 6{,}3$.

3.2.7. Планетарные зубчатые передачи

3.2.7.1. Конструкции планетарных передач весьма многообразны. Простейшая планетарная передача (рис. 3.3) состоит из центрального солнечного зубчатого колеса *1* с наружными зубьями, центрального корончатого зубчатого колеса *3* с внутренними зубьями, сателлитов *2* с внешними зубьями, которые входят в зацепление одновременно с солнечным и корончатым колесами, и водила H, на котором расположены оси сателлитов.



а

б

Рис. 3.3. Планетарная передача схемы 2*К*-*Н*:
а — схема; *б* — внешний вид

При закрепленном корончатом колесе *3* ($\omega_3 = 0$) вращение солнечного колеса *1* с частотой вращения n_1 и угловой скоростью ω_1 вызывает вращение сателлитов *2* относительно собственных осей с угловой скоростью ω_2, что вызывает качение сателлитов по корончатому колесу и приводит к их перемещению по круговой орбите радиуса R_H, а следовательно, и водила *H* с частотой вращения n_H и угловой скоростью ω_H.

Сателлиты вращаются относительно водила со скоростью $\omega_2^H = \omega_2 - \omega_H$ и вместе с водилом совершают переносное движение. Их движения напоминают движения планет, поэтому передачу и называют планетарной.

Основными звеньями планетарной передачи являются те, которые воспринимают внешние моменты. Такими звеньями являются солнечные и корончатые колеса, т.е. два центральных колеса (2*K*) и водило *H*. Сокращенное обозначение такого планетарного механизма «2*K*-*H*».

Планетарный механизм 2*K*-*H* наиболее часто используется в ММ, так как имеет высокий КПД и технологичную конструкцию. Поэтому ниже будет дана методика расчета именно этой схемы.

Подробно и полно планетарные передачи рассмотрены в специальной литературе. Здесь же следует сказать о весьма перспективной конструкции — так называемом эксцентриково-планетарном механизме, вариантом которого является механизм с параллельными кривошипами (рис. 3.4).

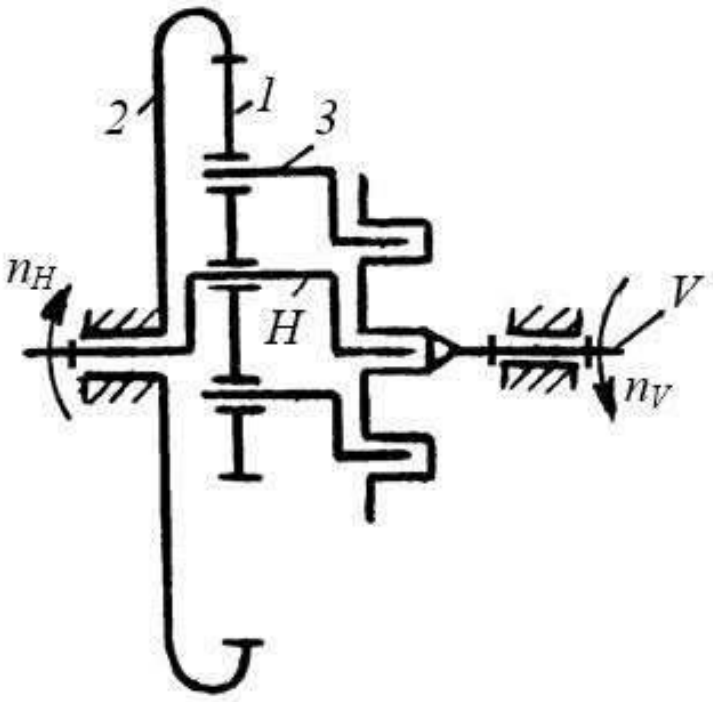


Рис. 3.4. Планетарный механизм
с параллельными кривошипами (схема *K*-*H*-*V*)

Планетарный механизм *K-H-V* имеет три основных звена: центральное колесо *2*, водило *H* и вал *V*. Водило представляет собой эксцентрик, на котором установлен сателлит *1*. Сателлит передает вращение на вал *V* кривошипами *3* — эксцентриками, эксцентриситет которых равен эксцентриситету водила.

За один оборот водила сателлит, совершая сложное плоское движение, поворачивается относительно своей оси на угол, соответствующий разности чисел зубьев центрального колеса и сателлита, в направлении, противоположном направлению вращения водила, т.е. передаточное число такого преобразователя движения равно:

$$u_{H-V}^{(2)} = -\frac{z_2}{z_2 - z_1}. \tag{3.62}$$

Для предотвращения заклинивания зубьев в зацеплении должно выполняться условие:

$$z_2 - z_1 \geq \begin{cases} 8 \text{ при } h_a^* = 1; \\ 7 \text{ при } h_a^* = 0{,}8, \end{cases} \tag{3.63}$$

где h_a^* — высота головки зуба.

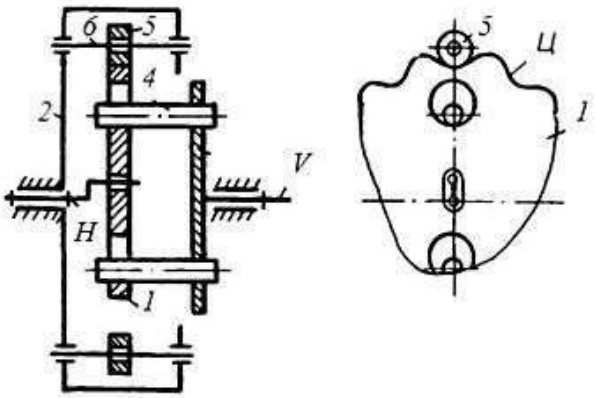
Очевидно, что при достаточно больших числах зубьев звеньев этой пары одна ступень передачи *K-H-V* может по передаточному числу заменить двухступенчатый цилиндрический редуктор.

Дальнейшие исследования в направлении уменьшения размеров и повышения технологичности изготовления передачи привели к появлению так называемого планетарно-цевочного редуктора (рис. 3.5), в котором вместо эвольвентного зацепления применяют цевочное.

Сателлит *1* имеет зубья, выполненные по циклоиде (Ц), и смонтирован на водиле *H*. Центральное колесо *2* содержит оси *6* с установленными на них с возможностью вращения цевками *5*, взаимодействующими с зубьями сателлита. Выходной вал *V* соединен с диском *3*, в отверстия которого с натягом вставлены пальцы *4*, входящие в отверстия сателлита. Пальцы, контактируя со стенками отверстий, выполняют функцию параллельных кривошипов в схеме по рис. 3.3.

Далее будет рассмотрена прямозубая планетарная передача, показанная на рис. 3.3.

3.2.7.2. Исходные данные — см. п. 3.2.5.



а

б

Рис. 3.5. Планетарно-цевочный редуктор схемы *К-Н-V*:
***а* — схема; *б* — в составе мотор-редуктора**

3.2.7.3. Целью кинематического расчета является определение чисел зубьев солнечного и корончатого колес и сателлита, обеспечивающих требуемое передаточное число, а также число сателлитов.

Передаточное число передачи 2*К-Н* равно:

$$u_{1-H}^{(3)} = 1 + \frac{z_3}{z_1}, \qquad (3.64)$$

где $u_{1-H}^{(3)}$ — переда очное число от солнечного колеса к водилу при неподвижном солнечном колесе.

Передаточное число данного механизма не должно превышать 8, в крайнем случае — 9. При необходимости обеспечения большего передаточного числа преобразователь движения выполняют многоступенчатым, причем каждая ступень представляет собой передачу по рис. 3.2.

Определение чисел зубьев колес планетарных передач производят обычно методом подбора, задаваясь числом зубьев солнечного колеса и обеспечивая при этом правильность зацепления. Число зубьев колес должно быть выбрано так, чтобы отсутствовали подрезание и заклинивание зубьев.

Следует задаться числом зубьев солнечного колеса, руководствуясь рекомендацией: для солнечного колеса, выполненного из стали нормализованной и улучшенной твердостью $HB \le 350$, – $z_1 \ge 24$; из стали закаленной ТВЧ твердостью $HRC \le 52$, – $z_1 \ge 21$; из стали цементованной твердостью $HRC \ge 52$, – $z_1 \ge 18$.

Минимальное число зубьев корончатого колеса:

$$z_{2\min} \ge \begin{cases} 85 \text{ при } h_a^* = 1; \\ 58 \text{ при } h_a^* = 0{,}8. \end{cases} \tag{3.65}$$

Задавшись z_1, предварительно находят z_3 по формуле:

$$z_3 = z_1 \left(u_{1\text{-}H}^{(3)} - 1 \right). \tag{3.66}$$

При подборе чисел зубьев колес необходимо учитывать условия *сборки*, *соосности* и *соседства сателлитов*.

Из условия соосности вычисляют число зубьев сателлита:

$$z_2 = \frac{z_3 - z_1}{2}. \tag{3.67}$$

Проверяют выполнение условия сборки:

$$\frac{z_3 + z_1}{C} = \gamma, \tag{3.68}$$

где C — число сателлитов (обычно $C = 3$); γ — целое число.

Выполнение условия соседства сателлитов выглядит следующим образом:

$$z_2 + 2 \le (z_1 + z_2) \cdot \sin\frac{\pi}{C}. \qquad (3.69)$$

При невыполнении какого-либо из условий изменяют числа зубьев колес на ± 1–3 зуба и добиваются выполнения условия. Следует иметь в виду, что числа зубьев колес z_1 и z_3 должны быть или только четные, или только нечетные.

После определения чисел зубьев находят фактическое передаточное число:

$$u = 1 + \frac{z_3}{z_1}. \qquad (3.70)$$

Вычисляют отклонение передаточного отношения:

$$\Delta u = \frac{\left|u - u_{1-H}^{(3)}\right|}{u_{1-H}^{(3)}} \cdot 100\% \le [\Delta u], \qquad (3.71)$$

где $[\Delta u]$ — допускаемое отклонение передаточного отношения, %, обычно принимают $[\Delta u] \le 4$ %.

При невыполнении этого условия необходимо число зубьев z_1 солнечного колеса уменьшить, снова найти числа зубьев всех остальных колес и провести проверку механизма по условиям соосности, сборки и соседства.

3.2.7.4. Выбор материалов планетарной зубчатой передачи производят по следующим рекомендациям.

Так как зуб солнечного колеса более часто входит в зацепление, чем зуб сателлита, то при твердости поверхности зубьев сателлита $HB \le 350$ твердость поверхности зубьев солнечного колеса назначают на 50–70 единиц выше, чем сателлита. При твердости поверхности зубьев сателлита $HB > 350$ твердости солнечного колеса и сателлита назначают одинаковыми. Характеристики сталей даны в табл. 3.9.

Для изготовления водил также используют стали. Корпуса планетарных передач ММ необходимо изготовлять из легких материалов и сплавов.

3.2.7.5. Допускаемые напряжения для зубьев пар центральное колесо — сателлит и сателлит — корончатое колесо определяют так же, как для передач общего назначения [14, 15].

3.2.7.6. Проектировочный расчет передачи начинают с определения межосевого расстояния пары солнечное колесо — сателлит по формуле:

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{H\beta} K_C}{[\sigma]_H^2 u^2 C \psi_{ba}}}, \text{ мм}, \tag{3.72}$$

где K_a — вспомогательный коэффициент (для прямозубых колес K_a = 490 МПа$^{1/3}$, для косозубых колес K_a = 430 МПа$^{1/3}$); u — передаточное отношение между солнечным колесом и сателлитом (отношение чисел зубьев большего колеса к числу зубьев меньшего); T_1 — вращающий момент на солнечном колесе, Н·м; $K_{H\beta}$ — см. табл. 3.6; K_C — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между сателлитами (при наличии механизма выравнивания нагрузки K_C = 1,1–1,2; при отсутствии — K_C = 1,5–2,0); C — число сателлитов; ψ_{ba} — коэффициент ширины зубчатого венца сателлита, равный отношению ширины его венца b_C к межосевому расстоянию:

$$\psi_{ba} = \frac{b_C}{a_w} \tag{3.73}$$

и принятый из ряда стандартных значений: 0,1; 0,105; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80 (желательно принимать ψ_{ba} = 0,4 для материалов колес твердостью НВ ≤ 350, ψ_{ba} = 0,315 при твердости HRC ≤ 50 и ψ_{ba} = 0,25 при твердости HRC > 50).

Затем находят делительный диаметр меньшего из колес пары солнечное колесо — сателлит. Пусть меньшее — сателлит, тогда:

$$d_C = \frac{2a_w}{u+1}. \tag{3.74}$$

Определяют модуль зубьев:

$$m = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_C}{z_C}. \tag{3.75}$$

Полученное значение модуля округляют до стандартного, уточняют значения делительных диаметров солнечного колеса, сателлита, корончатого колеса:

$$d_1 = mz_1;\ d_C = mz_C;\ d_K = mz_K, \tag{3.76}$$

а также межосевого расстояния:

$$a_w = \frac{d_1 + d_C}{2}. \tag{3.77}$$

Затем по известным формулам вычисляют диаметры окружностей вершин и впадин зубьев всех колес передачи.

Окружная скорость солнечного колеса, м/с:

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 10^3}, \tag{3.78}$$

где n_1 — частота вращения солнечного колеса, об/мин.

По значению окружной скорости назначают степень точности планетарной передачи (табл. 3.15).

Таблица 3.15

Степень точности зубчатых передач

Степень точности, не ниже	Окружная скорость зуба, не более, м/с		Назначение
	прямозубая	косозубая	
6	15	30	Высокоточные передачи, механизмы точной механики, мехатроники и робототехники
7	10	15	Скоростные передачи при умеренных нагрузках, высоконагруженные передачи при высоких скоростях
8	6	10	Передачи общего назначения в машиностроении, не требующие особой точности
9	2	4	Тихоходные передачи с пониженными требованиями к точности

Для мехатронных модулей рекомендуют 6 или 7 степени точности планетарных передач.

3.2.7.7. Проверку зубьев в паре солнечное колесо — сателлит на выносливость проводят по контактным напряжениям:

$$\sigma_H = \frac{1,09 \cdot 10^4}{a_w} z_\varepsilon \sqrt{\frac{T_1 (u+1)^3}{u b_C C} K_{H\beta} K_{Hv}} \le [\sigma_H], \tag{3.79}$$

где z_ε — определяют так же, как при расчете по (3.50); K_{Hv} — см. табл. 3.10.

Условие (3.79) считается выполненным, если:

$$0,9 \le \frac{\sigma_H}{[\sigma_H]} \le 1,05. \tag{3.80}$$

При невыполнении условия следует ввести поправку путем изменения ширины венца. Новое значение ширины:

$$b'_C = b_C \left(\frac{\sigma_H}{[\sigma_H]} \right)^2. \tag{3.81}$$

Полученную ширину округляют до ближайшей по ряду *Ra*40, после чего соответственно корректируют ширину венцов сопряженных деталей.

3.2.7.8. Проверочный расчет зубьев в паре солнечное колесо — сателлит на выносливость по напряжениям изгиба производят для того колеса, чье отношение $\frac{[\sigma_F]}{Y_F}$ меньше. Здесь Y_F — коэффициент формы зуба, его берут из табл. 3.11.

Условие усталостной прочности по напряжениям изгиба:

$$\sigma_F = \frac{2000 Y_F T_1 K_{F\beta} K_{Fv}}{bmdC} \le [\sigma_F], \tag{3.82}$$

где $K_{F\beta}$, K_{Fv} — указаны в табл. 3.6, 3.12.

Условие (3.82) считается выполненным, если:

$$\frac{\sigma_F}{[\sigma_F]} \le 1,05. \tag{3.83}$$

Проверочный расчет зубьев колес планетарных передач при перегрузках аналогичен такому же расчету реечной передачи.

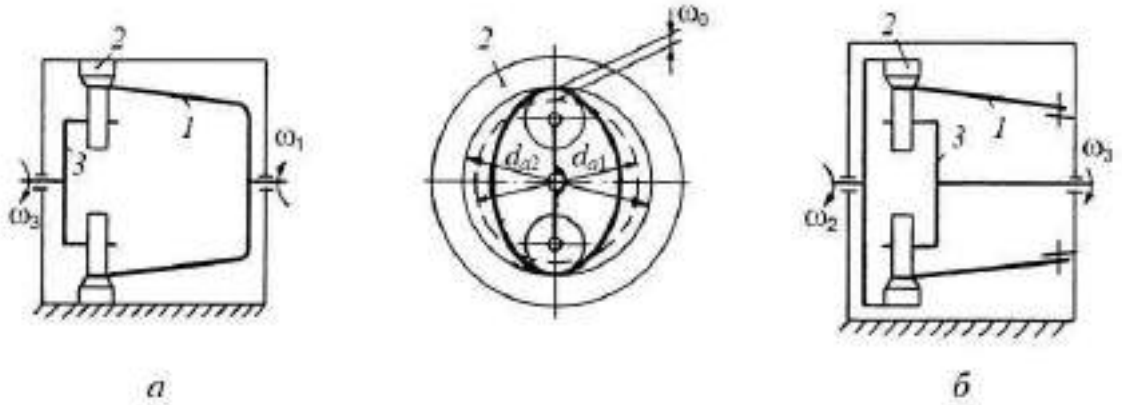
3.2.8. Волновые зубчатые передачи

3.2.8.1. Схема волновой передачи поясняется рис. 3.5, конструкция волнового редуктора с роликовым генератором волн показана на рис. 3.6. По своей сути волновая передача представляет собой планетарную, у которой одно из колес выполнено в виде гибкого венца.

Волновая зубчатая передача (рис. 3.5) состоит из гибкого колеса *1* с наружными зубьями, жесткого колеса *2* с внутренними зубьями и генератором волн *3*.

Наружный диаметр d_{a1} гибкого колеса в недеформированном состоянии меньше внутреннего диаметра d_{a2} жесткого колеса на величину:

$$d_{a2} - d_{a1} = 2\omega_0. \qquad (3.84)$$



а *б*

Рис. 3.6. Схема волновой зубчатой передачи:
а — ведомое гибкое колесо; *б* — ведомое жесткое колесо

3.2.8.2. Кинематический расчет волновой передачи заключается в подборе чисел зубьев гибкого и жесткого колес по принятому в соответствии с техническим заданием на ММ передаточному числу.

При неподвижном жестком зубчатом колесе *2* (рис. 3.6, *а*) передаточное число от вала генератора волн *3* к валу гибкого колеса *1* равно:

$$u_{3-1}^{(2)} = -\frac{n_3}{n_1} = -\frac{\omega_3}{\omega_1} = -\frac{z_1}{z_2 - z_1} = -\frac{z_1}{K_z \nu} = -\frac{d_1}{d_2 - d_1}. \qquad (3.85)$$

Знак минус указывает на разные направления вращения ведущего и ведомого звеньев.

Передаточное число от вала генератора волн *3* к валу жесткого колеса *2* при неподвижном гибком колесе *1* (рис. 3.6, *б*) равно:

$$u_{3-2}^{(1)} = \frac{n_Б}{n_Т} = \frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_2 - z_1} = \frac{z_2}{K_z \nu} = \frac{d_2}{d_2 - d_1}. \qquad (3.86)$$

В формулах (3.85), (3.86) $n_Б$, $n_Т$ — частоты вращения быстроходного и тихоходного валов; ω_1, ω_2, ω_3 — угловая скорость соответственно гибкого колеса, жесткого колеса и генератора волн; z_1, z_2 — число зубьев гибкого колеса и жесткого колеса; d_1, d_2 — диаметр делительной окружности гибкого колеса и жесткого колеса; ν — число волн деформации (ν = 1, 2, 3…, обычно ν = 2, реже 3); K_z — коэффициент кратности (обычно K_z = 1; при $u < 70$ K_z = 2; при $u < 45$ $K_z = 3$).

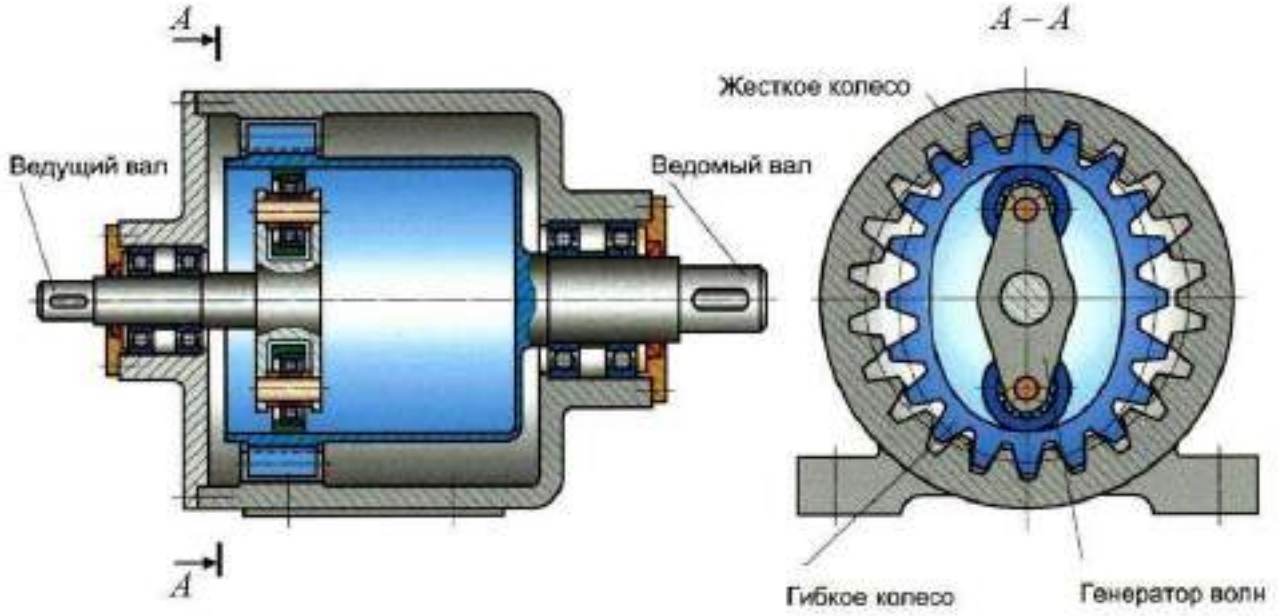


Рис. 3.7. Конструкция волнового редуктора
с роликовым генератором волн

3.2.8.3. В качестве материалов зубчатых колес (рис. 3.7), как правило, используют стали, которые после термообработки имеют твердость 220–330 *HB* (табл. 3.16). В отдельных случаях колеса изготовляют из бериллиевой бронзы БрБ2, пластмассы или композитного материала.

Таблица 3.16

Марки сталей для изготовления зубчатых колес волновых передач

Сталь	Твердость, *HB*	Предел выносливости σ_{-1}, МПа
40Х	280–300	500
40ХНМА	310–330	550
30ХГСА	300–320	530
38ХН3ВА	310–330	550
38ХМЮА	220–240	550
ШХ15	260–280	420
Х18Н10Т	220–240	350

3.2.8.4. Допускаемые напряжения смятия на боковых поверхностях зубьев определяют в виде:

$$[\sigma_{см}] = 15,7 K_u K_n K_{d1}, \text{ МПа}, \qquad (3.87)$$

где $K_u = \dfrac{u-20}{u}$ — коэффициент, зависящий от передаточного числа; $K_n = \dfrac{10}{\sqrt[3]{n_Б}}$ — коэффициент, зависящий от частоты вращения генератора волн (т.е. для понижающей передачи — от частоты быстроходного вала $n_Б$); K_{d1} — коэффициент, зависящий от делительного диаметра гибкого колеса d_1 (при $d_1 \le 130$ мм $K_{d1} = 1,25$; при $d_1 > 130$ мм $K_{d1} = 1$).

Для стальных зубчатых колес диапазон допускаемых напряжений составляет $[\sigma_{см}] = 10–20$ МПа, для пластмассовых — $[\sigma_{см}] = 3–5$ МПа.

3.2.8.5. Проектный расчет передачи состоит в определении геометрических параметров гибкого и жесткого колес из условия прочности зубьев на смятие.

Для выполнения расчета применяют упрощенные эмпирические зависимости. Они верны только для эвольвентных зубчатых колес, нарезанных стандартным инструментом с исходным контуром, имеющим угол зацепления $\alpha = 20°$, коэффициент высоты зуба $h_a^* = 1$, коэффициент радиального зазора $c^* = 0,25$ для модулей более 1 мм и $c^* = 0,35$ для модулей до 1 мм.

Исходными данными для расчета являются крутящий момент T_T, Н·м, на тихоходном валу передачи и частота вращения тихоходного вала.

Расчет начинают с определения делительного диаметра гибкого колеса d_1 из условия прочности зубьев на смятие, выраженного формулой:

$$\sigma_{см} = \frac{10^4 T_T K}{b d_1^2} \le [\sigma_{см}], \tag{3.88}$$

где T_T — в ньютонометрах; K — коэффициент режима работы передачи (при спокойной нагрузке с кратностью перегрузки $T_{max} / T \le 1{,}2$ $K = 1$; при умеренной динамической нагрузке с $T_{max} / T \le 1{,}6$ $K = 1{,}25$; при резко динамической нагрузке с $T_{max} / T \le 2{,}5$ $K = 1{,}75$); b — ширина зубчатого венца гибкого колеса, мм.

На рис. 3.8 показаны основные геометрические параметры передачи.

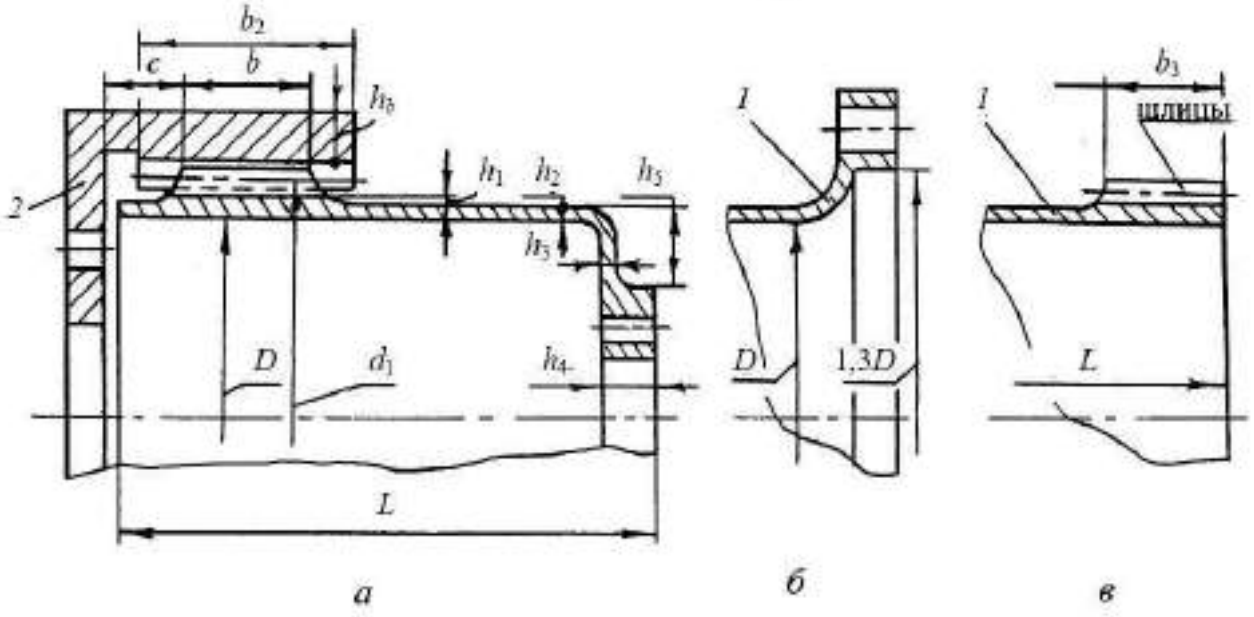


Рис. 3.8. Геометрические параметры волновой передачи:
а — типовая конструкция передачи; *б* — вариант исполнения фланца гибкого колеса; *в* — гибкое колесо со шлицами

Ширина зубчатого венца гибкого колеса равна:

$$b = \psi_{bd} d_1, \tag{3.89}$$

где ψ_{bd} — коэффициент ширины зубчатого венца (для силовых передач $\psi_{bd} = 0{,}15$–$0{,}20$; для малонагруженных кинематических передач $\psi_{bd} = 0{,}06$–$0{,}15$).

Подстановка значения ширины венца в условие прочности после преобразований дает значение делительного диаметра гибкого зубчатого колеса:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{10T_T K}{\psi_{bd}[\sigma_{см}]}}. \qquad (3.90)$$

При кулачковом генераторе волн делительный диаметр предварительно принимают равным внутреннему диаметру D гибкого колеса, который считают приблизительно равным наружному диаметру гибкого подшипника (табл. 3.17).

Таблица 3.17

Подшипники шариковые однорядные для волновых передач по ГОСТ23179

Обозначение подшипника	Размеры, мм					Число шариков	Предельная частота вращения, об/мин
	d	*D*	*B*	*r*	$d_Ш$		
806	30	42	7	0,5	3,969	21	3 000
808	40	52	8			23	
809	45	62	9		5,953	21	
812	60	80	13		7,144	23	
815	75	100	15	1,0	9,128	21	
818	90	120	18		11,113	23	
822	110	150	24		14,288	21	1 500
824	120	160				23	
830	150	200	30		19,050		
836	180	240	35	1,5	22,225		
844	220	300	45	2,5	28,575		
848	240	320	48				1 000
860	300	400	60		36,513		
862	310	420	70				
872	360	480	72	3,5	44,450		

Обозначения: *d* — внутренний диаметр подшипника; *D* — наружный диаметр подшипника; *B* — ширина подшипника; *r* — радиус скруглений кромок колец; $d_Ш$ — диаметр шариков

Число зубьев z_1 гибкого колеса определяют в зависимости от того, какое колесо вращается. При подвижном гибком колесе:

$$z_1 = uK_z\nu, \tag{3.91}$$

при подвижном жестком колесе:

$$z_1 = (u-1)K_z\nu. \tag{3.92}$$

Модуль зубьев равен:

$$m = \frac{d_1}{z_1}. \tag{3.93}$$

После вычисления его по (3.93) необходимо принять ближайшее стандартное значение, причем возможно использование модулей, мм: 0,2; 0,22; 0,28; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45.

Уточняют делительный диаметр гибкого колеса при дисковом генераторе волн:

$$d_1 = mz_1. \tag{3.94}$$

Находят передаточное число передачи в зависимости от того, какое колесо вращается. При подвижном гибком колесе:

$$u' = \frac{z_1}{K_z\nu}, \tag{3.95}$$

при подвижном жестком колесе:

$$u' = \frac{z_1}{K_z\nu} + 1. \tag{3.96}$$

Вычисляют отклонение передаточного числа от требуемого, %:

$$\Delta u = \frac{100|u - u'|}{u} \le [u], \tag{3.97}$$

где $[\Delta u]$ — допускаемое отклонение, %, передаточного числа от требуемого в соответствии с техническим заданием на ММ.

При невыполнении условия (3.97) необходимо изменить z_1 так, чтобы условие было выполнено, и затем скорректировать значение делительного диаметра гибкого зубчатого колеса.

Число зубьев жесткого колеса:

$$z_2 = z_1 + K_z \nu. \tag{3.98}$$

Толщина зубчатого венца стального гибкого колеса:

$$h_1 = (70 + 0,5u) m z_1 \cdot 10^{-4}, \text{ мм}. \tag{3.99}$$

Толщина оболочки гибкого колеса $h_2 = (0,5...0,8)h_1$.

Относительный боковой зазор между зубьями ненагруженной передачи:

$$\overline{j}_{\max} = \frac{j_{\max}}{m} = \frac{T_{\max} b}{d_1^2 h_2 G m} + 4 \cdot 10^{-4} (u - 60), \tag{3.100}$$

где $j_{\max}$ — необходимый боковой зазор между зубьями ненагруженной передачи, мм; G — модуль упругости второго рода для материала гибкого колеса (для стали $G = 8,1 \cdot 10^4$ МПа).

Относительное радиальное упругое деформирование гибкого колеса:

$$w_0^* = \frac{w_0}{m} = 0,89 + 8 \cdot 10^{-4} z_1 + 2 j_{\max}, \tag{3.101}$$

где w_0 — радиальное упругое деформирование гибкого колеса, мм.

Коэффициент смещения исходного контура зубьев гибкого колеса:

$$x_1 = \frac{1,35 - w_0}{0,85\sqrt[3]{z_1} - 0,04}. \quad (3.102)$$

Коэффициент смещения исходного контура зубьев жесткого колеса:

$$x_2 = x_1 + w_0^* - 1. \quad (3.103)$$

Относительная глубина захода зубьев:

$$h_d^* = \frac{h_d}{m} = 4w_0^* - (4,6 - 4w_0^*) \cdot 10^{-3} z_1 - 2,48, \quad (3.104)$$

где h_d — глубина захода зубьев, мм.

Диаметр окружности впадин зубьев гибкого колеса:

$$d_{f1} = m(z_1 - 2h_d^* - 2c^* + 2x_1). \quad (3.105)$$

Диаметр окружности вершин зубьев гибкого колеса:

$$d_{a1} = d_{f1} + 2m(h_d^* + c^*). \quad (3.106)$$

Диаметр окружности вершин зубьев жесткого колеса:

$$d_{a2} = d_{a1} - 2m(h_d^* - w_0^*). \quad (3.107)$$

Диаметр окружности впадин зубьев жесткого колеса:

$$d_{f2} = d_{a1} + 2m(0,15 + w_0^*). \quad (3.108)$$

Для гибкого колеса передачи с кулачковым генератором волн уточняют значение толщины венца по формуле:

$$h_1 = 0,5(d_{f1} - D). \quad (3.109)$$

Длина гибкого колеса с дном (см. рис. 3.8, *а*) $L = 0{,}8D$, со шлицами (рис. 3.8, *в*) $L = 0{,}7D$.

Параметры остальных частей гибкого колеса: $h_3 = (0{,}7–1)h_2$; $h_4 = 2h_1$; $h_5 \geq 0{,}16D$; $c = 0{,}2b$.

Ширина зубчатого венца жесткого колеса:

$$b_2 = b + 0{,}6\sqrt{b}. \qquad (3.110)$$

Длина шлицев $b_3 = 0{,}5b$.

Определяют основные геометрические параметры генератора волн.

Геометрию кулачкового генератора (рис. 3.9) определяет радиус-вектор ρ поперечного сечения.

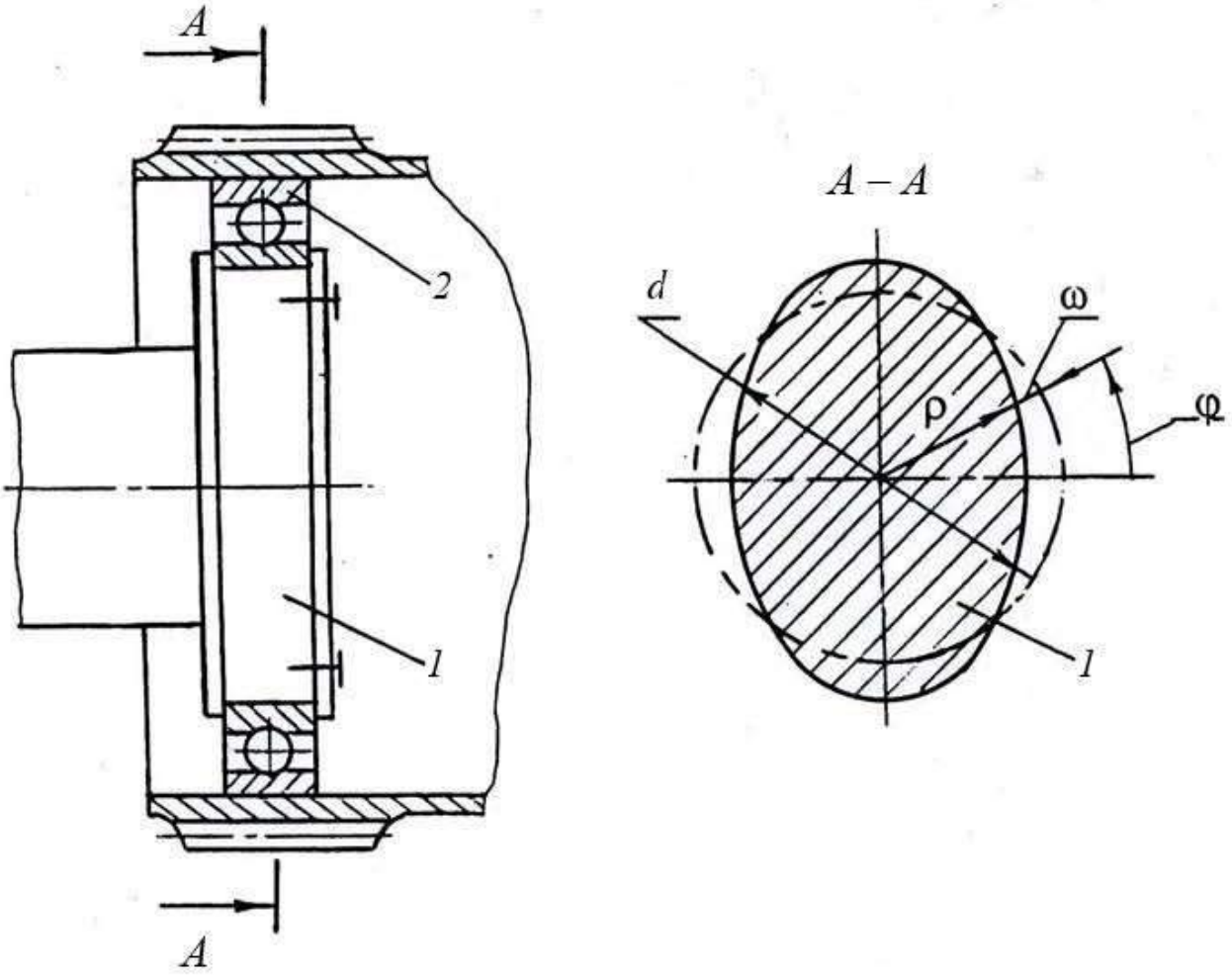


Рис. 3.9. Кулачковый генератор волн:
1 — кулачок; *2* — гибкий подшипник

Радиус-вектор кулачка в каждой четверти:

$$\rho = 0,5d_{\text{П}} + WmK_{\alpha}, \tag{3.111}$$

где $d_{\text{П}}$ — внутренний диаметр гибкого подшипника; W — коэффициент радиальной деформации (табл. 3.18); K_{α} — коэффициент, зависящий от угла зацепления α ($K_{\alpha} = 1$ для $\alpha = 20°$; $K_{\alpha} = 0,89$ для $\alpha = 30°$).

Таблица 3.18

Значения коэффициента *W*

Угол φ	0	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
W	–1,25	–1,13	–0,91	–0,56	–0,15	0,26	0,57	0,76	0,87	0,9

Срок службы стандартных гибких подшипников составляет 10 000 ч, допускаются кратковременные двукратные перегрузки.

Эксцентриситет дискового генератора волн (рис. 3.10):

$$e = 3,4w_0^* m. \tag{3.112}$$

Диаметр дисков:

$$D_{\partial} = D + 2w_1 - 2e, \tag{3.113}$$

где w_1 — максимальная упругая деформация гибкого колеса с учетом податливости генератора волн и жесткого колеса, а также отклонений размеров от номинальных при изготовлении.

Значение w_1 определяют по формуле:

$$w_1 = w_0^* m(0,97 + 0,025\sqrt{\sigma_{\text{см}}}), \text{ мм}. \tag{3.114}$$

3.2.8.6. Проверочные расчеты начинаются с проверки гибкого колеса на выносливость.

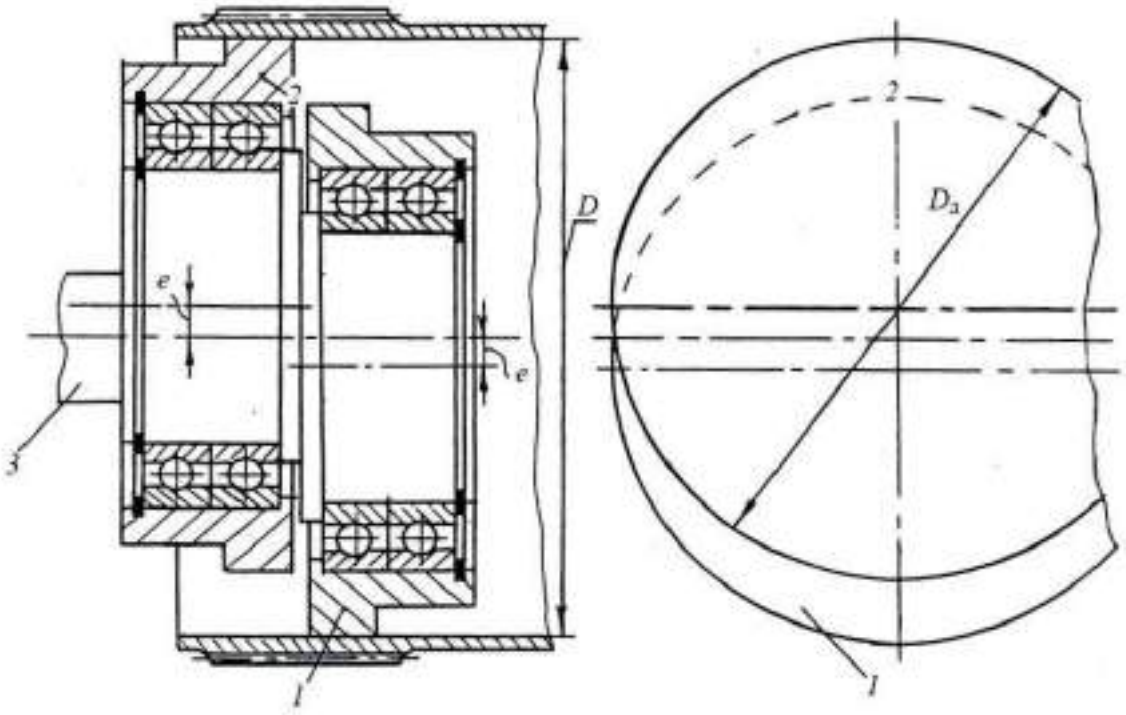


Рис. 3.10. Дисковый генератор волн:
1, 2 — диски; *3* — эксцентриковый вал

Определяют запас усталостной прочности гибкого колеса по формуле:

$$s = \frac{0,28\sigma_{-1}\mu d_1}{K_d K_\sigma w_0^* E h_1 \sqrt{1+0,15\left(\frac{d_1}{L}+\frac{T_1 u}{w_0^* d_1 E h_1^2}\right)^2}}, \qquad (3.115)$$

где E — модуль упругости первого рода материала гибкого колеса (для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа); σ_{-1} — предел выносливости материала гибкого колеса (см. табл. 3.16); K_d — коэффициент увеличения напряжения от сил в зацеплении; K_σ — эффективный коэффициент концентрации напряжений у основания зуба.

Условие обеспечения необходимой выносливости гибкого колеса:

$$s \geq [s], \qquad (3.116)$$

где $[s] = 1,2$ — минимальный допускаемый запас усталостной прочности.

Величину коэффициента K_d определяют по формуле:

$$K_d = 1 + 2,2 \cdot 10^{-8} \frac{T_1}{d_1 h_1^2}, \qquad (3.117)$$

а коэффициента K_σ — по формуле:

$$K_\sigma = 1 + 0{,}05 \frac{\sqrt{\frac{(h_a^* + c^*)md}{R_{\min} h_1}}(R_{\min} + 0{,}01)}{R_{\min} + 0{,}02}, \qquad (3.118)$$

где $R_{\min}$ — минимальный радиус переходной поверхности:

$$R_{\min} = \frac{m(h_a^* + c^* - x_1 - \rho^*)}{h_a^* + c^* - x_1 - \rho^* + 0{,}5 z_1} + m\rho^*. \qquad (3.119)$$

Значения входящих в (3.119) величин: $c^* = 0{,}25$ и $\rho^* = 0{,}4$ при $m > 1$ мм; $c^* = 0{,}35$ и $\rho^* = 0{,}4$ при $m = 1$–$0{,}5$ мм; $c^* = 0{,}5$ и $\rho^* = 0{,}33$ при $m < 0{,}5$ мм.

Вероятность P неразрушения гибкого зубчатого колеса в зависимости от коэффициента запаса усталостной прочности приведена в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Вероятность *P* неразрушения гибкого зубчатого колеса и коэффициент K_L вероятности неразрушения гибкого подшипника

s	**1,8**	**1,7**	**1,6**	**1,55**	**1,5**	**1,45**	**1,4**	**1,3**	**1,2**
P, %	99,8	99,6	99	98,5	97,8	96,7	95,1	90	87
K_L	0,5	0,6	0,66	0,69	0,73	0,8	0,9	1	

Уточняют КПД передачи. Потери в волновой передаче складываются из потерь в зацеплении и потерь при вращении генератора волн. Сопротивлением подшипников быстроходного и тихоходного валов пренебрегают. В этом случае КПД равен:

$$\eta = \frac{1}{1 + 1{,}11 \frac{\nu f_1}{\cos^2 \alpha} + 0{,}3 f_2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho')}, \qquad (3.120)$$

где f_1 = 0,03–0,05 — коэффициент, учитывающий трение в зубчатом зацеплении; f_2 = 0,0015–0,003 — условный коэффициент, учитывающий трение во всех элементах генератора волн; $\rho' = \operatorname{arctg} f_1$ — приведенный угол трения.

После уточнения КПД выполняют *тепловой расчет* передачи. В процессе работы редуктор нагревается. Температуру масла и внутренней поверхности корпуса редуктора определяют по формуле:

$$t_м = \frac{P_Б K_t (1-\eta)}{K_T A} + 20,\ °C, \qquad (3.121)$$

где $P_Б$ — мощность на быстроходном валу, Вт; $K_t = t_р / t_ц$ — коэффициент продолжительности работы редуктора ($t_р$ — время работы редуктора в течение цикла; $t_ц$ — длительность цикла); K_T — коэффициент теплоотдачи (при естественном охлаждении K_T = 8–15 Вт/(м^2·°С); при охлаждении с помощью вентилятора K_T = 18–24 Вт/(м^2·°С)); $A = (8–10)d_1^2$ — поверхность охлаждения редуктора, м^2.

Затем проверяют выполнение условия:

$$t_м \geq [t_м], \qquad (3.122)$$

где $[t_м]$ — допускаемая температура ($[t_м]$ = 85–90 °С — для минеральных масел по ГОСТ 20799; $[t_м]$ = 100–120 °С — для авиационных масел.

3.2.9. Передачи винт-гайка скольжения

3.2.9.1. Исходные данные:

– номинальная нагрузка на гайке F_a, Н;

– номинальная скорость гайки v, м/с;

– максимальное рабочее перемещение гайки s, мм;

– срок службы (долговечность) передачи;

– прочие (массогабаритные показатели, способ крепления, конфигурация корпуса и т.д.).

Для определенности принято, что ВГС осуществляет преобразование вращательного движения в поступательное, ведущим звеном является винт.

3.2.9.2. Кинематический расчет ВГС не может быть выполнен без конкретного значения диаметра вала. Поэтому следует определить расчетный средний диаметр резьбы вала по критерию износостойкости, используя формулу:

$$d_2 \geq K_{\text{Р}} \sqrt{\frac{F_a}{\gamma [q]}}, \qquad (3.123)$$

где $K_{\text{Р}} = \sqrt{\frac{p}{\pi h}}$ — коэффициент, зависящий от типа резьбы (для трапецеидальной и прямоугольной резьб $K_{\text{р}}$= 0,8; для упорной резьбы $K_{\text{Р}}$ = 0,65); h — высота резьбового выступа; p — шаг резьбы; γ = 1,2–3,5 — коэффициент высоты гайки; $[q]$ — допускаемое давление между рабочими поверхностями резьбы винта и гайки (в паре сталь — чугун $[q]$ = 5–6 МПа; в паре сталь — бронза $[q]$ = 9–11 МПа).

Затем по стандартам на резьбы и расчетному значению среднего диаметра подбирают резьбу, у которой d_2 равен или больше расчетного, и далее наружный d и внутренний d_1 диаметры. В табл. 3.20 приведена выдержка из стандарта на трапецеидальную резьбу [16].

Таблица 3.20

Параметры трапецеидальной резьбы, мм

p	d_2	d_1	d	p	d_2	d_1	d	p	d_2	d_1	d
2	7	6	8	3	8,5	7	10	4	14	12	16
	9	8	10		10,5	9	12		16	14	18
	11	10	12		12,5	11	14		18	16	20
	13	11	14		28,5	27	30		63	61	65
	15	14	16		30,5	29	32		68	66	70
	17	16	18		32,5	31	34		73	71	75
p	d_2	d_1	d	p	d_2	d_1	d	p	d_2	d_1	d
5	19,5	17	22	6	27	24	30	8	20	16	24
	21,5	19	24		29	26	32		24	20	28
	23,5	21	26		31	28	34		40	36	44
	25,5	23	28		33	30	36		44	40	48
	82,5	80	85		35	32	38		48	44	52
	87,5	85	90		37	34	40		56	52	60

Определяют необходимую угловую скорость винта:

$$\omega = \frac{2000\pi v}{pK}, \tag{3.124}$$

где K — число заходов резьбы; обычно ВГС выполняют однозаходными, и $K = 1$, но при необходимости в преобразователях движения ММ могут применяться и многозаходные резьбы.

В заключение кинематического расчета вычисляют угол подъема винтовой линии:

$$\psi = \operatorname{arctg}\frac{pK}{\pi d_2}. \tag{3.125}$$

3.2.9.2. Характерной особенностью передачи ВГС является то, что ее кинематический расчет включает в себя значительную часть проектировочного расчета. Кроме уже полученных параметров резьбы, находят крутящий момент на винте:

$$T = F_a d_2 \frac{\operatorname{tg}(\psi + \rho')}{2}, \tag{3.126}$$

где ρ' — приведенный угол трения в резьбе:

$$\rho' = \operatorname{arctg}\frac{f}{\cos\frac{\alpha}{2}}; \tag{3.127}$$

f — коэффициент трения скольжения в резьбе (в зависимости от материала гайки $f = 0{,}1$–$0{,}2$); α — угол профиля резьбы (для трапецеидальной резьбы $\alpha = 30^\circ$, для упорной — $\alpha/2 = 3^\circ$, для прямоугольной — $\alpha = 0$).

В том случае, если $\psi < \rho'$, передача является самотормозящейся.

Дополнительно вычисляют КПД винтовой пары:

$$\eta_{вп} = \frac{\operatorname{tg}\psi}{\operatorname{tg}(\psi + \rho')}. \tag{3.128}$$

Практически КПД ВГС лежит в пределах $\eta_{вп} = 0{,}25$–$0{,}5$.

Высоту гайки определяют по формуле:

$$H = \gamma d_2, \tag{3.129}$$

с округлением полученного значения по ГОСТ 6636-69.

Число витков резьбы в гайке:

$$z = \frac{H}{p}. \tag{3.130}$$

Наружный диаметр D гайки принимают в зависимости от ее материала: $D \approx 1{,}5d$ — для чугунной; $D \approx 1{,}3d$ — для бронзовой.

Диаметр и высота упорного бурта гайки равны: $D_1 = 1{,}3D$; $a = (0{,}2\text{–}0{,}3)D$.

3.2.9.3. Проверочные расчеты содержат проверку винта и конструктивных элементов гайки.

Условие прочности винта:

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le [\sigma], \tag{3.131}$$

где $\sigma_{экв}$ — эквивалентное напряжение в опасном сечении винта; σ — нормальное напряжение:

$$\sigma = \frac{4F_a}{\pi d_1^2}; \tag{3.132}$$

τ — касательное напряжение:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d_1^3}; \tag{3.133}$$

$[\sigma]$ — допускаемое нормальное напряжение для материала винта.

Проверку винта на устойчивость производят в том случае, если рабочая нагрузка — сжимающая. Определяют радиус инерции поперечного сечения винта, который для круглого сечения равен $i = 0{,}25d_1$, затем по (3.59)

находят значение гибкости λ, а по табл. 3.14 — коэффициент φ. Вычисляют допускаемые по условию устойчивости нормальное напряжение и силу сжатия:

$$[\sigma_y] = \varphi[\sigma], \tag{3.134}$$

$$[F_a] = \frac{\pi d_1^2 [\sigma_y]}{4}. \tag{3.135}$$

Устойчивость винта обеспечивается, если $F_a \le [F_a]$.

Кроме того, винты, у которых $\lambda \ge 100$, проверяют *по критической частоте вращения*. Критическая частота вращения, об/мин, — меньшая из полученных по формулам:

$$n_{кр} = 5 \cdot 10^7 \frac{\nu d_1 k}{l^2}; \tag{3.136}$$

$$n_{кр} = \frac{8 \cdot 10^4}{d_1}, \tag{3.137}$$

где ν — коэффициент, зависящий от способа закрепления винта (см. табл. 3.13).

Винт проходит по этому условию, если частота вращения винта не больше критической, т.е.:

$$n = \frac{30\omega}{\pi} \le n_{кр}, \text{ об/мин.} \tag{3.138}$$

Витки резьбы гайки проверяют на изгиб:

$$\sigma_и = \frac{K_и F_a}{dH} \le [\sigma_и], \tag{3.139}$$

где $K_и$ — коэффициент типа резьбы (для трапецеидальной резьбы $K_и = 1{,}3$; для упорной — $K_и = 1{,}5$; для прямоугольной — $K_и = 1{,}9$); $[\sigma_и]$ — допускаемое напряжение изгиба (для чугунных гаек $[\sigma_и] = 25$ МПа; для бронзовых — $[\sigma_и] = 40$ МПа).

Тело гайки проверяют по нормальным напряжениям:

$$\sigma_г = \frac{5,2F_a}{\pi(D^2 - d^2)} \le [\sigma_г], \qquad (3.140)$$

где $[\sigma_г]$ — допускаемое нормальное напряжение для материала гайки; для чугунных гаек $[\sigma_г] = 20$ МПа; для бронзовых — $[\sigma_г] = 40$ МПа.

Бурт гайки проверяют на изгиб и смятие:

$$\sigma_и = \frac{3F_a(D_1 - D)}{\pi D a^2} \le [\sigma_и]; \qquad (3.141)$$

$$\sigma_{см} = \frac{4F_a}{\pi(D_1^2 - D^2)} \le [\sigma_{см}], \qquad (3.142)$$

где $[\sigma_{см}] = 60$ МПа — допускаемое напряжение смятия.

3.2.10. Шарико-винтовые передачи

3.2.10.1. Исходные данные:

– номинальная нагрузка на гайке F_a, Н;

– номинальная скорость гайки v, м/с;

– максимальное рабочее перемещение гайки s, мм;

– нагрузочная диаграмма (циклограмма);

– срок службы (долговечность) передачи;

– прочие (массогабаритные показатели, способ крепления, конфигурация корпуса и т.д.).

Для определенности принято, что ШВП осуществляет преобразование вращательного движения в поступательное, ведущим звеном является винт. Внешний вид ШВП показан на рис. 3.11.

В настоящее время ряд фирм как российских, так и зарубежных освоили серийный выпуск ШВП, поэтому проектирование преобразователя можно свести к подбору имеющегося в продаже типоразмера. В табл. 3.21 приведены данные по ШВП компании *HIWIN Lineartechnoloqie*.

Рис. 3.11. Шарико-винтовая передача

Таблица 3.21

Параметры ШВП *HIWIN Lineartechnoloqie* (резьба накатанная)

Обозначение	*d*, мм	d_3, мм	*p*, мм	C_a, кН	C_{0a}, кН	Осевой зазор, мм
R16-05T3-FSIDIN	16	12,8	5	7,32	12,47	0,04
R16-10T4-FSIDIN			10	6,23	11,00	
R20-05T3-FSIDIN	20	16,9	5	11,56	24,00	
R20-10K3-FSCDIN		17,3	10	10,0	23,5	
R20-20K2-FSCDIN		17,0	20	6,8	15,3	
R25-05T4-FSIDIN	25	22,3	5	12,40	32,96	
R25-10T3-FSIDIN		21,2	10	16,5	32,7	
R25-25K2-FSCDIN		22,9	25	7,5	19,3	
R32-05T6-FSIDIN	32	29,1	5	20,56	64,70	
R32-10T4-FSIDIN		27,7	10	38,5	65,0	
R32-20K3-FSCDIN		28,7	20	17,0	48,5	
R32-32K2-FSCDIN			32	11,6	31,8	
R40-05T6-FSIDIN	40	36,7	5	23,36	80,30	
R40-10K4-FSCDIN		32,9	10	45,0	123,0	

Обозначение	d, мм	d_3, мм	p, мм	C_a, кН	C_{0a}, кН	Осевой зазор, мм
*R*40-20*K*3-*FSCDIN*			20	34,85	90,00	0,07
*R*40-40*K*2-*FSCDIN*			40	23,0	58,4	
*R*50-05*T*6-*FSIDIN*	50	46,8	5	25,32	104,20	
*R*50-10*K*6-*FSCDIN*		44,9	10	74,5	250,0	
*R*50-20*K*5-*FSCDIN*		45,5	20	62,0	208,0	
*R*50-40*K*3-*FSCDIN*		45,0	40	39,0	123,0	
Обозначения: C_a — динамическая грузоподъемность; C_{a0} — статическая грузоподъемность						

3.2.10.2. Начало проектировочного расчета состоит в ориентировочном определении внутреннего диаметра резьбы винта d_3 из условия прочности (3.131). Для этого необходимо оценить величину крутящего момента T, что, в свою очередь, требует знания угла подъема ψ_0 винтовой линии на номинальном диаметре d_0. Удобно воспользоваться следующими соотношениями, используемыми при выполнении ШВП:

$$\begin{aligned} D_w &= 0,6p; \\ d_3 &= \frac{D_w}{K_ш}; \\ d_3 &= d_0 - 1,012D_w, \end{aligned} \qquad (3.143)$$

где D_w — диаметр шарика; p — шаг резьбы (аналогично ВГС); $K_ш$ = 0,1–0,35 — коэффициент диаметра шариков.

Из выражений (3.143) следует, что:

$$d_0 \approx 0,607p\left(\frac{1}{K_ш}+1\right), \qquad (3.144)$$

формула угла подъема винтовой линии (3.125) в результате подстановки уравнения (3.144) принимает вид:

$$\psi_0 = \operatorname{arctg}\frac{1,65K}{\pi\left(\frac{1}{K_ш}+1\right)}. \qquad (3.145)$$

Для K = 1 диапазон углов подъема ψ_0 = 2,73°–7,75°; для K = 2 – ψ_0 = = 5,45°–15,23°.

Вращающий момент на винте при отсутствии натяга, Н·мм:

$$T = F_a \frac{d_0}{2} \cdot \mathrm{tg}\left(\psi_0 + \rho_к\right), \tag{3.146}$$

где $\rho_к$ — приведенный угол трения качения, определяемый по формуле:

$$\rho_к = \mathrm{arctg} \frac{2 f_к}{D_w \sin\beta}, \tag{3.147}$$

в которой $f_к$ = 0,007–0,01 мм — приведенный коэффициент трения качения; β — угол контакта шарика со стенками канавок, при расчете принимают β = 45°.

Пусть ψ_0 = 15,338° и $\rho_к << \psi_0$. Тогда:

$$T \approx F_a \frac{d_0}{2} \mathrm{tg}15{,}23° = 0{,}136 F_a d_0, \tag{3.148}$$

а нормальное σ и касательное τ напряжения в опасном сечении винта:

$$\sigma = \frac{4F_a}{\pi d_3^2}; \tag{3.149}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 0{,}136 F_a d_0}{\pi d_1^3} = \frac{2{,}18 F_a d_0}{\pi d_3^3}. \tag{3.150}$$

Из соотношений (3.143) и (3.144) следует, что для ШВП с $K_ш$ = 0,35:

$$\begin{aligned} d_3 &= 1{,}71p; \\ d_0 &= 2{,}32p, \end{aligned} \tag{3.151}$$

следовательно, $\frac{d_0}{d_3} = 1{,}35$, и:

$$\tau = \frac{2{,}94 F_a}{\pi d_3^2}. \tag{3.152}$$

Подстановка соотношений (3.149) и (3.152) в условие (3.131) после преобразований позволяет получить нижнюю границу диаметра d_3, мм:

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{6,48F_a}{\pi[\sigma]}} = 1,44\sqrt{\frac{F_a}{[\sigma]}}. \qquad (3.153)$$

При определении [σ] винта можно ориентировочно принять предел текучести стали $\sigma_т$ = 800 МПа, запас прочности $n_т$ = 1,5–2,5.

Затем следует по каталогу принять типоразмер ШВП с внутренним диаметром резьбы винта не меньшим, чем полученный по формуле (3.153).

Следующим шагом полезно определить гибкость винта, нагруженного сжимающей силой, по выражению (3.59), в котором $i = 0,25d_3$. При $\lambda > 50$ необходимо выполнить проверку винта на продольную устойчивость. В случае, если винт на устойчивость не проходит, нужно определить значение d_3, удовлетворяющее данному критерию, и принять по каталогу соответствующий типоразмер ШВП.

Результатом проектировочного расчета является конкретная ШВП с шагом p и величинами статической и динамической грузоподъемностей (см. табл. 3.21).

3.2.10.3. Кинематический расчет ШВП состоит в определении необходимой угловой скорости винта по формуле (3.124).

3.2.10.4. Проверку винта на прочность и продольную устойчивость выполнять не нужно, так как внутренний диаметр винта выбран по критерию прочности с проверкой на устойчивость.

ШВП, в которой частота вращения винта $n_1 < 10$ об/мин, должна быть проверена на статическую грузоподъемность по условию:

$$F_{a\max} \leq C_{0a}, \qquad (3.154)$$

где $F_{a\max}$ — максимальная статическая нагрузка; C_{0a} — статическая грузоподъемность, Н.

Проверку ШВП на долговечность производят в том случае, если $n_1 \geq 10$ об/мин, следующим образом.

Определяют эквивалентную динамическую нагрузку:

$$F_{a\Э} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{m} F_{ai}^3 \cdot n_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot t_i}}, \qquad (3.155)$$

где F_{ai} — нагрузка на i-м участке нагрузочной диаграммы; n_i — частота вращения винта на i-м участке, об/мин; t_i — продолжительность действия нагрузки, с; m — число участков нагрузочной диаграммы.

Затем находят эквивалентную частоту вращения винта по формуле:

$$n_\Э = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{m} t_i}. \qquad (3.156)$$

Определяют требуемую динамическую грузоподъемность ШВП:

$$C_{a\text{тр}} = 0,039 F_\Э \sqrt[3]{L_h n_\Э}, \qquad (3.157)$$

где L_h — заданный ресурс работы передачи, ч.

Условие обеспечения заданной техническими требованиями на ММ долговечности:

$$C_{a\text{тр}} \le C_a. \qquad (3.158)$$

Для уточнения вращающего момента на винте следует определить D_w, пользуясь значением шага p принятой ШВП и соотношением (3.143), затем вычислить $\rho_к$ по формуле (3.147) и фактическую величину момента по формуле (3.146). Как правило, превышение фактического вращающего момента над найденным без учета сопротивления качению шариков незначительно влияет на прочность вала и не требует проверки на прочность.

КПД передачи равен:

$$\eta = \frac{\mathrm{tg}\psi_0}{\mathrm{tg}(\psi_0 + \rho_\kappa)}. \qquad (3.159)$$

В ШВП $\rho_\kappa << \psi$, поэтому КПД даже при малых углах подъема винтовой линии достигает 80–90 %.

Проверка винта на устойчивость и критическую частоту вращения выполняется так же, как в п. 3.2.9.

3.2.11. Ролико-винтовые передачи

3.2.11.1. По назначению, области применения и принципу действия РВП и ШВП родственны, поэтому исходные данные и метод проектировочного расчета те же, что и в п. 3.2.10.

3.2.11.2. Выше была отмечена более высокая нагрузочная способность РВП по сравнению с ШВП. На рис. 3.12 показано, чем именно обусловлено данное преимущество РВП. Зоны контакта звеньев показаны красным цветом. Видно, что число контактирующих резьбовых выступов ролика и гайки РВП значительно больше, чем шариков с резьбовыми выступами винта. РВП при равной нагрузочной способности более компактная по сравнению с ШВП.

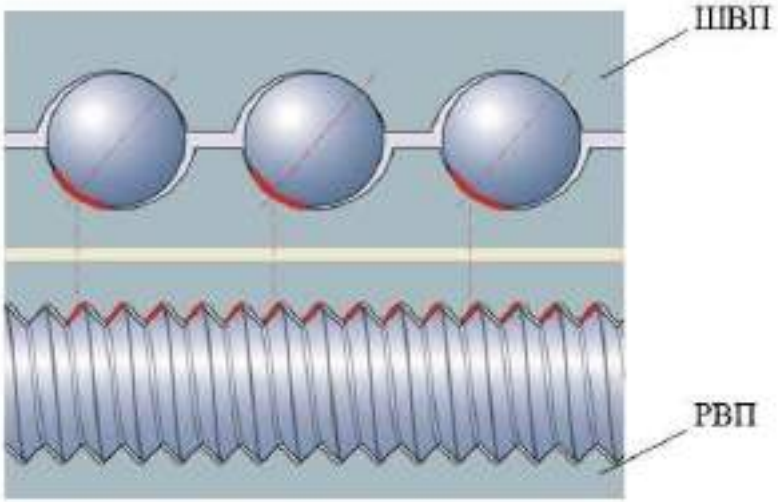
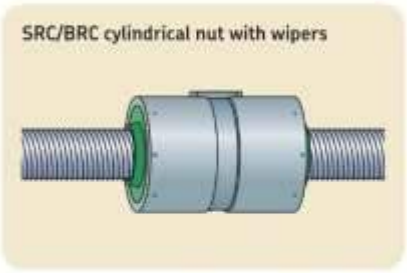
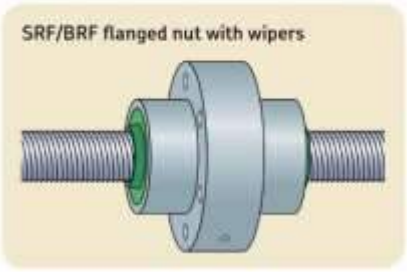


Рис. 3.12. Зоны контакта звеньев в ШВП и РВП

Так же, как и в расчете ШВП, при проектировании РВП рекомендуется ориентироваться на выпускаемые серийно типоразмеры.

На рис. 3.13 приведен фрагмент каталога РВП шведской фирмы *SKF Solution Factory*. Обозначения: *SRS/BRC* — исполнение с креплением гайки шпонкой; *SRF/BRF* — исполнение с фланцевым креплением гайки; d_0 — номинальный (средний) диаметр резьбы винта, мм; P_h — шаг резьбы, мм; L_{tp} — максимальное допустимое перемещение гайки, мм.





Nominal diameter	Lead (right hand)	Basic load rating SRC/BRC nut		SRF/BRF nut		Maximum total shaft length
d_0	P_h	C_a	C_{0a}	C_a	C_{0a}	L_{tp}
mm		kN				mm
15	5	26	43,6			975
21	5	50,6	82			1 400
21	10	59,2	83			1 400
30	5	92	178			2 000
30	10	106	174			2 000
39	5	129	269	129	269	2 650
39	10	153	271	153	271	2 650
48	5	198	482	198	482	3 300
48	10	232	475	232	475	3 300

Рис. 3.13. Фрагмент каталога РВП *SKF Solution Factory*

Сравним нагрузочную способность ШВП (табл. 3.21) и РВП с примерно равными диаметрами винта. ШВП с параметрами d = 32 мм, p = 10 мм: C_a = 38,5 кН; C_{0a} = 65 кН. РВП с параметрами d_0 = 30 мм, P_h = 10 мм: C_a = 106 кН; C_{0a} = 174 кН. Таким образом, динамическая грузоподъемность РВП в 2,75, а статическая — в 2,68 раза выше, чем ШВП.

Фирмой выпускается ряд МД поступательного перемещения на основе РВП, например так называемые *механические цилиндры* (рис. 3.14).

3.2.11.3. Для нахождения величины вращающего момента на винте в проектном расчете внутреннего диаметра резьбы винта d_2 по условию прочности фирма *SKF Solution Factory* рекомендует использовать формулу:

$$T = \frac{F_a P_h}{2000\pi\eta},\ \text{Н·м}, \qquad (3.160)$$

где η — КПД передачи, зависящий от угла подъема витка резьбы. С достаточной степенью достоверности можно принять η = 0,9. Значение P_h в выражение (3.160) подставляют в миллиметрах.

Последующие действия выполняют так же, как описано в п. 3.2.10.

а *б*

Рис. 3.14. МД поступательного перемещения *SKF*:
а — двигатель расположен соосно винту; *б* — МД уменьшенной длины

3.3. ЛЮФТОВЫБИРАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

3.3.1. Выборка мертвого хода в зубчатых преобразователях движения

В тех случаях, когда мертвый ход преобразователя движения больше допускаемой техническими требованиями величины, в конструкцию передачи вводят специальное устройство, называемое *люфтовыбирающим механизмом*.

В ММ используют механизмы выборки бокового зазора между зубьями колес зубчатых передач двух типов: автономные и с дополнительной кинематической цепью (замкнутым энергетическим потоком).

В *автономных механизмах выборки мертвого хода* используют метод раздвоения ведомого колеса, который в качестве силовых элементов предполагает использование пружин.

На рис. 3.15 приведена конструктивная схема такого механизма. Основная половина *1* раздвоенного зубчатого колеса закреплена на валу, а вторая половина *2* образует со втулкой основной половины подвижное соединение, и ее фиксируют от осевого смещения шайбой *3*. Под влиянием пружины *4*, закрепленной одним концом на половине *1* колеса, а другим — на половине *2*, половины колес поворачиваются относительно друг друга в разные стороны и выбирают боковой зазор между зубьями ведущего и ведомого колес. Пружину *4*

устанавливают во время сборки механизма с предварительным натяжением, достаточным для выборки мертвого хода в данной зубчатой паре и передачи крутящего момента при реверсе.

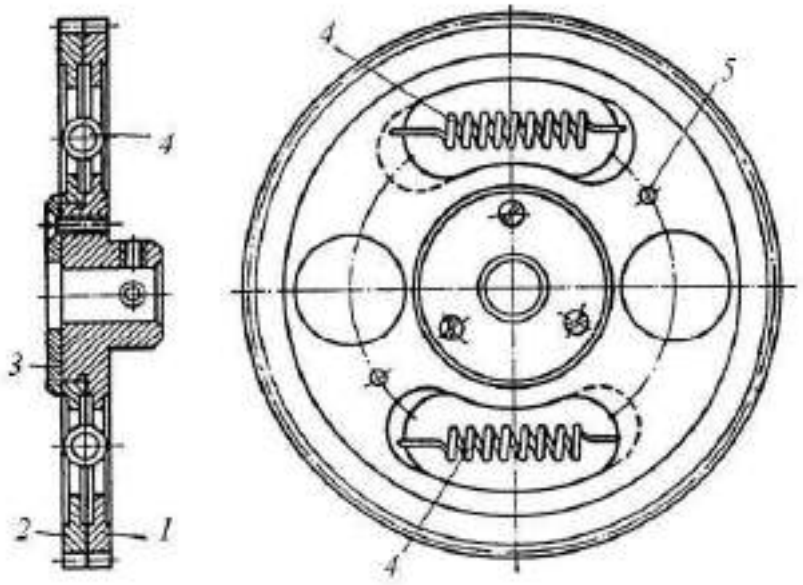


Рис. 3.15. Автономный механизм для выборки люфта в зубчатой передаче

Нарезание зубьев на половинках *1* и *2* раздвоенного колеса производят одновременно, зафиксировав их между собой шайбой *3* и двумя цилиндрическими штифтами *5*, которые после нарезания зубьев удаляют.

Сила $F_{пр}$ пружины *4* (рис. 3.16) может быть найдена из условия:

$$Fr = \frac{F_{пр} r_{пр}}{\beta} n, \qquad (3.161)$$

где $F = T/r$ — окружная сила, действующая на зубья одной из половинок колеса; T — момент сопротивления на раздвоенном колесе; r — радиус делительной окружности раздвоенного зубчатого колеса; $r_{пр}$ — радиус окружности, на которой установлены пружины; $\beta = 1{,}25–1{,}5$ — коэффициент силы запаса пружины; n — число пружин.

Из выражения (3.161):

$$F_{пр} = \frac{\beta Fr}{r_{пр} n} = \frac{\beta T}{r_{пр} n}. \qquad (3.162)$$

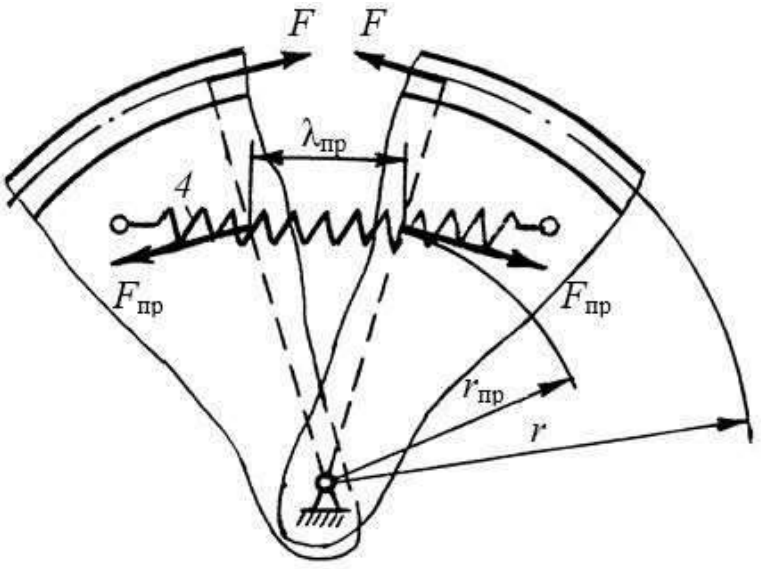


Рис. 3.16. Схема сил, действующих на пружину

Но сила пружины пропорциональна ее деформации $\lambda_{пр}$:

$$F_{пр} = C_{пр}\lambda_{пр}, \tag{3.163}$$

где $C_{пр}$ — жесткость.

Из (3.162) и (3.163):

$$C_{пр} = \frac{\beta T}{r_{пр}\lambda_{пр} n}. \tag{3.164}$$

Из соотношения:

$$\frac{\lambda_{пр}}{r_{пр}} = \frac{\pi m z'}{r}. \tag{3.165}$$

находят величину деформации пружины:

$$\lambda_{пр} = \frac{\pi m z' r_{пр}}{r}, \tag{3.166}$$

где m — модуль зубьев; z' — число зубьев, на которое поворачиваются половины колеса друг относительно друга.

Следовательно, жесткость пружины будет равна:

$$C_{\text{пр}} = \frac{\beta T r}{\pi m z' r_{\text{пр}}^2 n}. \qquad (3.167)$$

Кроме выборки мертвого хода при помощи пружин используют жесткую фиксацию, заключающуюся в предварительном относительном смещении половин раздвоенного зубчатого колеса и их жестком закреплении при помощи винтов, болтов, клеммовых соединений и т.п. На рис. 3.17 показана червячная передача с раздвоенным червячным колесом. Зубья половин *1* и *2* колеса прижимают поворотом эксцентрика *4* к разным сторонам зубьев червяка, после чего жестко фиксируют затяжкой болта *3*. Фиксация осуществляется за счет сил трения.

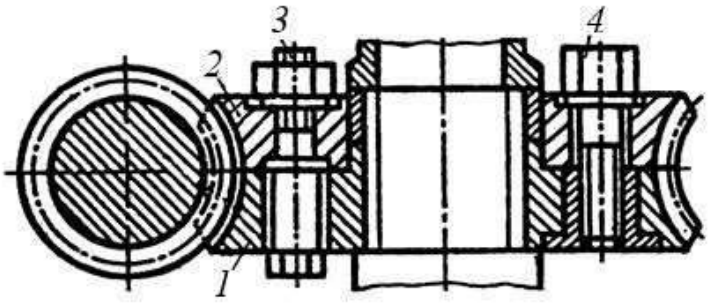


Рис. 3.17. Люфтовыбирающее устройство в червячной передаче

Основными недостатками описанного люфтовыбирающего устройства являются наличие большого числа дополнительных элементов (пружин, зубчатых колес, винтов и т.д.); увеличенные потери и ускоренный износ зубьев в зацеплении, обусловленные трением как на рабочей стороне зуба, так и на нерабочей; пониженная нагрузочная способность преобразователя движения, так как в передаче крутящего момента участвует половина венца колеса.

Указанные недостатки частично могут быть устранены в механизмах выборки мертвого хода с дополнительной кинематической цепью (*безлюфтовые механизмы с замкнутым энергетическим потоком*). Они позволяют осуществить полный выбор люфтов во всех составляющих звеньях путем принудительного разворота в противоположные стороны двух соосно расположенных элементов одной из передач. Обычно для образования замкнутого контура

к исходной кинематической цепи добавляют точно такую же параллельно расположенную кинематическую цепь, однако это необязательно. Иногда замыкающая кинематическая цепь может представлять собой цепь иного рода, чем исходная.

На рис. 3.18 приведена схема безлюфтового планетарного механизма. Исходная кинематическая цепь состоит из центрального колеса *1*, сателлита *3*, закрепленного на водиле *H*, и неподвижного центрального колеса *5*.

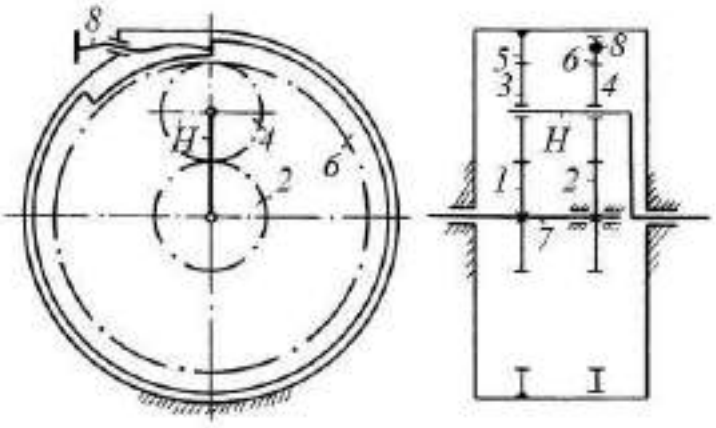


Рис. 3.18. Схема безлюфтового планетарного механизма

Для выборки люфтов устанавливают дополнительную кинематическую цепь, состоящую из центрального колеса *2*, соединенного с центральным колесом *1* при помощи упругого элемента (торсиона, пружины) *7*, сателлита *4*, подвижного центрального колеса *6* с внутренним зацеплением и винта *8*.

При завинчивании винта *8* подвижное центральное колесо *6* поворачивается и выбирает зазор в паре зубчатых колес *6* — *4*. Затем начинается поворот сателлита *4*, и выбирается зазор в паре *4* — *2*. Далее через торсион *7* поворот передается центральному колесу *1*, выбирается зазор в паре *1* — *3*, и далее поворот сателлита *3* приводит к выборке зазора в паре *3* — *5*. После выборки всех зазоров во всей кинематической цепи происходит дополнительная закрутка торсиона *7*, что обеспечивает постоянный натяг в цепи и исключает появление люфта при износе элементов отдельных передач.

Диаметр торсиона, мм, определяют из условия прочности на кручение:

$$d_T = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}, \qquad (3.168)$$

где T — вращающий момент на торсионе, Н·мм; $[\tau]$ — допускаемое касательное напряжение материала торсиона при кручении, МПа, равное:

$$[\tau] = \frac{\tau_T}{[n_T]}, \tag{3.169}$$

τ_T — предел текучести материала торсиона при кручении, МПа; $[n_T]$ — допустимый (требуемый) коэффициент запаса прочности. Принимают $[n_T] = 1{,}5–2{,}5$.

В проектных расчетах при отсутствии значений предела текучести τ_T материала торсиона можно принимать $[\tau] = 450–500$ МПа.

Длину торсионного вала, мм, находят из условия:

$$l = \frac{\varphi G J_\rho}{T}, \tag{3.170}$$

где φ — угол закручивания торсионного вала, рад (обычно принимают $\varphi = 0{,}09–0{,}18$ рад (5°–10°)); G — модуль упругости второго рода материала торсиона, МПа; J_ρ — полярный момент инерции поперечного сечения торсионного вала, мм^4.

Торсионы изготовляют из хромованадиевых сталей марок 60 С2ХФА, 50 ГФА и углеродистых сталей марок 60, 65, 70, 85.

3.3.2. Выборка мертвого хода в винтовых преобразователях движения

Различают два способа выборки бокового зазора в винтовых механизмах — *радиальное* и *осевое* смещение гайки относительно винта. Радиальное смещение осуществляют сжатием гайки в радиальном направлении, а осевое — смещением гайки относительно винта в осевом направлении.

При одинаковом значении нормальной составляющей ΔS_n бокового зазора (рис. 3.19) радиальные составляющие бокового зазора равны:

– для метрической резьбы с углом профиля $\alpha_M = 60°$:

$$\Delta S_p^M = \frac{\Delta S_n}{\sin\frac{\alpha_M}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\sin 30^\circ} = 2\Delta S_n; \tag{3.171}$$

– для трапецеидальной резьбы с углом профиля $\alpha_T = 30°$:

$$\Delta S_p^T = \frac{\Delta S_n}{\sin\frac{\alpha_T}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\sin 15°} = 3,86 \cdot \Delta S_n. \qquad (3.172)$$

Осевые составляющие бокового зазора:

– для метрической резьбы:

$$\Delta S_{oc}^M = \frac{\Delta S_n}{\cos\frac{\alpha_M}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\cos 30^\circ} = 1,15\Delta S_n; \qquad (3.173)$$

– для трапецеидальной резьбы:

$$\Delta S_{oc}^T = \frac{\Delta S_n}{\cos\frac{\alpha_T}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\cos 15°} = 1,04\Delta S_n. \qquad (3.174)$$

Следовательно, способ устранения мертвого хода радиальным смещением целесообразно применять для метрических резьб (рис. 3.19, *а*), т.е. для резьб с большим углом α профиля, а осевым смещением — для трапецеидальных резьб (рис. 3.19, *б*) и упорных резьб, а также для нестандартных резьб с прямоугольным или квадратным профилем витка.

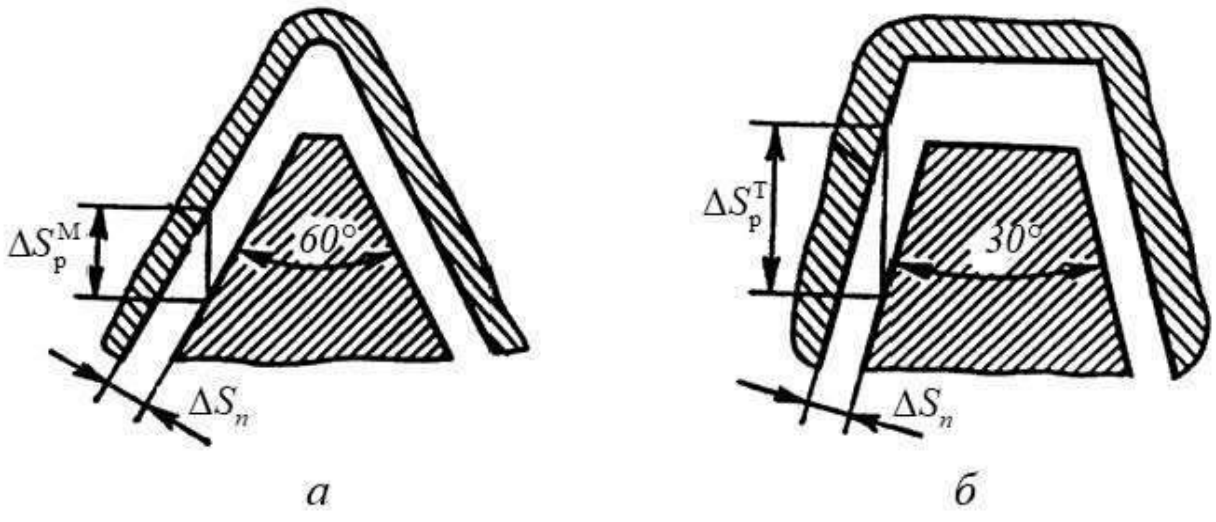


Рис. 3.19. Радиальные составляющие зазора в резьбах

Устройства, обеспечивающие выборку радиальной составляющей бокового зазора, представляют собой разрезные гайки. Конструкция люфтовыбирающего механизма с разрезной гайкой показана на рис. 3.20.

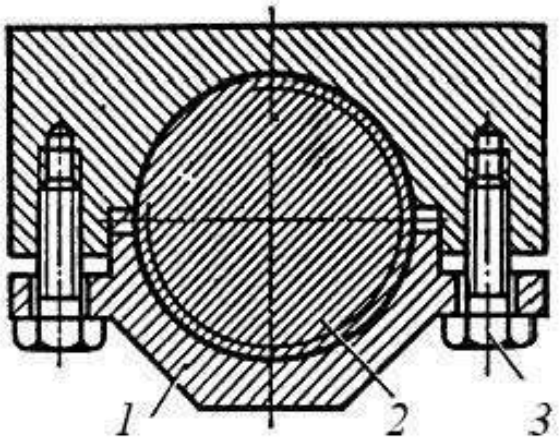


Рис. 3.20. Люфтовыбирающий механизм с разрезной гайкой

Две части гайки *1* стягиваются винтами *3* и обжимают винт *2*. Недостаток устройства — неравномерное обжатие винта и, как следствие, неравномерный износ резьбы гайки.

На рис. 3.21, *а*, *в*, *г*, *д* и на рис. 3.22, *а–г* приведены механизмы выборки радиальной составляющей бокового зазора, в которых необходимо периодически осуществлять подрегулирование. В устройстве на рис. 3.21, *б* подрегулирование происходит автоматически за счет пружин.

Устройства с разрезной гайкой и цанговым зажимом (рис. 3.21, *г* и рис. 3.22, *б*, *в*, *г*) обеспечивают более равномерное обжатие винта, что способствует равномерному его износу.

На рис. 3.23, *а* показана конструктивная схема люфтовыбирающего механизма на основе гайки с жесткой регулировкой осевого зазора, в котором выборку осевой составляющей бокового зазора осуществляют поворотом гайки *1*. При этом обеспечивается одновременный контакт правых профилей резьбы винта *2* и левых профилей гайки *1*, а также левых профилей резьбы винта *2* и правых профилей резьбы гайки *3* при сжатии витков винта (рис. 3.23, *в*).

Люфтовыбирающий механизм на основе гайки с эластичной регулировкой осевого зазора показан на рис. 3.24, *б*. Выборку осевой составляющей бокового зазора осуществляет пружина *2*, отжимая гайку *1* от гайки *4*, обеспечивая двухпрофильный контакт резьбы винта *3* с резьбами гаек *1* и *4* (рис. 3.24, *г*).

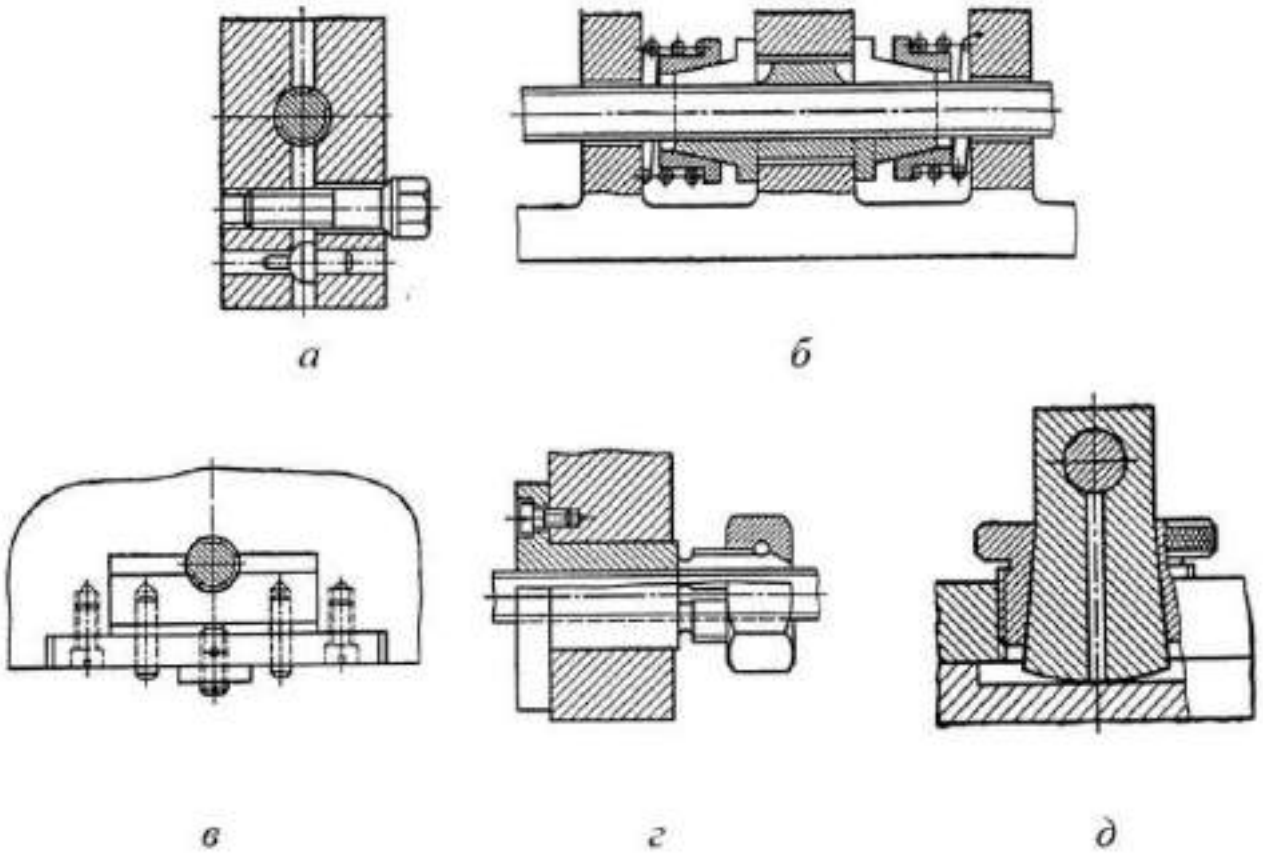


Рис. 3.21. Варианты конструкций люфтовыбирающих механизмов

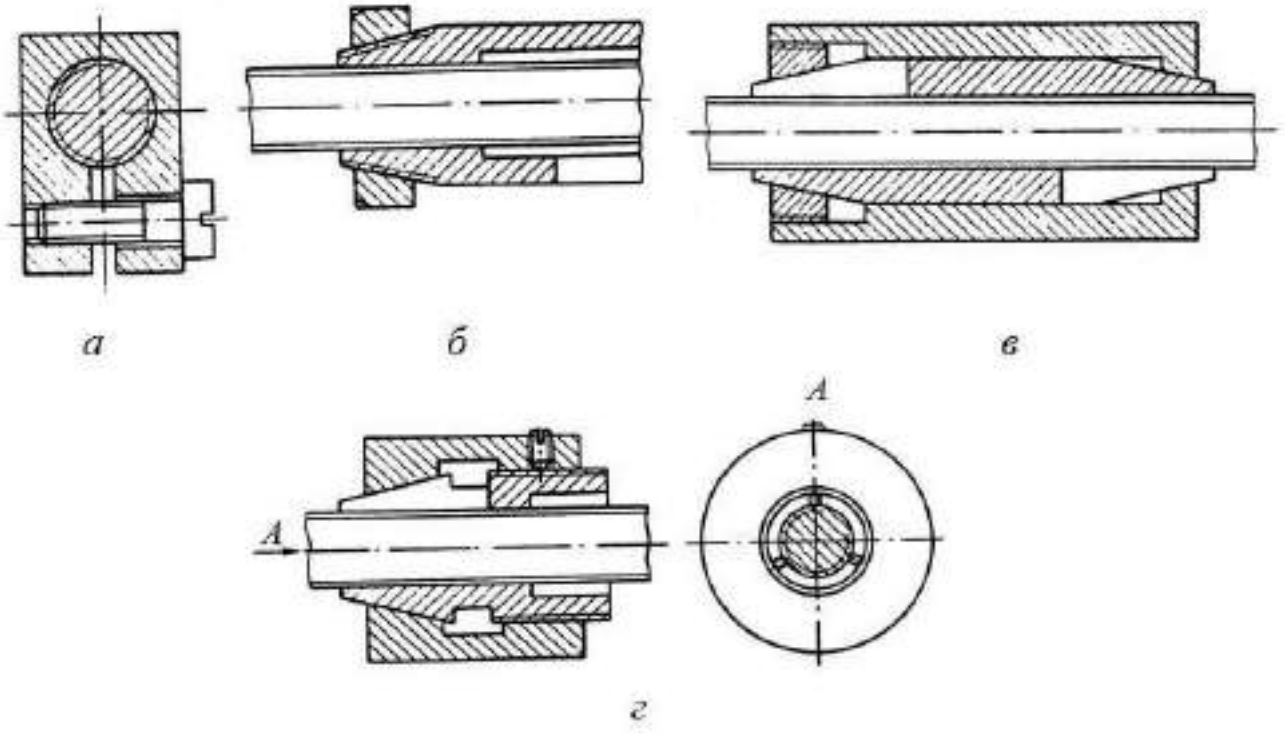


Рис. 3.22. Люфтовыбирающие механизмы с разрезными гайками

Механизмы выборки мертвого хода на основе гаек с жесткой и эластичной регулировкой осевой составляющей бокового зазора обеспечивают высокую точность относительного перемещения винта и гайки при их движении как в прямом, так и в обратном направлениях.

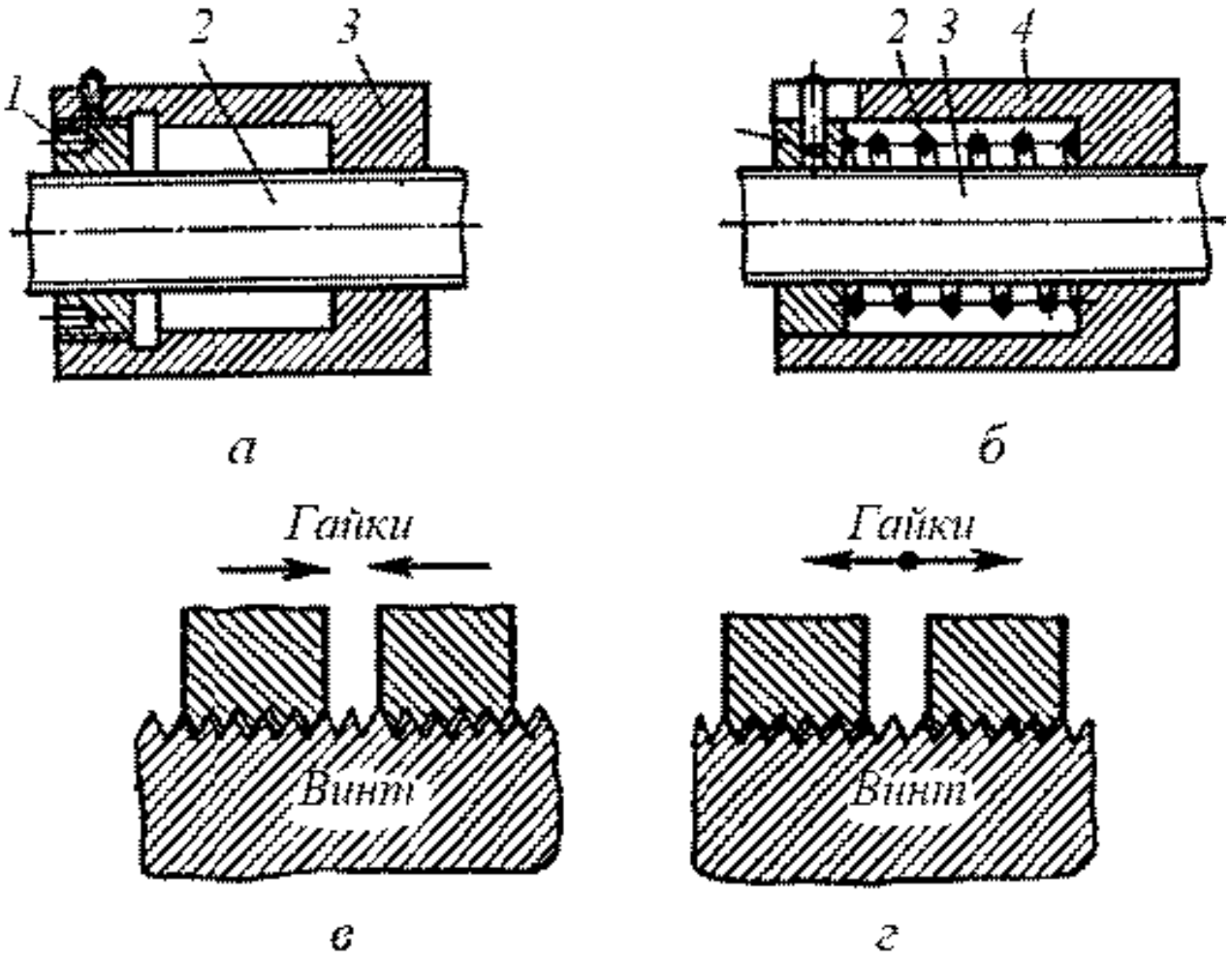


Рис. 3.23. Механизмы для выборки осевой составляющей бокового зазора

Конструктивные схемы механизмов для выборки осевой составляющей бокового зазора с периодическим подрегулированием путем затяжки дополнительных винтов *1* приведены на рис. 3.24, *а*, *б*, *в*, *и*, путем перемещения дополнительных гаек *1* по дополнительным резьбам — на рис. 3.24, *г*, *д* и с автоматическим подрегулированием за счет упругих элементов — пружин *1*, резиновых шайб — на рис. 3.24, *е*, *ж*, *к*.

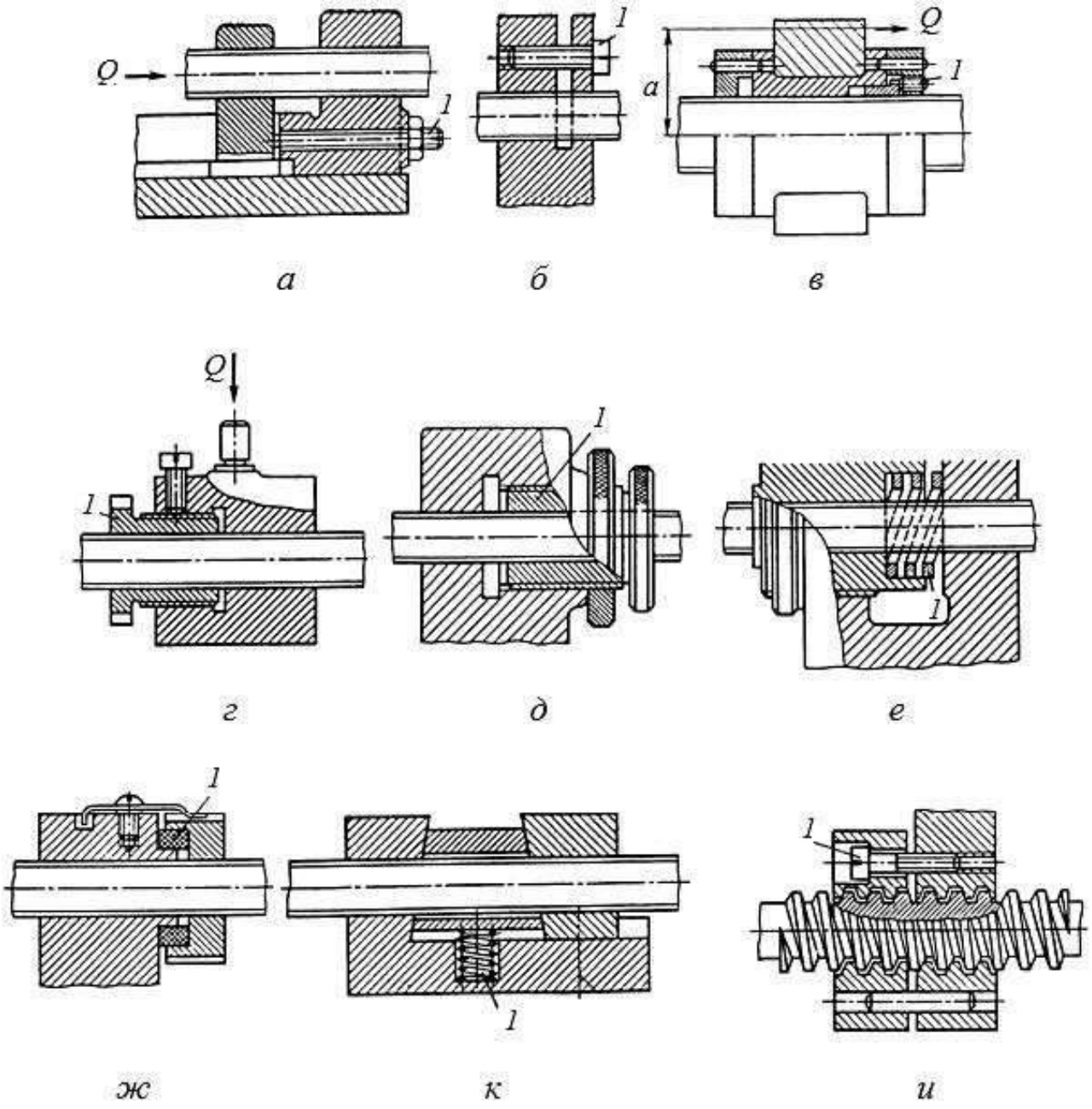


Рис. 3.24. Механизмы для выборки осевой составляющей бокового зазора с периодическим подрегулированием

Контрольные вопросы

1. В чем заключается оптимизация выбора силовых элементов ММ?

2. Как осуществляется предварительный выбор передачи по общим критериям?

3. Каковы особенности расчета преобразователей движения ММ?

4. Назовите пункты методики разработки преобразователя движения ММ.

5. Как достигается компактность преобразователя движения на основе зубчатых передач с неподвижными осями?

6. Каковы преимущества планетарных зубчатых передач перед передачами с неподвижными осями?

7. В чем смысл условий сборки, соосности и соседства при проектировании планетарных зубчатых передач?

8. Каковы особенности расчета преобразователей движения ММ на основе конических зубчатых передач?

9. Укажите достоинства и недостатки червячной передачи по сравнению с зубчатой.

10. Поясните принцип действия ШВП и РВП.

11. В чем состоят преимущества и недостатки РВП по сравнению с ШВП?

12. В чем состоят преимущества и недостатки ШВП по сравнению с реечной зубчатой передачей?

13. Поясните принцип действия волновой зубчатой передачи.

14. Что такое люфтовыбирающий механизм?

15. В каком случае преобразователь движения оснащается люфтовыбирающим механизмом?

4. ГИДРОПРИВОД МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

4.1. НАСОСЫ

4.1.1. Классификация насосов

В п. 2.2.1 сказано о свойстве обратимости гидромашин и о его следствии — тождественности принципиального устройства гидродвигателей и насосов. Это дает возможность, ознакомившись с конструкциями гидромоторов, конструкции насосов уже не рассматривать, ограничившись их основными характеристиками.

Рис. 4.1. Классификация насосов

На рис. 4.1 приведена полная классификация насосов по виду рабочих органов. В нее включены, кроме насосов объемного вытеснения, также и лопастные: центробежные, осевые и вихревые. Недостатки лопастных гидромашин с точки зрения их применения в ММ уже отмечены, поэтому в дальнейшем речь пойдет о насосах объемного вытеснения.

Из насосов объемного вытеснения наиболее широкое распространение в мехатронике получили *поршневые*, *пластинчатые* и *шестеренные*. Они и будут рассмотрены ниже.

4.1.2. Радиально-поршневые насосы

Конструктивная схема радиально-поршневого насоса показана на рис. 4.2.

Работает насос следующим образом. При вращении ротора *3* по часовой стрелке поршни *4* цилиндров, находящихся слева от вертикальной оси ротора, выдвигаются, и рабочая жидкость через окна всасывания *a* поступает из линии всасывания в расточки ротора (цилиндры). В то же время поршни цилиндров справа от вертикальной оси вдвигаются в расточки ротора, и жидкость через окна нагнетания *b* вытесняется в линию нагнетания.

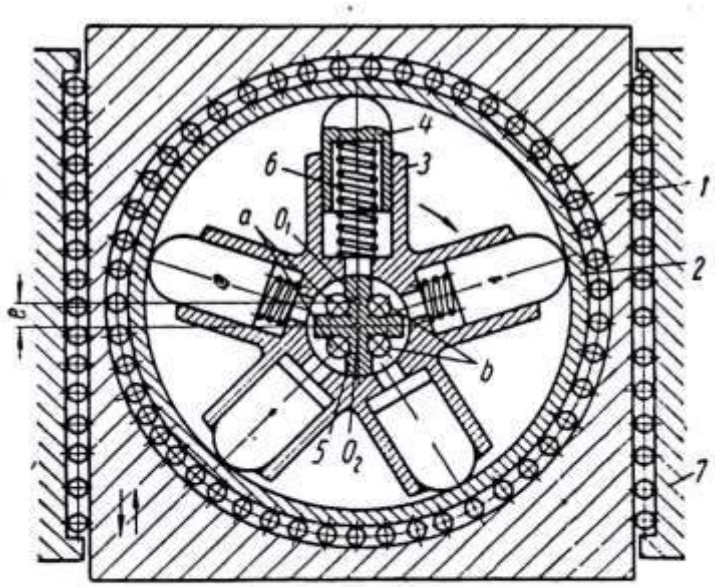


Рис. 4.2. Схема радиально-поршневого насоса:
1 — корпус; *2* — внутреннее кольцо подшипника качения;
3 — блок цилиндров (ротор); *4* — поршень (плунжер); *5* — цапфа;
6 — пружина; *7* — направляющая;
a — окно всасывания; *b* — окно нагнетания; *e* — эксцентриситет;
O_1 — ось отверстия в корпусе *1*; O_2 — ось вращения ротора *3*

Величина хода поршня за полный оборот равна $2e$, поэтому изменением эксцентриситета можно регулировать *производительность* насоса. Для этого корпус *1* установлен с возможностью вертикального перемещения в направляющих *7*.

Перемещение корпуса *1* таким образом, что точка O_1 занимает положение ниже точки O_2, приводит к *реверсированию потока* при неизменном направлении вращения ротора, причем окна *b* становятся окнами всасывания, а окна *a* — нагнетания.

Под действием сил давления жидкости, центробежных сил и упругости пружин *6* поршни прижимаются к кольцу *2*. Силы трения между поршнями и кольцом вовлекают кольцо во вращение вместе с ротором, за счет чего резко снижается скорость относительного скольжения в паре поршень — кольцо и уменьшается интенсивность износа контактирующих поверхностей.

Цапфа *5* выполняет функцию перегородки и устраняет возможность перетекания жидкости напрямую из окон *b* в окна *a*.

Производительность насоса:

– теоретическая (без учета утечек):

$$Q_т = 0,5\pi d^2 ezn, \tag{4.1}$$

– фактическая:

$$Q = Q_т \eta_{об}, \tag{4.2}$$

где d — диаметр поршня; z — число цилиндров ротора; $\eta_{об}$ — объемный КПД насоса.

Мощность на валу приводного электродвигателя определяют по формуле:

$$P_{дв} = Q_т \frac{p}{\eta_{мех}}, \tag{4.3}$$

где p — создаваемое насосом избыточное давление жидкости; $\eta_{мех}$ — механический КПД насоса.

Недостатком радиально-поршневых насосов по сравнению с другими типами являются большие размеры в поперечном сечении (т.е. ширина и высота). С целью повышения производительности без увеличения размеров ротор выполняют с несколькими рядами цилиндров.

Серийно выпускающиеся насосы представляют собой весьма сложные агрегаты, имеющие собственную гидросистему, средства регулирования и реверсирования и т.д.

Например, радиально-поршневые насосы НР имеют четыре модификации по управлению:

– нереверсивные с ручным управлением НРР и НРРШ (в насос НРРШ входит шестеренный насос для питания гидросистемы вспомогательных механизмов);

– нереверсивные НРС и реверсивные 2НРС со следящим гидравлическим управлением;

– реверсивные с электрогидравлическим механизмом управления на два (НРМ) и четыре (НР4М) значения производительности;

– нереверсивные с управлением по давлению НРД.

Основные технические параметры некоторых насосов серии НР приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные параметры насосов НР

Параметр	**НРР, НРРШ, НРС, 2НРС, НРМ, НР4М**			**НРД**		
	125А/200	**250А/200**	**450/200**	**125А/200**	**250А/200**	**500А/200**
Номинальная производительность, $дм^3$/мин	100	200	400	46	110	250
Потребляемая мощность, кВт	45	91	182	28	62	115
КПД: объемный полный	0,85 0,77		0,87 0,77	0,85 0,77		0,87 0,77
Масса, кг	726–770	1 348–1 430	1 608–1 690	758	1 400	1 660
Примечание. Номинальная частота вращения 960 об/мин. Номинальное давление 20 МПа						

4.1.3. Аксиально-поршневые насосы

Принцип действия аксиально-поршневой гидромашины, используемой в качестве двигателя, поясняется на рис. 2.11. Как насос эта гидромашина работает следующим образом.

При вращении ротора *1* плунжер *2* нижнего цилиндра, контактирующий с наклонной шайбой *4* посредством упорного подшипника качения, выдвигается за половину оборота на расстояние *h* из цилиндра, и рабочая жидкость поступает из линии всасывания через окно *a* и узел распределения *6* в цилиндр. За последующую половину оборота ротора плунжер снова вдвигается в цилиндр, и жидкость через узел распределения и окно *b* вытесняется в линию нагнетания.

Поворотом шайбы *4* против часовой стрелки можно получить $h = 0$ и, следовательно, $Q = 0$, а затем и реверсирование потока без изменения направления вращения ротора.

Теоретическая производительность насоса равна:

$$Q_т = 0,25\pi d^2 Dzn\mathrm{tg}\gamma. \qquad (4.4)$$

Фактическую производительность определяют по формуле (4.2).

Распространенное число цилиндров z = 7–9, максимальный угол γ_{max} = 20°. Частота вращения ротора n = 500–4 000 об/мин (меньшие значения — для насосов большой мощности).

Конструкция по рис. 2.13 представляет собой лишь один из вариантов исполнения насоса. Известны и серийно выпускаются насосы, в которых поршни связаны с наклонной шайбой шатунами, а наклонная шайба с ротором — специальным карданным валом; насосы с двумя наклонными шайбами — передней и задней; со вспомогательным пластинчатым насосом и пр.

Основные параметры нерегулируемых насосов аксиально-поршневых НА и аксиально-поршневых секционных НС со вспомогательным пластинчатым насосом приведены в табл. 4.2. Буква М в марке насоса означает *модернизированный*.

Таблица 4.2

Основные параметры насосов НА и НС…М

Параметр	НА			НС		
	10/320М	**25/320М**	**32/320М**	**10/320М**	**25/320М**	**32/320М**
Производительность, $дм^3$/мин	13,5	34,8	45	13,5	34,8	45
Потребляемая мощность, кВт	8,3	20,8	26,8	9,4	22	27,9
КПД:						
объемный	0,91	0,93	0,94	0,91	0,93	0,94
полный	0,86	0,87	0,88	0,80	0,83	0,86
Масса, кг	21	48		25	52,5	
Примечание. Номинальная частота вращения 1 500 об/мин. Номинальное давление 32 МПа						

Основные параметры регулируемых аксиально-поршневых насосов НАС (реверсивных с механическим регулированием), НА4М (реверсивных с электрогидравлическим управлением на 4 производительности), НАД (нереверсивных с автоматическим поддержанием постоянства мощности) даны в табл. 4.3.

Приведенные в табл. 4.3 параметры относятся к наименьшему и наибольшему насосам каждой марки.

Таблица 4.3

Основные параметры насосов НАС, НА4М, НАД

Параметр	НАС		НА4М		НАД	
	16/200	**140/200**	**40/200**	**140/200**	**140/200**	**140/200**
Производительность, $дм^3$/мин	22	200	56,5	200	56,5	200
Давление номинальное, МПа	20				6	
Потребляемая мощность, кВт	8,5	75	22,1	75	6,9	23,7
КПД: объемный полный	 0,92 0,86	 0,95 0,89	 0,93 0,87	 0,95 0,89	 – 0,83	 – 0,85
Масса, кг	32,5	140	92	152	65	130
Примечания: 1. Номинальная частота вращения 1 500 об/мин. 2. Максимальное давление насосов НАД 20 МПа.						

Данные табл. 4.1 и 4.3 могут служить базой для сравнения радиально-поршневых насосов с аксиально-поршневыми. Аналогами являются, например, насосы НР4М250А/200 и НА4М140/200. И тот, и другой — реверсивные, на номинальную производительность 200 $дм^3$/мин и давление 20 МПа. Но масса насоса НА4М140/200 в 9,4 раза меньше. И если к этому добавить, что он потребляет в 1,2 раза меньшую мощность, работает при большей частоте вращения и требует поэтому значительно менее тяжелого электродвигателя, то становится очевидной целесообразность применения насоса НА4М140/200 в приводе ММ.

4.1.4. Пластинчатые насосы

Простейший двухпластинчатый насос (рис. 4.3) содержит пластины *3*, расположенные в пазах ротора *6* и поджимаемые к поверхности статора *1* пружинами *2*. Ось ротора смещена на величину эксцентриситета *e* относительно расточки статора.

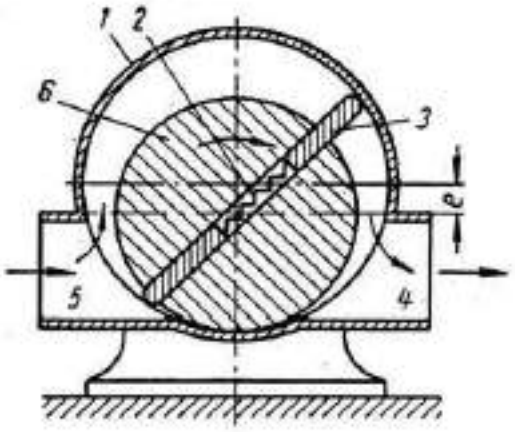


Рис. 4.3. Схема двухпластинчатого насоса:
1 — статор; *2* — пружина; *3* — пластина;
4 — полость нагнетания; *5* — полость всасывания; *6* — ротор

С передней и задней сторон пространство между ротором, пластинами и статором ограничено боковыми стенками.

При повороте ротора *6* по часовой стрелке объем камеры насоса, сообщающейся с полостью *5*, увеличивается, а камеры, сообщающейся с полостью *4*, уменьшается, в результате чего происходит всасывание жидкости из полости *5* и нагнетание в полость *4*.

Ротор *6* в нижней части имеет плотный контакт с поверхностью статора, поэтому в любом положении ротора одна из пластин отделяет полость *4* от полости *5*.

Изменение величины *e* в таком насосе невозможно, т.е. насос нерегулируемый. Подобные насосы используются для вспомогательных целей при невысоких давлениях в гидросистеме.

На рис. 4.4 показана схема регулируемого пластинчатого насоса с числом пластин $z > 2$.

Ротор имеет возможность перемещаться относительно статора. Положение ротора по рис. 4.4, *а* соответствует максимальной производительности (направление потока указано стрелками), положение по рис. 4.4, *б* — нулевой

производительности, по 4.4, *в* — максимальной производительности в направлении, обратном первоначальному. В любом положении ротора полости нагнетания и всасывания разделены контактом пластин с перемычками *a* и *b*, ширина которых не меньше расстояния между двумя соседними пластинами.

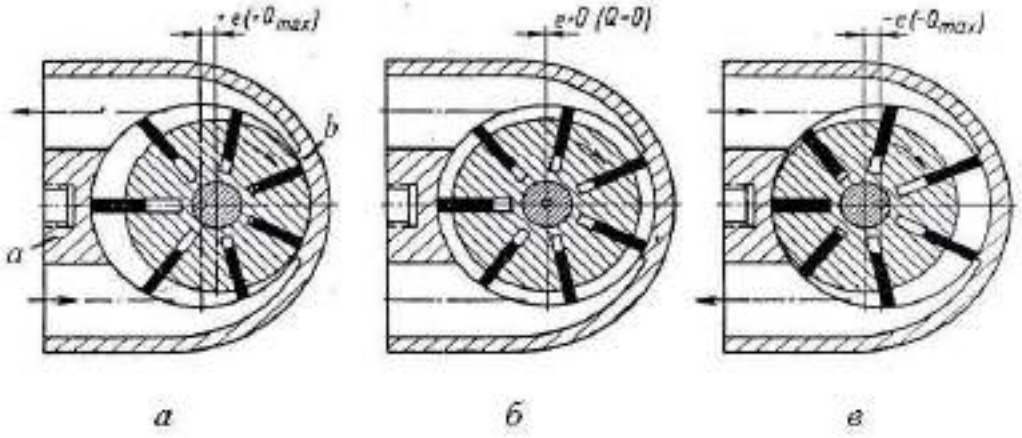


Рис. 4.4. Схема многопластинчатого насоса

Число пластин в таких насосах z = 6–12. Плотность контакта пластин со статором обеспечивается различными средствами: подпружиниванием, давлением жидкости, центробежными силами.

Теоретическая производительность многопластинчатого насоса с учетом толщины пластин равна:

$$Q_т = 2ben(\pi D - zs), \qquad (4.5)$$

где b — ширина ротора (т.е. ширина пластины); D — диаметр расточки статора; s — толщина пластины.

Параметры серийно выпускаемых регулируемых насосов Г12-5 приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Основные параметры насосов Г12-5 и БГ12-2

Параметр	Г12-5		БГ12-2			
	3АМ	5АМ	1АМ	2АМ	4АМ	5АМ
Производительность, дм^3/мин	0–58	0–105,6	5,4	19,4	56	102

Параметр	Г12-5		БГ12-2			
	3АМ	5АМ	1АМ	2АМ	4АМ	5АМ
Давление номинальное, МПа	6,3		12,5			
Потребляемая мощность, не более, кВт	8,1	13,6	2,0	5,65	15,1	26
КПД:						
объемный	0,86	0,88	0,72	0,81	0,83	0,9
полный	0,74	0,8	0,55	0,7	0,76	0,85
Масса, кг	30	40	9,5		22	
Примечание. Номинальная частота вращения 1 500 об/мин.						

Недостатком описанных пластинчатых насосов является большая неуравновешенная нагрузка на ротор от давления жидкости в полости нагнетания, поэтому насосы эти предназначены, как правило, для гидросистем с давлением не выше 7 МПа.

Указанный недостаток отсутствует в пластинчатых насосах двойного действия типа БГ12-2, конструкция которых аналогична конструкции пластинчатого гидромотора, показанного на рис. 2.14.

Насосы двойного действия выпускаются на давления до 14 МПа.

Недостаток таких насосов — невозможность их регулирования.

Основные рабочие параметры насосов БГ12-2 даны в табл. 4.4.

Теоретическая производительность, $м^3/с$, насоса двойного действия:

$$Q_т = 2vh, \tag{4.6}$$

где v — средняя окружная скорость пластины; h — рабочая высота пластины.

Подстановка в (4.6) выражений для v и h:

$$v = \frac{\pi n(r_2 + r_1)}{60}; \tag{4.7}$$

$$h = r_2 - r_1, \tag{4.8}$$

дает выражение:

$$Q_т = \frac{\pi n(r_2^2 - r_1^2)b}{30}, \tag{4.9}$$

или:

$$Q_т = 2\pi n(r_2^2 - r_1^2)b, \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (4.10)$$

При сравнении параметров пластинчатых и поршневых насосов обращает на себя внимание существенно меньший объемный КПД пластинчатых насосов. Причина этого состоит в невозможности предотвращения перетечек жидкости между пластинами и поверхностью расточки статора, между пластинами и боковыми стенками.

К достоинствам пластинчатых насосов следует отнести их меньшие массы при равных производительностях.

4.1.5. Шестеренные насосы

Шестеренные насосы так же, как и шестеренные гидромоторы (рис. 2.16), отличаются простотой конструкции.

Кроме того, следует отметить надежность в эксплуатации и несколько более высокий, по сравнению с пластинчатыми насосами, объемный КПД.

Считается, что максимальное давление, развиваемое шестеренными насосами, равно 10 МПа, но специальными насосами (в авиационных гидросистемах) достигается и 20 МПа.

Основной недостаток шестеренных гидромашин — невозможность их регулирования — отмечен выше.

Как правило, шестеренные насосы используют для вспомогательных целей.

Основные параметры низконапорных шестеренных насосов Г11-2 приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Основные параметры насосов Г11-2

Параметр	Г11-22	Г11-23А	Г11-23	Г11-24А	Г11-24	Г11-25А
Производительность, дм^3/мин	18	26	38	50	72	104
Потребляемая мощность, кВт	1,3	1,6	2,3	3,0	4,1	5,8

КПД:						
объемный	0,78	0,8	0,82	0,88	0,89	0,91
полный	0,56	0,64	0,68	0,72	0,74	0,76
Масса, кг	6	8,7		12		17
Примечания: 1. Номинальная частота вращения 1 500 об/мин. 2. Номинальное давление 2,5 МПа.						

4.2. КЛАПАНЫ И ДРОССЕЛИ

4.2.1. Обратные клапаны

Обратный клапан, например, типа Г51-2 (рис. 4.5) состоит из корпуса *1*, плунжера *3* с пружиной *4* и пробки *5*. Пружина поджимает плунжер к коническому седлу корпуса. Масло, подводимое в отверстие *7*, действует на нижнюю торцовую поверхность плунжера, преодолевает силу пружины и приподнимает плунжер. Между плунжером и коническим седлом появляется зазор, через который масло поступает в отводное отверстие *2*.

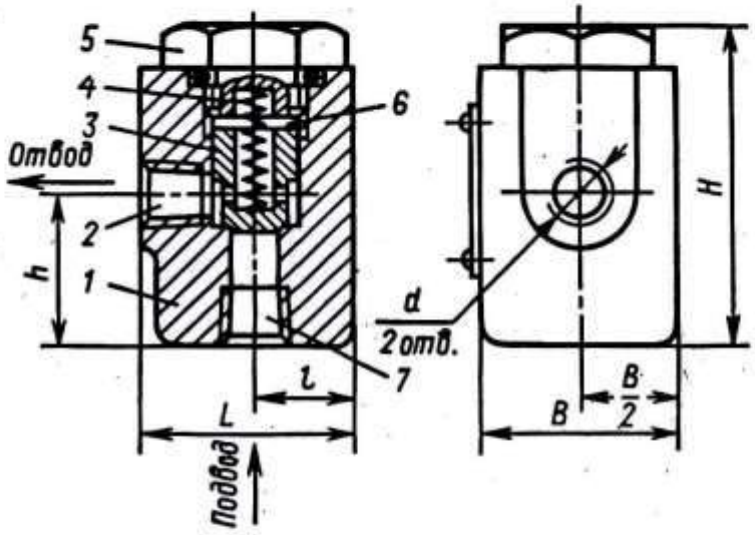


Рис. 4.5. Обратный клапан марки Г51-2:
1 — корпус; *2* — отводное отверстие; *3* — плунжер; *4* — пружина; *5* — пробка; *6* — полость; *7* — отверстие для подвода масла

При изменении направления потока давление масла в отверстии *2* действует на верхнюю торцовую поверхность плунжера со стороны полости *6* и вместе с пружиной плотно прижимает плунжер к седлу, перекрывая поток из отверстия *2* в отверстие *7*.

Таким образом, клапан обеспечивает прохождение жидкости только в одном направлении — из отверстия *7* в отверстие *2*.

Клапаны Г51-2 устанавливают непосредственно на концах отрезков трубопровода. Предусмотрено также исполнение со стыковым присоединением (клапаны ПГ51-2), отличающееся только конструкцией корпуса.

Основные параметры обратных клапанов типа Г(ПГ)51-2 приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Основные параметры обратных клапанов Г(ПГ)51-2

Параметр	Г51-21	Г51-22	Г51-23	Г51-24	Г51-25
Номинальный расход, $дм^3$/мин	8,0	20	40	80	160
Диаметр: условного прохода, мм отверстия *d*	8 $R_c 1/4$	10 $R_c 3/8$	16 $R_c 1/2$	20 $R_c 3/4$	32 $R_c 1 1/4$
Размеры, мм: *L* *B* *H* *h*	 55 52 83 40		 70 52 105 54		 103 82 138 69
Масса, кг	1,2		1,6		5,45
Примечание. Номинальное давление 20 МПа					

Существует ряд типовых случаев применения обратных клапанов. Один из них — установка параллельно с дросселем — будет рассмотрен ниже.

Промышленность выпускает обратные клапаны различных конструкций.

4.2.2. Предохранительные клапаны

Предохранительные клапаны в гидроприводе предназначены для предотвращения превышения давлением допустимой величины. Они действуют эпизодически в аварийных режимах работы — пропускают масло из напорной линии в сливную.

Схема действия предохранительного клапана *прямого действия* показана на рис. 4.6.

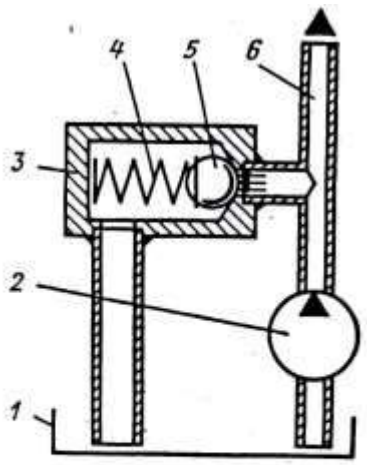


Рис. 4.6. Схема действия предохранительного клапана:
1 — маслобак; *2* — насос; *3* — клапан; *4* — пружина;
5 — шарик; *6* — трубопровод

Насос *2* всасывает масло из маслобака *1* и подает в гидросистему по трубопроводу *6*, давление масла действует на шарик *5* предохранительного клапана *3*, прижатый к седлу пружиной *4*. В момент, когда сила давления жидкости на шарик превысит силу пружины, шарик отойдет от седла влево, и масло через образовавшуюся щель начнет сливаться в бак. Таким образом, клапан будет поддерживать в трубопроводе давление не выше значения, определяемого силой воздействия пружины на шарик. Изменяя силу пружины, можно регулировать величину максимального давления в гидросистеме.

Клапаны прямого действия применяют при небольших расходах и давлениях рабочей жидкости, так как увеличение этих параметров приводит к резкому возрастанию размеров пружины. Поэтому в гидросистемах чаще используют аппараты *непрямого действия*, в которых небольшой вспомогательный клапан управляет перемещением переливного золотника, подключенного к напорной и сливной линиям.

В качестве примера могут быть приведены предохранительные клапаны непрямого действия марки Г52-2 (рис. 4.7 и табл. 4.7).

Таблица 4.7

Основные параметры предохранительных клапанов Г52-2

Параметр	Г52-22	Г52-23	Г52-24	Г52-25
Номинальный расход, $дм^3/мин$	20	40	80	160

Параметр	Г52-22	Г52-23	Г52-24	Г52-25
Диаметр: условного прохода, мм отверстия d	 10 $R_c3/8$	 16 $R_c1/2$	 20 $R_c3/4$	 32 $R_c1\,1/4$"
Размеры, мм:				
L	64	96		120
B	66	82		100
H	180	200		240
h_1	31	37		47
h_2	49	62		91
Масса, кг	2,5	4,6		8,4
Примечание. Номинальное давление 20МПа.				

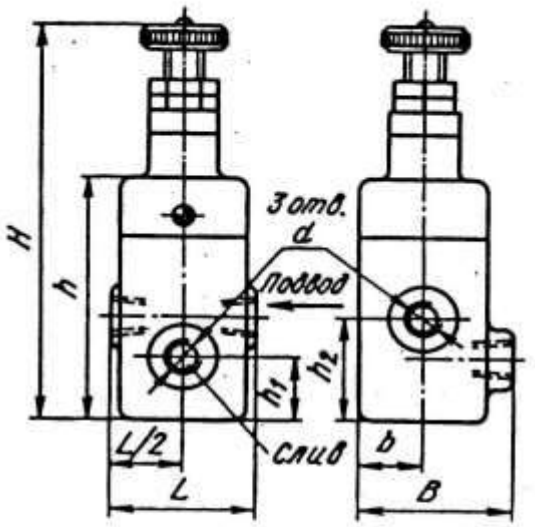


Рис. 4.7. Предохранительный клапан марки Г52-2

4.2.3. Дроссели и дроссельные регуляторы скорости гидродвигателя

Дроссель является *местным гидравлическим сопротивлением* течению жидкости и применяется для ограничения ее расхода или создания перепада давления. Как правило, дроссели используются для регулирования скорости перемещения штока гидроцилиндров или частоты вращения вала гидромотора.

Дросселирование жидкости сопровождается интенсивным тепловыделением, поэтому дроссельное регулирование не рекомендуется в гидросистемах мощностью свыше 4 кВт.

Различают дроссели вязкостного сопротивления и инерционного сопротивления. В дросселях вязкостного сопротивления потеря давления обеспечивается, как показывает само название, преимущественно вязкостным сопротив-

лением потоку жидкости в длинном дроссельном канале. В дросселях инерционного сопротивления длина канала мала, а потеря давления определяется в основном деформацией потока жидкости, сопровождающейся вихреобразованием при внезапном сжатии русла, расширении и т.п.

Примером дросселя вязкостного сопротивления служит так называемый *линейный* дроссель (рис. 4.8, *а*), состоящий из дроссельного винта *1*, помещенного во втулку *2*, и вспомогательного винта *3*, предназначенного для осевого перемещения винта *1*. Жидкость подается в отверстие *a*, проходит по винтовой канавке дроссельного винта и отводится через отверстие *b*. При вращении винта *1* он перемещается вдоль винта *3*, вследствие чего изменяется длина пути прохождения жидкости по винтовой канавке, а значит, и сопротивление дросселя.

Схема многошайбового инерционного дросселя, содержащего набор из нескольких шайб, показана на рис. 4.8, *б*. Суммарное сопротивление такого дросселя регулируется подбором требуемого количества шайб.

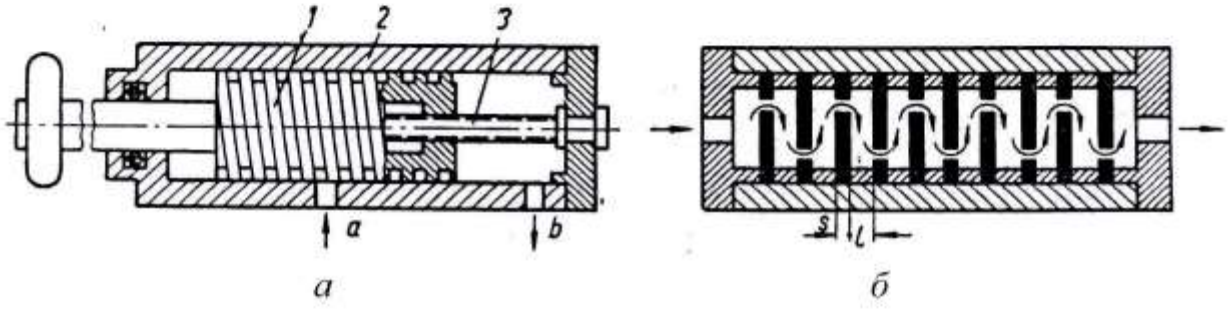


Рис. 4.8. Дроссели:
а — вязкостного сопротивления; *б* — инерционного сопротивления

Кроме приведенных используют дроссели поворотного (кранового) типа, игольчатые и т.д.

На основе дросселей созданы простейшие устройства для регулирования скорости гидродвигателя в приводах с нерегулируемыми насосами.

Принцип регулирования скорости гидроцилиндра с дроссельным регулятором на входе поясняет рис. 4.9, *а*.

Регулируемый дроссель *1* расположен на линии нагнетания жидкости в цилиндр *2*. Перед дросселем в систему включен переливной клапан *3*. Конструкция переливного клапана подобна конструкции клапана предохранительного.

Нерегулируемый насос создает давление $p_н$; перемещение поршня, нагруженного силой F, происходит при давлении в поршневой полости $p_р$; штоковая полость соединена со сливной линией, жидкость в которой находится под давлением $p_{сл}$.

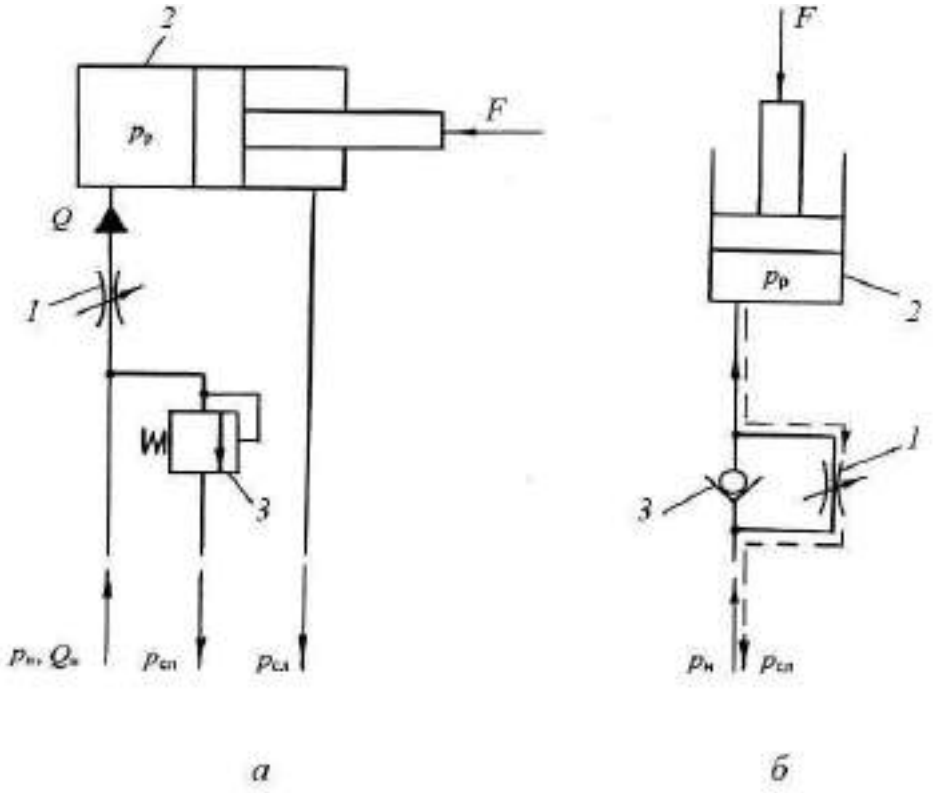


Рис. 4.9. Схемы дроссельного регулирования:
а — регулирование скорости гидроцилиндра двустороннего действия с дросселем на входе; *б* — регулирование скорости обратного хода гидроцилиндра одностороннего действия

Расход жидкости через дроссель равен:

$$Q = \mu f \sqrt{\frac{2(p_н - p_р)}{\rho}}, \qquad (4.11)$$

где μ — коэффициент расхода; f — площадь проходного сечения дросселирующей щели; ρ — плотность жидкости.

Скорость поршня прямо пропорциональна Q.

Насос создает в сети расход жидкости $Q_н > Q$. Разность расходов $Q_н - Q$ поступает через переливной клапан в сливную линию. Для этого клапан *3* должен быть установлен на давление, развиваемое насосом, т.е. $p_н$.

Следовательно, при $Q_н$ = const и F = const (т.е. $p_р$ = const) скорость поршня прямо пропорциональна величине f. Это дает возможность регулировать скорость с помощью дросселя.

Используются также схемы с установкой дросселя на сливной линии или на ответвлении.

Схема дроссельного регулирования скорости обратного хода гидроцилиндра одностороннего действия типа домкрата, нагрузка F на который постоянна по направлению, приведена на рис 4.9, *б*.

И подача жидкости в цилиндр *2*, и слив ее из цилиндра производятся по одному участку трубопровода, который при рабочем ходе поршня (вверх) соединяется с насосом, а при обратном (вниз) — с маслобаком. Параллельно дросселю *1* установлен обратный клапан *3*.

В период рабочего хода жидкость под давлением $p_н$ поступает от насоса. Обратный клапан открывается, жидкость движется в основном через него, и давление в цилиндре $p_р$ незначительно (на величину сопротивления обратного клапана) меньше $p_н$. Обратный ход поршня осуществляется под действием силы F. Обратный клапан закрывается, и цилиндр соединяется с маслобаком через дроссель, причем скорость опускания поршня при данном перепаде давлений $p_р - p_{сл}$ определяется площадью f дросселя (согласно (4.1)).

Дроссель является составной частью устройства, называемого *регулятором потока*, предназначенного для поддержания постоянного расхода в гидросети независимо от внешней нагрузки на гидродвигатель. Подробно конструкции регуляторов потока рассмотрены в [1, 2, 10] и здесь не приводятся.

В качестве примера в табл. 4.8 приведены основные рабочие параметры регуляторов потока ПГ55-2 [7].

Таблица 4.8

Основные параметры регуляторов потока ПГ55-2

Параметр	ПГ55-22	ПГ55-24	ПГ55-25
Расход, дм^3/мин:			
максимальный	20	80	160
минимальный	0,06	0,12	0,25
Диаметр условного прохода, мм	10	20	32
Габаритные размеры, мм:			
длина	112	125	142
ширина	105	135	175
высота	100	110	135
Масса, кг	4,5	7,5	15,5
Примечания:			
1. Максимальное давление 20 МПа.			
2. Отклонение расхода от установленного ± 5 %.			

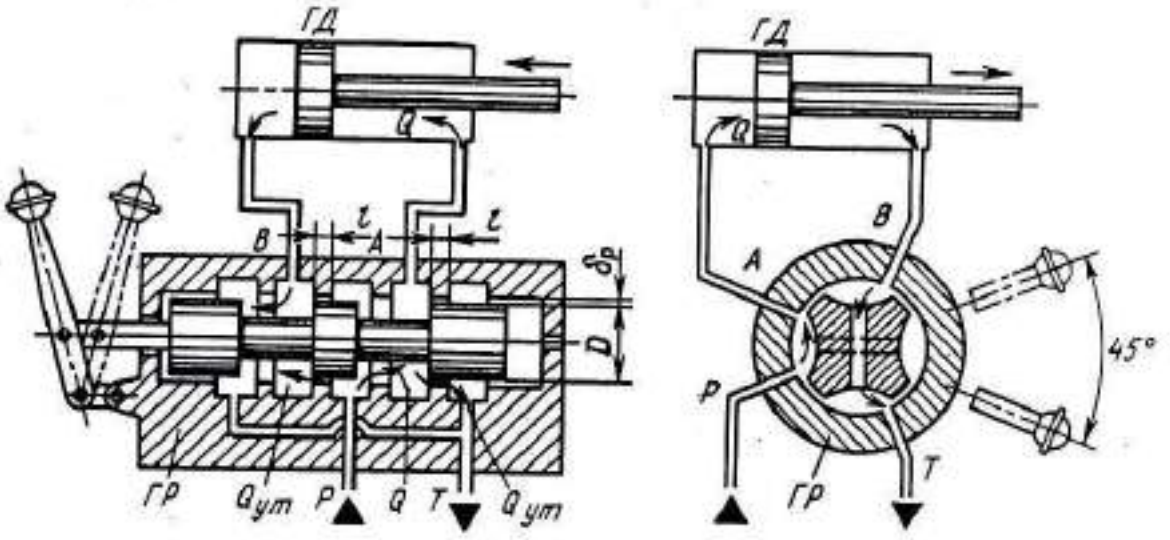
4.3. ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

4.3.1. Общие сведения

Распределение рабочей жидкости между агрегатами гидросистемы осуществляется специальными устройствами — гидрораспределителями. По виду рабочего элемента различают распределители *золотниковые*, *крановые* и *клапанные*.

Принцип действия золотникового распределителя поясняет рис. 4.10, *а*.

Золотник представляет собой цилиндрическую деталь типа плунжера с проточками (канавками), установленную в корпусе (*ГР*) с возможностью осевого перемещения и соединенную с приводом управления. На рис. 4.10, *а* изображен распределитель с ручным управлением посредством рукоятки. В корпусе выполнены каналы для подвода жидкости от насоса (*P*), слива (*T*) и соединения полостей гидродвигателя (в данном случае гидроцилиндра *ГД*) либо с насосом, либо со сливом (*A*, *B*).



а *б*

Рис. 4.10. Схемы распределителей:
а — золотникового; *б* — кранового

В положении золотника, показанном на рис. 4.10, *а*, поток жидкости *Q* от насоса по каналу *P* и дальше по линии *A* поступает в штоковую полость цилиндра *ГД*, а из поршневой полости вытесняется по каналу *B* в сливной канал *T*.

Перемещение рукоятки в положение, показанное пунктиром, приводит к тому, что поток от насоса по каналу *P* и линии *B* поступает в поршневую полость цилиндра *ГД*, а из штоковой — вытесняется по линии *A* в канал *T*. Происходит реверсирование потока, сопровождающееся изменением направления движения поршня.

Перемещение золотника в корпусе возможно только при наличии зазоров $\delta_р$ между его поверхностью диаметром *D* и расточкой корпуса, а зазоры обусловливают утечки (перетечки) жидкости между полостями. Поэтому в корпусе выполняют специальные каналы для отвода утечек в сливную линию.

Распределитель, золотник которого может занимать два положения, называется *двухпозиционным*. *Трехпозиционные* распределители имеют среднюю (нейтральную) позицию, в которой возможна остановка гидродвигателя.

Крановый распределитель с управлением с помощью рукоятки изображен на рис. 4.10, *б*. Он содержит цилиндрическую или конусную пробку, помещенную внутрь корпуса (*ГР*) и имеющую возможность относительного поворота приводом управления (в данном случае рукояткой).

В исходном положении пробки жидкость от насоса по каналу *P* и затем по линии *A* поступает в поршневую полость цилиндра *ГД*, а из штоковой полости — по линии *B* в сливной канал *T*. Перевод рукоятки в положение, показанное пунктирными линиями, обеспечивает реверсирование потока.

В клапанном распределителе с ручным приводом (рис. 4.11) поворот рукоятки *1* из нейтрального положения, например, против часовой стрелки приводит к тому, что клапан *2* перемещается вниз, и жидкость от насоса поступает в камеру *4* и затем — через канал *3* к гидродвигателю. Другой клапан пружиной поджимается к своему гнезду.

Распределители каждого типа имеют свои преимущества. Так, крановые распределители наиболее просты по конструкции, а для клапанных распределителей характерна практически абсолютная герметичность в закрытом положении. По сумме эксплуатационных качеств наилучшим образом выглядят золотниковые распределители, в их конструкциях легко реализуются многопозиционность, разнообразие приводов (ручной, электрический, электрогидравлический, гидравлический и т.д.), хорошая управляемость. Именно золотниковые распределители получили наиболее широкое распространение в гидроприводе мехатронных модулей.

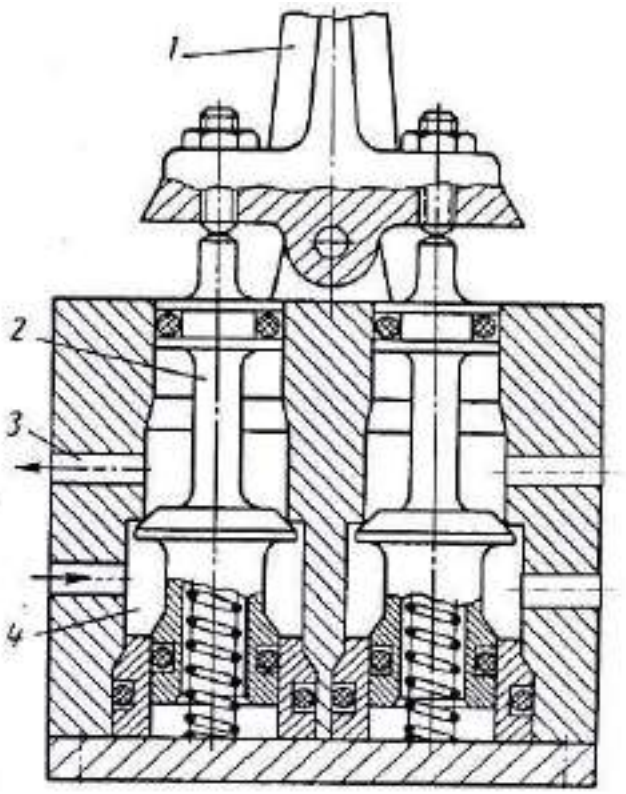


Рис. 4.11. Клапанный распределитель

4.3.2. Золотниковые распределители

По типу управления различают гидрораспределители с ручным управлением от рукоятки или поворотной кнопки; с ножным управлением; с механическим управлением от кулачка; с гидравлическим управлением от вспомогательного распределителя (пилота); с электрическим управлением от толкающего электромагнита постоянного или переменного тока; с электрогидравлическим управлением; с пневматическим управлением; с пневмогидравлическим управлением.

Для мехатронных модулей и систем характерна высокая степень автоматизации, при которой ручное и ножное управление неприемлемы. Остальные же типы управления могут применяться в зависимости от конкретного назначения модуля и окружающей обстановки.

Распределители подразделяются в зависимости от диаметра условного прохода D_y, который примерно равен диаметру подводящего и сливного отверстий. В табл. 4.9 приведены рекомендуемые соотношения между D_y и номинальным расходом жидкости через распределитель.

Таблица 4.9

Рекомендуемые соотношения между диаметром условного прохода и расходом жидкости

D_y, мм	6	8	10	16	20	32
$Q_{ном}$, дм^3/мин	6,3	12,5	20	50	80	200

Считая D_y равным диаметру подводящего канала, нетрудно определить номинальную скорость потока жидкости для каждой пары (D_y, $Q_{ном}$) и убедиться, что она примерно равна 4 м/с. При необходимости расход жидкости через распределитель может быть увеличен до $2Q_{ном}$, но скорость жидкости в трубопроводе не должна намного превышать номинальную, поэтому в том случае, когда $Q > Q_{ном}$, следует соответственно увеличить диаметр трубопровода по формуле:

$$d = d_{ном}\sqrt{\frac{Q}{Q_{ном}}}, \qquad (4.12)$$

где d — увеличенный диаметр; $d_{ном}$ — диаметр, при котором скорость имеет номинальное значение.

По виду присоединения различают *резьбовое* и *стыковое* присоединения распределителей. В распределителях с резьбовым присоединением отверстия для подачи и отвода жидкости выполнены непосредственно в корпусе. В распределителях со стыковым присоединением эти отверстия выведены на стыковую плоскость, соединение с гидросистемой производится через специальные панели, или плиты.

Распределители выполняют двух- и трехпозиционными, в зависимости от числа позиций (фиксированных положений) золотника относительно корпуса. Каждая позиция обеспечивает подключение определенным образом гидродвигателя к насосной и сливной линиям гидросистемы. Например, первому положению золотника двухпозиционного распределителя соответствует вращение вала реверсивного гидромотора по часовой стрелке, а второму положению — против часовой стрелки. Трехпозиционный же распределитель позволяет выполнять, кроме прямого и обратного вращения (первое и третье положения золотника), еще и остановку гидромотора (второе положение золотника).

О том, как соединяются линии в том или ином положении золотника, дает представление *схема* распределителя. Полная схема содержит также условное изображение устройства управления (рукоятки, электромагнита, возвратной пружины и т.д.) [19].

Утечка по зазорам золотника зависит от перепада давлений и вязкости рабочей жидкости. Ориентировочные максимальные значения утечек при давлении 20 МПа и вязкости масла около 40 сСт даны в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Максимальная утечка по зазорам золотника

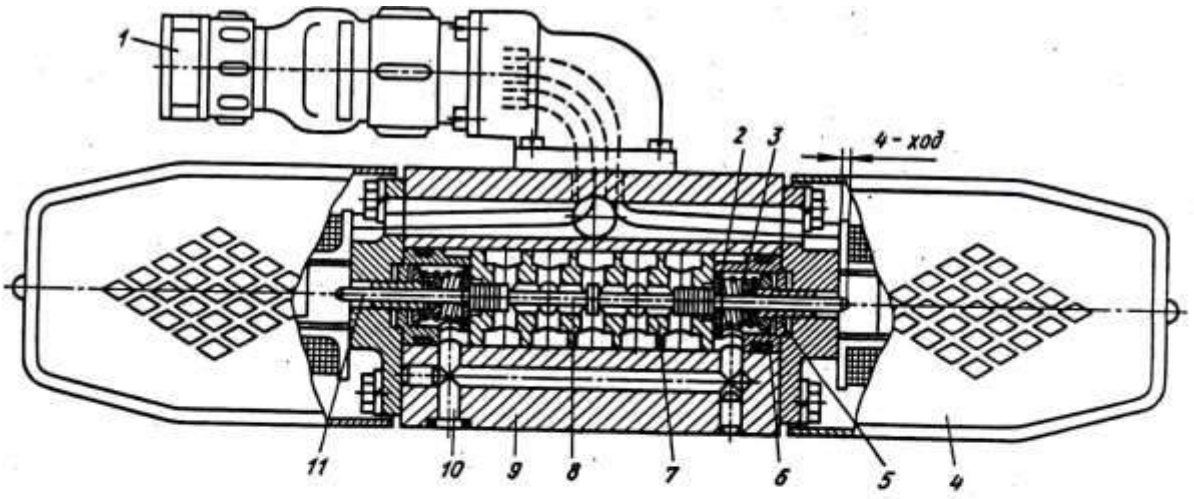
Условный проход, мм	8	10	16	20	32
Утечка, $дм^3$/мин	0,05	0,1	0,2		0,5

Потеря давления потока при максимальном расходе в подавляющем большинстве распределителей лежит в интервале 0,8–1,0 МПа.

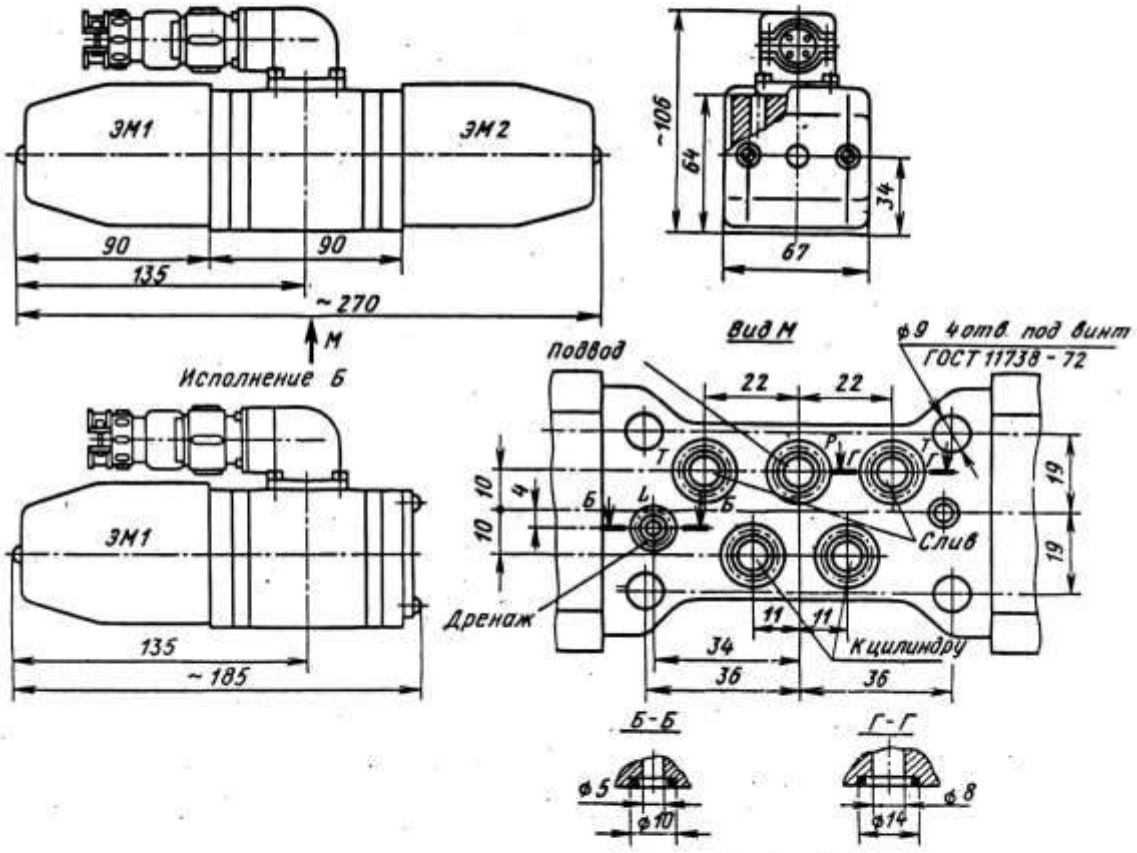
На рис. 4.12 представлен внешний вид, а на рис. 4.13, *а* — устройство трехпозиционного гидрораспределителя ПГ73-1 с электрическим управлением.

Рис. 4.12. Внешний вид гидрораспределителя ПГ73-1

Управление осуществляется двумя толкающими электромагнитами *4* (рис. 4.13, *а*). Поскольку электромагниты приемлемых размеров не способны развивать больших усилий, то непосредственное воздействие на золотник *8* используется в распределителях с малыми условными проходами (6 мм и 8 мм).



а



б

Рис. 4.13. Гидрораспределитель ПГ73-1:
а — конструкция; *б* — габаритные и присоединительные размеры;
1 — штепсельный разъем; *2* — шайба; *3* — пружина; *4* — электромагнит;
5 — втулка; *6* — чашка; *7* — гильза; *8* — золотник; *9* — корпус;
10 — дренажное отверстие; *11* — толкатель

Левый электромагнит посредством толкателя *11* перемещает золотник внутри гильзы *7* в правое крайнее положение, а правый — в левое крайнее положение. Пружины *3* после отключения электромагнитов возвращают золотник в среднее — нейтральное — положение. Утечки из торцовых полостей, в которых расположены пружины, отводятся в дренажное отверстие *10*. Шайба *2*, втулка *5* и чашка *6* предназначены для установки пружины *3* в корпусе *9* и передачи ее усилия на толкатель *11*.

Подводящие и сливные отверстия выполнены в нижней опорной плоскости (рис. 4.13, *б*). Подключение распределителя к гидросистеме осуществляется через промежуточную плиту с каналами и резьбовыми отверстиями.

Рассматриваемый распределитель может быть выполнен двухпозиционным (рис. 4.13, *б*, исполнение Б), при этом он оснащается не двумя, а одним электромагнитом, и возврат золотника в исходное положение производится пружиной.

Гидрораспределители с большими условными проходами ПГ73-2 и электрогидравлическим управлением представляют собой комбинацию управляющего распределителя (пилота) ПГ73-11 и управляемого им основного распределителя. В основном распределителе золотник перемещается давлением на толкатель подаваемой пилотом жидкости.

Основные параметры распределителей ПГ73 приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Основные параметры гидрораспределителей с электрическим и электрогидравлическим управлением

Параметр	ПГ73-11	ПГ73-12	ПГ73-24	ПГ73-25
Условный проход, мм	8	10	20	32
Расход номинальный, $дм^3$/мин	8	20	80	160
Время срабатывания, с	0,02	0,03	0,05–1,5	0,07–3,0
Потери давления, МПа	0,78	0,83		0,78
Утечки, $дм^3$/мин	0,05	0,12	0,2	0,3
Усилие электромагнита, Н	16	25	16	
Масса, кг	3	6	15	28
Примечание. Рабочее давление 20 МПа.				

4.3.3. Дросселирующие распределители

В мехатронных гидравлических системах с программным и адаптивным управлением, в гидросистемах роботов широко используются так называемые *дросселирующие распределители*, обладающие высокой чувствительностью к управляющим воздействиям и способные обеспечивать весьма малые (порядка 0,1 мм и менее) перемещения рабочего органа.

Принцип действия дросселирующего распределителя поясняет рис. 4.14.

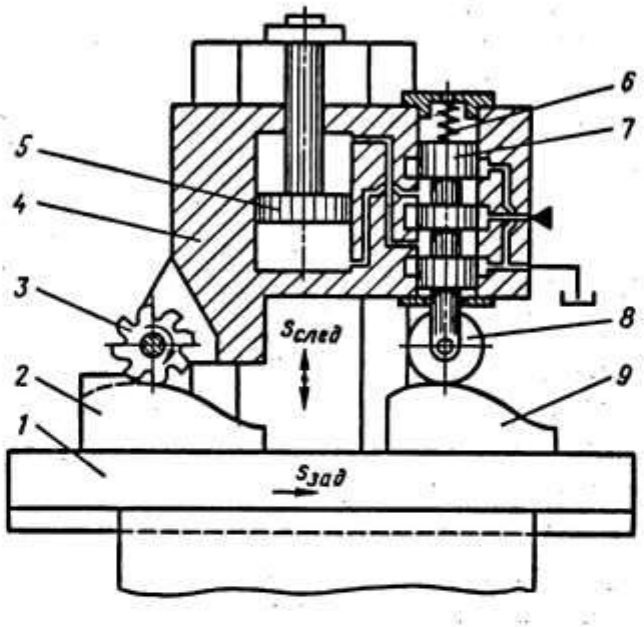


Рис. 4.14. Схема гидравлической копировальной системы фрезерного станка:
1 — стол станка; *2* — деталь; *3* — инструмент (фреза);
4 — каретка; *5* — поршень гидроцилиндра; *6* — пружина;
7 — золотник; *8* — ролик; *9* — копир

Гидравлическая копировальная система фрезерного станка содержит инструмент *3* (фрезу), установленный на каретке *4*, которую перемещает гидроцилиндр с поршнем *5*. Шток поршня неподвижно закреплен на станине станка. Золотник *7* дросселирующего распределителя пружиной *6* прижат через ролик *8* к фасонной поверхности копира *9*. Обрабатываемая деталь *2* и копир *9* закреплены на столе *1* станка, перемещающемся со скоростью задающей подачи $s_{зад}$.

Золотник *7* имеет три пояска с четырьмя рабочими кромками, частично перекрывающими кольцевые канавки в корпусе. Каналами в корпусе средняя кольцевая канавка соединена с напорной линией гидросистемы, две крайние — со сливной линией, а промежуточные полости — с полостями цилиндра. Закон

перемещения золотника определяется профилем копира, а каретка *4*, отслеживая его перемещение, обеспечивает соответствующую подачу инструмента $s_{след}$ с усилием, достаточным для преодоления сил резания.

В положении, показанном на рис. 4.14, золотник своими поясками полностью перекрывает напорную и сливную линии. При перемещении стола *1* вправо золотник опускается, напорная линия соединяется с поршневой полостью цилиндра, а сливная линия — со штоковой полостью. Поскольку сам поршень неподвижен, то перемещается каретка вместе с инструментом, в данном случае — вниз, до тех пор, пока пояски золотника снова не перекроют напорную и сливную линии, т.е. пока каретка не отработает такое же перемещение, что и золотник. В результате инструмент *3* в процессе обработки движется по кривой, точно соответствующей задающей поверхности копира.

Для применения в следящих гидроприводах разработан управляющий золотник Г61-41 (рис. 4.15), встраиваемый в корпус дросселирующего распределителя. Он состоит из золотника *1* и гильзы *2*. Золотник имеет три пояска, а в гильзе выполнены три внутренних кольцевых канавки и пять внешних канавок. Радиальными отверстиями внешние канавки соединены с внутренними канавками и промежуточными полостями *3* и *4*. Каналами в корпусе распределителя средняя внешняя канавка гильзы соединяется с напорной линией, две крайние — со сливной, две промежуточные — с камерами гидродвигателя.

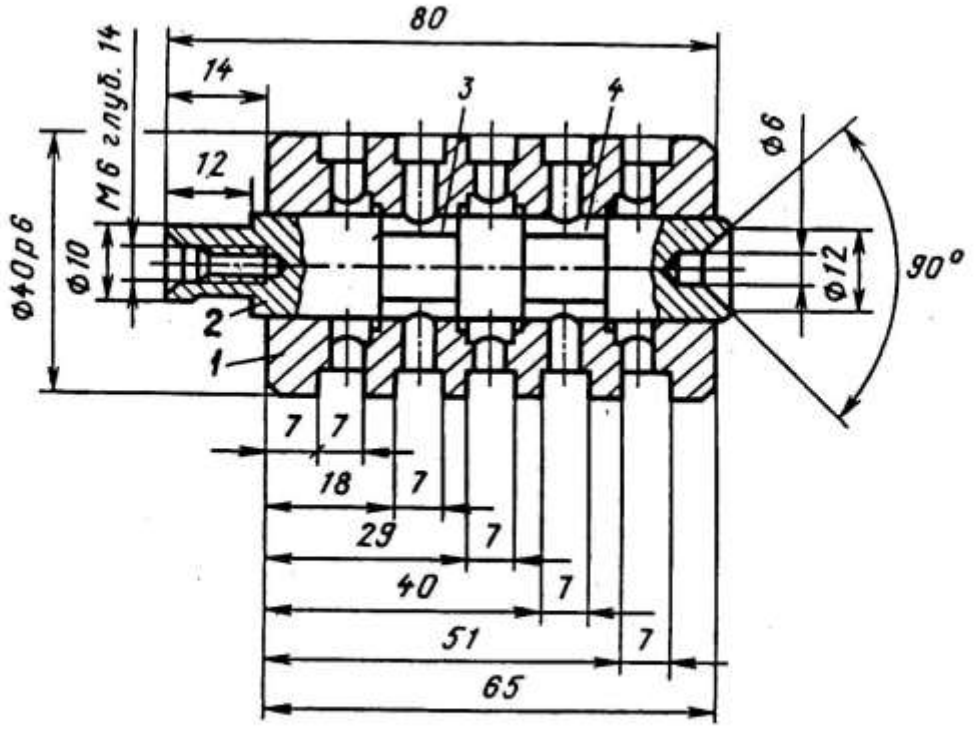


Рис. 4.15. Управляющий золотник Г61-41

Левым концом золотник взаимодействует с пружиной, а правым через промежуточные передаточные звенья — с копиром, толкателем и т.п.

Техническая характеристика управляющего золотника дана в табл. 4.12.

Таблица 4.12

Техническая характеристика управляющего золотника Г61-41

Параметр	Величина
Расход номинальный, $дм^3$/мин	20
Давление максимальное, МПа	6,3
Диаметральный зазор в сопряжении золотник — гильза, мкм	15–20
Наружная утечка по зазорам при подпоре в сливной линии 0,2 МПа, $дм^3$/мин, не более	0,001
Масса, кг	0,45

Широкое распространение в гидросистемах получили электроуправляемые дросселирующие распределители типа Г68-1 (рис. 4.16), предназначенные для изменения величины и направления потока рабочей жидкости с большой гидравлической мощностью в соответствии с управляющими электрическими сигналами малой мощности. Здесь они подробно не рассматриваются. Необходимо лишь отметить следующие их конструктивные особенности.

Рис. 4.16. Внешний вид гидрораспределителя Г68-1

Во-первых, распределители Г68-1 имеют систему промежуточного гидравлического управления, по сути — гидравлический усилитель, через которую электромагнит воздействует на золотник.

Во-вторых, масло, выходящее в сливную линию, пропускается через реактивную турбинку типа «сегнерово колесо», закрепленную на золотнике и заставляющую его непрерывно вращаться с частотой около 300 об/мин. Таким образом исключается сухое трение в паре золотник — гильза.

Основные параметры распределителей Г68-1 приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Основные параметры дросселирующих распределителей Г68-1

Параметр	12Г68-11	12Г68-12	12Г68-13
Расход номинальный, $дм^3$/мин	6,3	20	32
Давление рабочее, МПа	6,3		
Максимальная мощность сигнала управления, Вт	0,42	1,0	1,82
Расход в линии управления, $дм^3$/мин	1,2		
Утечки на слив в закрытом положении при рабочем давлении, $дм^3$/мин	2,0		
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	 170 100 205		
Масса, кг	10		

4.4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ГИДРОПРИВОДОВ

4.4.1. Гидроаккумуляторы

Гидроаккумулятором называется устройство, служащее для накопления гидравлической энергии в период пауз в ее потреблении агрегатами гидросистемы. Использование гидроаккумулятора позволяет понизить мощность насоса до усредненной по времени мощности гидродвигателей. В системах с эпизодическим включением гидродвигателей наличие гидроаккумулятора дает возможность обеспечить паузы в работе питающего насоса. Кроме того, в ряде мехатронных систем с гидроприводом высокое давление жидкости в гидродвигателе рабочего органа должно поддерживаться постоянным при отключении двигателя от насоса, что также становится возможным при наличии в системе гидроаккумулятора.

Накопленная в аккумуляторе энергия может быть отдана в очень короткое время, поэтому гидроаккумулятор способен кратковременно развивать высокую мощность. Применение этих агрегатов особенно целесообразно в системах с большими пиками расхода жидкости, величины которых в некоторых случаях во много раз превышают средний расход жидкости.

По способу создания давления различают грузовые, пружинные и пневматические гидроаккумуляторы.

Грузовой аккумулятор представляет собой цилиндр, поршень которого находится под воздействием груза. Давление жидкости определяется весом груза и площадью поршня.

В *пружинном* аккумуляторе давление жидкости создается усилием пружин, действующим, как и вес груза в грузовом аккумуляторе, на поршень цилиндра.

В пневматическом аккумуляторе (*пневмогидроаккумуляторе*) накопление энергии происходит за счет сжатия газа, обычно — воздуха, реже — азота.

Конструкции пневмогидроаккумуляторов следует рассмотреть более подробно.

В соответствии с типом разделителя сред аккумуляторы могут быть поршневыми (рис. 4.17, *а*) и диафрагменными (рис. 4.17, *б*). Более простым по конструкции считается поршневой. Недостатками его являются трение поршня в цилиндре и утечки жидкости в газовую полость. Этих недостатков лишен аккумулятор, роль разделителя в котором выполняет гибкая мембрана, или диафрагма. Поскольку сопротивление деформации диафрагмы незначительно, то диафрагменные аккумуляторы безынерционны и пригодны для применения в качестве гасителей высокочастотных пульсаций расхода.

Грузовые и пружинные гидроаккумуляторы больших объемов изготавливать нецелесообразно: они становятся весьма массивными и крупногабаритными. Наиболее широкое распространение в машиностроении вообще и в гидросистемах мехатронных модулей в частности получили пневмогидроаккумуляторы.

При подаче жидкости из пневмогидроаккумулятора в систему объем сжатого газа в нем увеличивается, соответственно увеличению объема падает давление. Емкость аккумулятора принимается из условия снижения давления в процессе работы гидросистемы не более чем на 25 % максимального значения (иначе говоря, максимальное давление в аккумуляторе должно превышать номинальное давление насоса не более чем в 1,33 раза).

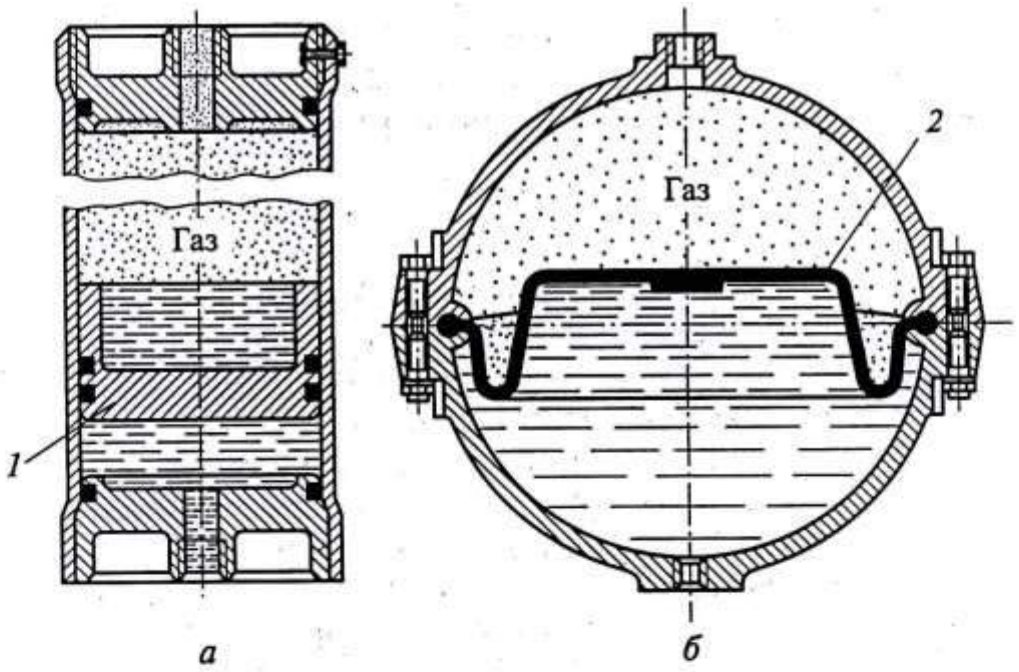


Рис. 4.17. Пневмогидроаккумуляторы:
а — поршневой; *б* — диафрагменный;
1 — поршень; *2* — диафрагма

4.4.2. Резервуары для рабочей жидкости

Резервуар для рабочей жидкости (*маслобак*) является ответственным узлом гидросистемы, так как от правильности его исполнения зависит надежность и долговечность входящих в систему агрегатов.

Выделяющееся во время работы агрегатов тепло рассеивается через стенки маслобака, поэтому его объем оказывает значительное влияние на тепловой режим гидропривода.

Среднее количество теплоты, выделяемое гидроприводом в единицу времени (средняя тепловая мощность), определяют по формуле:

$$P_{\text{тепл}} = (P_{\text{дв}} - P) \cdot \text{ПВ}, \qquad (4.13)$$

где $P_{\text{дв}}$ — мощность на валу приводного электродвигателя насосной установки; P — суммарная полезная мощность одновременно работающих гидродвигателей; ПВ — продолжительность включения гидропривода (отношение времени работы под нагрузкой к общему времени цикла).

В табл. 4.14 даны значения объема бака в зависимости от $P_{\text{тепл}}$.

Таблица 4.14

Зависимость объема маслобака от тепловыделения в гидросистеме

Средняя тепловая мощность, кВт	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6
Объем маслобака V, дм^3	50	130	220	320	420	540
Примечание. Превышение температуры масла в баке над температурой окружающего воздуха не более 35 °С.						

Выбранный объем должен быть округлен до ближайшего из ряда номинальных размеров $Ra10$, если это не противоречит требованиям технического задания на проектируемую мехатронную систему.

Площадь поверхности маслобака, м^2:

$$A = 0,064\sqrt[3]{V^2}, \qquad (4.14)$$

где V — объем, дм^3.

Очевидно, что во многих случаях возникает настоятельная необходимость уменьшения объема маслобака. Это возможно за счет интенсификации теплообмена между маслом и окружающим воздухом следующими способами:

– оребрение стенок бака (что эквивалентно увеличению площади теплоотдающей поверхности A);

– обдув бака струей воздуха от вентилятора;

– оснащение бака холодильником, выполненным, например, в виде помещенного в масло змеевика из тонкостенных трубок, по которым подается охлаждающая среда (обычно воздух или вода).

Для гидросистем мехатронных модулей наиболее приемлема комбинация двух первых способов.

Днище маслобака должно располагаться на высоте не менее 100 мм над полом для обеспечения теплоотдачи через поверхность днища.

Конец вводимой в бак трубы сливной линии необходимо удалить на возможно большее расстояние от начала трубы всасывающей линии, чтобы создать условия для перемешивания выходящего из сливного трубопровода нагретого масла с уже охлажденным. С этой же целью между концом сливной и началом всасывающей труб целесообразно установить в баке перегородку.

Глубина погружения труб в масло должна быть не менее четырех-пяти их диаметров, расстояние от дна — не менее двух диаметров, концы труб выполняются со срезом под 45°. Это позволит предотвратить перемешивание масла с воздухом и с осадком.

В баке рекомендуется иметь смотровые люки размером не менее 200 × 200 мм.

Заливную горловину следует снабдить фильтром с тонкостью фильтрации 40–80 мкм.

Днище бака должно иметь уклон к сливному отверстию.

Маслобак также может быть снабжен указателем уровня масла, термометром и т.п.

4.4.3. Фильтры

Опыт эксплуатации гидросистем показывает, что выполнение всех требований по поддержанию чистоты рабочей жидкости позволяет повысить надежность привода и снизить эксплуатационные расходы в два раза. Главную роль в очистке масла от твердых частиц играют фильтры различных типов.

Фильтры могут осуществлять полнопроточную или пропорциональную очистку масла во всасывающей, напорной или сливной линиях гидросистемы.

При *полнопроточной* очистке через фильтр проходит вся жидкость от насосной установки к силовым гидроагрегатам. *Пропорциональная* очистка подразумевает пропускание через фильтр части рабочей жидкости, т.е. расход фильтруемого масла составляет часть полного расхода насосной установки.

Фильтр, установленный на всасывающей линии, — всасывающий, или приемный фильтр — обеспечивает эффективную защиту насоса от сравнительно крупных частиц, его значение очень велико. К сожалению, приемный фильтр, являясь гидравлическим сопротивлением, ухудшает условия всасывания насоса, поэтому перепад давлений на нем не должен превышать 0,02 МПа. Отсюда следует, что, во-первых, использовать приемные фильтры нельзя в насосных установках с пластинчатыми насосами, чувствительными к сопротивлению на входе; во-вторых, эти фильтры требуют строгого выполнения правил обслуживания.

Фильтр, установленный на сливной линии, называемый сливным, не создает нежелательного сопротивления во всасывающей линии насоса. Применение в гидросистеме только сливного фильтра оправдано в том случае, если система надежно защищена от попадания загрязнений извне. Если такой защиты нет, то необходима комбинация всасывающего и сливного фильтров. Оптимальным считается сочетание приемного фильтра на крупность частиц 80 мкм или 160 мкм со сливным на 10 мкм или 25 мкм.

Для защиты высокочувствительного к загрязнению элемента гидросистемы непосредственно перед ним на напорной линии устанавливают фильтр тонкой очистки (напорный фильтр). Через напорный фильтр проходит жидкость с высоким давлением, поэтому, в отличие от приемного и сливного фильтров, он имеет высокопрочный корпус.

Как свидетельствует практика, фильтр может эффективно защищать только тот элемент гидросистемы, который установлен непосредственно после него, а остальные получают лишь частичную защиту. По этой причине реальные системы содержат различные сочетания фильтров, например всасывающего и сливного, о чем было сказано выше.

При выборе фильтров можно пользоваться следующими рекомендациями по тонкости фильтрации:

– насосы шестеренные на давление до 2,5 МПа; насосы и гидромоторы пластинчатые нерегулируемые на давление до 6,3 МПа — 40 мкм;

– насосы пластинчатые нерегулируемые на давление до 16 МПа; насосы пластинчатые регулируемые на давление до 6,3 МПа; насосы и гидромоторы аксиально-поршневые на давление до 16 МПа; направляющая и регулирующая гидроаппаратура на давление до 20 МПа — 25 мкм;

– электрогидравлические следящие и шаговые модули; дросселирующие гидрораспределители — 10 мкм.

Особой разновидностью фильтров можно считать магнитные очистители (сепараторы, магнитные фильтры), предназначенные для задерживания находящихся в масле магнитных частиц. Включение сепараторов в гидросистемы высокоточных мехатронных модулей весьма желательно.

Активными элементами сепаратора являются постоянные магниты, задерживающие содержащиеся в масле ферромагнитные частицы. Со временем проходное сечение сепаратора уменьшается, тем более что он задерживает также и определенное количество немагнитных частиц. Поэтому сепараторы рекомендуется очищать через каждые 500 ч работы.

4.5. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОСИСТЕМ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Исходные данные.

Исходные данные для проектирования гидросистемы содержатся в техническом задании на ММ:

1. Формулировка технических требований к гидросистеме.

В число технических требований к гидросистеме входят:

– усилие (крутящий момент) или мощность на рабочем органе;

– линейная (угловая) скорость рабочего органа;

– места расположения основных агрегатов гидросистемы — насосной установки и рабочего органа;

– необходимость регулирования; если регулирование необходимо, то его пределы;

– прочие требования (перепады температуры, условия безопасной эксплуатации, максимальные габариты и т.д.).

2. Предварительный выбор элементов гидросистемы.

На данном этапе проектирования еще не идет речь о конкретных марках входящих в систему силовых гидроагрегатов, аппаратов управления и т.п. Конструктор, анализируя технические требования, устанавливает, какие типы устройств этим требованиям удовлетворяют. Необходимо руководствоваться принципом многовариантности.

Пример 1. Согласно техническому требованию модуль должен обеспечивать поворот рабочего органа на 90°. Требование может быть реализовано: а) с помощью гидроцилиндра, воздействующего на рычаг; б) моментным гидроцилиндром.

Пример 2. Необходимо регулирование скорости рабочего органа. Его можно обеспечить: а) с помощью регулируемого насоса; б) с помощью регулируемого гидродвигателя; в) с помощью дроссельного регулятора.

3. Составление вариантов гидросхемы.

Гидросхема составляется в нескольких вариантах в соответствии с наборами аппаратуры, принятыми на предыдущем этапе. Желательно, чтобы она давала представление о траектории трубопровода (изгибы, наличие гибких рукавов и т.п.), что позволит в дальнейшем оценить его гидравлическое сопротивление.

При составлении гидросхем следует использовать принятые условные обозначения элементов в соответствии с действующими стандартами.

4. Определение основных рабочих параметров и выбор марки гидродвигателя рабочего органа для каждого варианта.

Основными параметрами являются давление и расход рабочей жидкости. Их следует определить из технических требований (этап 1), относящихся к рабочему органу. На данном этапе конструктор снова сталкивается с необходимостью рассматривать различные варианты.

Пример. Техническим требованием задана мощность P на выходном звене рабочего органа. Так как:

$$P = pQ\eta, \tag{4.15}$$

то ее можно реализовать различными сочетаниями p и Q. Если требуются минимальные габариты модуля, то целесообразно повышать давление с одновременным уменьшением расхода. Следует иметь в виду стандартные ряды давле-

ний и расходов. Наиболее часто принимают давления в диапазоне 6,3–25 МПа. Давление менее 6,3 МПа считают низким, более 25 МПа — высоким. В ММ, к которым требование особо малых габаритов не предъявляется, следует принимать средние давления (12,5–20 МПа).

По найденным значениям основных параметров принимают марку гидродвигателя применительно к каждому варианту гидросистемы.

5. Выбор марок гидроаппаратов.

Ориентируясь на сочетания p и Q гидродвигателя рабочего органа, назначают марки аппаратуры управления и регулирования для каждого варианта.

6. Окончательный выбор варианта и уточнение гидросхемы.

Рассматривают варианты гидросхемы с учетом конкретных типов гидродвигателя рабочего органа и гидроаппаратуры и оценивают их по критериям структурной сложности, количества утечек, кинематических погрешностей, трудоемкости обслуживания, надежности, стоимости.

Принимают оптимальный вариант, при необходимости корректируют гидросхему, определяют длины ее участков.

7. Определение диаметров труб и расчет сопротивления трубопровода.

Выбор размера трубы для той или иной линии трубопровода производят с учетом рекомендаций по ограничению скорости потока в зависимости от давления в линии (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Скорость потока в трубопроводе в зависимости от давления жидкости

Давление, МПа	2,5	6,3	16	32	63
Скорость, м/с, не более	2	3,2	4	5	6,3

Для сливных линий обычно принимают v = 2 м/с, для всасывающих линий — $v \le 1{,}6$ м/с.

Затем по известному расходу жидкости в линии Q_i и принятой скорости v_i вычисляют внутренний диаметр трубы:

$$d_i = 4{,}6\sqrt{\frac{Q_i}{v_i}}. \qquad (4.16)$$

Размеры труб высокого давления можно принимать по табл. 4.16.

Таблица 4.16

Рекомендуемые размеры труб высокого давления

Номинальный расход, дм³/мин	Диаметр условного прохода, мм	$d_н \times s$, мм	
		стальная труба	медная труба
3,2	3	–	4 × 0,5; 6 × 0,8
12,5	8	12 × 2	8 × 1; 10 × 1
20	10	14 × 2	12 × 1; 14 × 1
50	16	20 × 2,5	18 × 1,5
80	20	25 × 3	22 × 2
200	32	40 × 4	–
Обозначения: $d_н$ — наружный диаметр; s — толщина стенки.			

После назначения диаметров линий трубопровода по формулам п. 4.5.3 находят сопротивление участков и полное сопротивление трубопровода.

8. Определение общего сопротивления сети и суммарных утечек.

Общее сопротивление сети определяется как сумма сопротивлений трубопровода и гидроагрегатов, а утечки в сети — как сумма утечек в гидроагрегатах.

9. Определение давления и производительности насосной установки.

Давление, которое должен обеспечить насос, равно сумме давления гидродвигателя рабочего органа и общего сопротивления сети.

Производительность насосной установки равна расходу в гидродвигателе рабочего органа и суммарных утечек в сети.

Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки гидравлического привода ММ по сравнению с электрическим.
2. Дайте сравнительную характеристику радиально-поршневых и аксиально-поршневых насосов.
3. Дайте сравнительную характеристику пластинчатых и аксиально-поршневых насосов.
4. Для чего используется предохранительный клапан?
5. Что такое дроссель?
6. Какую функцию выполняют гидрораспределители в гидроприводе?
7. Гидрораспределители какого типа получили самое широкое распространение в гидроприводе ММ?
8. Поясните устройство гидропневмоаккумулятора.

5. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

5.1. НАЗНАЧЕНИЕ И РАЗНОВИДНОСТИ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

Тормозными называют устройства, которыми снабжают ММ для снижения скорости подвижного звена, остановки и удержания (фиксации) его в неподвижном состоянии.

При торможении накопленная в процессе разгона движущихся масс кинетическая энергия переходит в другие обратимые или необратимые виды энергии (потенциальную, тепловую). Тормозные устройства создают дополнительную силу и момент сопротивления, направленные против движения и совершающие отрицательную работу на участке торможения. Кинетическая энергия звеньев ММ частично или полностью преобразуется (поглощается или рассеивается), постепенно снижается скорость движущихся масс по мере их приближения к заданной точке останова, уменьшаются действующие на них динамические нагрузки и удары, что способствует устранению отскоков и колебаний рабочих органов.

В зависимости от природы сил торможения тормозные устройства разделяют на *механические*, *гидравлические*, *пневматические*, *электрические* и *комбинированные*. Механические тормозные устройства подразделяют на пружинные, резиновые, эластомерные, инерционные и фрикционные; гидравлические представляют собой устройства дроссельного регулирования; пневматические могут быть напорными и вакуумными (применяются редко); к электрическим относят электромагнитные, индукционные и гистерезисные, а также порошковые тормозные устройства с сухим и жидким наполнителем фрикционного и дроссельного типов; комбинированные представляют собой комплекс из двух или более типов перечисленных устройств (пневмогидравлические, пружинно-пневматические и т.д.).

Ко всем типам тормозных устройств ММ предъявляются следующие основные требования:

– обеспечение заданного закона торможения;

– безударный останов и фиксация подвижных элементов в точках позиционирования;

– высокая надежность и долговечность;

– высокое быстродействие;

– простота и компактность конструкции;

– стабильность характеристик при изменении условий работы;

– малая чувствительность к изменению температуры, влажности, тормозимой массы, скорости;

– возможность настройки и доступность регулирования;

– удобство осмотра и обслуживания;

– минимальные габариты и масса.

5.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА

В механических тормозных устройствах силу сопротивления создают деформацией рабочих элементов (*упругие* тормозные устройства) или трением (*фрикционные* тормозные устройства).

В качестве упругих элементов наиболее часто применяют цилиндрические пружины сжатия, реже — растяжения. Распространение получили резиновые и резино-металлические, а также пенополиуретановые упругие элементы.

Основными рабочими элементами фрикционных тормозных устройств являются вращательные или поступательные пары трения.

Простейшее тормозное устройство образуют одна или несколько цилиндрических пружин, установленные либо непосредственно между функциональным звеном и упорами параллельно оси его движения, либо оформленные в виде отдельного конструктивного узла.

Силу сопротивления пружины вычисляют по следующей формуле:

$$F_{\text{пр}} = cx = c\left(x_0 + x_{\text{д}}\right) = F_0 + F_{\text{д}}, \tag{5.1}$$

где x — полная деформация пружины; x_0 — начальная деформация (поджатие) пружины; $x_{\text{д}}$ — дополнительная деформация пружины; F_0 — начальная сила сопротивления пружины; $F_{\text{д}}$ — дополнительная сила сопротивления пружины; c — жесткость, которая для цилиндрической витой пружины равна (Н/мм):

$$c = \frac{F}{x} = \frac{Gd^4}{8nD^3}, \tag{5.2}$$

G — модуль упругости 2-го рода материала пружины (для пружинных сталей $G = (7{,}85–8) \cdot 10^4$ МПа); d — диаметр проволоки пружины, мм; D — средний диаметр витка пружины, мм; n — число рабочих витков пружины.

Останов подвижного звена произойдет при равенстве кинетической энергии подвижного звена и потенциальной энергии упругой деформации пружины:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{cx^2}{2}, \tag{5.3}$$

К достоинствам пружинных устройств следует отнести возможность больших деформаций, сохранение характеристик под воздействием продолжительной статической нагрузки, нечувствительность к значительным перепадам температур. В то же время они обладают такими недостатками, как малое демпфирование, трудности регулирования (настройки) их силовой характеристики, начальное поджатие пружины приводит к возникновению скачка нагрузки на тормозимые массы.

Резиновые тормозные устройства обычно содержат несколько последовательно установленных элементов (рис. 5.1, *а*), состоящих из резиновых втулок *1* и металлических шайб *2*. В зависимости от конструкции тормозных устройств резиновые втулки могут работать на сжатие (рис. 5.1, *а*, *б*) или сдвиг (рис. 5.1, *в*). Втулки, работающие на сжатие, обладают небольшой податливостью, но значительной нагрузочной способностью, втулки сдвига — наоборот, большой податливостью и сравнительно небольшой нагрузочной способностью.

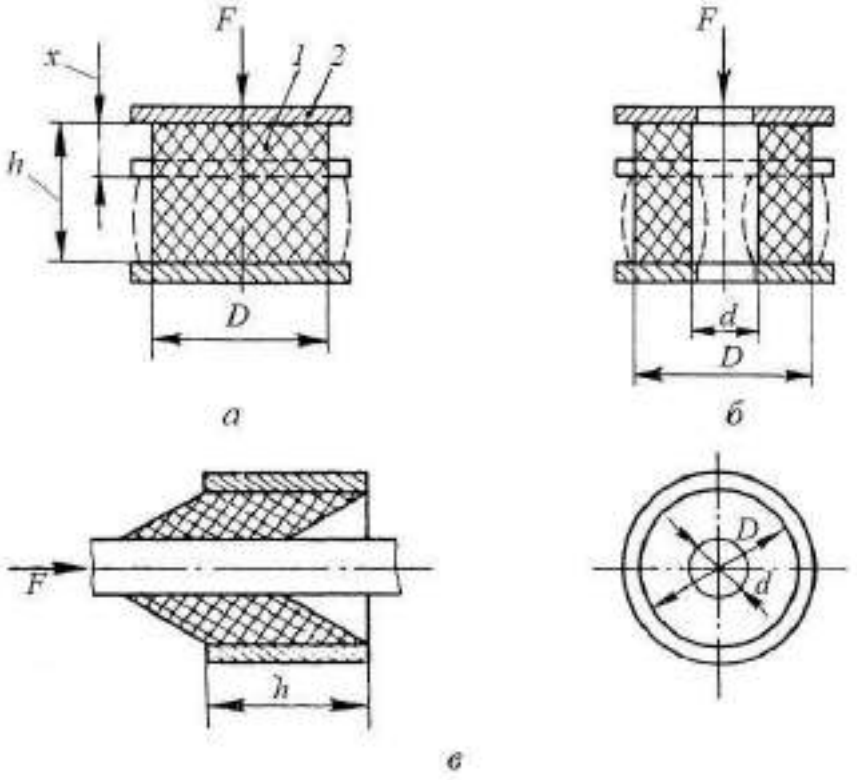


Рис. 5.1. Резиновые тормозные элементы

Резина легко меняет форму при незначительном изменении усилия. В замкнутом объеме она ведет себя как несжимаемая жидкость. Поэтому для резиновых элементов, работающих на сжатие, должна быть предусмотрена возможность их деформации перпендикулярно к оси сжатия.

При одноосном сжатии резинового элемента с постоянным поперечным сечением (рис. 5.1, *а*, *б*) упругая сила сопротивления равна:

$$F = \frac{chx}{h - x}, \tag{5.4}$$

где c — продольная жесткость резины, Н/мм:

$$c = \frac{BEA}{h}, \tag{5.5}$$

E — динамический модуль упругости резины, равный (0,6–1,0) · 10^{-8} МПа; A — площадь поперечного сечения резинового элемента; h — высота недеформированного элемента; x — величина деформации элемента; B — коэффициент ужесточения, равный:

$$B = 1 - f \cdot K_{\phi}, \tag{5.6}$$

f — коэффициент трения между резиной и материалом опоры (f = 0,12–0,15 для несмазанных поверхностей в паре резина — сталь); K_{ϕ} — коэффициент формы (для сплошных цилиндрических резиновых элементов с диаметром D и высотой h коэффициент $K_{\phi} = \frac{D}{4h}$; для резиновых втулок с наружным диаметром D и внутренним диаметром d $K_{\phi} = \frac{D - d}{4h}$).

Условие прочности резиновой втулки при сжатии:

$$\sigma_{сж} = \frac{F}{A} \le [\sigma_{сж}], \tag{5.7}$$

где $[\sigma_{сж}]$ — допускаемое напряжение сжатия, для резины средней твердости $[\sigma_{сж}]$ = (2,5–5,0) МПа.

Для резинового элемента, работающего на сдвиг (рис. 5.1, *в*), упругую силу сопротивления определяют по формуле:

$$F = c'x, \tag{5.8}$$

где c' — коэффициент жесткости резины на сдвиг, Н/мм:

$$c' = \frac{2\pi Gh}{\ln \frac{d}{D}}. \tag{5.9}$$

Условие прочности резиновой втулки, работающей на сдвиг:

$$\tau_{max} = \frac{F}{\pi dh} \le [\tau], \tag{5.10}$$

где $[\tau]$ — допускаемое напряжение сдвига резины при ударной кратковременной нагрузке; для резины средней твердости $[\tau]$ = (1–2) МПа.

Максимальное напряжение сдвига возникает на внутренней поверхности резиновой втулки.

Резино-металлические тормозные устройства обладают высокой надежностью, простотой конструкции и технологичностью изготовления, удобством обслуживания, большой энергоемкостью. К недостаткам следует отнести чувствительность к изменению температуры и влажности, «индивидуальность» технических характеристик (два элемента одинаковых размеров имеют различную жесткость).

Фрикционные тормозные устройства используют как для торможения и позиционирования в промежуточных точках, так и для удержания (фиксации) звеньев.

Главной особенностью фрикционных устройств является то, что они преобразуют значительную часть кинетической энергии в тепловую, которая рассеивается в окружающее пространство. Фрикционные устройства с упругими элементами накапливают небольшое количество потенциальной энергии, обусловливающей силу отдачи, а фрикционные устройства без упругих элементов полностью поглощают подведенную кинетическую энергию.

Конструкции фрикционных тормозных устройств весьма разнообразны. Они могут быть как автономными, так и встроенными в двигатель, управляемыми и неуправляемыми, нормально замкнутыми и разомкнутыми, одно-

и двустороннего действия. Однако независимо от типа и конструкции они содержат одну или несколько фрикционных пар, при относительном движении элементов которых возникает сила трения. Обычно одно из звеньев фрикционной пары удерживают или укрепляют неподвижно относительно корпуса или другого узла, по отношению к которому осуществляется торможение.

Упруго-фрикционное тормозное устройство с цилиндрической пружиной и разрезной конической втулкой изображено на рис. 5.2. При перемещении штока *6* с коническим буртиком сегменты *5* скользят по внутренней цилиндрической поверхности корпуса *2*, прижимаясь к ней с возрастающей силой вследствие сжатия пружины *3*, расположенной между конической втулкой *4* и винтовой регулировочной втулкой *1*.

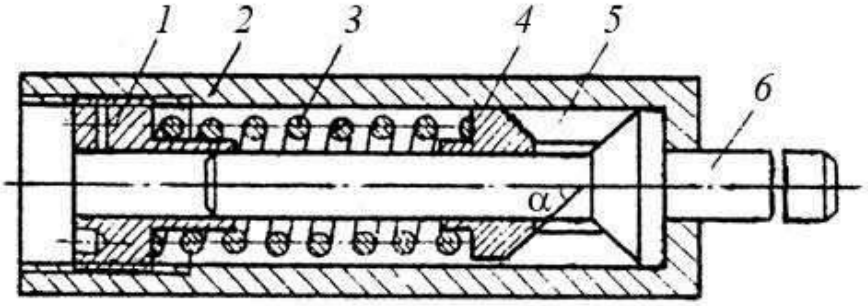


Рис. 5.2. Упруго-фрикционное тормозное устройство

Сила сопротивления перемещению стержня равна:

$$F_{\text{сопр}} = F_{\text{пр}} + F_{\text{с.т}}, \tag{5.11}$$

где $F_{\text{пр}}$ — сила упругости пружины (формула (5.1)); $F_{\text{с.т}}$ — сила сухого трения между сегментами и корпусом:

$$F_{\text{с.т}} = F_N f = \frac{2F_{\text{пр}} f\left(1 - f_1 \text{tg}\alpha\right)}{f_1 + \text{tg}\alpha}, \tag{5.12}$$

F_N — сила нормального давления между сегментами и корпусом; f — коэффициент трения скольжения между цилиндрическими поверхностями сегментов и корпуса (табл. 5.1); f_1 — коэффициент трения скольжения между коническими поверхностями штока *6*, втулки *4* и сегментов *5* (табл. 5.1); α — угол между образующей корпуса и осью штока.

Таблица 5.1

Допускаемое давление и коэффициент трения

Материалы фрикционных пар	Конусный тормоз		Дисковый тормоз	
	[*q*], МПа	*f* (*fi*)	[*q*], МПа	*f* (*fi*)
Закаленная сталь	–	–	2–4	0.1
Сталь — чугун	3–4	0,15	2–3	0,15
Сталь — бронза	5–6	0,05	4–5	0.05
Сталь — ферродо	1–2	0.3	2–2.5	0.3
Сталь — текстолит	4–5	0,2	5–6	0,2

После снятия нагрузки обратный ход штока происходит под действием силы упругости пружины.

Фрикционный конусный тормоз (рис. 5.3) состоит из вращающегося конуса *1* с рабочим звеном, поступательно движущегося конуса *2* и пружины *3*. Усилие пружины, необходимое для останова подвижного звена, находят по формуле:

$$F_{пр} = cx = \frac{2KT\sin\alpha}{D_{ср}f}, \qquad (5.13)$$

где K = 1,25–1,5 — коэффициент, учитывающий эксплуатационные условия; T — вращающий момент на конусе *1*; f — коэффициент трения скольжения материалов конусов (табл. 5.1); α — угол наклона образующей конуса, во избежание заклинивания конусов его принимают из условия $\alpha > 12°–15°$

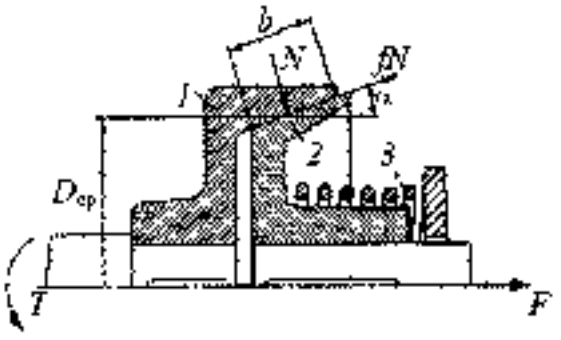


Рис. 5.3. Схема фрикционного конусного тормоза

Из условия износостойкости:

$$q = \frac{2KT}{\pi D_{ср}^3 f\psi} \le [q] \tag{5.14}$$

находят средний диаметр поверхности трения:

$$D_{ср} \ge \sqrt[3]{\frac{2KT}{\pi[q]f\psi}}, \tag{5.15}$$

где q — давление между конусами; $[q]$ — допускаемое давление между конусами (табл. 5.1); ψ — коэффициент рабочей ширины дисков ($\psi = b/D$ = = 0,15–0,25).

Ширину поверхности трения находят по формуле:

$$b = \frac{2KT}{\pi D_{ср}^2 f[q]}. \tag{5.16}$$

С другой стороны:

$$D_{ср} = \frac{D_1 + D_2}{2}, \tag{5.17}$$

где D_1 и D_2 — наименьший и наибольший диаметры поверхности трения соответственно:

$$D_1 = D_{ср} - b\sin\alpha; \tag{5.18}$$

$$D_2 = D_{ср} + b\sin\alpha. \tag{5.19}$$

Для растормаживания необходимо приложить усилие $F > F_{пр}$.

В дисковом фрикционном тормозе (рис. 5.4) диски *1* соединены с помощью шлицевого соединения с полумуфтой *2*, а тормозные диски *3* — с полумуфтой *4*. Зазор между дисками *1* и *3* рекомендуют принимать δ = 0,3–0,5 мм. Диски имеют осевую подвижность. Под действием пружины *5* они смещаются и приходят в соприкосновение друг с другом, образуя фрикционные пары.

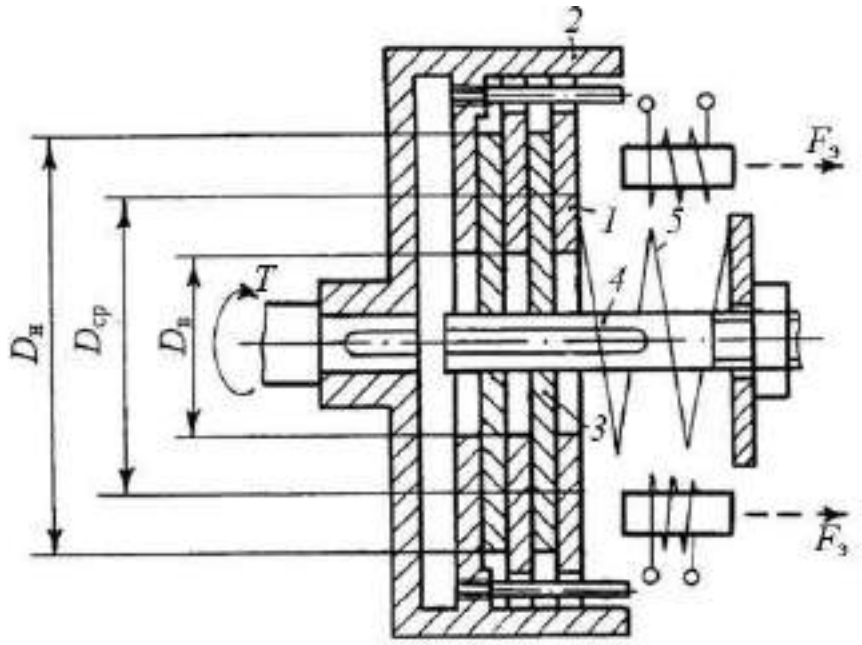


Рис. 5.4. Схема дискового фрикционного тормоза

Число фрикционных пар, необходимое для затормаживания подвижного звена, нагруженного вращающим моментом T, находят так же, как в конусном тормозе, из условия износостойкости:

$$q = \frac{2KT}{\pi D_{ср}^3 f \psi Z} \le [q], \tag{5.20}$$

откуда:

$$Z \ge \frac{2KT}{\pi D_{ср}^3 f \psi [q]}, \tag{5.21}$$

где q — давление на трущихся поверхностях; $D_{ср}$ — средний диаметр контактирующих поверхностей:

$$D_{ср} = \frac{D_н + D_в}{2} = \frac{D_в}{1-\psi}, \tag{5.22}$$

$D_н$ — наружный диаметр кольца контакта дисков:

$$D_н = D_{ср}(1+\psi) = (3...5)d, \tag{5.23}$$

d — диаметр вала подвижного звена; $D_{в} = (0{,}5 \ldots 0{,}6) D_{н}$ — внутренний диаметр контактирующих поверхностей; ψ — коэффициент рабочей ширины дисков:

$$\psi = \frac{D_{ср} - D_{в}}{D_{ср}} = \frac{b}{D_{ср}}, \tag{5.24}$$

принимают $\psi = 0{,}33$–$0{,}11$ (чаще всего $\psi = 0{,}25$); b — рабочая ширина дисков:

$$b = \frac{D_{н} - D_{в}}{2} = \psi D_{ср}; \tag{5.25}$$

$[q]$ и f — см. табл. 5.1.

Число дисков в ведомой части тормоза:

$$Z_{вм} = \frac{Z}{2} + 1, \tag{5.26}$$

в ведущей части:

$$Z_{вщ} = \frac{Z}{2}. \tag{5.27}$$

Полученные Z, $Z_{вм}$, $Z_{вщ}$ округляют до целых чисел.

Необходимая сила пружины при числе Z фрикционных пар:

$$F_{пр} = cx = \frac{3KT}{Zf} \cdot \frac{D_{н}^2 - D_{в}^2}{D_{н}^3 - D_{в}^3}. \tag{5.28}$$

Растормаживание (размыкание) осуществляют с помощью n электромагнитов, суммарное усилие которых должно быть больше силы пружины, т.е. $nF_{э} > F_{пр}$ ($F_{э}$ — усилие одного электромагнита).

В фрикционных тормозных устройствах нестабильность силы трения и изменение условий работы (скорости движения, величины движущихся масс) по сравнению с номинальными приводят к отклонению реального закона торможения от заданного, на который рассчитывалось тормозное устройство. Рас-

хождение может оказаться значительным, если условия и режим работы меняются непрерывно. Поэтому устройства этого типа целесообразно использовать в ММ с достаточно стабильными режимами работы.

Для создания тормозных устройств с программируемыми точками останова и регулирования скорости движения выходного звена (поршня или цилиндра) (*позиционеров*) используют встроенные в двигатель фрикционные механизмы. Они могут быть встроены в поршень или цилиндр и взаимодействовать с цилиндром, штоком или другими движущимися вместе с ними деталями.

Для осуществления программного останова выходного звена позиционера применяют управляемые фрикционные устройства, снабженные собственным приводом, который по команде системы управления замыкает или размыкает тормоз.

В пневмопозиционере (рис. 5.5) фрикционный тормоз является нормально замкнутым. В процессе позиционирования обе полости пневмоцилиндра соединены с атмосферой и пружины *1* прижимают плунжеры *2* с фрикционными накладками *3* к внутренней поверхности цилиндра. При подаче сжатого воздуха, например, в правую полость цилиндра шариковый клапан *5*, предотвращая перетечку воздуха в левую полость, открывает ему доступ в кольцевой канал *4*, соединяющий полости плунжеров *2*, которые сжимают пружины и растормаживают поршень.

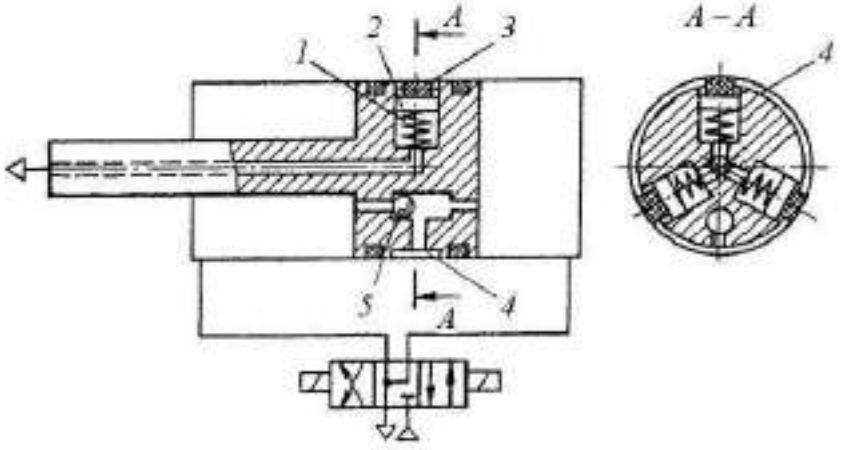


Рис. 5.5. Схема пневмопозиционера

Под действием давления воздуха в правой полости поршень перемещается влево. Для его остановки обе полости пневмоцилиндра соединяют с атмосферой. При этом давление в полости плунжеров и в обеих полостях пневмоцилиндра падает, фрикционные накладки прижимаются к поверхности цилиндра пружинами, тормозят и останавливают поршень.

5.3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для торможения подвижных звеньев используют управляемые электромагнитные тормозные устройства, в которых источником создания тормозящего момента или усилия является электромагнитное поле, воздействующее прямо на движущиеся элементы (электромагнитные, индукционные и гистерезисные тормоза) или косвенно через порошкообразный сухой или жидкий наполнитель (электромагнитные порошковые тормоза и тормоза с ферромагнитными жидкостями).

По принципу действия и устройству электромагнитные тормозные устройства *индукционного* и *гистерезисного* типов аналогичны электрическим двигателям, в которых ротор или статор неподвижен. Взаимодействие между подвижной и неподвижной частями тормоза осуществляется через электромагнитное поле, создаваемое катушкой управления (возбуждения).

По принципу действия электромагнитные тормозные устройства с порошковым и жидким наполнителями аналогичны соответственно фрикционным тормозам и гидравлическим тормозным устройствам дроссельного регулирования.

Действие электромагнитного порошкового тормоза фрикционного типа основано на свойстве сухого или взвешенного в масле ферромагнитного порошка увеличивать в магнитном поле свою вязкость и прочно прилипать к поверхности магнитной системы.

При относительном сдвиге рабочих поверхностей тормоза возникает сопротивление от трения намагниченных частиц порошка между собой. Наибольший сдвиг испытывают частицы, находящиеся в середине слоя. Сдвиг частиц относительно поверхностей, к которым они прилипают, отсутствует, следовательно, рабочие поверхности не изнашиваются. При отсутствии магнитного поля сопротивление сдвига порошка и взвеси падает, и элементы тормоза оказываются практически несвязанными друг с другом.

Взвесь ферромагнитного порошка в кремнийорганическом или минеральном масле меняет свою вязкость в магнитном поле, благодаря чему при ее дросселировании достигается эффект переменного гидравлического сопротивления.

Рассмотрим устройство и принцип действия электромагнитного порошкового тормоза (рис. 5.6). Его корпус *1*, сердечник *2* и крышка *4* выполнены из стали. Тонкостенный малоинерционный стальной цилиндрический ротор *9* укреплен на выходном валу, установленном в подшипниках *6*.

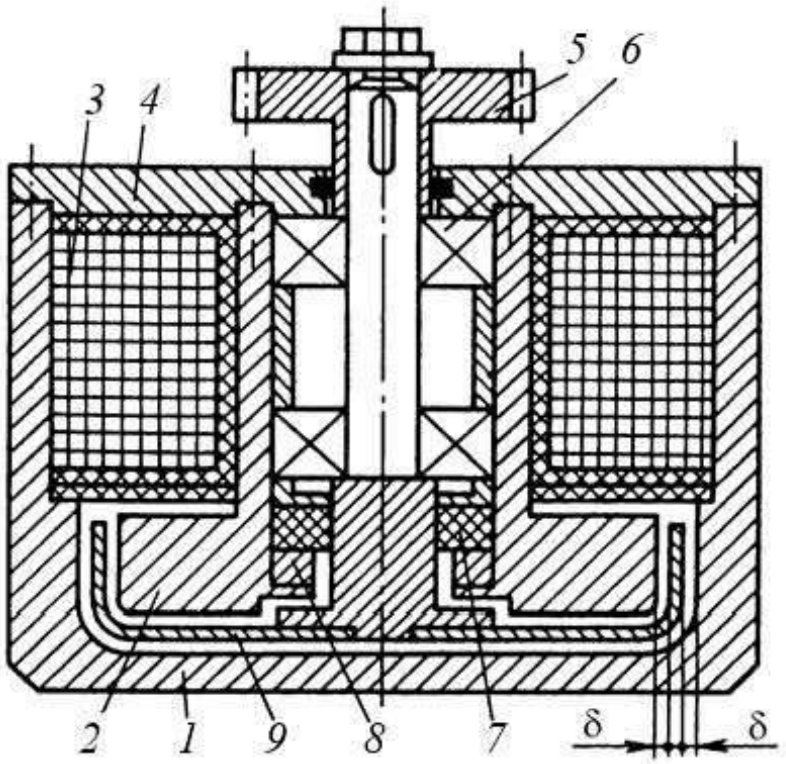


Рис. 5.6. Электромагнитный порошковый тормоз

На сердечнике намотана обмотка возбуждения *3*. Полость, образованная корпусом и сердечником, в которой расположен ротор, заполнена ферромагнитным порошком. Уплотнение подшипников от проникновения порошка состоит из пропитанного кремнийорганической жидкостью фетрового кольца *7* и постоянного кольцевого магнита *8*. Связь тормоза с подвижными элементами ММ осуществляют при помощи шестерни *5*.

Под действием электромагнитного поля, создаваемого катушкой управления, расположенный в зазорах порошок группируется и уплотняется. При сдвиге поверхностей ротора относительно стенок корпуса возникает сопротивление, обусловленное трением намагниченных частиц порошка. Удельное усилие сдвига, определяющее тормозной момент, зависит от магнитной индукции в рабочем зазоре, состава порошка и ряда конструктивных параметров тормоза. Развиваемый тормозной момент практически прямо пропорционален току управления и слабо зависит от скорости скольжения. Тормоз с наружным диаметром 100 мм способен развить тормозной момент до 20 Н·м при предельных окружных скоростях 10–15 м/с. Остаточный момент при отсутствии тока управления составляет не более 0,5 % номинального момента.

На рис. 5.7 показан электромагнитный порошковый тормоз *ELEFLEX series* на тормозной момент 2–5 Н·м.

Рис. 5.7. Электромагнитный порошковый тормоз *ELEFLEX series*

Электромагнитное тормозное устройство *дроссельного типа с ферромагнитной жидкостью* (рис. 5.8) состоит из гидроцилиндра *2*, поршня *7* с катушкой возбуждения *6* и штоком *1*, возвратной пружины *9*, плавающего поршня *4*, поджатого пружиной *3*. Рабочая *8* и компенсационная *5* полости заполнены ферромагнитной жидкостью. Цилиндр, поршень и шток выполнены из магнитного материала. Обмотки возбуждения проложены в пазах на поршне и соединены последовательно.

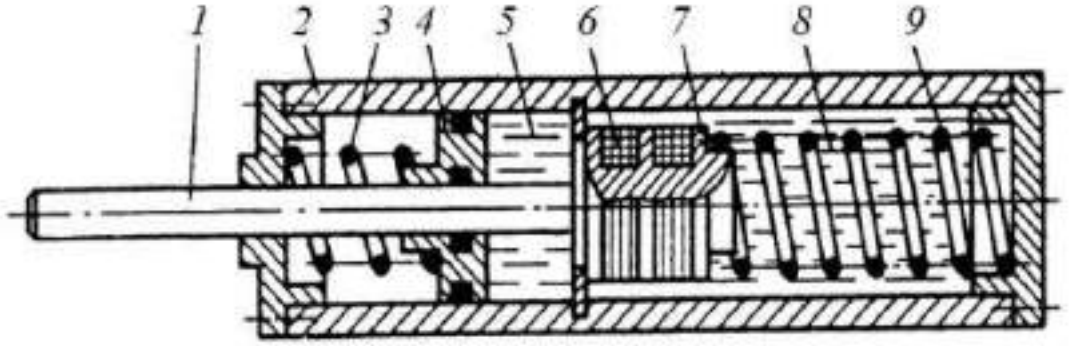


Рис. 5.8. Тормозное устройство дроссельного типа
с ферромагнитной жидкостью

При движении поршня жидкость перетекает из одной полости в другую через узкий кольцевой канал между внутренней цилиндрической поверхностью цилиндра и поршнем. При отсутствии тока управления гидравлическое сопротивление канала, зависящее от его геометрических размеров и от вязкости

намагниченной жидкости, определяет величину тормозного усилия и скорость поршня. Управление тормозным устройством сводится к изменению вязкости, а следовательно, и гидравлического сопротивления путем создания в кольцевом канале радиального магнитного поля заданной напряженности. Поле возникает под действием тока управления в обмотке возбуждения и концентрируется в зазоре магнитопровода, т.е. между поршнем и цилиндром.

Устройство может быть выполнено двусторонним, для чего следует снабдить поршень вторым штоком и удалить возвратную пружину.

Контрольные вопросы

1. Перечислите разновидности тормозных устройств.
2. Какие требования предъявляются к тормозным устройствам ММ?
3. Назовите достоинства и недостатки упругих тормозных устройств.
4. Как устроен фрикционный конусный тормоз?
5. Из каких элементов состоит фрикционный дисковый тормоз?
6. Какую задачу в ММ решает позиционер?
7. Как устроен электромагнитный порошковый тормоз?
8. Поясните принцип работы тормозного устройства дроссельного типа с ферромагнитной жидкостью.

6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ

6.1. НАЗНАЧЕНИЕ И РАЗНОВИДНОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ

Направляющими называют устройства, обеспечивающие заданное относительное движение элементов механизма.

В ММ в основном применяют направляющие для поступательного движения. Их используют тогда, когда необходимо осуществить перемещение одной детали относительно другой с заданной точностью. К направляющим предъявляют следующие требования:

- обеспечение плавности перемещения;
- незначительность сил трения;
- большой ресурс работы;
- износостойкость;
- работоспособность при резких перепадах температуры.

В зависимости от вида трения различают направляющие с трением скольжения и качения. Выбор типа направляющих и конструктивных схем зависит от таких факторов, как их назначение, требования к точности перемещения, допускаемая нагрузка, величины сил трения, стоимость изготовления, сложность монтажа, необходимость обслуживания.

Направляющие с трением скольжения и качения по характеру (виду) воспринимаемой нагрузки подразделяют на открытые и закрытые. К открытым относят направляющие, у которых для замыкания силовой цепи используют дополнительные прижимные усилия (масса подвижной детали, усилие плоской или спиральной пружины, мембраны). Закрытыми являются направляющие, у которых замыкание силовой цепи обеспечивается конструктивными факторами.

Направляющие в зависимости от формы исполнения рабочих поверхностей делят на цилиндрические, призматические, Н-, П-, Т-образные, в том числе призматические направляющие типа «ласточкин хвост».

6.2. НАПРАВЛЯЮЩИЕ С ТРЕНИЕМ СКОЛЬЖЕНИЯ

По конструктивному исполнению направляющие с трением скольжения проще направляющих с трением качения и меньше их по габаритным размерам. При соответствующем выборе материалов они не подвержены значительному влиянию температурных перепадов. Основной их недостаток — относительно большие потери на трение.

Пары скольжения образуют стали марок 40, 50, У8А с чугунами марок СЧ12, СЧ15, бронзами БрОС10-2, БрОФ10-1, БрОЦС, латунями. Предпочтительны следующие сочетания материалов: сталь — бронза, сталь — латунь, сталь — чугун. Если ММ работает при резких перепадах температуры, то для сопряжения деталей направляющих рекомендуют выбирать материалы с близкими значениями теплового коэффициента линейного расширения (см. табл. 6.1).

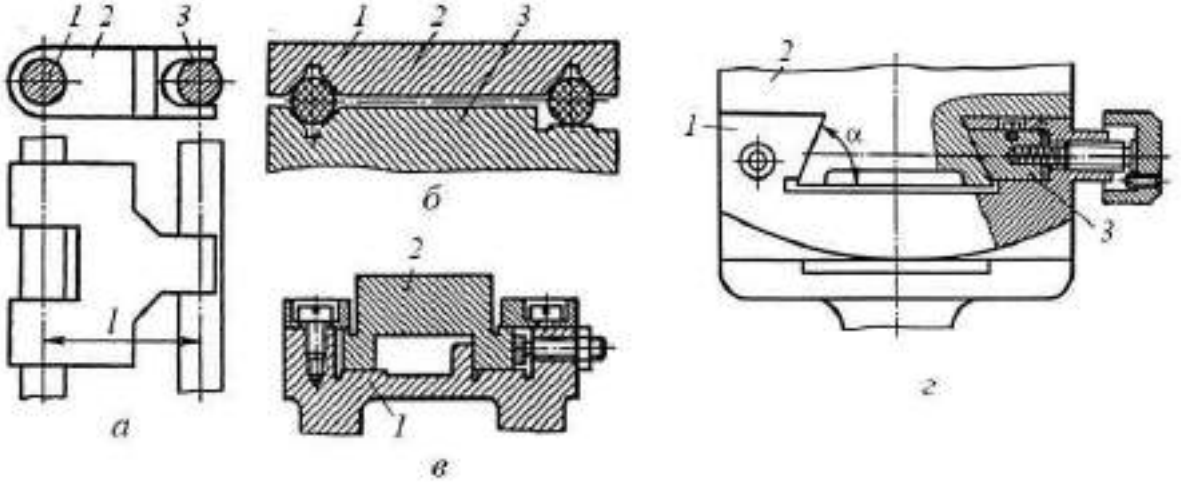


Рис. 6.1. Направляющие скольжения

Конструктивные схемы закрытых направляющих скольжения приведены на рис. 6.1, *а*, *в*, *г*, а также на рис. 6.2, *а–г*.

В схеме на рис. 6.1, *а* по цилиндрическим направляющим *1* и *3* перемещается ползун *2* с цилиндрической и плоской рабочими поверхностями; по прямоугольным призматическим направляющим *1* (рис. 6.1, *в*) перемещается П-образная призма *2*; по призматическим направляющим *1* типа «ласточкин хвост» с углом профиля α (обычно $\alpha = 60°$) перемещается призма *2*. Призматические направляющие типа «ласточкин хвост» требуют тщательной сборки и регулировки, так как незначительный перекос деталей может привести к заеданию направляющих.

Схема направляющей открытого типа показана на рис. 6.1, *б*: по цилиндрическим стержням *1*, закрепленным на неподвижном основании 3, перемещается каретка *2* с призматическими рабочими поверхностями.

Цилиндрические направляющие *1* (рис. 6.2, *а*) изготавливают без устройства для предотвращения осевого проворачивания и с таковым устройством в виде планки *2* (рис. 6.2, *б*, *в*) или штифта 2 (рис. 6.2, *г*) с головкой, входящей в паз корпуса.

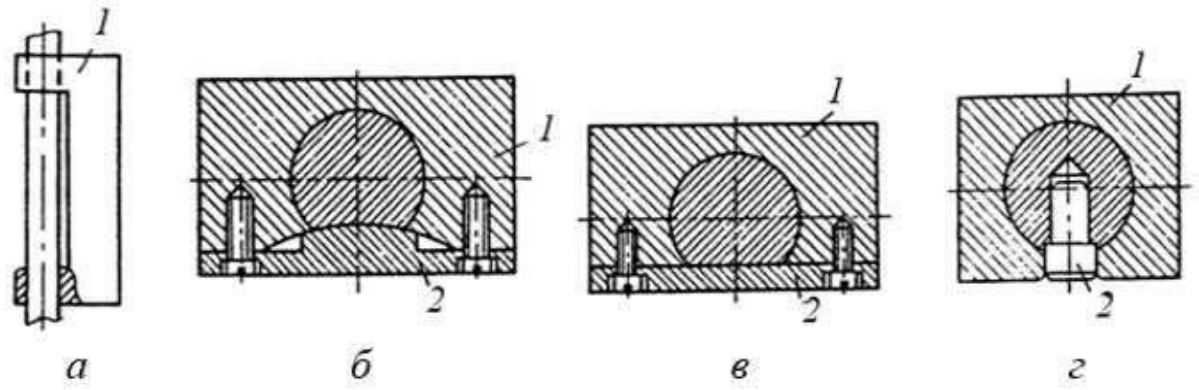


Рис. 6.2. Варианты исполнения закрытых направляющих скольжения

В призматических направляющих применяют призмы *1* с трапециевидным (рис. 6.3, *а*), прямоугольным или треугольным сечением. Регулировку зазоров в направляющих проводят с помощью планок или *сухариков*. На схеме (рис. 6.3, *б*) сдвиг направляющих в боковом направлении устраняют с помощью выступа *1* и планки *2*, а вертикальное перемещение — с помощью двух планок *3*.

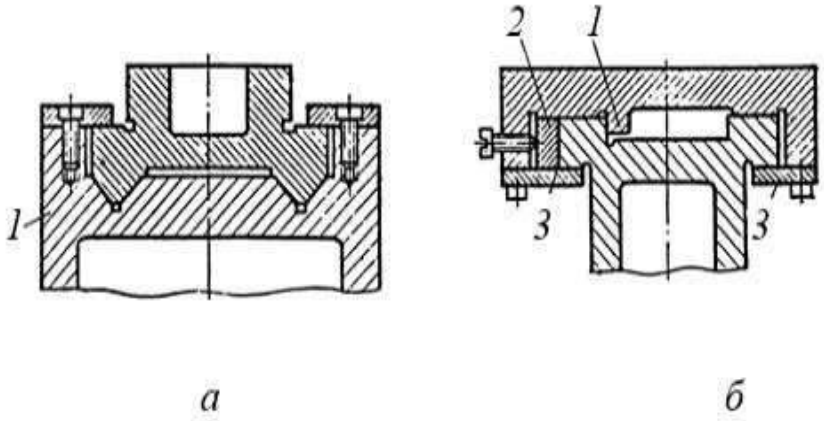


Рис. 6.3. Призматические направляющие скольжения

В направляющих, изображенных на рис. 6.1, *г*, регулировку зазора проводят с помощью сухариков *3*.

Для проверки правильности выбора посадки и класса точности сопрягаемых деталей направляющих проводят проверочный расчет по формуле:

$$\Delta = D_1[1 \pm \alpha_1(t - t_0)] - D_2[1 \pm \alpha_2(t - t_0)], \qquad (6.1)$$

где Δ — минимальный зазор при данной температуре, мм; D_1 — наименьший при данном допуске диаметр (или линейный размер) охватывающей детали,

мм; D_2 — наибольший при данном допуске диаметр (или линейный размер) охватываемой детали, мм; t_0 и t — соответственно начальная и конечная температура направляющих, °С; α_1 и α_2 — коэффициенты линейного расширения материалов сопрягаемых деталей (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Коэффициент α линейного расширения

Материал	Коэффициент $\alpha \times 10^{-6}$
Сталь: углеродистая легированная	 11,5–12 20
Хром	9
Чугун	10,4
Бронза	17–18
Латунь	18,5–19,8
Медь	17
Серебро	19–19,7
Оргстекло	13

Знак плюс берут в том случае, когда $t > t_0$, знак минус — при $t < t_0$. Посадка считается допустимой, если $\Delta \geq 0$. В случае заклинивания ($\Delta < 0$) следует назначить более свободную посадку или применять материалы, имеющие одинаковые или мало различающиеся между собой температурные коэффициенты линейного расширения. В отдельных случаях можно уменьшить ширину или диаметр направляющих, но при этом должны соблюдаться требования жесткости и износостойкости конструкции.

Для предупреждения возможности заклинивания и уменьшения потерь на трение в направляющей необходимо, чтобы равнодействующая Q всех сил сопротивления (кроме сил трения) и движущая сила F (рис. 6.4) действовали по линии направления перемещения в плоскости направляющих и длина l направляющей превышала ширину H ползуна в два-три раза.

При конструировании направляющих возможно появление перекоса, который зависит от длины L между направляющими и плеча h приложения движущей силы F и ее направления, что приводит к заклиниванию (рис. 6.5, *а*). Ес-

ли сила F приложена к ползуну на плече h параллельно направлению перемещения, то она создает момент $M = Fh$, уравновешиваемый моментом пары сил, образованных реакциями F_r в опорах.

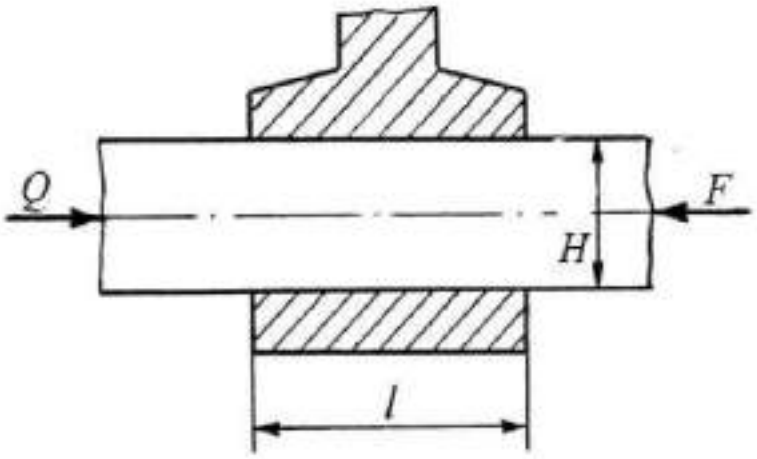


Рис. 6.4. Соотношение длины направляющей и ширины ползуна

Уравнение равновесия ползуна имеет следующий вид:

$$Fh = F_r \cdot L, \tag{6.2}$$

откуда реакции в опорах:

$$F_r = \frac{Fh}{L}. \tag{6.3}$$

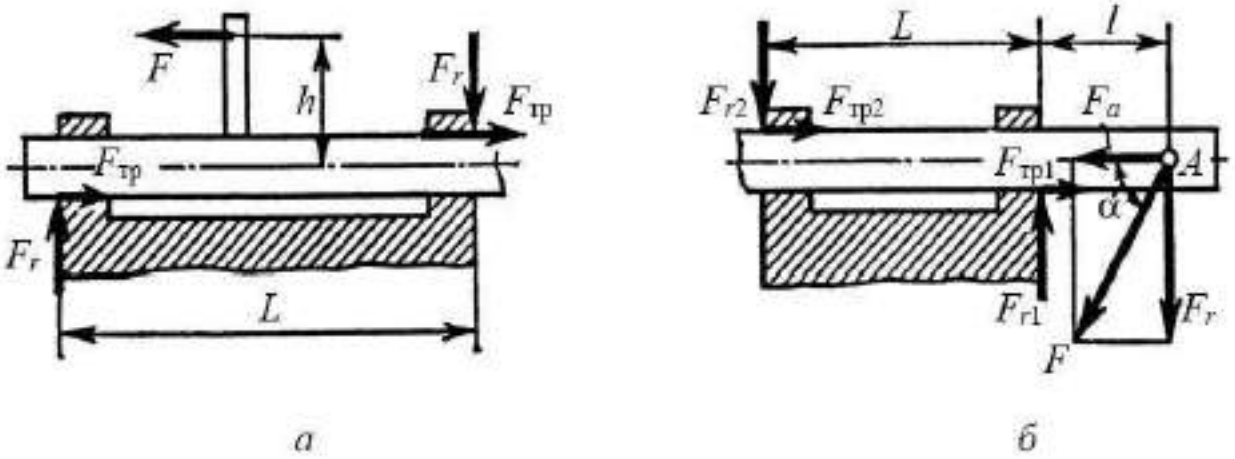


Рис. 6.5. Реакции со стороны направляющей на ползун

Полная сила трения:

$$F_т = 2F_{тр} = 2F_r \cdot f = \frac{2Fhf}{L}, \tag{6.4}$$

где $F_{тр}$ — сила трения в одной направляющей; f — коэффициент трения скольжения.

Заклинивания не будет при условии $F_т \le F$, т.е. $hf/L \le 0{,}5$.

Для обеспечения плавности хода, малого износа рабочих поверхностей и отсутствия заклинивания необходимо выполнять следующие рекомендации:

– для плоских направляющих прямоугольной формы:

$$\frac{hf}{L} < 0,25; \tag{6.5}$$

– для направляющих типа «ласточкин хвост» при угле профиля α:

$$\frac{hf}{L\sin\alpha} < 0{,}25; \tag{6.6}$$

– для направляющих цилиндрической формы:

$$\frac{hf}{L} < 0,2. \tag{6.7}$$

Движущая сила, найденная из условия:

$$F \ge Q + F_т = Q + \frac{2Fhf}{L}, \tag{6.8}$$

определится по выражению:

$$F \ge \frac{Q}{1-\frac{2hf}{L}}, \tag{6.9}$$

где Q — сила полезного сопротивления.

При приложении силы F под углом α к направлению перемещения (рис. 6.5, *б*) реактивные силы найдем из уравнений статики:

$$F_{r1} = \frac{F(L+l)\sin\alpha}{L}; \tag{6.10}$$

$$F_{r2} = \frac{Fl\sin\alpha}{L}. \tag{6.11}$$

Полная сила трения равна:

$$F_{т} = F_{тр1} + F_{тр2} = (F_{r1} + F_{r2}) f. \tag{6.12}$$

Заклинивание будет отсутствовать при условии:

$$F_{т} \le F\cos\alpha, \tag{6.13}$$

или:

$$\frac{F\sin\alpha}{L} f(L+2l) \le F\cos\alpha, \tag{6.14}$$

откуда:

$$\mathrm{tg}\alpha \le \frac{L}{(L+2l)f}. \tag{6.15}$$

Окончательно условие отсутствия силового заклинивания направляющих выглядит следующим образом:

$$\frac{l}{L} \le \frac{1 - f\mathrm{tg}\alpha}{2f\mathrm{tg}\alpha}. \tag{6.16}$$

Из условий отсутствия заклинивания следует, что для уменьшения длины L направляющей необходимо коэффициент f трения скольжения уменьшить. Этого можно достичь подбором материалов пары и соответствующей обработкой трущихся поверхностей.

Движущая сила из условия отсутствия заклинивания:

$$F \geq \frac{Q}{\cos\alpha - \dfrac{(L+2l) f \sin\alpha}{L}}. \qquad (6.17)$$

Рабочие поверхности направляющих проверяют на ограничение давления:

$$p = \frac{F_r}{A} \leq [p], \qquad (6.18)$$

где F_r — нормальная сила в точке соприкосновения трущихся поверхностей, Н; A — площадь соприкосновения, мм^2; $[p]$ — допускаемое давление, при скоростях относительного перемещения до 1 м/с $[p]$ = 3–4 МПа.

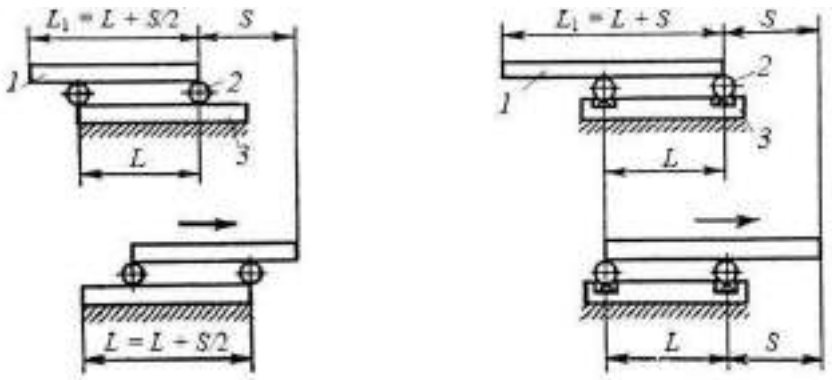
6.3. НАПРАВЛЯЮЩИЕ С ТРЕНИЕМ КАЧЕНИЯ

Направляющие с трением качения применяют в тех случаях, когда требуется обеспечить перемещение с минимальными силами сопротивления и высокой скоростью. По сравнению с направляющими скольжения они имеют меньшие потери на трение, долговечны, менее чувствительны к перепадам температуры.

Направляющие с трением качения изготовляют из закаленных сталей марок ШХ15, 40Х, У8А, У10А, ХВГ, 38ХМЮА.

По виду тел качения различают шариковые и роликовые направляющие. Для удержания тел качения на определенном расстоянии друг от друга применяют сепараторы, изготовленные из латуни или текстолита. Иногда применяют стандартные шариковые или роликовые подшипники.

В зависимости от способа установки шариков или роликов различают направляющие с перекатывающимися и вращающимися вокруг своих осей телами качения. В направляющих с перекатывающимися шариками (рис. 6.6, *а*) при перемещении каретки *1* шарики *2* перекатываются по основанию *3*, оси тел качения перемещаются как относительно каретки, так и относительно основания. В направляющих с вращающимися шариками (рис. 6.6, *б*) тела качения *2* закреплены на осях и при перемещении каретки *1* вращаются в своих гнездах, а оси их остаются неподвижными относительно каретки и основания *3*.



а *б*

Рис. 6.6. Направляющие с перекатывающимися (*а*) и вращающимися (*б*) телами качения

Анализ направляющих с перекатывающимися и вращающимися шариками показывает, что теоретическая длина L_1 каретки и основания в случае применения перекатывающихся шариков равна:

$$L_1 = L + \frac{S}{2}, \tag{6.19}$$

где L — расстояние между центрами шариков, S — ход каретки; в случае вращающихся шариков:

$$L_1 = L + S. \tag{6.20}$$

Следовательно, при проектировании ММ с большими перемещениями подвижных звеньев более целесообразна конструкция, в которой тела качения перемещаются вместе с подвижной кареткой, что позволяет уменьшить ее длину. В то же время при установке шариков во вращающихся гнездах исключается влияние погрешности формы поверхности основания. Поэтому такие направляющие при прочих равных условиях обеспечивают более высокую точность перемещения каретки.

Для определения сопротивления движению каретки *1* необходимо выяснить, каким коэффициентом трения покоя должны обладать шарик *2* и направляющая *3* для того, чтобы между ними не было проскальзывания.

Условие равновесия шарика (рис. 6.7):

$$F_T \cdot d_ш = R \cdot 2 f_к, \tag{6.21}$$

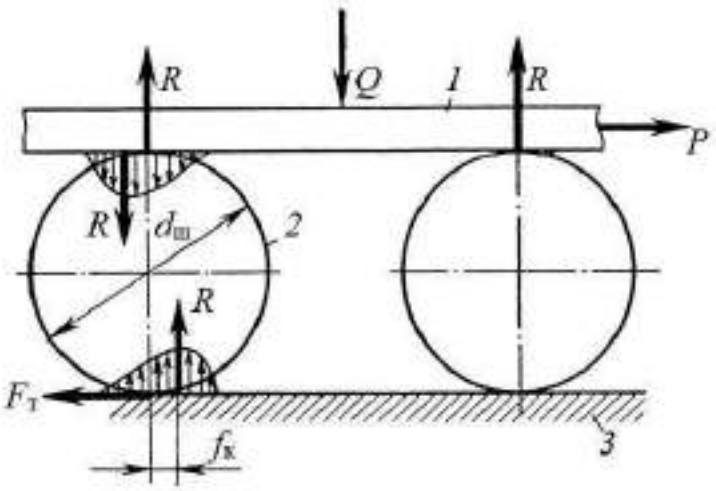


Рис. 6.7. Силы, действующие на тело качения

Поскольку сила трения $F_T = f_0 \cdot R$, а отсутствие скольжения должно быть гарантировано, то необходимо, чтобы коэффициент трения покоя в момент перехода к скольжению удовлетворял условию:

$$f_0 > \frac{2f_к}{d_ш}, \qquad (6.22)$$

где $f_к$ — коэффициент трения качения.

Для направляющих качения отсутствие заклинивания определяют по тем же формулам, что и для направляющих с трением скольжения, только вместо коэффициента f трения скольжения в формулы подставляют коэффициент $f_к$ трения качения.

Существенными факторами, оказывающими отрицательное влияние на работу направляющих качения, являются зазоры между сопряженными через тела качения поверхностями каретки и основания. В открытых направляющих зазоры выбираются автоматически, а в закрытых требуется их регулировка.

Конструктивная схема закрытой шариковой направляющей с сепараторами *2*, в которой регулировку зазора между шариками *1* и кареткой *3* проводят при помощи перемещения одной или двух планок *4* с последующим их закреплением винтами *5*, приведена на рис. 6.8.

В роликовых направляющих основной деталью является ролик, который может перекатываться по цилиндрической или плоской поверхности. В качестве роликов иногда используют стандартные радиальные подшипники. В роликовых направляющих (рис. 6.9, *а*) ролики *1* перекатываются по цилиндрической поверхности *2*.

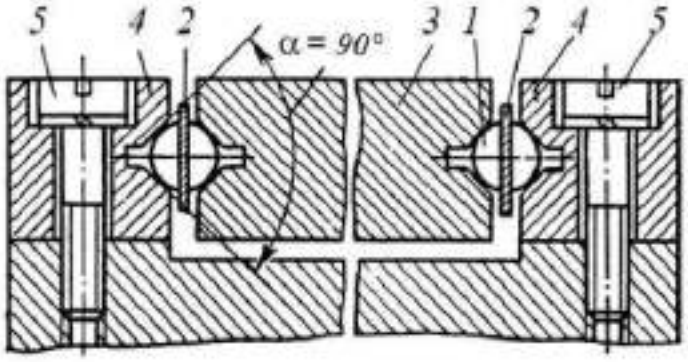


Рис. 6.8. Закрытая шариковая направляющая

Для обеспечения контакта всех роликов с направляющими должна быть предусмотрена специальная регулировка, один из вариантов которой показан на рис. 6.9, *б*. Ролик *4* укрепляют на оси *1* с эксцентриситетом e = 0,2–0,5 мм. Окончательно гайки *2* и *3* закрепляют после регулирования положения ролика.

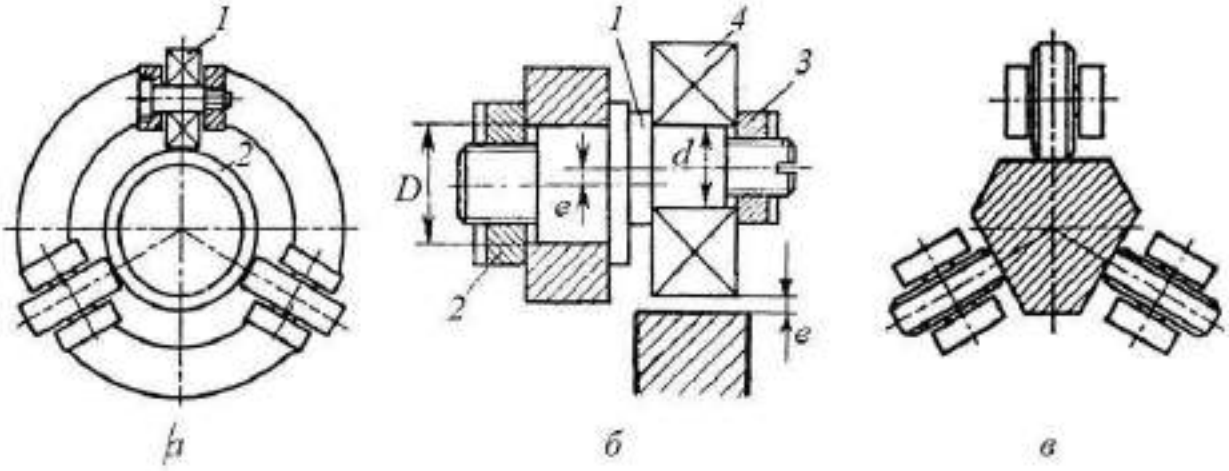


Рис. 6.9. Направляющие, в которых используются стандартные подшипники

Для направляющих (рис. 6.9, *в*) ролики с эксцентричными осями необязательны, так как каждый ролик удерживается в отдельной державке. Регулирование осуществляют за счет перемещения державок в пределах зазоров в проходных отверстиях под крепежные винты (на рис. 6.9 не показаны).

Конструктивные схемы роликовых направляющих закрытого типа приведены на рис. 6.10.

В последнее время применяют более экономичные шариковые направляющие линейного перемещения, которые уменьшают габаритные размеры конструкции, массу и общую стоимость ММ.

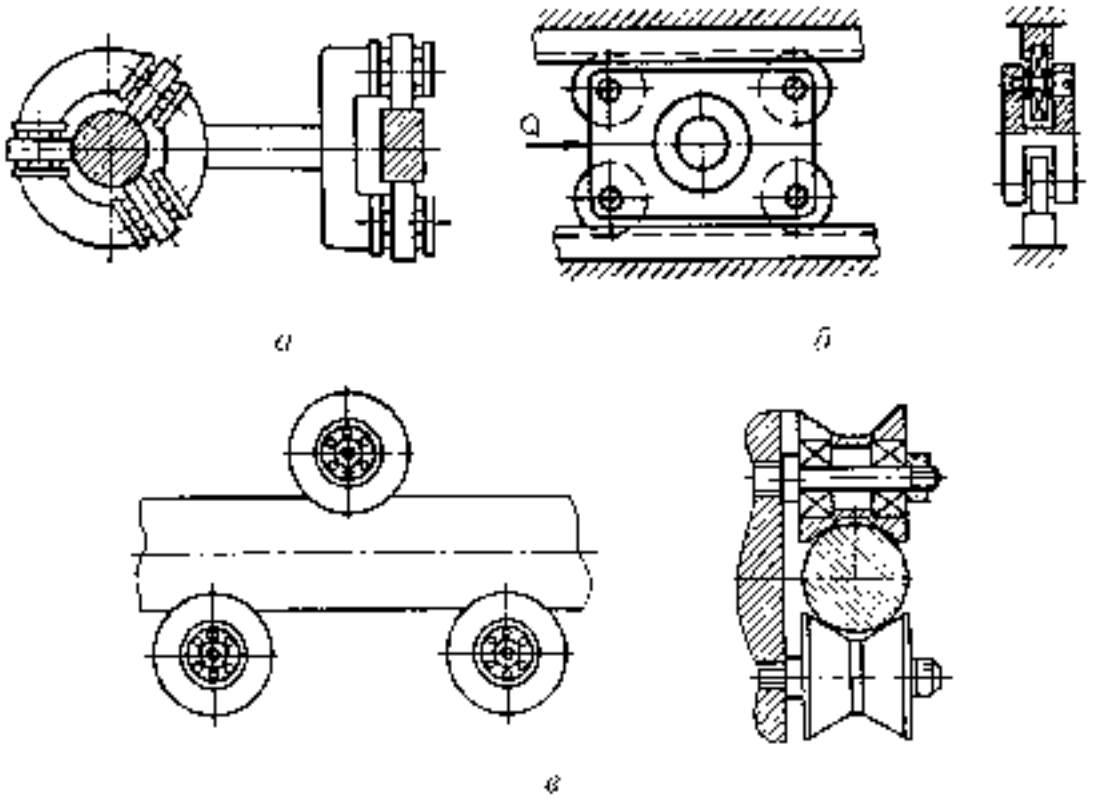


Рис. 6.10. Роликовые направляющие закрытого типа

6.4. ШАРИКОВЫЕ LM-НАПРАВЛЯЮЩИЕ

Шариковые *LM*-направляющие фирмы *THK* (Япония), предназначенные для обеспечения прямолинейного перемещения, представлены на рис. 6.11.

Рассмотрим *LM*-направляющую типа *HSR* (рис. 6.12).

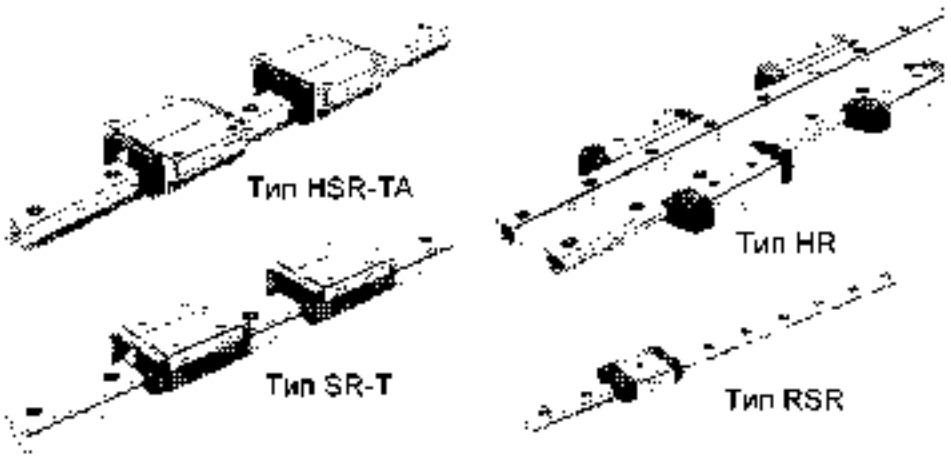


Рис. 6.11. *LM*-направляющие японской фирмы *THK*

Она представляет собой систему, состоящую из *LM*-рельса *1* и *LM*-блока *2*, между которыми расположены шарики *3*, находящиеся в сепараторе *4*, концевой плиты *5*, ниппеля *6* для подачи консистентной смазки и бокового уплотнителя (на рис. 6.12 не показан). Четыре ряда шариков, расположенные под углом 45° к поверхностям качения *LM*-рельса и *LM*-блока, могут воспринимать нагрузку сверху, снизу, справа, слева. Радиусы $r_к$ кривизны поверхностей качения составляют 52–53 % диаметра $d_ш$ шарика, т.е. $r_к = (0{,}52–0{,}53)d_ш$.

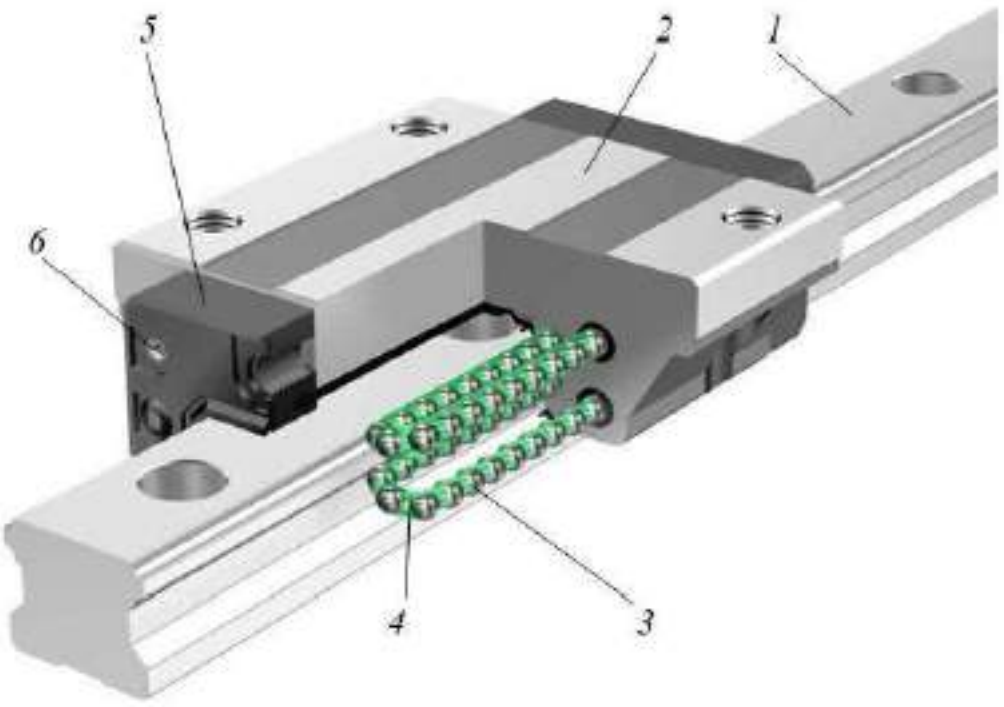


Рис. 6.12. *LM*-направляющая типа *HSR*

Фирма *THK* выпускает широкую гамму данных типов на динамические грузоподъемности 0,5–187 кН.

6.5. ШАРИКОСПЛАЙНОВЫЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ

Шарикосплайновые направляющие (рис. 6.13) фирмы *THK* состоят из шлицевого вала (сплайнвала) и шариковой гайки (сплайнгайки). В качестве примера рассмотрим устройство шарикосплайновой направляющей типа *LBS* (рис. 6.14).

Она состоит из сплайнвала *1* и сплайнгайки *2* с шпоночной канавкой *3*, между которыми расположены в сепараторе *4* шесть рядов воспринимающих нагрузку шариков *5* и шесть каналов *6* возврата шариков, расположенных в сплайнгайке, резинового уплотнителя *7* и отверстия *8* для смазки.

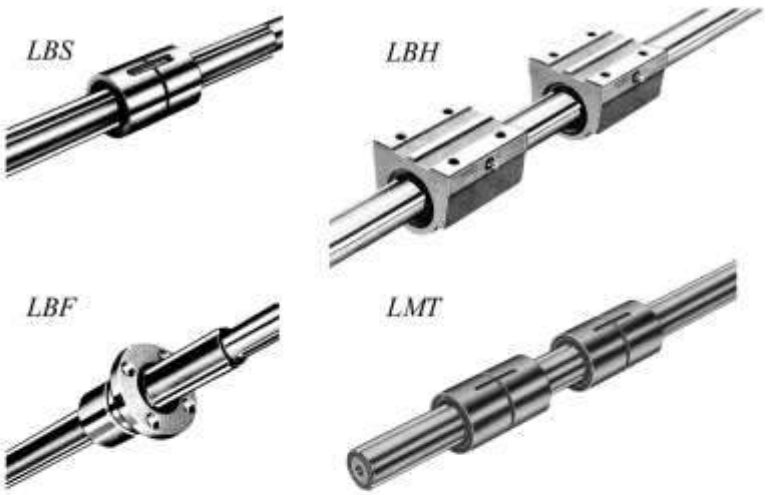


Рис. 6.13. Шарикосплайновые направляющие фирмы *THK*

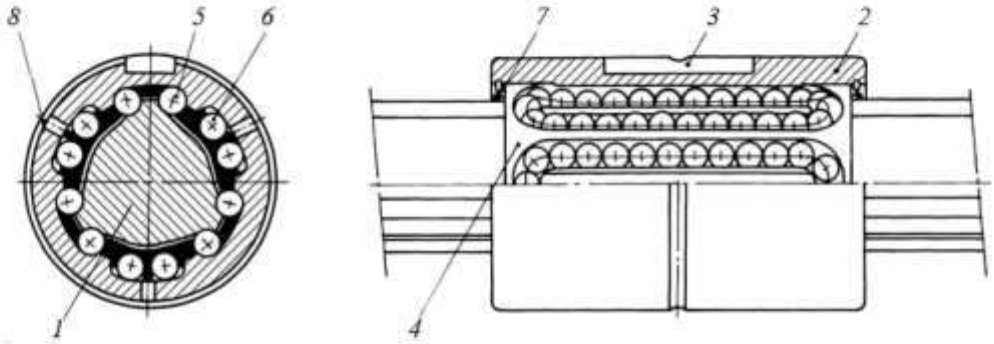


Рис. 6.14. Шарикосплайновая направляющая типа *LBS*

Шарикосплайновая направляющая типа *LBF* в отличие от *LBS* имеет корпус с фланцем.

Шарикосплайновая направляющая типа *LBH* отличается от направляющих типа *LBS* и типа *LBF* формой гайки и устройством мест крепления.

6.6. РАСЧЕТЫ LM- И ШАРИКОСПЛАЙНОВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

6.6.1. Расчет LM-направляющих на долговечность

Расчет *LM*-направляющих на долговечность при действии внешних нагрузок производят по формуле:

$$L = 50\left(\frac{f_H f_T f_C}{f_W}\frac{C}{P_C}\right)^3, \text{ км}, \qquad (6.23)$$

где L — долговечность работы направляющей (выраженная в километрах); C — номинальная динамическая грузоподъемность, Н; P_c — расчетная нагрузка, Н; f_h — коэффициент твердости, определяемый по графику (рис. 6.15); f_t — температурный коэффициент (при температуре системы $t \le 100$ °С $f_t = 1$, при $100 < t \le 200$ °С $1 \ge f_t \ge 0.73$); f_c — коэффициент контакта (принимают в зависимости от числа n подшипниковых блоков на одной направляющей: при $n = 1$ $f_c = 1$; при $n = 2$ $f_c = 0.81$; при $n = 3$ $f_c = 0.72$; при $n = 4$ $f_c = 0.66$); f_w — коэффициент нагрузки (при спокойной внешней нагрузке и скорости перемещения $v < 0{,}25$ м/с $f_w = 1{,}15$; при небольших динамических внешних воздействиях и $0.25 < v \le 1$ м/с $f_w = 1{,}5 \ldots 2{,}0$; при ударной внешней нагрузке и $v > 1$ м/с $f_w = 2{,}0 \ldots 3{,}5$).

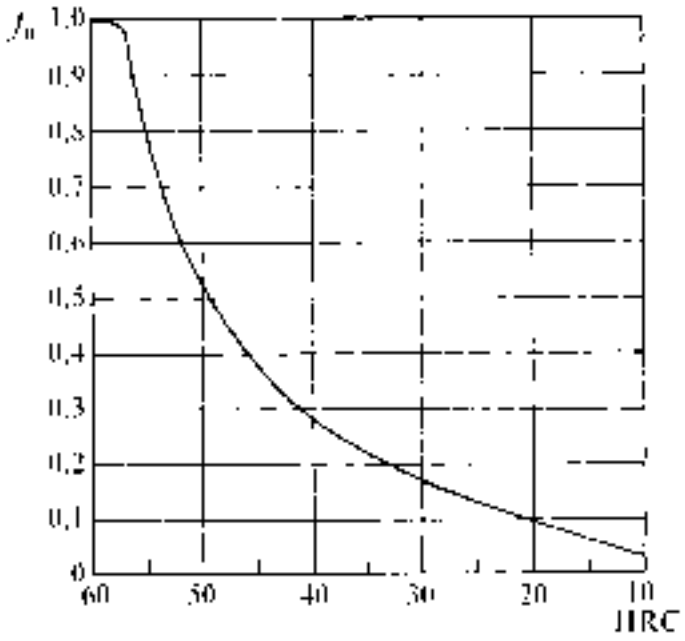


Рис. 6.15. Зависимость f_h от твердости контактирующих поверхностей

Расчетная нагрузка на блок определяется следующим образом.

В том случае, если *LM*-блок воспринимает одновременно нагрузки всех направлений (рис. 6.16), то определяют результирующую (эквивалентную) нагрузку P_r, Н, и подставляют ее в формулу (6.23) вместо P_c:

для *LM*-направляющих типов *HSR* и *RSR*

$$P_r = \left| P_a - P_t \right| + P_r , \qquad (6.24)$$

где P_R — радиальная нагрузка, Н; P_t — противорадиальная нагрузка, Н; P_l — горизонтальная нагрузка (не осевая), Н;

– для *LM*-направляющих типа *SR*:

$$P_E = XP_L + YP_T, \tag{6.25}$$

где X и Y — коэффициенты эквивалентности (при $P_L/P_T \geq 1$ коэффициенты эквивалентности равны $X = 1$ и $Y = 1{,}15$, и P_E становится результирующей противорадиальной нагрузкой; при $P_L/P_T < 1$ $X = 0{,}866$ и $Y = 1$, и P_E является результирующей нагрузкой в горизонтальном направлении).

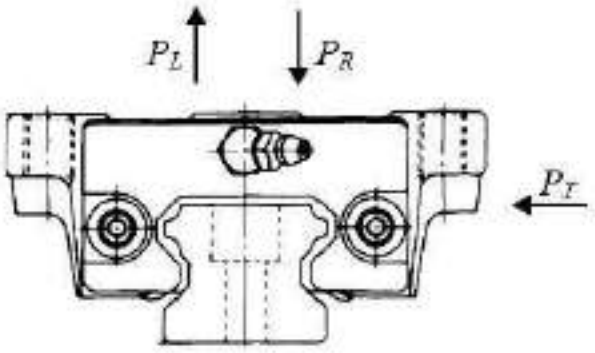


Рис. 6.16. Нагрузки на *LM*-блок

Долговечность *LM*-направляющих, выраженная в часах:

$$L_h = \frac{10^3 L}{120 l_S n_1}, \text{ ч}, \tag{6.26}$$

где l_S — длина перемещения *LM*-блока по *LM*-направляющей, м; n_1 — частота возвратно-поступательных перемещений (циклов) в минуту, мин$^{-1}$.

6.6.2. Расчет шарикосплайновых направляющих на долговечность

Расчет шарикосплайновых направляющих на долговечность при действии только крутящего момента проводят по формуле:

$$L = 50\left(\frac{f_H f_T f_C}{f_W}\frac{C_T}{T_C}\right)^3, \text{ км}, \tag{6.27}$$

где L — долговечность работы направляющей, км; C_T — основной номинальный динамический момент, Нм; T_C — расчетный нагрузочный крутящий момент, Нм.

При действии радиальной нагрузки — по формуле (6.23).

При одновременном действии крутящего момента и радиальной силы определяют эквивалентную радиальную нагрузку, Н:

$$P_E = P_C + \frac{4T_C 10^3}{3d_P \cos\alpha}, \tag{6.28}$$

где d_P — диаметр окружности по центрам шариков, мм; $\alpha = 45°$ — угол контакта шариков с поверхностями винта и гайки.

В этом случае долговечность определяют по формуле:

$$L = 50\left(\frac{f_H f_T f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P_E}\right)^3, \text{ км.} \tag{6.29}$$

Долговечность работы шарикосплайновых направляющих в часах определяют по формуле (6.26).

6.6.3. Расчет LM- и шарикосплайновых направляющих на статическую грузоподъемность

Расчет направляющих на статическую грузоподъемность проводят по формуле:

$$\frac{C_0}{P_0} \geq f_S, \tag{6.30}$$

где C_0 — номинальная статическая грузоподъемность, Н; P_0 — статическая нагрузка, Н; f_S — статический коэффициент безопасности (при спокойной нагрузке и малом прогибе оси f_S = 1,0–1,5; при наличии ударного воздействия и осевой силы f_S = 2–5).

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к направляющим ММ?
2. Перечислите разновидности направляющих.
3. В чем состоят преимущества и недостатки направляющих с трением скольжения по сравнению с направляющими с трением качения?

4. Какие материалы используются в парах скольжения?

5. Как устроена направляющая «ласточкин хвост»?

6. Какие марки сталей используют для изготовления направляющих с трением качения?

7. Что такое шариковые и роликовые направляющие?

8. Поясните конструкцию шариковых *LM*-направляющих.

9. Поясните конструкцию шарикосплайновых направляющих.

7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

7.1. ДАТЧИКИ ИНФОРМАЦИИ

Датчик (первичный преобразователь) — элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину (давление, температуру, частоту, перемещение, скорость, напряжение, электрический ток и т.п.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации, а также для воздействия им на управляемые процессы.

В состав датчика входят воспринимающий (чувствительный) орган и один или несколько промежуточных преобразователей. Часто датчик состоит только из одного воспринимающего органа (например, термопара, тензодатчик).

Выходные сигналы датчиков различают по роду энергии (электрические, механические, пневматические, гидравлические) и по характеру модуляции потока энергии (амплитудные, время-импульсные, частотные, фазовые, дискретные (кодовые)). Наиболее распространены датчики, действие которых основано на изменении электрического сопротивления, емкости, индуктивности или взаимной индуктивности электрической цепи (реостатный датчик, емкостной датчик, индуктивный датчик), а также на возникновении ЭДС при воздействии контролируемых механических, акустических, тепловых, электрических, магнитных, оптических или радиационных величин (тензодатчик, датчик перемещения, пьезоэлектрический датчик, датчик давления, фотоэлемент).

В соответствии с классификацией, принятой в Государственной системе приборов и средств автоматизации (ГСП), датчик относят к техническим средствам сбора и первичной обработки контрольно-измерительной информации.

Датчики являются одним из основных элементов в устройствах дистанционных измерений, телеизмерений и телесигнализации, регистрирования и управления, робототехники и мехатроники, а также в различных приборах и измерительных устройствах в биологии и медицине для контроля жизнедеятельности человека, животных или растений. В связи с автоматизацией производства важнейшее значение приобрели датчики для измерения и регистрации плотности и концентрации растворов, состава и свойств веществ, динамической вязкости и текучести различных сред, влажности, прозрачности, интенсивности окраски, толщины слоя, температуры, упругости, перемещения, скорости, ускорения и других параметров, характеризующих технологические процессы. Для

этого часто используют датчики, основанные на ультразвуковых, радиоволновых, оптических, радиационных и других методах измерений. Для имитации реальных условий при испытании систем автоматического регулирования и в вычислительной технике для решения задач статистическими методами применяют датчики случайных чисел.

Датчики служат для автоматического извлечения информации. Современная измерительная техника может непосредственно оценивать более 300 различных физических, химических и других величин, но этого для автоматизации ряда новых областей человеческой деятельности бывает недостаточно. Экономически целесообразное расширение номенклатуры датчиков в ГСП достигается унификацией чувствительных элементов. Чувствительные элементы, реагирующие на давление, силу, вес, скорость, ускорение, звук, свет, тепловое и радиоактивное излучения, применяют в датчиках для контроля загрузки оборудования и его рабочих режимов, качества обработки, учета выпуска изделий, контроля за их перемещениями на конвейерах, запасами и расходом материалов, заготовок, инструмента и т.д. Выходные сигналы всех датчиков преобразуются в стандартные электрические или пневматические сигналы.

7.2. ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Датчики положения и перемещения относятся к наиболее часто используемым в мехатронике информационным устройствам. Невозможно представить область, где бы они не применялись. Датчики играют роль важного связующего звена между электронной и механической частями ММ.

Выбирая датчик, прежде всего необходимо правильно определить приоритеты по следующим критериям: чувствительность; разрешающая способность и точность; линейность; скорость измеряемого процесса; условия применения и класс защиты; надежность; габаритные размеры; стоимость.

Необходимо учитывать, что датчик может определять абсолютное или относительное положение контролируемого объекта. Существуют два основных метода определения положения и измерения перемещений. При первом методе датчик вырабатывает сигнал, являющийся функцией положения одной из его частей, связанных с подвижным объектом, а изменения этого сигнала отображают перемещение. Такие датчики положения называют абсолютными. К ним относят:

- резистивные (потенциометрические) датчики;
- индуктивные датчики с подвижным сердечником;

– емкостные датчики с подвижными обкладками;

– цифровые кодовые датчики абсолютных значений.

При втором методе датчик генерирует единичный импульс на каждом элементарном перемещении, а положение определяют подсчетом суммы импульсов в зависимости от направления перемещения. Такие датчики положения называют относительными. К ним относят фотоэлектрические (оптоэлектронные) импульсные датчики положения. Достоинством относительных датчиков, по сравнению с абсолютными, являются их простота и низкая стоимость, а недостатком — необходимость периодической калибровки и дальнейшей микропроцессорной обработки.

Датчики также делят на контактные и бесконтактные. В бесконтактных датчиках связь между подвижным объектом и датчиком осуществляют посредством магнитного, электромагнитного или электростатического полей, а также оптоэлектронным способом.

Конструкции датчиков должны позволять размещать их в ММ в местах с ограниченным для установки оборудования объемом, обладать помехоустойчивостью, т.е. возможностью эксплуатации в условиях электромагнитных полей, колебаний напряжения и частоты сети, а также устойчивостью к механическим воздействиям (ударам, вибрациям) и к изменениям параметров окружающей среды (температуры, влажности и т.д.).

К наиболее простым датчикам положения, работающим по принципу «включено — выключено», относят предельные (конечные) выключатели, микропереключатели, бесконтактные переключатели, фотореле, герконы, путевые датчики сигналов. С их помощью возможно осуществлять контроль пути, пройденного выходным звеном ММ.

По виду выходного сигнала более сложные датчики делят на аналоговые и цифровые. Развитие цифровых мехатронных систем вызвало потребность в разработке цифровых датчиков, а также устройств сопряжения аналоговых датчиков с цифровыми устройствами. Несмотря на достоинства цифровых датчиков (простое сопряжение с устройствами цифровой обработки сигналов, высокая точность, необходимость только одного маломощного источника питания постоянного тока), применение их ограничено.

Поэтому до настоящего времени электромеханические аналоговые датчики не утратили возможности своего применения в цифровых мехатронных системах. Это связано с такими достоинствами аналоговых датчиков, как высокая степень отработанности основных конструктивных элементов и узлов, высокие эксплуатационные качества (надежность в работе, малые масса и габариты),

а также с развитием техники, проявившемся в разработке миниатюрных и высокочастотных микроэлектронных аналого-цифровых (АЦП) и аналого-частотных (АЧП) преобразователей. К тому же высокочастотные аналоговые датчики электромашинного тока со вторичными преобразователями сопоставимы по цене, а в ряде случаев и дешевле цифровых датчиков.

Аналоговые датчики положения нашли широкое применение в различных областях техники. В ММ часто используются потенциометрические датчики.

Потенциометрические датчики (потенциометры) по физическому принципу действия являются электромеханическими реостатными устройствами, в которых выходное напряжение изменяется пропорционально линейному или угловому перемещению входного звена. Потенциометры могут быть проволочными и пленочными. По рабочему диапазону датчики углового перемещения делят на одно- и многооборотные. Проволочные потенциометры отличаются более высокой стабильностью характеристик, но их точность и разрешающая способность ниже, чем у пленочных из-за ступенчатой характеристики, обусловленной дискретным изменением сопротивления при перемещении щетки движка. Кроме того, в пленочных потенциометрах меньше силы трения, поэтому они имеют более длительный срок службы и допускают более высокие скорости перемещений.

К достоинствам потенциометрических датчиков относят высокую линейность, простую схему включения и относительно невысокую стоимость. Основные недостатки — наличие механического контакта и сравнительно небольшой срок службы.

Потенциометрический датчик имеет ограниченный рабочий диапазон и невысокие допустимые скорости, поэтому его, как правило, соединяют либо с тихоходным, либо с промежуточным валом ММ. При согласовании углов поворота валов потенциометра и ММ, т.е. при выборе передаточного отношения кинематического преобразователя движения, необходимо наиболее полно использовать рабочий диапазон углов поворота потенциометра, не превышая их предельных значений. Скорость вращения также должна быть меньше допустимой. Если потенциометр имеет механические упоры, ограничивающие диапазон углов поворота, то во избежание его поломки запрещают прикладывать к его валу вращающий момент больше допустимого. Для обеспечения высокой точности измерений и надежной работы датчика соединение валов потенциометра и мехатронного модуля должно быть безлюфтовым, так как люфт приводит к искажению сигнала по положению.

Внешний вид некоторых потенциометрических датчиков ПТП-1 и СП4-8 изображен на рис. 7.1, 7.2, а их технические характеристики приведены в табл. 7.1.

Рис. 7.1. Потенциометрический датчик ПТП-1

Рис. 7.2. Потенциометрический датчик СП4-8

Таблица 7.1

Технические характеристики потенциометров

Наименование характеристики	Тип датчика	
	Проволочный ПТП-11	Пленочный СП4-8
Мощность, Вт	1,0	0,5
Отклонение от линейности, %	± 0,3	± 0,5
Рабочий диапазон, град	330	340
Наибольшая частота вращения, об/мин	100	600
Момент трогания $M \cdot 10^{-4}$, Н·м	24,5	–

Наименование характеристики	Тип датчика	
	Проволочный ПТП-11	Пленочный СП4-8
Срок службы, ч	3 000	10 000
Износоустойчивость, циклов	$5\ 10^5$	10^7
Масса, кг	0,030	0,035

Цифровые датчики положения все более широко используются в различных областях техники, в частности в мехатронике.

Их делят на кодовые и импульсные. Кодовые датчики обеспечивают абсолютную систему отсчета, т.е. однозначно определяют положение выходного вала ММ во всем рабочем диапазоне перемещений, а импульсные датчики являются датчиками относительного отсчета.

Рассмотрим назначение, устройство, принцип действия и технические характеристики некоторых цифровых датчиков положения.

Фотоэлектрические датчики. Принцип действия фотоэлектрических датчиков основан на использовании физического эффекта периодического изменения освещенности в зависимости от перемещения (угла поворота). Эти датчики являются бесконтактными и дискретными.

В цифровых фотоэлектрических кодовых датчиках измеряемое непрерывное значение угла поворота вала преобразуется в цифровой двоичный (реже десятичный) код, т.е. кодовую комбинацию электрических сигналов. В таком виде сигналы могут непосредственно поступать в ЭВМ без дополнительных преобразований.

Наибольшее распространение получили кодовые датчики, выполненные в виде кодирующего диска с фотоэлектрической (оптической) системой считывания. Диск устанавливают на валу датчика, который представляет собой стеклянное основание с кодовой маской, состоящей из кодовых дорожек, число которых равно требуемому числу разрядов выходного сигнала. На дорожке чередуются прозрачные и непрозрачные участки, первые имитируют «1», вторые — «0» двоичного кода. Следует отметить, что для устранения неоднозначности при считывании кодовую маску наносят в соответствии с кодом Грея (циклическим кодом), но могут быть использованы и другие коды.

Кодовые датчики подобно потенциометрическим по величине рабочего диапазона делят на одно- и многооборотные. Они являются датчиками абсолютного отсчета.

Основное достоинство кодовых датчиков — их высокая разрешающая способность. К недостаткам следует отнести конструктивную сложность и громоздкость.

При проектировании ММ выбор кодового датчика целесообразен в том случае, если требуется высокая точность перемещения выходного звена, система управления имеет цифровой вход и нет существенных ограничений по массогабаритным показателям.

Внешний вид кодового датчика типа ФЭП-15 показан на рис. 7.3, а технические характеристики приведены в табл. 7.2.

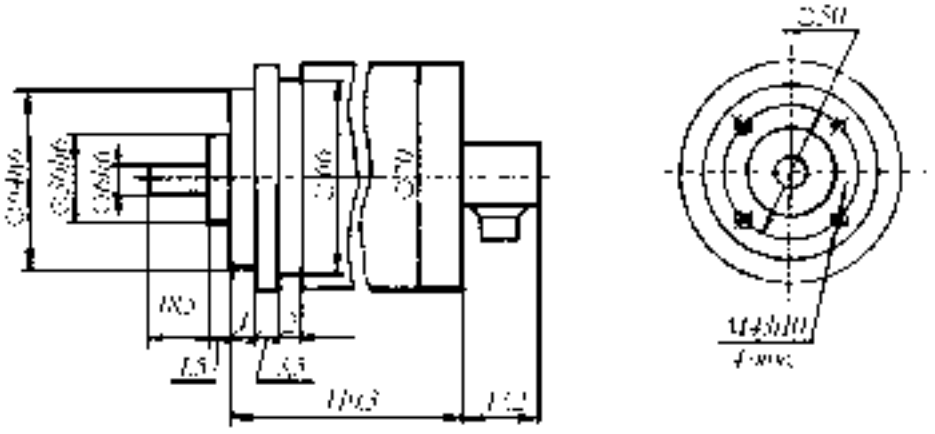


Рис. 7.3. Фотоэлектрический кодовый датчик ФЭП-15

Таблица 7.2

Технические характеристики кодового датчика типа ФЭП-15

Наименование характеристики	Значение
Вид выходного сигнала	Двоичный
Объем информации, единиц дискретности	32 768 (2 048 на 1 об)
Рабочий диапазон, град	0...5760
Погрешность преобразования угла за один оборот	10'33"
Наибольшая частота вращения, об/мин	900
Масса, кг	0,8

В цифровых фотоэлектрических импульсных (*фотоимпульсных*) датчиках измеряемая непрерывная величина угла поворота вала преобразуется в определенное число электрических импульсов, которые в специальных схемах счета импульсов преобразуются в цифровой код.

Импульсный датчик имеет два канала и вырабатывает сигналы прямоугольной формы, сдвинутые по фазе на 90°, что позволяет определить направление движения звена. Он не имеет ограничений по диапазону углов поворота

и измеряет только приращения перемещений (относительное измерение). Для устранения ошибок, вызванных помехами, и выполнения абсолютного отсчета вводится синхронизирующий импульс (ноль-импульс), который подается в третий канал при каждом проходе через отсчетное положение датчика. Для определения начала отсчета необходимо применение специальных схемных решений и дополнительных калибровочных датчиков, например потенциометров, точных механических упоров с концевыми выключателями, рисок и т.п. Основным показателем импульсных датчиков является разрешающая способность. Импульсные датчики по сравнению с кодовыми имеют более простую конструкцию, но требуют специальных схем счета импульсов и калибровки.

При выборе импульсного датчика необходимо учитывать предельную скорость вращения вала и требуемую точность позиционирования выходного звена ММ.

Соединение валов импульсного датчика и ММ производят с помощью специальных соединительных муфт или безлюфтового кинематического преобразователя движения.

К фотоимпульсным датчикам перемещений относят преобразователи линейных и угловых перемещений ЛИР (рис. 7.4), выпускаемые Санкт-Петербургским специальным конструкторским бюро станочных информационно-измерительных систем (СКБ ИС). Они предназначены для различных моделей металорежущих станков и обрабатывающих центров, поворотных систем, приборов, робототехнических комплексов, технологических установок, мехатронных систем и т.п.

Круговые фотоэлектрические преобразователи перемещений

Рис. 7.4. Датчик ЛИР-158А

Принцип действия преобразователей перемещений ЛИР основан на фотоэлектронном сканировании штриховых растров. В качестве осветителей используют инфракрасные светодиоды, а приемниками излучения служат кремниевые фотодиоды.

Максимальный диапазон преобразования линейных перемещений — 3 220 мм, угловых — неограничен.

Для приема и обработки электрических сигналов, поступающих от оптоэлектронных преобразователей линейных и угловых перемещений, и осуществления визуализации на цифровом табло полученной информации применяют *устройства цифровой индикации* (УЦИ).

УЦИ могут быть использованы в качестве специализированных комплектующих изделий в составе информационно-измерительных систем различных машин и приборов при измерении и контроле механических перемещений.

Применение цифрового отсчета вместо визуального съема показаний со шкал лимбов предотвращает субъективные ошибки считывания, значительно уменьшает утомляемость, позволяет производить контроль без остановки технологического процесса и без периодического измерения размеров обрабатываемых деталей с помощью универсальных измерительных средств.

В основе схемотехники УЦИ, выпускаемых СКБ ИС, использован широко распространенный микроконтроллер с ядром 8051, позволяющий создавать как универсальное, так и специализированное программное обеспечение. Светодиодные индикаторы фирмы *Hewlett Packard* обеспечивают хорошую яркость и разборчивость вывода информации.

Возможность встраивания в УЦИ последовательного канала *RS*-232 и различных элементов ввода/вывода позволяют взаимодействовать УЦИ с другими устройствами.

УЦИ выпускают нескольких типов, рассчитанных на работу с одним, двумя или тремя преобразователями, способных одновременно контролировать перемещение по одной, двум или трем осям соответственно.

СКБ ИС выпускает простейшие по своим функциональным возможностям УЦИ серий ЛИР-510М (рис. 7.5), ЛИР-520, ЛИР-530. Базовый набор функций этой серии УЦИ включает:

– обнуление текущего значения в любом месте контролируемого перемещения;

– осуществление контроля текущего положения рабочего органа относительно положения референтной метки преобразователя;

– работу в приращениях.

Рис. 7.5. Устройство цифровой индикации ЛИР-510М

Включая в себя весь вышеперечисленный набор функций, эти устройства обладают способностью вырабатывать в соответствии с заданием управляющие сигналы, выполняя тем самым не только индикационные функции, но и функции управления.

Для приема внешних сигналов от различного рода путевых выключателей или дополнительных органов управления в УЦИ предусмотрена установка шестнадцати приемников внешнего сигнала.

Использование подобных систем связано с требованиями некоторых технологических процессов сразу после подачи питающего напряжения определить точное положение рабочих органов в пространстве без каких-либо перемещений.

Все УЦИ выпускают с фиксированной разрешающей способностью (дискретностью). Это означает, что разрешающая способность подключаемого преобразователя должна соответствовать разрешающей способности для входного сигнала УЦИ и не изменяться в процессе эксплуатации.

Вращающиеся трансформаторы (ВТ) представляют собой электрические индукционные машины переменного тока, выходное напряжение которых зависит от угла поворота ротора. Характер этой зависимости определяется конструкцией и схемой включения обмоток ВТ.

Вращающиеся трансформаторы (рис. 7.6, *а*) имеют по две одинаковые взаимно перпендикулярные первичные обмотки (возбуждения и квадратурную) и вторичные (синусную и косинусную). Существуют синусно-косинусные вра-

щающиеся трансформаторы (СКВТ) с компенсационными обмотками обратной связи, которые предназначены для компенсации основных и дополнительных погрешностей (рис. 7.6, *б*).

Основные погрешности возникают в нормальных условиях и обусловлены принципом работы ВТ, конструктивными и технологическими причинами. Дополнительные погрешности возникают при изменении температуры окружающей среды, амплитуды и частоты питающего напряжения.

В зависимости от расположения обмоток возбуждения ВТ могут быть с питанием со стороны статора или ротора и с напряжением возбуждения постоянной или переменной амплитуды.

По характеру токосъема ВТ могут быть контактными и бесконтактными. Главным техническим показателем ВТ является точность выполнения им функциональных преобразований.

а *б*

Рис. 7.6. Приборы для измерения угла поворота:
***а* — вращающийся трансформатор ВТ-5;**
***б* — синусно-косинусный вращающийся трансформатор СКВТ-5**

В ММ применяют двухполюсные и многополюсные вращающиеся трансформаторы, работающие в режимах: синусно-косинусном, линейном, фазовращателя, дистанционной передачи угла.

На основе синусно-косинусных ВТ в качестве датчиков углового положения используют устройства, называемые фазовращателями, которые обеспечивают линейное изменение фазы выходного напряжения как функции угла поворота ротора.

Применяются также многополюсные вращающиеся трансформаторы, которые имеют большое число пар P полюсов. В зависимости от конструктивных особенностей их подразделяют на редуктосины и индуктосины.

При работе редуктосина фаза его выходного сигнала зависит от угла поворота ротора. За один период изменения напряжения питания магнитное поле повернется на угол $2\pi/P$ (а не на 2π, как у ВТ). Следовательно, при повороте ротора на угол $2\pi/P$ фаза выходного сигнала повернется на угол 2π. Использование редуктосинов с большим числом пар P полюсов позволяет во многих случаях применять их без повышающего механического преобразователя.

Редуктосин имеет встраиваемую конструкцию, обычно его напрямую соединяют с валом двигателя.

Угловая погрешность некоторых редуктосинов не превышает $1'$.

Индуктосины — многополюсные ВТ с печатными обмотками, выполненными на неферромагнитном сердечнике. Для контроля высокоточных угловых и линейных перемещений в ММ применяют круговые и линейные индуктосины.

Круговые индуктосины представляют собой электрическую микромашину плоской конструкции с двумя изолированными дисками, на которых расположены печатные обмотки. Один из дисков соединен с валом исполнительного механизма (ротор), а второй неподвижен (статор). Обмотки выполняют однослойными и многослойными. Чаще всего применяют индуктосины с многополюсной однофазной обмоткой на статоре и двухфазной секционной обмоткой на роторе.

В режиме фазовращателя питание обмоток индуктосина осуществляют переменным напряжением с частотой 10–100 кГц, сдвинутым по фазе на 90°.

Погрешность преобразования кругового индуктосина не превышает $5''$.

Линейный индуктосин по принципу действия аналогичен круговому. Он состоит из длинной линейки, установленной на неподвижной части ММ и имеющей однофазную многополюсную обмотку, и короткой головки считывания (сканирующей головки), устанавливаемой на подвижном элементе модуля. Обмотка короткой линейки — двухфазная, со сдвигом фазы на 90°. Один полюс обмотки составляет обычно 2 мм, длина головки 100 мм, а длина линейки 250 мм. Для перемещений более 250 мм линейки стыкуют по торцам, образуя наборную шкалу.

Погрешность линейного индуктосина составляет 0,001–0,002 мм.

Индуктосины изготовляют в открытом исполнении и встраивают прямым монтажом в конструкцию ММ.

7.3. ДАТЧИКИ СКОРОСТИ

Датчики скорости предназначены для получения в ММ сигнала обратной связи по скорости, которая является корректирующей обратной связью, обеспечивающей устойчивость работы ММ. Поэтому к датчикам скорости не предъявляют таких жестких требований по линейности и точности, как к дат-чикам положения. Они должны иметь хорошую чувствительность, особенно при малых скоростях.

Для получения сигнала по скорости в мехатронном модуле могут быть использованы импульсные датчики, рассмотренные выше. В этом случае ММ должен дополнительно содержать преобразователь частоты импульсов в скоростной сигнал. Точность получения скоростного сигнала таким способом зависит от числа импульсов на оборот вала. Таким образом, использование в силовом модуле импульсного датчика позволяет выделить два сигнала: по положению и по скорости, что упрощает конструкцию ММ.

Для получения сигнала только по скорости используют специальные датчики скорости — тахогенераторы и фотоимпульсные датчики скорости.

Тахогенераторы представляют собой электрические микромашины, выходное напряжение которых пропорционально угловой скорости вращения ротора. В зависимости от принципа действия тахогенераторы делят на три группы: тахогенераторы постоянного тока, асинхронные и синхронные. Тип тахогенератора выбирают в зависимости от требований точности, линейности скоростной характеристики, диапазона изменения частоты вращения двигателя, условий эксплуатации, надежности, габаритных размеров, массы.

В ММ с коллекторными двигателями постоянного тока, как правило, применяют коллекторные тахогенераторы постоянного тока. В модулях с бесконтактными асинхронными и синхронными двигателями, применяемыми во взрыво- и пожароопасных средах, используют бесконтактные асинхронные и синхронные тахогенераторы.

В качестве тахогенераторов постоянного тока (ТГП) применяют двухполюсные микромашины постоянного тока с электромагнитным и магнитоэлектрическим (от постоянных магнитов) возбуждением.

Коллекторный генератор постоянного тока ТГП-1А с зубцовым ротором изображен на рис. 7.7, встраиваемый тахогенератор ТП-80-20-02 — на рис. 7.8.

Асинхронные тахогенераторы представляют собой двухфазную электрическую микромашину с полым немагнитным ротором. На статоре расположены две обмотки: возбуждения и генераторная.

Рис. 7.7. Тахогенератор 80-20-02

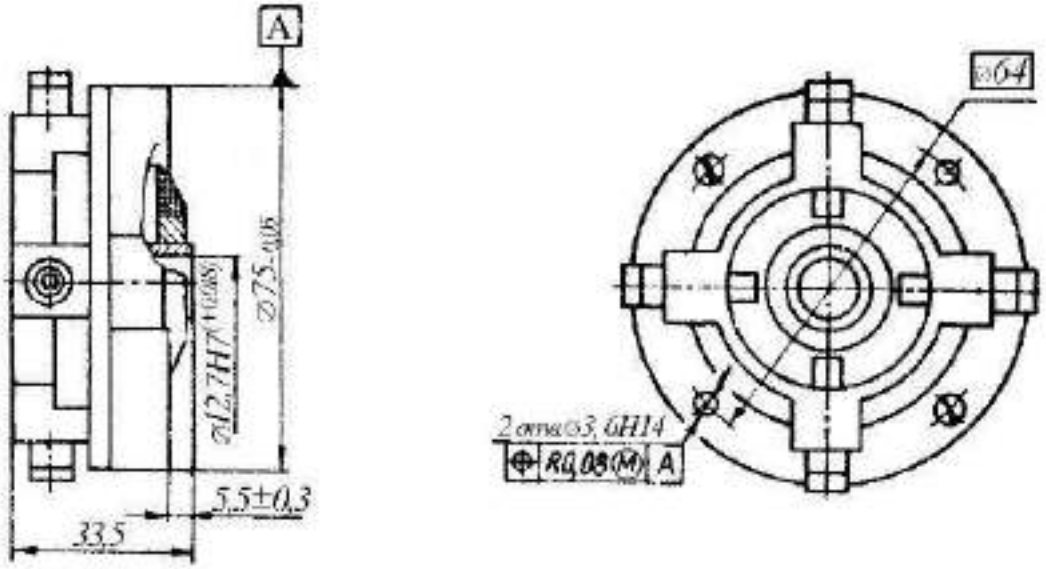


Рис. 7.8. Тахогенератор ТГП-1 (ТГП-1А)

Асинхронный однофазный тахогенератор ТГ-5/10 с полым немагнитным ротором и термокомпенсатором температурной погрешности выходного напряжения представлен на рис. 7.9.

Электрический сигнал тахогенератора находится в прямой зависимости от частоты вращения вала. Поэтому его устанавливают на быстроходном валу ММ: либо непосредственно на валу двигателя, либо соединяют с ним при помощи кинематического преобразователя движения. При согласовании частот вращения валов тахогенератора и двигателя необходимо наиболее полно использовать рабочий диапазон частот вращения тахогенератора, не превышая при этом его наибольшей частоты вращения. Соединение валов двигателя и тахогенератора должно быть безлюфтовым, так как люфт приводит к искажению скоростного сигнала.

Рис. 7.9. Тахогенератор ТГ-5/10

Как правило, все тахогенераторы представляют собой электрические микромашины, выполненные в виде законченных конструктивных узлов, но также могут иметь встраиваемое исполнение. Встраиваемый тахогенератор устанавливают непосредственно на валу, а его корпус скрепляют с корпусом двигателя. Кроме того, двигатели некоторых серий имеют в своем составе встроенный тахогенератор, например двигатели серий ДПМ, ДП, ДПУ, ПЯ.

Фотоимпульсный датчик скорости представляет собой устройство, состоящее из источника излучения (светодиода), фотоприемника (фотодиода) и подвижного элемента — диска или линейки — с равномерно распределенными на них отверстиями или прорезями. Диск или линейку крепят на неподвижном элементе ММ.

В фотоимпульсном датчике угловой скорости (рис. 7.10) световой поток от источника излучения 1, проходя через отверстия или прорези в диске *2*, попадает на чувствительную поверхность фотоприемника *3*, генерируя в нем электрические импульсы с частотой:

$$f = \frac{a}{t}, \text{ Гц}, \qquad (7.1)$$

где a — число импульсов; t — время перемещения подвижного элемента — диска (при линейном перемещении — линейки), с.

Угловую скорость диска, а соответственно и вала на котором он закреплен, определяют в виде:

$$\omega = \alpha f = \frac{2\pi f}{N}, \text{ рад/с}, \tag{7.2}$$

где α — значение одного импульса, рад; N — число отверстий или прорезей вдоль окружности диска, расположенных по окружности радиусом r.

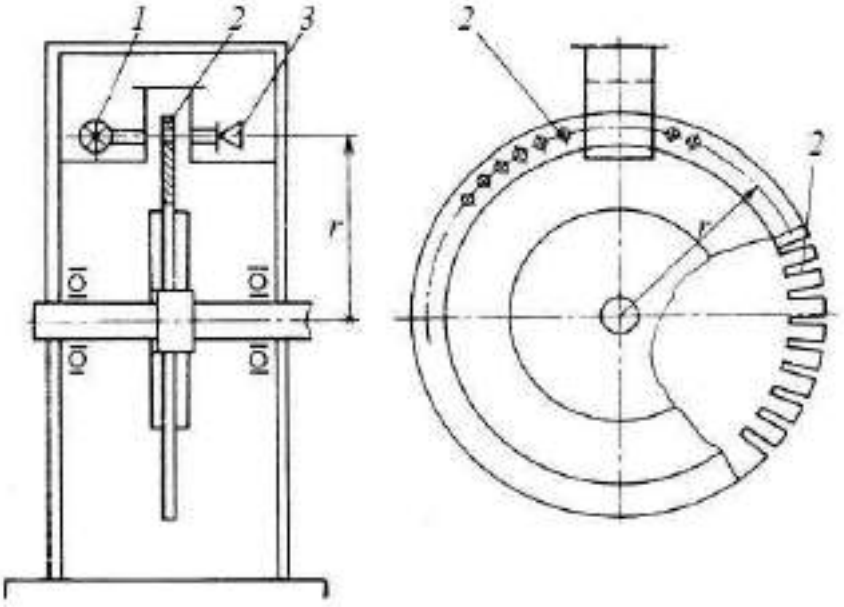


Рис. 7.10. Фотоимпульсный датчик угловой скорости

В фотоимпульсном датчике линейной скорости, содержащем линейку с равномерно распределенными на ней отверстиями или прорезями, частоту генерируемых в фотоприемнике электрических импульсов определяют по приведенной выше формуле.

Линейную скорость линейки и поступательно перемещающегося элемента ММ, с которым она скреплена, определяют в виде:

$$v = Bf = \frac{Lf}{N}, \tag{7.3}$$

где B — значение одного импульса, м; L — длина линейки, м.

Рассмотренные фотоимпульсные датчики скорости можно использовать и для определения перемещений подвижного звена.

При вращательном (формула 7.4) и поступательном (формула 7.5) движении звена перемещение можно определить так:

$$\varphi = \frac{2\pi a}{N}, \text{ рад;} \tag{7.4}$$

$$S = \frac{La}{N}, \text{ м.} \tag{7.5}$$

7.4. РЕЛЕ ДАВЛЕНИЯ И МАНОМЕТРЫ

Реле давления автоматически контролирует величину давления жидкости в гидросистеме гидроприводного ММ, подавая электрический сигнал при повышении или понижении давления по сравнению с величиной, на которую настроено реле.

Типичным случаем применения реле давления является подключение его к напорной линии перед гидродвигателем модуля. Реле регулируют на давление, на 0,3–0,5 МПа меньше максимально допустимого. При наличии перегрузки гидродвигателя реле включает сигнальную лампу на пульте управления. Возможна подача электрического сигнала от реле в цепь управления гидрораспределителя, что позволит оперативно реагировать на перегрузку остановкой или реверсированием гидродвигателя.

Основные элементы реле: золотник (как, например, в реле ПГ62-11) или мембрана (в реле Г62-21М), на которые непосредственно воздействует рабочая жидкость; пружина, затяжкой или ослаблением которой задают контролируемое давление; микропереключатель, под воздействием золотника или мембраны подающий электрический сигнал.

Основные параметры реле давления ПГ62-11 и Г62-21М приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Основные параметры реле давления ПГ62-11 и Г62-21М

Параметр	ПГ62-11	БПГ-62-11	ВПГ-62-11	ГПГ-62-11	Г62-21М
Контролируемое давление, МПа	0,6–5	0,8–10	1–20	5–32	0,5–6,4
Нечувствительность, МПа	0,5	1,0	1,5		0,3

Параметр	ПГ62-11	БПГ-62-11	ВПГ-62-11	ГПГ-62-11	Г62-21М
Утечка, дм^3, не более	0,01	0,02	0,05		–
Масса, кг	3,0				1,5

В качестве чувствительного элемента в большинстве типов манометров (датчиков давления жидкости в гидроприводных ММ) используется тонкостенная изогнутая трубка (так называемая трубка Бурдона). Под действием давления подаваемой в нее жидкости трубка распрямляется, передвигая связанное с ней входное звено преобразователя перемещения в пропорциональный электрический сигнал, проградуированный в единицах давления.

Манометры имеют следующие классы точности: 0,4; 0,6; 1; 1,5; 2,5; 4. Под классом точности понимают отношение наибольшей допустимой ошибки измерения к верхнему пределу измерения манометра, выраженное в процентах. Например, для манометра класса точности 2,5 с верхним пределом измерений 40 МПа наибольшая допустимая ошибка при измерении по верхнему пределу равна 1 МПа.

В табл. 7.4 приведены параметры стандартных манометров на давления от 2,5 МПа до 100 МПа.

Таблица 7.4

Манометры на давления 2,5–100 МПа

Диаметр корпуса, мм	Класс точности	Верхний предел измерений, МПа								
		2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
60	1,5; 2,5; 4	+							–	
100	1; 1,5; 2,5	+								–
160	0,6; 1; 1,5	+								
250	0,4	+								–

7.5. ДИНАМОМЕТРЫ

Динамометры используются в ММ в качестве датчиков нагрузки. В настоящее время выпускается широкая гамма приборов на различные виды нагружения (на сжатие, на растяжение, универсальные), с различными способами присоединения к звену ММ и индикации нагрузки.

Чувствительным элементом динамометра является тензометр, регистрирующий деформацию воспринимающей измеряемую нагрузку специальной детали.

В зависимости от назначения, места расположения ММ и структуры мехатронной системы может быть подобран датчик с беспроводной передачей информации, такой как, например, показанный на рис. 7.11 динамометр *Dinafor LLZ2 TRANSTEL* с радиоканалом и *RS*-232 интерфейсом (Компания «Грузовая Оснастка», г. Москва).

Рис. 7.11. Динамометр *Dinafor LLZ2 TRANSTEL*

Ряд электронных динамометров сжатия ДОС-3-И включает в себя приборы с наибольшими пределами измеряемой нагрузки от 0,1 кН до 2 000 кН, причем дискретность отсчетного устройства для динамометра ДОС-3-01И(1) на 0,1 кН равна 0,02 Н, а для динамометра ДОС-3-2000И(6) на 2 000 кН — 500 Н («Вессервис», г. Санкт-Петербург).

Такова же ширина ряда динамометров сжатия АЦДС-И («Мегатонн», г. С-Петербург). Точность измерений весьма высокая. Так, цена деления динамометра АЦДС-01И-1 на 0,1 кН составляет 0,005 Н. В табл. 7.5 указаны технические характеристики динамометра АЦДС-2000/3И-1.

Таблица 7.5

Технические характеристики динамометра АЦДС-2000/3И-1

Параметр	Значение
Верхний предел измерения, кН	2 000
Цена деления, Н	100
Время отсчета, с	0,5
Относительная суммарная погрешность (для прибора первого класса), %	0,24
Безопасная перегрузка, %	150

Параметр	Значение
Максимально допустимая перегрузка, %	200
Размеры, мм: длина ширина	 300 120

Конрольные вопросы

1. Какое устройство называется датчиком?
2. Какие задачи решают датчики в ММ?
3. Что такое линейные датчики перемещений? Что такое угловые датчики перемещений?
4. В чем заключается принцип работы тахогенератора?
5. Поясните принцип работы фотоимпульсного датчика угловой скорости.
6. Какие устройства используются для измерения давления в гидросистемах?
7. Что является чувствительным элементом в динамометрах ДОС-3-И?

8. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

8.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В основу методики проектирования ММ положен *принцип синергетической интеграции*. Задача конструктора при синергетической интеграции состоит в том, чтобы не просто связать отдельные части в систему с помощью типовых соединений и преобразователей, но сделать конструктивные связи в мехатронном модуле взаимопроникающими и неразрывными. Большинство успешных решений в мехатронике базируется скорее на инженерном опыте и интуиции, чем на научной методологии. Добиться качественно новых характеристик позволяет современная концепция «*встроенного проектирования*», которая предполагает конструктивную интеграцию элементов модуля в едином корпусе.

Принятый подход к проектированию ММ предполагает совместный анализ функциональной, структурной и конструктивной моделей устройства. Целью проектирования ММ является преобразование исходных требований в конструкторскую реализацию и соответствующую документацию, по которой может быть изготовлен модуль, удовлетворяющий сформулированным показателям качества. Ниже рассматриваются в основном технические показатели, но при выборе структуры и конструкции ММ следует также учитывать экономические и эксплуатационные оценки качества.

Алгоритм проектирования ММ представлен на рис. 8.1.

Данный алгоритм предусматривает три основных этапа проектирования — последовательно выполняемые *функциональный*, *структурный* и *конструк-тивный анализ и синтез* ММ. Применяя процедуры функционально-структурного и структурно-конструктивного анализа, разработчик оценивает принимаемые решения, стремясь добиться высокого уровня синергетической интеграции элементов. Для использования методов автоматизированного проектирования формируют взаимосвязанные функциональную (*F-модель*), структурную (*S-модель*) и конструктивную (*C-модель*) модели ММ.

Конструирование ММ включает три основных этапа:

– выбор вариантов структурных решений модуля по его заданной функции и их функционально-структурный анализ (входной информацией для этого этапа проектирования является *F*-модель, а на выходе формируется *S*-модель ММ);

– структурно-конструктивный анализ конструкторских решений и построение *C*-модели ММ;

– конструкторская реализация выбранного варианта модуля с разработкой конструкторской документации.

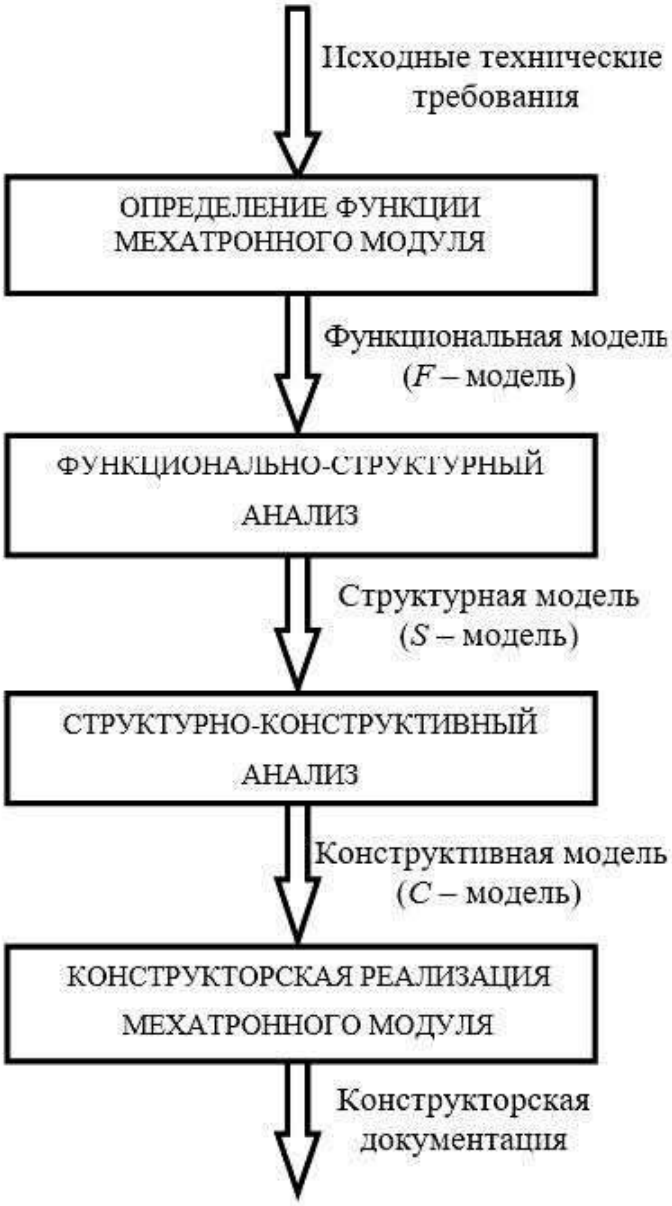


Рис. 8.1. Алгоритм проектирования мехатронного модуля

Таким образом, задача проектирования ММ заключается в нахождении наилучшего соответствия между заданной функцией и конструктивным исполнением.

Ключевой методологической идеей данного подхода является приоритет функции модуля над ее структурной организацией и конструктивным решением. В ММ заданные функциональные преобразования могут быть реализованы несколькими наборами структурных блоков, а эти блоки, в свою очередь, могут иметь различное конструкторское исполнение. Таким образом, при проектировании модуля его структура и конструктивное решение являются подчиненными по отношению к заданной функции.

8.2. ФУНКЦИЯ И СТРУКТУРА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ

Известны два основных подхода к построению моделей сложных технических систем. Первый заключается в *функциональном* определении рассматриваемой системы через ее поведение по отношению к внешним объектам и внешней среде. Второй подход основан на *структурном* описании состава системы и связей между ее элементами. Исследование и оптимизация взаимосвязи между функцией и структурой системы лежит в основе функционально-структурного подхода, который соответствует первым двум этапам проектирования ММ (рис. 8.1).

На первом этапе проводят функциональный анализ ММ, результатом которого является построение функциональной модели.

Основная функциональная задача ММ заключается в преобразовании информации о программе движения в целенаправленное управляемое движение выходного звена.

Программа движения может быть задана управляющим компьютером как набор команд высокого уровня или, в случае дистанционного управления, человеком-оператором с помощью человеко-машинного интерфейса. Управляемое движение осуществляется механической подсистемой ММ, и его конечное звено взаимодействует с объектами внешней среды. Внешние воздействия должны эффективно отражаться ММ в процессе движения. Информационная обратная связь необходима для оценки текущего состояния ММ как объекта управления и внешней среды в режиме реального времени.

Обозначенная основная функция не является единственной. Некоторые дополнительные функции — реконфигурация системы, обмен сигналами и информацией с другим технологическим оборудованием, самодиагностика — также должны быть реализованы для эффективной и надежной работы ММ. Но именно выполнение функционального движения является основной мехатронной функцией, так как механическая составляющая взаимодействует с объектами работ и таким образом определяет поведение модуля во внешней среде.

В общем случае функциональная модель мехатронного модуля может быть определена как *информационно-механический преобразователь*.

Для физической реализации мехатронного информационно-механического преобразования необходим внешний энергетический источник. Пусть ММ имеет электрический привод. Тогда, очевидно, требуется источнок электроэнергии. Ввод соответствующих электроэнергетических преобразований дает F-модель ММ (рис. 8.2).

Рис. 8.2. Функциональная модель мехатронного модуля

Полученная *F*-модель в общем случае содержит семь базовых функциональных преобразователей, связанных энергетическими и информационными потоками.

Следует отметить, что электрическая энергия является только промежуточной энергетической формой между входной информацией и выходным механическим движением. Следовательно, электрическая подсистема отнюдь не является единственно возможной для выполнения мехатронной функции. Другие виды энергетических процессов (в частности, гидроэнергетические) также могут быть использованы для промежуточных преобразований и должны рассматриваться как альтернативные варианты на этапе концептуального проектирования. Выбор разработчиком ММ физической природы промежуточного преобразователя определяется возможностями технической реализации, исходными требованиями и особенностями его применения. В современной инженерной практике гидравлические, пневматические, химические и другие виды энергетических преобразователей применяются достаточно широко.

Итак, в любом ММ необходимо реализовать семь функциональных преобразований (рис. 8.2). Три из них называются *моноэнергетическими* (информационный, электрический и механический преобразователи), где входные и выходные переменные имеют одну и ту же физическую природу. Остальные четыре являются *дуальными* (двойственными), так как в них входные и выходные переменные принадлежат различным физическим видам. К этой группе относят информационно-электрический и электромеханический преобразователи, расположенные в *прямой цепи* функциональной модели, и параллельные электро-информационный и механико-информационный преобразователи в *цепи обратной связи*.

Структурная модель ММ должна отражать состав его элементов и связи между ними. В теории автоматического управления и электромеханике принято структурные модели графически представлять в виде блок-схем. Звенья обычно обозначают в виде прямоугольника с указанием входной и выходной переменных, а уравнения или характеристики записывают внутри него.

В качестве исходной структуры ММ рассмотрим традиционный электропривод с компьютерным управлением (*S*-модель, см. рис. 8.3). Для дальнейшего анализа в представленной структурной схеме выделим управляющую и электромеханическую подсистемы. При конструировании ММ особый интерес представляет исполнительная часть, входящая в состав электромеханической подсистемы.

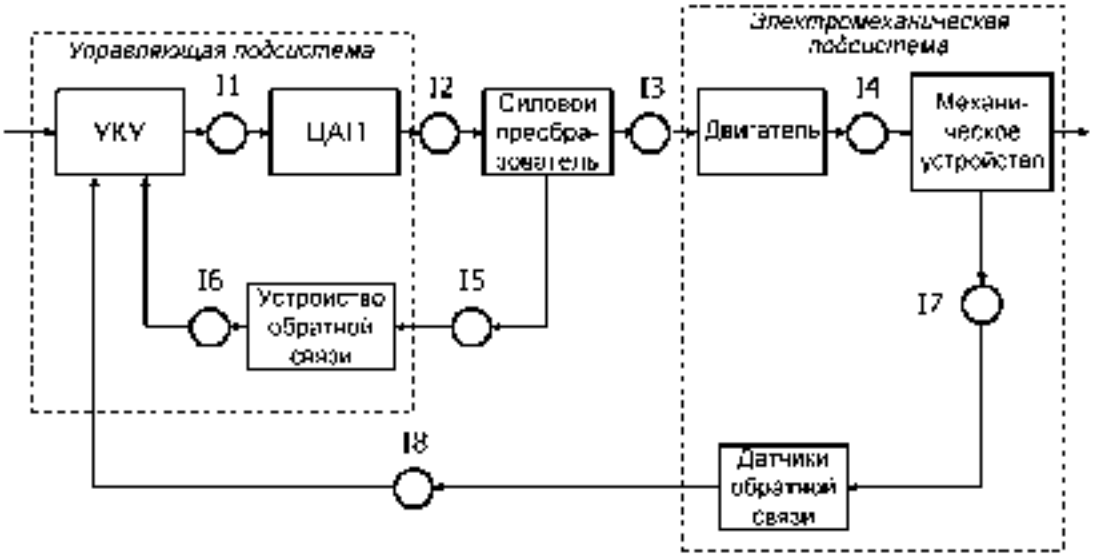


Рис. 8.3 Структурная модель электропривода с компьютерным управлением

S-модель электропривода (рис. 8.3) включает в себя следующие основные элементы:

– механическое устройство, которое реализует заданное управляемое движение и взаимодействует с внешними объектами (в модулях в качестве таких устройств применяют редукторы, вариаторы либо непосредственно используют рабочий орган, например, в ММ типа «*мотор-шпиндель*»);

– управляемый электродвигатель (переменного или постоянного тока), который является электромеханическим элементом привода;

– силовой преобразователь, обычно состоящий из усилителя мощности, широтно-импульсного модулятора (ШИМ) и трехфазного инвертора (для асинхронных двигателей);

– цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), реализующий функцию информационно-электрического преобразования;

– устройство обратной связи, которое используют для контроля текущих напряжений и токов в силовом преобразователе, а также управляющих функций (например, для организации контура регулирования момента, развиваемого приводом);

– датчики обратной связи по положению и скорости движения выходного звена механического устройства, выполняющие функции механико-информационного преобразования;

– компьютерное устройство управления движением, функциональной задачей которого является информационное преобразование (обработка цифровых сигналов, цифровое регулирование, расчет управляющих воздействий, обмен данными с периферийными устройствами);

– интерфейсные устройства, обозначенные на блок-схеме как *I*1-*I*8.

В зависимости от физической природы входных и выходных переменных интерфейсные блоки могут быть как механическими преобразователями движения, так и содержать электронные аппаратно-программные компоненты. Примерами механических интерфейсов являются передачи и трансмиссии, связывающие выходное механическое устройство с двигателем (интерфейс *I*4) и датчиками обратной связи (интерфейсы *I*7, *I*8).

Интерфейсные электронные устройства расположены на входах и выходах устройства компьютерного управления (УКУ) и предназначены для его сопряжения со следующими структурными элементами:

– цифро-аналоговым преобразователем (встроенный интерфейс *I*1) и далее с силовым преобразователем модуля (интерфейс *I*2);

– датчиками обратной связи (интерфейс *I*7); в случае применения сенсоров с аналоговым выходным сигналом соответствующие интерфейсы строятся на основе аналого-цифровых преобразователей (АЦП);

– устройствами обратной связи для контроля уровня электрических токов и напряжений в силовом преобразователе (для традиционного привода интерфейс *I*6 также использует стандартный АЦП).

8.3. СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ

Сравнивая функциональную модель ММ (рис. 8.2) и структурную модель традиционного электропривода (рис. 8.3), можно сделать вывод о том, что суммарное количество основных и интерфейсных блоков в структуре электропри-

вода значительно превышает число необходимых функциональных преобразователей. Другими словами, можно говорить о *структурной избыточности* традиционного электропривода. Наличие избыточных блоков приводит к снижению надежности и точности технической системы, ухудшению ее массогабаритных и стоимостных показателей. Поэтому целесообразно стремиться к сокращению количества сепаратных структурных элементов (как основных, так и интерфейсных блоков) в системе. В идеальном для пользователя варианте модуль по рис. 8.2, приняв на информационный вход программу движения, должен выполнить целенаправленное управляемое движение с заданными показателями качества. При этом все проблемы интеграции в модуле механических, электронных и управляющих устройств должны быть решены разработчиком для всех стадий жизненного цикла, начиная со стадии проектирования системы и заканчивая ее эксплуатацией у конечного потребителя.

Синергетическая интеграция элементов при проектировании ММ основана на трех базовых принципах:

– реализация заданных функциональных преобразований минимально возможным числом структурных и конструктивных блоков путем объединения двух и более элементов в единые многофункциональные модули;

– выбор интерфейсов в качестве локальных точек интеграции и исключение избыточных структурных блоков и интерфейсов как сепаратных элементов;

– перераспределение функциональной нагрузки в ММ от аппаратных блоков к интеллектуальным (электронным и компьютерным) компонентам.

Практическая реализация принципов синергетической интеграции при проектировании позволяет обеспечить основные преимущества ММ по сравнению с традиционными машинами и добиться качественно новых показателей, в первую очередь по компактности конструкции, скорости и точности движений. Снятие с аппаратной («железной») части системы функциональной нагрузки и ее перенос на управляющую и электронную подсистемы придает ММ свойство гибкости, делает его способным к легкому приспособлению для решения новых технологических задач. Следует заметить, что интеграция предполагает не только аппаратное объединение элементов, но и организацию интегрированных информационных процессов в ИММ.

Синергетическую интеграцию в мехатронике осуществляют при проектировании двумя основными способами — функционально-структурной интеграцией и структурно-конструктивной интеграцией, которые объединяют в общий алгоритм проектирования ММ.

Задачей этапа *функционально-структурной интеграции* (ФС-интеграции) является поиск мехатронных структур, реализующих заданные функциональные преобразования с помощью минимального количества структурных блоков. ФС-интеграция направлена на выбор проектных решений, которые обеспечивают исключение некоторых основных блоков, а значит, и смежных с ними интерфейсов из структуры системы.

Примеры мехатронных проектных решений, основанные на способе ФС-интеграции элементов, приведены в табл. 8.1. Представленные решения основаны на совместном анализе *F*-модели ММ (рис. 8.2) и *S*-модели традиционного электропривода (рис. 8.3).

Таблица 8.1

ФС-интеграция элементов в мехатронном модуле

Мехатронное решение	**Функциональное преобразование**	**Исключаемые сепаратные элементы**	
		Основные блоки	**Интерфейсы**
Фотоимпульсный датчик обратной связи	Механико-информационное	Один датчик обратной связи	*I*7, *I*8
Вентильный высокомоментный двигатель	Электромеханическое и механико-информационное	Механическое устройство, сепаратные датчики обратной связи	*I*4, *I*7, *I*8
Интеллектуальный силовой преобразователь	Информационно-электрическое	Избыточное устройство обратной связи	*I*5, *I*6
Управляющие контроллеры на базе блоков FPGA	Электро-информационное	ЦАП	*I*1, *I*2

Первые два мехатронных решения относятся к электромеханической подсистеме модуля, следующие варианты интеграции можно реализовать в его управляющей подсистеме. При конструировании ММ наибольшее внимание уделяют решениям, направленным на упрощение механической части модулей и связанных с ней блоков и интерфейсов, которые реализуют электромеханическое и механико-информационное функциональные преобразования.

Первый вариант (табл. 8.1) предусматривает использование в обратной связи вместо двух отдельных датчиков положения и скорости только одного элемента — фотоимпульсного датчика (см. гл. 7), который позволяет получать

информацию и об угле поворота вала, и о его угловой скорости. Датчик выдает выходной сигнал в кодовой форме, что позволяет вводить информацию в УКУ без дополнительного АЦП, который был необходим для традиционных датчиков с аналоговым выходным сигналом (тахогенераторов, потенциометров и т.п.).

Интеллектуализацию фотоимпульсного датчика обеспечивают встроенными микропроцессорами, которые выполняют следующие основные функции: кодирование информации датчика, обнаружение ошибок измерения, масштабирование сигнала и передача текущего кода в контроллер движения по стандартному протоколу. Современная тенденция в создании фотоимпульсных датчиков заключается в объединении в едином сенсорном модуле конструктивных элементов (валов, подшипников), кодировочных дисков, фотоэлементов и микропроцессора.

Таким образом, использование фотоимпульсного датчика позволяет исключить из структуры традиционного привода один датчик обратной связи с его интерфейсом (*I*7), а также АЦП на входе УКУ (интерфейс *I*8).

Применение высокомоментного двигателя (второе решение в табл. 8.1) позволяет заменить исполнительную пару «*двигатель + преобразователь движения*» на один приводной элемент — двигатель. Этот способ ФС-интеграции означает исключение механического устройства и избыточного интерфейса I4 из структуры привода.

Ниже перечислены основные преимущества ММ с высокомоментными двигателями:

– снижение материалоемкости, компактность и модульность конструкции;

– повышение точностных характеристик привода благодаря отсутствию зазоров, кинематических погрешностей, упругих деформаций звеньев и т.д.;

– исключение трения в механической трансмиссии, что позволяет избежать нелинейных динамических эффектов, особенно на ползучих скоростях.

Для определения положения полюсов на роторе в конструкцию вентильного высокомоментного двигателя встраивают датчик положения. В исполнительных приводах информацию с этого датчика могут использовать и как сигнал обратной связи. Следовательно, применение вентильных двигателей со встроенными фотоимпульсными датчиками позволяет упростить не только механическую часть модуля, но и цепь обратной связи, так как разработчику не требуется вводить в конструкцию модуля сепаратные датчики положения и скорости.

Два примера применения способа ФС-интеграции к элементам управляющей подсистемы модуля приведены в табл. 8.1.

В состав ММ могут входить интеллектуальные силовые преобразователи (ИСП). Их строят на базе полупроводниковых приборов нового поколения. Типичными представителями этих приборов являются силовые полевые транзисторы (*MOSFET*), биполярные транзисторы с изолированным затвором (*IGBT*), запираемые тиристоры с полевым управлением (*MCT*). Новое поколение приборов отличается высоким быстродействием (для транзисторов *MOSFET* — 100 кГц), высокими значениями коммутируемых токов и напряжений (для *IGBT* предельная сила коммутируемого тока — до 1 200 А, предельное коммутируемое напряжение — до 3 500 В). Особенность ИСП состоит в том, что они содержат встроенные блоки микроэлектроники, предназначенные для выполнения интеллектуальных функций — управление движением, защита в аварийных режимах и диагностика неисправностей. Использование ИСП в составе ММ позволяет существенно снизить массогабаритные показатели силовых преобразователей, повысить их надежность при эксплуатации, улучшить технико-экономические показатели.

Использование контроллеров движения с блоками *FPGA* позволяет исключить ЦАП при компьютерном управлении двигателем. На выходе блоков *FPGA* сразу формируется широтно-модулированный сигнал, который имеет цифровое представление. При этом они обладают уникальным сочетанием очень высокой производительности (скорость вычислений соизмерима с аппаратными компонентами) с возможностью программирования как обычных микропроцессорных устройств.

Обобщая рассмотренные примеры, следует обратить внимание на то, что точками для ФС-интеграции являются структурные блоки, реализующие функциональные преобразования только дуального типа (см. третий столбец табл. 8.1). К этой группе относят информационно-электрический и электромеханический преобразователи, расположенные в прямой цепи *F*-модели ММ (рис. 8.2), и электро-информационный и механико-информационный преобразователи в цепи обратной связи.

Структурно-конструктивная интеграция (СК-интеграция) основана на анализе *S*-модели ММ, которая сформирована на этапе ФС-интеграции. Заданная структура модуля может быть реализована различными конструктивными решениями. СК-интеграция нацеливает разработчика на выбор проектных решений, которые обеспечивают исключение интерфейсов как сепаратных блоков путем встраивания их в отдельный корпус. При автоматизированном проектировании принятые решения представляют в виде *C*-модели (рис. 8.1).

Методическим ключом при поиске вариантов СК-интеграции является рассмотрение интерфейсных блоков *I*1–*I*8 в качестве локальных точек, где потенциально возможна СК-интеграция. Можно рекомендовать при проектировании опираться сразу на несколько точек интеграции.

Примеры ММ, основанные на способе СК-интеграции элементов, приведены в табл. 8.2. Представленные решения основаны на анализе структурных моделей мехатронных модулей, разработанных на предыдущем этапе, и традиционного электропривода (см. рис. 8.3).

Таблица 8.2

СК-интеграция элементов в мехатронном модуле

Мехатронные модули	**Функциональные преобразования**	**Встраиваемые элементы**	
		Основные блоки	**Интерфейсы**
Модуль движения	Электромеханическое и механическое	Двигатель, механическое устройство	*I*4
Мехатронный модуль движения	Электромеханическое, механическое и механико-информационное	Двигатель, механическое устройство, датчик обратной связи	*I*4, *I*7, *I*8
Интеллектуальный мехатронный модуль	Информационное, информационно-электрическое, электрическое, электромеханическое	Управляющий контроллер, силовой преобразователь, двигатель	*I*1, *I*2, *I*3, *I*5, *I*6

Интеграция элементов в ММ является ведущей тенденцией при создании современных машин и систем, так как позволяет добиться качественно нового уровня по основным техническим показателям — скорости и точности движения, компактности конструкции и способности машины к быстрой реконфигурации. Практическое воплощение этой тенденции в машинах сегодняшнего дня зависит от эффективности взаимодействия конструктора, который выдвигает новые интеграционные идеи, и технолога, реализующего предложенные проектные решения в автоматизированных технологических процессах.

8.4. ОСНОВЫ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

8.4.1. Техническое задание

При получении технического задания (ТЗ) на конструирование нового ММ конструктор ищет в задании возможно более полную и строгую формулировку той конечной цели, которая перед ним ставится. Если создаваемый ММ является частью более общей мехатронной системы, то конечная цель, которая ставится перед конструктором, должна быть сформулирована на основе знания места и роли модуля в системе. В этом случае целевое назначение ММ определяется целевым назначением мехатронной системы.

Необходимость критического подхода к формулировке цели является одной из особенностей стоящих перед конструктором задач.

Прежде всего конструктор должен тщательно изучить принципиальную схему модуля в том случае, если она приведена в ТЗ. Степень приближения принципиальной схемы к реальной конструкции может быть самой различной.

Принципиальная схема анализируется, оценивается и корректируется с точки зрения возможностей ее конструктивной реализации. Следует стремиться усовершенствовать схему в направлении *интеграции*, т.е. объединения частей и уплотнения их функциональной нагрузки. Очень часто множество независимых от конструктора проблем как научного, так и технического характера ограничивают такие стремления. Чем совершеннее схема, тем меньше возможностей у конструктора улучшить ее в указанном направлении.

При изучении предложенной принципиальной схемы конструктор должен проанализировать ее с точки зрения надежности. Оценка надежности принципиальной схемы может производиться по ряду факторов: оценка возможностей резервирования, использование тех или иных готовых элементов и стандартизированных деталей, обеспечение безопасности обслуживающего персонала и т.д. Схема может быть проанализирована по критериям «*цены реализации отдельных ее элементов*», технологичности, минимизации габаритов и массы и др.

Технические требования, приведенные в ТЗ, можно назвать *исходными* техническими требованиями. В наиболее общем случае перечень исходных технических требований охватывает широкий круг вопросов. В нем приводятся «*входные*» и «*выходные*» характеристики ММ и основные параметры принципиальной схемы. Затем дается описание тех наиболее характерных внешних воздействий, которые могут иметь место при эксплуатации, а также вызванные этими воздействиями допустимые отклонения от нормальных режимов работы.

Наконец, перечисляются меры, обеспечивающие удобство работы оператора, обслуживающего персонала, потребителя. Эти требования составляют лишь часть того материала, который должен учитываться конструктором при последующей реализации задания. Поэтому до начала собственно конструирования ММ конструктор должен дополнить исходные требования ТЗ новыми требованиями, выявленными им на основе самостоятельного анализа взаимовоздействий модуля с окружением, а также исходя из соображений производственного, технологического и экономического характера. Дополненный перечень технических требований должен давать конструктору всестороннее и достаточно четкое представление о процессе функционирования готового ММ в реальных условиях.

Изучение технологических возможностей реализации ТЗ заключается в оценке возможности выполнения задания, а также реализации тех дополнительных требований, накопление и формирование которых происходит уже на данном этапе. Конструктор решает вопрос сравнительной сложности изготовления применительно не только ко всему модулю в целом, но и к отдельным узлам и даже деталям. Рассматриваются возможности производственной базы, технологии изготовления деталей, сборки, регулировки, настройки и т.д. Конструктор должен четко представить себе прохождение ММ через заводские цеха.

8.4.2. Анализ взаимосвязей мехатронного модуля с внешним окружением

Под *внешним окружением* надо понимать всю ту материальную среду, которая, находясь вне ММ, оказывает на него какие-либо воздействия или испытывает воздействия с его стороны.

Входными воздействиями называют такие воздействия на модуль, которые необходимы для его функционирования, т.е. для формирования таких *выходных воздействий* (параметров), ради которых и создается ММ. Все остальные взаимосвязи мехатронного модуля с внешним окружением в большинстве случаев необязательны и нежелательны. Не всегда бывает очевидным, какие воздействия принять за входные, какие за выходные, не всегда входы и выходы могут считаться однонаправленными, не всегда их легко отделить от остальных воздействий, не вводя те или иные условности.

Широта охвата картины взаимодействий ММ с внешним окружением зависит от располагаемой информации и потраченного на работу времени. Поэтому часть существенных для конструктора взаимосвязей иногда может остаться необнаруженной или недостаточно раскрытой ввиду ограниченности возможности получения информации и времени.

Недостаточная полнота раскрытия взаимосвязей может повлиять прежде всего на надежность будущего модуля. Не упустить из виду ни одного существенного воздействия — главное в рассмотрении взаимосвязей окружения с ММ, если к последнему предъявляются высокие требования по надежности. Анализ взаимосвязей должен вестись направленно и избирательно. Конструктор должен уметь отбросить излишние подробности, ненужные связи и концентрировать свое внимание на существенных.

8.4.3. Разработка технических требований

В конструкторских задачах путь от анализа взаимосвязей до четко сформулированных технических требований к ММ, необходимых конструктору, может быть более сложным, чем рассмотренный выше. Этот путь может проходить через такие стадии создания ММ, как научно-исследовательская разработка, моделирование, промежуточное макетирование, а также может сопровождаться расчетными и экспериментальными работами, далеко не всегда выполняемыми при участии конструктора. В перечне технических требований даются уже не сами связи, а технические характеристики ММ и параметры, отражающие условия его эксплуатации.

Технические требования можно разделить на четыре группы.

Первая группа: требования, содержащие ограничения геометрического и конструктивного характера. Пример формулировки: предельное отклонение межосевого расстояния ± 0,5 мм.

Вторая группа: требования, выраженные при помощи технических или физических понятий, записанные в виде чисел с размерностями. Пример формулировки: сила сопротивления на выходном звене не более 100 Н.

Третья группа: требования, выраженные словесно, не включающие в себя ни понятий, определенных количественно, ни геометрических ограничений в конструкции. Пример формулировки: устройство должно быть быстросъемным.

Четвертая группа: требования, сформулированные при помощи сложных понятий или математических зависимостей. Пример формулировки: для данного конструируемого устройства распределение атмосферного давления в рабочем диапазоне высот следует принимать согласно МСА (международной стандартной атмосферы).

Первая группа требований значительно пополняется в результате выявления ограничений, связанных с местом установки конструируемого ММ.

Вторая группа требований является в значительной степени результатом количественного отображения взаимосвязей ММ с внешним окружением и особенностей принципиальной схемы. Конструктивная реализация требований, выраженных при помощи четких технических понятий, определенных количественно (таких, например, как передаточное отношение), может быть осуществлена различным образом. Преимущества такой формы написания требований очень велики, так как она не несет в себе неопределенности и служит средством объективной проверки правильности конструкции. Все сказанное относительно второй группы требований можно отнести к четвертой группе.

Следует особо остановиться на третьей группе требований. Словесная форма написания технических требований в большинстве случаев свидетельствует о незаконченности процесса формализации реальной физической картины. Иногда она порождена отсутствием информации о количественной стороне тех или иных взаимосвязей или незнанием сущности каких-либо процессов в системе *модуль — окружение*. Нередко словесная формулировка посредством весьма общих понятий объединяет множество нераскрытых связей. Пример такой формулировки: «Мехатронный модуль должен быть удобным в эксплуатации, при монтаже и демонтаже».

Конструктор, уточняющий и дополняющий ТЗ для себя, должен расшифровать такой пункт, рассмотрев наиболее существенные взаимосвязи между ММ и обслуживающим персоналом. Но это не значит, что следует стремиться к наиболее полной формализации всех без исключения технических требований.

Степень необходимой формализации определяется, с одной стороны, трудностями ее осуществления, с другой — требованиями последующих этапов конструирования. Процесс реализации требований в конструкции сопровождается обратными взаимодействиями на технические требования. Для осуществления рационального процесса выполнения требований конструктор должен иметь возможность в допустимых пределах варьировать заданными параметрами. Важно поэтому в требованиях отражать не только номинальные, но и предельные значения закладываемых величин.

Требования к ММ не могут быть сформулированы, если общее направление конструирования не выбрано. Вопрос «что делать?» неотделим при конструировании от вопроса «как делать?» Законченный перечень технических требований всегда отражает степень ясности представлений конструктора о выбранном направлении работы.

8.4.4. Предварительное конструирование основных частей мехатронного модуля

Стремление конструктора к улучшению компоновки ММ посредством объединения отдельных частей, несущих разные функции, сдерживается рядом факторов и является почти всегда нелегкой задачей. В результате анализа принципиальной схемы и изучения технических требований выделяют несколько крупных частей, выполняющих различные функции, и приступают к собственно конструированию каждой части будущего изделия. Каждая составная часть должна удовлетворять определенной группе требований перечня. При этом конструктору наряду с имеющимися техническими требованиями необходимо учесть и дополнительные, не входящие в первоначальный перечень, но отражающие связи рассматриваемой части с другими частями ММ.

Если конструктор сумел для каждой составной части отобрать несколько наиболее удачных эскизов конструктивных подвариантов, то, сочетая различные подварианты различных частей, он получает возможность оценить возникающие варианты компоновки всего модуля по некоторым заранее выбранным критериям и отобрать наиболее оптимальные варианты, приблизившись тем самым к решению задачи. Такова примерная схема перехода от технических требований к первоначальным эскизным решениям компоновки ММ в целом.

Найденные подварианты каждой из частей на самых первых порах поиска не сопоставляют друг с другом и не слишком тщательно проверяют на соответствие техническим требованиям. Конструктор сознательно оттягивает стадию сравнения подвариантов и отбора наилучших, так как отдать предпочтение какому-либо из подвариантов означает в какой-то степени уже лишить себя свободы дальнейшего поиска, а вместе с тем и возможностей отыскать иные, лучшие решения.

В процессе поиска первоначальных подвариантов создание самостоятельных комбинаций из общеизвестных и присущих только данной конструкции деталей сочетается с заимствованием не только готовых узлов, но и с нахождением области их поиска.

Область ближайшего поиска вариантов — это те или иные источники информации, хранящие и систематизирующие накопленный опыт конструирования сходных устройств. Здесь и чертежно-техническая документация, и проектные материалы, и результаты испытаний, и научно-технические отчеты, и специализированная техническая литература.

Область дальнего поиска вариантов безгранична и неопределенна. Оригинальные конструктивные решения могут быть найдены и вокруг нас, в мире привычных вещей, и в заводских цехах, и в мире живой природы.

Процесс предварительного конструирования характеризуется, как правило, своей незавершенностью, причем степень этой незавершенности может быть самой различной для отдельных частей разных ММ.

Рассматриваемый этап предварительного конструирования знаменует начало непрерывной, непрекращающейся до окончания конструирования работы по обеспечению надежности ММ. Выбрав надежность в качестве важнейшего критерия рациональности создаваемой конструкции, нужно оценить по этому критерию каждый из этапов. Переход от принципиальной схемы к первым конструктивным эскизам основных частей означает переход от идеализированных элементов к реальным деталям. Наибольшие трудности такого перехода связаны с недостаточно глубоким анализом изменений в кинематике и динамике, возникающих при конструктивной реализации схемы, построенной из идеализированных элементов. Нераспознанные, неправильно рассчитанные или не принятые во внимание силы инерции, трения, упругости в отдельных звеньях кинематической цепи, а также кинематическая неопределенность составляют характерный класс причин, обусловливающих недостаточную надежность будущего ММ.

При изучении семейств подвариантов раскрываются их качества, так или иначе оцениваемые с точки зрения надежности, и, наоборот, подход к анализу семейств с позиций надежности помогает находить новые и лучшие подварианты конструкции частей модуля.

8.4.5. Разработка вариантов эскизной компоновки мехатронного модуля

Поиск вариантов компоновки как основных частей, так и ММ в целом сопровождается *эскизированием*. Эскиз состоит из небольшого числа линий, изображающих лишенную подробностей конструктивную схему и лишь иногда — те ее части, которые поясняют и развивают основную конструктивную идею. Несовершенство эскизирования искупается быстротой вычерчивания. Отобранные варианты нуждаются в проверке посредством масштабного вычерчивания, которое также не должно быть подробным.

При компоновке необходимо видеть на создаваемом чертеже не только то, что там изображено, но также и то, что будет нанесено на этот чертеж впоследствии.

Полнота информации о *месте установки ММ* является чрезвычайно важным условием успешного решения задачи компоновки. Если конструктору не ставят никаких ограничений, касающихся места установки модуля, то он (конст-руктор) чувствует себя свободнее и может искать более оптимальные решения. Дело обстоит значительно сложнее, если данные о месте установки безусловно важны, но конструктор не располагает ими. Подобная ситуация может возникнуть при создании ММ для еще не спроектированной мехатронной системы.

Недостаточность информации о месте установки ММ требует способности представлять его обобщенно, а конструкции придавать качества, обеспечивающие возможность установки модуля на любом объекте. Иногда удается придать подобную приспособляемость ММ к разным мехатронным системам за счет небольшого количества переходных деталей, выполняемых каждый раз по-новому.

Основа *предварительной эскизной компоновки* ММ может быть самой различной: удачно найденный физический принцип, рациональное технологическое решение или даже способ удешевления устройства. Процесс подгонки частей друг к другу начинается с поисков удачного сочетания каких-либо двух частей (в большинстве случаев это двигатель и преобразователь движения). Некоторые варианты отбрасываются сразу. Сочетание выбранных вариантов двух частей, взятое за основу, выдерживает первое испытание, если удается на этой основе удачно подогнать друг к другу все остальные части модуля (тормозные устройства, датчики положения и т.д.). Перебирать сочетания подвариантов без какого-либо плана и метода нерационально. На первых порах перебор обычно носит беспорядочный характер и лишь постепенно приобретает направленность. Нередко по мере прорисовки ММ становится все труднее и труднее реализовать в конструкции последующие требования. В этих случаях следует своевременно остановиться, чтобы предпринять поиски другой основы его компоновки.

По мере просмотра вариантов, по мере того как безмасштабные прикидки уточняются масштабными прорисовками, конструктору обычно удается отыскать закономерности, которые в состоянии играть роль первоначальных критериев оценки вариантов компоновки. К таким критериям могут быть отнесены такие факторы, как *простота сочленений основных частей, совмещение функ-*

ций и т.п. То, что не удавалось конструктору при первом знакомстве со схемой, может увенчаться успехом на настоящем этапе в процессе перебора вариантов эскизированием и масштабными прикидками.

Смысл понятия *цена конструктивной реализации параметров* заключается в том, что различные варианты выполнения технического требования осуществляются посредством неодинаковых «затрат» массы и располагаемого пространства, различной степенью усложнения отдельных деталей и всего ММ в целом, ценой появления больших или меньших технологических трудностей. Поэтому понятие цены конструктивной реализации параметров принимает вполне определенный смысл и может приобрести чрезвычайную практическую важность. Так, например, иногда удается выразить отдельные параметры технических требований в единицах массы создаваемого модуля, и конструктор получает выгодную для него возможность количественной оценки наиболее существенных параметров.

В плотно компонуемых ММ почти любые локальные изменения массогабаритных параметров отдельных деталей распространяются на все устройство в целом. В этих условиях от степени полноты реализации одного какого-либо требования могут зависеть, и существенно, габариты и масса всего ММ.

Знание цены конструктивной реализации основных технических параметров позволяет конструктору в ходе компоновки осуществлять рациональное их перераспределение. Данный критерий является одним из основных движущих факторов обратного воздействия на технические требования со стороны формирующейся конструкции.

8.4.6. Чертеж эскизной компоновки

Эскизная компоновка выражает лишь основную конструктивную идею ММ, чертеж эскизной компоновки раскрывает эту идею более полно. В эскизной компоновке реализована лишь предварительно отобранная часть технических требований без подробного рассмотрения возможностей будущей реализации остальных требований. Чертеж эскизной компоновки учитывает гораздо большее количество требований, и именно поэтому основная идея в нем если и неизменна по сравнению с идеей эскизной компоновки, то, во всяком случае, увязана со всеми этими требованиями. Эскизная компоновка может сочетать в себе первую масштабную компоновку с безмасштабными набросками. Чертеж эскизной компоновки, как правило, выполнен целиком в масштабе. Но, несмотря на большую полноту и масштабность, это еще далеко не чертеж окончательной компоновки.

Важное обстоятельство, отличающее разработку чертежа эскизной компоновки от создания первоначального эскиза, — необходимость определенной последовательности в прочерчивании отдельных узлов. В первую очередь наносят на чертеж контуры узлов с наибольшими габаритами (двигатель, преобразователи движения), расположенных в наиболее стесненных зонах и не дающих конструктору возможностей для варьирования их конфигурацией, ориентацией и местоположением. Удачное размещение этих узлов на чертеже дает конструктору уверенность в том, что остальные узлы (датчики положения, тормоза и т.п.), которые будут нанесены в дальнейшем на чертеже окончательной компоновки, существенно не ухудшат созданную компоновку. Каждый наносимый на чертеже узел накладывает на последующие узлы конкретные ограничения, поэтому от очередности вычерчивания зависит не только рациональность процесса создания компоновки, но и форма, в которую она выливается.

На данном этапе конструктор должен убедиться в том, что выбранный им вариант чертежа эскизной компоновки близок к оптимальному. Конструкция может заключать в себе достаточно элементов для удовлетворения требованиям, но не все элементы могут быть для этой цели необходимыми. Для выполнения условия *необходимого и достаточного* следует проверить конструкцию на *избыточность*, т.е. попытаться найти и устранить все то, что является лишним. Все лишнее, не являющееся необходимым в конструкции, можно представить себе в виде *запасов* и подразделить на две группы: запасы по параметрам технических требований на ММ и запасы по параметрам самой конструкции, не связанные с техническими требованиями непосредственно, в первую очередь излишние запасы прочности и жесткости.

Запасы по любому *параметру технических требований*, реализованные в конструкции, свидетельствуют об отклонении создаваемого конструктивного варианта от иного, более рационального. По мере введения масштаба, по мере детализации чертежа эскизной компоновки и перехода к чертежу окончательной компоновки уничтожение запасов первой группы становится все более действенным средством улучшения компоновки и конструкции.

Пустоты в конструкции, свидетельствующие о нерациональности компоновки, можно рассматривать в качестве запасов по располагаемому пространству. Наличие таких запасов говорит о недоиспользовании критерия минимизации габаритов.

Пустоты внутри ММ можно исключить перекомпоновкой частей. Этим достигается уменьшение габаритов. Иногда выгодно, сохранив габариты модуля, использовать пустоты для конструктивных комбинаций, более полно удовлетворяющих каким-либо другим требованиям, например, точности, виброустойчивости, удобству работы оператора и т.п.

Запасы по параметрам геометрического характера (например, по угловым и линейным перемещениям движущихся частей) легко обнаружить по чертежу, чего нельзя сказать о запасах по таким параметрам, как, например, мощность на выходе или точность отработки угла поворота. При поиске скрытых запасов конструктор не должен забывать и о принципиальной схеме, так как при переходе от нее к конструкции особенно легко допустить избыточность.

Следствием снижения запасов по жесткости или прочности (запасы по *параметрам самой конструкции*) отдельных частей ММ является снижение их масс. В реальной конструкции, где все взаимосвязано, уменьшение габаритов и масс отдельных частей вызывает далеко идущие последствия. В частности, снижение массы, сопровождаемое снижением жесткостных характеристик каких-либо деталей, может в то же время сопровождаться улучшением других жесткостных характеристик, существенных для нормального функционирования модуля в целом. При этом может быть получено значительное повышение надежности.

С величиной различного рода запасов связан выбор типоразмеров готовых изделий, входящих в конструкцию ММ. Так, например, масса и размеры двигателя определяются развиваемой им мощностью. Уменьшение потребной мощности за счет снижения каких-либо запасов в модуле позволяет перейти к соседнему по шкале типоразмеров — меньшему — двигателю. Но такой скачкообразный с точки зрения массы и габаритов переход почти всегда открывает новые возможности для лучших вариантов компоновки. Нередко случается, что компоновка приобретает совершенно иной вид, становится более рациональной. Дальнейшее конструирование ведется на новом «*уровне рациональности*» компоновки, при котором уплотнение функциональной нагрузки частей, возможности их подгонки и частичной интеграции, а также выгоды от снижения запасов обеих групп реализованы в максимальной степени.

Уменьшение запасов второй группы является нелегкой задачей, требующей тщательных расчетов и знания технологических возможностей сегодняшнего дня.

8.4.7. Компактность конструкции

Наиболее очевидная возможность уплотнения конструкции ММ — сближение его частей, т.е. уменьшение расстояния между ними. Такой путь связан с рядом трудностей, возникающих по мере уменьшения зазоров. Даже определение величин зазоров между сближаемыми частями при сложной их конфигурации является трудоемкой работой. Неизмеримо большие трудности возникают в производстве при изготовлении деталей с жесткими допусками и их сбор-

ке. Не следует забывать, что чрезмерное уменьшение зазоров может по ряду причин понизить надежность конструкции (например, из-за температурных деформаций).

Чем труднее протекает процесс сближения частей, тем чаще конструктор возвращается к рассмотрению ТЗ, пытаясь переосмыслить требования, послужившие причиной подобных затруднений. Это особенно относится к тем случаям, когда какое-либо «узкое» место препятствует значительному сжатию всей конструкции. Стремление «расширить» такое «узкое» место способствует усилению и углублению обратных воздействий на исходные требования.

Иногда становится возможным осуществлять такие изменения в технических требованиях, которые ведут к существенному улучшению компоновки, не сказываясь сколько-нибудь отрицательно на целевых функциях и эксплуатационных характеристиках модуля.

Методика отбора требований, наиболее важных для компоновки, предполагает необходимость той или иной корректировки первоначально скомпонованного ММ, т.е. возврат от текущего этапа, на котором реализуется очередное требование, к предыдущему. Такова суть так называемого *шагового процесса с возвратом*. Выбор каждого шага производится с таким расчетом, чтобы чертежная работа, вызванная корректировкой результатов, свелась к минимуму.

Представление о компоновке ММ как о шаговом процессе с возвратом основывается, с одной стороны, на нестрогой постановке задач, допускающей варьирование исходными данными в ходе решения, с другой стороны, на ограниченности возможностей человека в отношении оптимальной конструктивной реализации множества взаимосвязанных переменных.

8.4.8. Чертеж окончательной компоновки

Своеобразие этапа в его двойственности: с одной стороны, чистовым вычерчиванием чертежа окончательной компоновки (чертежа общего вида или сборочного чертежа ММ) подводится итог проделанной ранее длительной работы; с другой стороны, это не просто вычерчивание, это конструирование, притом начинающееся с самого начала, с самой первой линии и заканчивающееся созданием чертежа, практически полностью обеспечивающего этап деталировки.

Приступая к чистовому выполнению чертежа окончательной компоновки, конструктор тем самым решается на отказ от дальнейших поисков, от сравнения и отбора вариантов. В то же время вся методика вычерчивания чертежа должна оставлять конструктору максимальную свободу варьирования на протяжении всего хода работы.

На первых порах элементы конструирования можно исключить из графической работы над чертежом окончательной компоновки.

Перенос на лист без больших изменений чертежа эскизной компоновки дает своеобразный костяк — основу чертежа будущей конструкции модуля. Костяк чертежа строится в нескольких проекциях. Если чертеж эскизной компоновки оказывается непригодным для такого построения, то это является свидетельством его недоработанности. Очередность нанесения на чертеже окончательной компоновки элементов костяка в основном совпадает с очередностью нанесения тех же элементов на чертеже эскизной компоновки. Неудачный выбор последовательности вычерчивания элементов костяка окончательной компоновки может создать значительные трудности при подробной конструктивной реализации того или иного узла.

Сложность, многодетальность, действие критериев минимизации массогабаритных параметров, критериев надежности требуют строгой последовательности чистового вычерчивания чертежа окончательной компоновки.

После вычерчивания костяка чертежа конструктор получает возможность сосредоточить усилия на конкретной разработке отдельных узлов и деталей. При их конструкторской проработке не только проверяется правильность допущений, принятых на предыдущих стадиях, но до некоторой степени исправляются и ошибки компоновки.

Детализацию узлов и деталей необходимо вести от средней части к периферии, чтобы избежать *рыхлости* или чрезмерной сжатости в радиальных направлениях. В первую очередь следует наносить на лист элементы, однозначно определившиеся по форме и расположению, чтобы воспользоваться вносимыми ими ограничениями, а также не откладывать проработку узлов и деталей с невыявленными габаритами, чтобы иметь возможность своевременно скомпенсировать увеличение их габаритов за счет уплотнения соседних.

Уменьшение числа деталей в ММ часто достигается за счет усложнения характера движения звеньев. Простейшим примером может служить планетарный редуктор. Ценой усложнения характера движения сателлита удается уменьшить число зубчатых пар (по сравнению с обычным зубчатым редуктором).

Следует отметить, что вопросы, касающиеся способов изготовления деталей, удобства сборки изделия, регулировки и юстировки, взаимозаменяемости, унификации, использования оснастки и инструмента, назначения допусков, выбора материалов, покрытий, термообработки, чистоты обработки поверхностей, способов смазки и т.п., требуют решения именно в процессе вычерчивания набора деталей на чертеже окончательной компоновки.

К числу вопросов, решение которых практически полностью относится к этапу окончательной компоновки, относится обеспечение технологичности сборки как одного из слагаемых общего критерия технологичности модуля.

Из множества рекомендаций, касающихся сборки и разборки ММ, одна имеет общий характер: следует стремиться по возможности располагать детали таким образом, чтобы при разборке модуля каждая последующая деталь могла быть демонтирована через пространство, освобождающееся при удалении предыдущей детали.

По мере уточнения конфигурации деталей возрастают возможности оценки надежности их функционирования расчетным путем. Наличие прорисованного набора деталей и узлов позволяет по-новому проанализировать взаимосвязи с окружением не всего ММ в целом, а каждого узла, каждой детали в отдельности.

При отработке набора деталей на чертеже окончательной компоновки следует тщательно проверить, всюду ли, где возможно, применены нормализованные или типовые элементы.

Оптимальной с точки зрения обеспечения надежности является такая конструкция, в которой применены типовые, хорошо освоенные в производстве блоки, модули, узлы, детали. Сложность процесса детализации вызывает постоянное опасение преждевременности проработки того или иного узла или детали. Поэтому симметричные узлы и детали бывает выгодно вычерчивать лишь с одной стороны от оси симметрии, так как в процессе детализации может возникнуть несколько различных вариантов их конструкции. Той же постепенностью, осторожностью в нанесении новых линий характеризуется методика вычерчивания на чертеже окончательной компоновки крепежных деталей (болтов, винтов, гаек, шайб, штифтов и т.п.). Пока форма свинчиваемых деталей окончательно не определилась, крепежные детали представляют на чертеже лишь их осевыми линиями. Затем производится работа по объединению крепежных деталей с целью сокращения их типоразмеров, и после этого каждую крепежную деталь вычерчивают по стандартам.

Процесс обводки деталей, а также их штриховки должен быть направленным. Последовательность обводки чертежа окончательной компоновки в основном совпадает с последовательностью его вычерчивания. Исходя из стремления оставить возможность к максимальной свободе варьирования и своевременной корректировке чертежа не следует прибегать к штриховке до окончания обводки.

Процесс создания чертежа окончательной компоновки — это не только дальнейшее развитие, но и проверка компоновочного решения. Уверенность в рациональности принятой компоновки возникает по завершении реализации

большинства заданных требований в конструкции. Именно в этот момент заканчивается формирование конструкции, в которой отражена и принципиальная схема, и требования технического задания, и взаимосвязи модуля с окружением, и критерии рациональности.

8.4.9. Типы и стадии разработки конструкторской документации

Конструкторский документ (КД) в зависимости от его назначения отдельно или в совокупности с другими документами определяет состав и устройство изделия и содержит необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта.

В зависимости от содержания КД подразделяют на два типа:

– графические КД — документы, содержащие графическое изображение изделия и (или) его составных частей, устройства и принципа работы, внутренних и внешних связей его функциональных частей;

– текстовые КД — документы, содержащие в основном текст сплошной или разбитый на графы; в виде иллюстраций могут содержать также и графический материал.

В зависимости от стадии разработки КД подразделяют на проектные (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и рабочие (графические: чертежи деталей, сборочные чертежи; текстовые: спецификации на сборочные единицы, ведомости покупных изделий).

Номенклатура КД, выпускаемых на конкретный объект, полностью указана в ЕСКД. Стадии разработки КД даны в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Стадии разработки конструкторской документации

Стадии разработки	Литера документа	Дополнительные указания
Для серийного и массового производства		
Разработка технического предложения	П	Литера проставляется при разработке документов
Разработка эскизного проекта	Э	
Разработка технического проекта	Т	–
Разработка документации для изготовления опытного образца (опытной партии)	–	

Стадии разработки	Литера документа	Дополнительные указания
Корректировка результатов по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии)	О	Литера присваивается после окончания корректировки
Корректировка документации по результатам повторного (при необходимости) изготовления и приемочных испытаний опытного образца (опытной партии)	$О_1$	
Корректировка документации опытного образца по результатам изготовления и испытаний установочной серии изделий	А	Литера присваивается после окончания корректировки и отработки (оснащения) технологического процесса
Для единичного производства		
Разработка эскизного проекта	Э	Литера присваивается при разработке документов
Разработка технического проекта	Т	
Разработка документации для изготовления изделия	Е	
Корректировка документации по результатам изготовления и испытания изделия	$Е_1$	Литера присваивается после окончания корректировки
Примечание. Допускается не присваивать литеру конструкторским документам, выполненным в виде эскизов. Литерой полного комплекта КД изделия следует считать низшую из литер, указанных в документах, входящих в комплект. Литера полного комплекта документов изделия должна быть указана в основной надписи его спецификации		

Техническое предложение — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации на изделие на основании ТЗ и различных вариантов возможных решений изделия, сравнительной оценки решений с учетом конструкторских и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования.

Техническое предложение разрабатывают с целью выявления дополнительных или уточненных требований к изделию (технических характеристик, показателей качества и др.), которые не могли быть указаны в ТЗ, и это целесообразно сделать на основе предварительной конструкторской проработки и анализа различных вариантов изделия.

Техническое предложение является первым этапом компоновки изделия, в результате которого выявляют относительное расположение деталей и габариты изделия; после рассмотрения и утверждения служит основанием для разработки эскизного (технического) проекта.

Эскизный проект — это совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Эскизный проект разрабатывают с целью установления принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений.

Чертеж изделия на стадии эскизного проекта представляет собой дальнейшую разработку первого этапа компоновки и должен включать 2–3 проекции, а также дополнительные виды, разрезы и сечения.

После рассмотрения и утверждения эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для дальнейшей разработки КД.

При необходимости технический проект может предусматривать разработку вариантов отдельных составных частей изделия. Выбор оптимального варианта в этих случаях осуществляется на основании испытаний опытных образцов изделия.

Технический проект, содержащий *чертеж общего вида*, ведомость технического проекта, пояснительную записку, дает полное и окончательное представление о конструкции, взаимодействии составных частей, эксплуатационно-технических характеристиках изделия и поясняет принцип его работы.

На чертеже общего вида должны быть:

а) изображены виды, разрезы и сечения изделия, нанесены надписи и текстовая часть, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;

б) указаны наименование (если возможно, то и обозначение) составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, приводятся технические характеристики, указывается материал, количество тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип его работы, поясняются изображения общего вида и состав изделия;

в) приведены необходимые размеры и, если требуется, схема (например, кинематическая) изделия, техническая характеристика и технические требования.

Схема — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяют на следующие виды, обозначаемые буквами: электрические — Э; гидравлические — Г; пневматические — П; газовые (кроме пневматических) — Х; кинематические — К; вакуумные — В; оптические — Л; энергетические — Р; деления — Е; комбинированные — С.

В зависимости от основного назначения схемы подразделяют на следующие типы, обозначаемые цифрами: структурные — 1; функциональные — 2; принципиальные — 3; соединений — 4; подключения — 5; общие — 6; расположения — 7; объединенные — 0.

Наименование и код схемы определяются ее видом и типом, например, схема кинематическая принципиальная — К3, схема гидропневматическая функциональная — С2, схема электрическая принципиальная и соединений — Э0.

Пояснительную записку составляют при разработке технического предложения, эскизного и технического проектов. В ней следует приводить характеристики выбранных технических средств и нестандартного оборудования. Результаты расчетов предпочтительно представлять в табличной форме.

В общем случае пояснительная записка к техническому проекту должна состоять из следующих разделов: содержание, введение, характеристика изделия, основные решения, технико-экономическое обоснование и сметная стоимость капитальных затрат, материально-технические средства, обеспечение энергоресурсами и выполнение требований, связанных с автоматизацией и механизацией, научно-исследовательские, опытно-конструкторские и экспериментальные работы, указания по подготовке и реализации проекта, приложения.

К рабочей документации проекта относят *графические и текстовые документы*: сборочные чертежи и чертежи деталей, габаритный, монтажный и другие чертежи, спецификации, ведомости спецификаций и ссылочных документов.

Контрольные вопросы

1. Как реализуется принцип синергетической интеграции при проектировании ММ?
2. Из каких этапов состоит проектирование ММ?
3. Что такое функциональная модель ММ?
4. Что такое структурная модель ММ?

5. Что такое конструктивная модель ММ?

6. В чем заключается цель многовариантности при проектировании ММ?

7. Что понимается под компактностью ММ и какими средствами она достигается?

8. Какие документы входят в состав технического проекта ММ?

9. Что представляет собой чертеж общего вида ММ?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход от традиционных механизмов и агрегатов к мехатронным модулям и системам является качественным скачком. Его реализация невозможна без изучения разработчиком последних достижений механики, электроники, компьютерной техники и умения оперировать современными методами расчета и конструирования.

В то же время динамичное расширение сферы влияния мехатроники на горное машиностроение сопровождается появлением оригинальных технических решений и уточненных, а зачастую и принципиально новых расчетных формул. Для их понимания и использования в его работе конструктору нужна достаточно прочная база знаний, формированию которой и служит это учебное пособие.

Достигнутый на текущий момент уровень развития шахтных стационарных установок и горнодобывающей техники достаточно высок для полномасштабного использования общих принципов и отдельных технических решений из области мехатронных модулей и систем. Имеется опыт создания проходческих и добычных комплексов, управляемых находящимся на безопасном удалении оператором. Широкое внедрение мехатроники в горнодобывающее производство обеспечит переход шахт и рудников на безлюдную выемку и устранит необходимость в тяжелом и опасном труде горнорабочих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бродовский, В. Н.* Мехатронный приводной модуль поступательного перемещения для технологических машин / В. Н. Бродовский, М. В. Баранов, Ю. В. Илюхин // Мехатроника. Машиностроение. — Москва : Новые технологии, 2000. — № 4.

2. *Востриков, А. С.* Опыт разработки мехатронных систем в НГТУ / А. С. Востриков, Б. М. Боченков // Мехатроника. — Москва : Новые технологии, 2000. — № 5.

3. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1970.

4. *Дунаев, П. Ф.* Детали машин. Курсовое проектирование / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — Москва : Машиностроение, 2004.

5. *Егоров, О. Д.* Прикладная механика мехатронных устройств : учебное пособие / О. Д. Егоров. — Москва : МГТУ «СТАНКИН», 2013.

6. *Егоров, О. Д.* Точность манипуляционных механизмов роботов / О. Д. Егоров. — Москва : Изд-во МГТИ, 1989.

7. *Иванов, М. Н.* Детали машин: учебник для академического бакалавриата / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. — Москва : Юрайт, 2014.

8. *Казмиренко, В. Ф.* Электрогидравлические мехатронные модули движения / В. Ф. Казмиренко. — Москва : Радио и связь, 2001.

9. Каталог продукции. Мотор-редукторы. Редукторы. — Москва : Приводная техника, 2002.

10. *Крайнев, А. Ф.* Детали машин : словарь-справавочник / А. Ф. Крайнев. — Москва : Машиностроение, 1992.

11. Номенклатурный каталог. Редукторы и мотор-редукторы. — Санкт-Петербург : Изд-во НТЦ «Редуктор», 2002.

12. *Свешников, В. А.* Станочные гидроприводы : справочник / В. А. Свешников, А. А. Усов. — Москва : Машиностроение, 1982.

13. *Ющенко, А. С.* Адаптивные робототехнологические комплексы для механической обработки и сборки / А. С. Ющенко, Ю. В. Подураев. — Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999.

14. *Егоров, О. Д.* Мехатронные модули: рассчет и конструирование : учебное пособие / О. Д. Егоров, Ю. В. Подураев. — Москва : МГТУ «СТАНКИН», 2004. — 360 с.

15. *Булгаков, А. Г.* Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. — Москва : СОЛОН-Пр., 2018.

16. *Веселов, О. В.* Расчет и проектирование мехатронных устройств : учебное пособие / О. В. Веселов. — Владимир : Владимирский гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых (ВлГУ), 2019.

17. *Перепелкин, М. А.* Мехатроника через призму наук / М. А. Перепелкин // Горная промышленность. — Москва : Гемос Лимитед, 2020. — № 1.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

К.М.01.04 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....4
Методические рекомендации для самостоятельной работы 5
Методические рекомендации для практических занятий..... …..7
Методические рекомендации для выполнения контрольной работы .. 11
Библиографический список.....14

ВВЕДЕНИЕ

Обшей тенденцией развития науки и техники последнего столетия явственно выступает интеграция наук, преодоление принципа декомпозиции, стремление к системному подходу. Свидетельством этому является возникновение новых научно-технических направлений, таких, как кибернетика, бионика, системотехника и мехатроника, которая базируется на системных знаниях в областях механики, электроники и компьютерного управления функциональными движениями.

Именно концепция мехатроники наиболее полно отражает глобальную тенденцию интеграции всех функциональных компонентов технических систем вплоть до их конструктивного слияния в виде единых конструкций современных автоматических и автоматизированных систем и комплексов на основе решения двух, тоже общих, проблем развития техники в целом – миниатюризации и интеллектуализации.

Мехатроника является новой и динамично развивающейся отраслью науки и техники. Она базируется на знаниях и достижениях в областях механики, электроники и компьютерного управления и представляет собой более высокий уровень развития современного машиностроения.

Основной целью дисциплины «Международный инжиниринг» является подготовка студентов к научно-исследовательской деятельности посредством обеспечения этапов формирования соответствующих компетенций. Наряду с практической целью курс ставит образовательные и воспитательные цели. Достижение этих целей означает расширение кругозора студентов, повышение уровня их общей культуры и образования, а также культуры мышления, общения и речи и проявляется в готовности студента содействовать налаживанию межкультурных, профессиональных связей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый студентом без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредовано через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее, прежде всего, индивидуальную работу студентов в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

В процессе самостоятельной деятельности студент должен научиться выделять познавательные задачи, выбирать способы их решения, выполнять операции контроля за правильностью решения поставленной задачи, совершенствовать навыки реализации теоретических знаний.

Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя протекает в форме делового взаимодействия: студент получает непосредственные указания, рекомендации преподавателя об организации самостоятельной деятельности, а преподаватель выполняет функцию управления через учет, контроль и коррекцию ошибочных действий.

Успешность самостоятельной работы в первую очередь определяется степенью подготовленности студента. По своей сути самостоятельная работа предполагает максимальную активность студентов в различных аспектах: организации умственного труда, поиске информации, стремлении сделать знания убеждениями. Психологические предпосылки развития самостоятельности студентов заключаются в их успехах в учебе, положительном к ней отношении, заинтересованности и увлеченности предметом, пони мании того, что при правильной организации самостоятельной работы приобретаются навыки и опыт творческой деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа предназначена не только для овладения дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д.

Самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы. Никакие знания, не подкрепленные самостоятельной деятельностью, не могут стать подлинным достоянием человека. Кроме того, самостоятельная работа имеет воспитательное значение: она формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации.

Для повышения эффективности самостоятельной работы студентов используется:

- организация индивидуальных планов обучения с привлечением студентов к научно-исследовательской работе и по возможности к реальному проектированию по заказам предприятий;
- включение самостоятельной работы студентов в учебный план и расписание занятий с организацией индивидуальных консультаций на кафедрах;
- создание комплекса учебных и учебно-методических пособий для выполнения самостоятельной работы студентов;
- разработка системы интегрированных межкафедральных заданий;
- ориентация лекционных курсов на самостоятельную работу;
- рейтинговый метод контроля самостоятельной работы студентов;
- коллегиальные отношения преподавателей и студентов;
- разработка заданий, предполагающих нестандартные решения;
- индивидуальные консультации преподавателя и перерасчет его учебной нагрузки с учетом самостоятельной работы студентов;
- проведение форм лекционных занятий типа лекции-беседы, лекции-дискуссии, где докладчиками и содокладчиками выступают сами студенты, а преподаватель выполняет роль ведущего. Такие занятия предполагают предварительную самостоятельную проработку каждой конкретной темы выступающими студентами по учебным пособиям, консультации с преподавателем и использование дополнительной литературы.

Тема 1. Materials technology. Describing and categorizing materials. Specifying and describing properties. Discussing quality issue. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Present Simple, Present Continuous. Nouns and Pronouns. Numerals.

Тема 2. Component shapes and features. Manufacturing techniques. Jointing and fixing techniques. Positions of assembled components. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - irregular verbs; Past Simple vs. Present Perfect; articles.

Тема 3. Engineering design. Technical drawing (CAD, CAM). Design phases and procedures. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение

письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Speaking about future, adjectives degrees of comparisons.

Тема 4. Electrical circuit concept. Electrical generation and transmission. Electrical loads. Semiconductor devices. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - other perfect tenses, passive and active voice.

Тема 5. Signal processing. Power electronics. Electromagnetisms. Electricla effect and devices. Sensors and actuators. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Modals.

Тема 6. Digital logic. Control systems - models, operation principles. Software engineering. Describing automated systems. Robotics. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - conditionals; Gerund and Infinitive.

Тема 7. International patenting practice. Norms and regulations in this sphere. Structural, stylistics and lingustic specificity of documentation used in the international patenting practice. Patent search and analysis. Writing a patent. General grammar rules revision and practice.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия на уроках дисциплины «Международный инжиниринг» направлены на закрепление теоретических знаний и формирование профессиональных практических умений. Проведение практических занятий позволяет заинтересовать обучающихся в изучении предмета, способствует активному усвоению знаний и умений сбора, обработки и анализа информации, характеризующей различные ситуации. Практические занятия развивают такие профессионально значимые качества, как самостоятельность, ответственность, точность, творческую инициативу, исследовательские умения (наблюдать,

сравнивать, анализировать, устанавливать зависимость, делать выводы и обобщения). Содержание разработанных практических занятий направлено на реализацию Государственных требований и требований работодателя.

Выполнению практических заданий предшествует проверка знаний обучающихся – их теоретической готовности к выполнению данных заданий. К каждому практическому занятию разработана инструкция для обучающихся, в которой указан порядок необходимых действий, а также контрольные вопросы. Основная позиция обучаемого в учебном процессе – активно- деятельностная, субъектная – включает в себя самостоятельный поиск, принятие решений, оценочную деятельность. Основная позиция преподавателя – руководитель и партнер по выполнению практических заданий.

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждого практического занятия преподавателем проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущей темы. Критерии оценки: – правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

владение словарем по тематике задания (количество освоенных новых слов);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

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

Критерии оценки устных ответов студентов

Оценочные средства текущего контроля успеваемости: тест, опрос.

Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-50 баллов (10 заданий)
Опрос	0-10 баллов
Итого	60 баллов

Баллы за тестирование проставляются за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

Оценка за опрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
правильность ответа	4
всесторонность и глубина ответа (полнота)	3
наличие выводов	1
соблюдение норм литературной речи	1
владение профессиональной лексикой	1
Итого	10

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Типовые контрольные задания и материалы

Тест:

1. К какому виду услуг относится оценка стоимости проекта?

А) Инжиниринговые услуги;
Б) Финансовые услуги;
В) Консультативные услуги;
Г) Правильного ответа нет.

2. Как называется оказание услуг производственного, коммерческого, инженерно-проектного и научно-технического характера в международном масштабе?

А) Межнациональные договора;
Б) Международный рейтинг;
В) Международный инжиниринг;
Г) Нет нужного ответа.

3. Кем может быть оказан международный инжиниринг?

А) Поставщиком технологии;
Б) Генеральным подрядчиком;
В) Производителем;
Г) Правильного ответа нет.

4. Что представляют собой инжиниринговые услуги?

А) Услуги, связанные с подготовкой и налаживанием производственного процесса;
Б) Услуги, связанные с оказанием консультационных услуг;
В) Услуги, связанные с осуществлением предпринимательской деятельности;
Г) Правильного варианта нет.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

1. Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

2. Проверка ответов на задания, выполненных работ.

3. Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.
4. Оформление необходимой документации.

Перечень вопросов для устного опроса

Materials technology. Describing and categorizing materials.
Specifying and describing properties of materials.
Component shapes and features.
Manufacturing techniques.
Jointing and fixing techniques.
Positions of assembled components.
Engineering design.
Technical drawing (CAD, CAM). Design phases and procedures.
Manufacturing techniques.
Jointing and fixing techniques.
Electrical circuit concept.
Electrical generation and transmission.
Electrical loads.
Semiconductor devices.
Signal processing.
Power electronics.
Electromagnetisms.
Electrical effect and devices.
Sensors and actuators.
Digital logic.

Практические занятия

1. Materials technology. Describing and categorizing materials. Specifying and describing properties. Discussing quality issue. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Present Simple, Present Continuous. Nouns and Pronouns. Numerals.
2. Engineering design. Technical drawing (CAD, CAM). Design phases and procedures. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Speaking about future, adjectives degrees of comparisons.
3. Component shapes and features. Manufacturing techniques. Jointing and fixing techniques. Positions of assembled components. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - irregular verbs; Past Simple vs. Present Perfect; articles.
4. Electrical circuit concept. Electrical generation and transmission. Electrical loads. Semiconductor devices. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - other perfect tenses, passive and active voice.
5. Signal processing. POwer electronics. Electromagnetisms. Electricla effect and devices. Sensors and actuators. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройденным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - Modals.
6. Digital logic. Control systems - models, operation principles. Software engineering. Describing automated systems. Robotics. Выполнение лексико-грамматических упражнений, чтение текста и соответствующие предтекстовые и послетекстовые задания. Выполнение письменного задания, монологическое и диалогические высказывания по пройден-

ным темам. повторение и систематизация ранее пройденного грамматического материала - conditionals; Gerund and Infinitive.

7. International patenting practice. Norms and regulations in this sphere. Structural, stylistics and lingustic specificity of documentation used in the international patenting practice. Patent search and analysis. Writing a patent. General grammar rules revision and practice.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа – это одна из форм устной итоговой аттестации, это самостоятельная исследовательская работа, в которой автор раскрывает суть исследуемой проблемы; приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды не нее. Содержание работы должно быть логичным; изложение материала носит проблемно-тематический характер.

Контрольная работа, как форма текущей аттестации, стимулирует раскрытие исследовательского потенциала студента, способность к творческому поиску, сотрудничеству, самораскрытию и проявлению возможностей.

Автор работы должен продемонстрировать достижение им уровня формируемых компетенций, продемонстрировать знание предмета, умение проявлять оценочные знания, изучать теоретические работы, использовать различные методы исследования, применять различные приемы творческой деятельности. Для этого необходимо правильно сформулировать тему, отобрать по ней необходимый материал; использовать только тот материал, который отражает сущность темы. Изложение должно быть последовательным. Недопустимы нечеткие формулировки, речевые и орфографические ошибки. В подготовке работы необходимо использовать материалы современных изданий. Оформление реферата должно быть грамотным и соответствовать ГОСТ 2.105–95, ГОСТ 9327-60. Библиографический список оформляется в соответствие с ГОСТ 7.1-2003.

Изложение текста и оформление выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ. Страницы текстовой части и включенные в нее иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327-60. Работа должна быть выполнена печатным способом на одной стороне бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков не менее 1.8 (шрифт Times New Roman, 14 пт.). Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: верхнее и нижнее — 20 мм, левое — 30 мм, правое — 10 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и составлять 1,25 см. Выравнивание текста по ширине. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя выделение жирным шрифтом, курсив, подчеркивание. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Название каждой главы и параграфа в тексте работы можно писать более крупным шрифтом, жирным шрифтом,

чем весь остальной текст. Каждая глава начинается с новой страницы, параграфы (подразделы) располагаются друг за другом.

Все страницы обязательно должны быть пронумерованы. Нумерация листов должна быть сквозной. Номер листа проставляется арабскими цифрами. Нумерация листов начинается с третьего листа (после содержания) и заканчивается последним. Номер страницы на титульном листе не проставляется. Список использованной литературы и приложения включаются в общую нумерацию листов. Рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию листов и помещают по возможности следом за листами, на которых приведены ссылки на эти таблицы или иллюстрации. Таблицы и иллюстрации нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать рисунки и таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы (рисунка) состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. В конце работы размещаются приложения. В тексте на все приложения должны быть даны ссылки. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его номера. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Контрольная работа оценивается по следующим критериям: актуальность темы; соответствие содержания теме; глубина проработки материала; правильность и полнота использования источников; соответствие оформления стандартом.

На «отлично»: присутствие всех вышеперечисленных требований; знание студентом изложенного материала, умение грамотно и аргументировано изложить суть проблемы; присутствие личной заинтересованности в раскрываемой теме, собственную точку зрения, аргументы и комментарии, выводы; умение свободно беседовать по любому пункту плана, отвечать на вопросы, поставленные по темеработы; умение анализировать фактический материал и статистические данные, использованные при написании работы; наличие качественно выполненного презентационного материала или (и) раздаточного, не дублирующего основной текст защитного слова, а являющегося его иллюстративным фоном.

На «хорошо»: мелкие замечания по оформлению реферата; незначительные трудности по одному из перечисленных выше требований.

На «удовлетворительно»: тема контрольной работы раскрыта недостаточно полно; неполный список литературы и источников; затруднения в изложении, аргументировании.

Контрольная работа должна содержать: титульный лист, с обязательным указанием наименования учреждения, в котором выполнялся реферат, Ф.И.О. автора, Ф.И.О. руководителя, год написания; введение; основную часть; заключительные выводы; список литературы; при необходимости приложения.

Задание для контрольной работы

1. Write a simple explanation of the existence and behavior of holes in semiconductors.

2. Briefly describe the process by which purified silicon wafers are produced for electronics use from common sand.

3. Draw a sketch similar to Figure 6.3 for p-type Si with boron doping.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cambridge English for Engineering / Ibbotson M., Day J. – Cambridge: Cambridge university press, 2012
2. Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering / Answer Book with teaching notes / Glendinning E. H., Glendinning N. – Oxford : University Press, 2006
3. Technology-1: students book: oxford English for careers / Glendinning E. H., Pohl Alison. – New York: Oxford University Press, 2007

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Специальность -

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24 -

Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Лабораторная работа №1

Изучение режимов работы робота–штабелера

Цель работы:

Ознакомиться с типами управления и изучить режимы работы робота–штабелера используя «сокращенный» и «расширенный» функционал управления роботом.

Теоретическая часть:

Интерфейс управления роботом–штабелером может отображаться в двух различных видах: «сокращенный» и «расширенный». Вне зависимости от режима отображения робот–штабелер может управляться в тремя способами:

1. Ручное управление, которое осуществляется путем перемещения оператором «ползунков», задающих значения координат, и нажатия кнопки перемещений (рисунок 1.1).

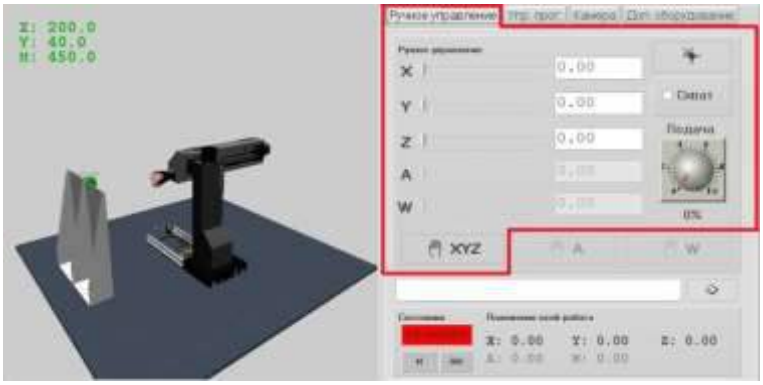


Рисунок 1.1 – Интерфейс ручного управления роботом–штабелером

2. Управление при помощи командной строки, в которой оператор прописывает текст команды, выполняемой роботом после нажатия клавиши «Enter» (рисунок 1.2).

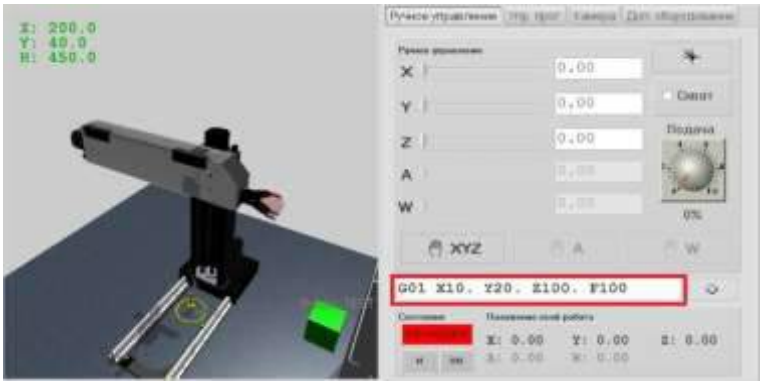


Рисунок 1.2 – Интерфейс управления при помощи командной строки

3. Управление роботом–штабелером при помощи управляющей программы, созданной в текстовом файле и загруженной оператором.

Рисунок 1.3 – Интерфейс управления роботом–штабелером при помощи управляющей программы

На рисунках 1.1 – 1.3 представлен «сокращенный» вид управления роботом–штабелером. В «расширенном» виде в интерфейсе управления роботом–штабелером отсутствует графическое представление положения робота в пространстве. Интерфейс управления роботом в «расширенном» виде представлен на рисунке 1.4.

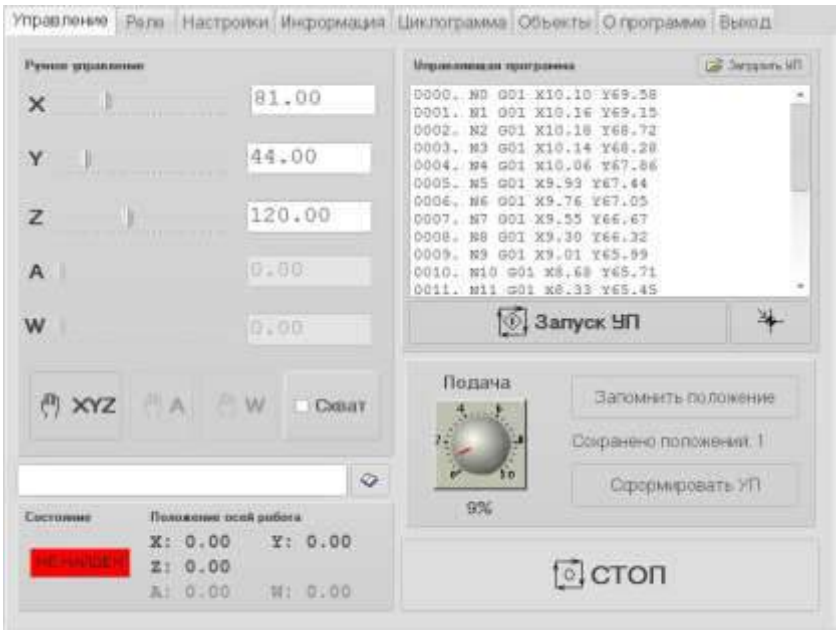
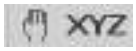


Рисунок 1.4 – Интерфейс управления роботом в «расширенном» виде

Для ручного управления роботом оператор должен переместить «ползунок» выбранной координаты (или нескольких координат для одновременного перемещения) в положение, соответствующее заданному положению робота. Значение координаты можно увидеть в белом поле рядом с выбранным «ползунком».

Для того, чтобы робот переместился в заданные координаты, необходимо после их назначения нажать кнопку 

. Для выхода звеньев робота в нулевое положение необходимо нажать на кнопку . Далее выбрать из списка, по какой координате следует произвести выход в нулевое положение. Для управления схватом необходимо поставить либо убрать галочку в поле рядом со словом СХВАТ.

Для управления роботом–манипулятором при помощи командной строки необходимо написать текст команды в поле командной строки (см. рисунок 1.2).

Основной командой для управления звеньями робота является команда линейного перемещения G01. Пример текста команды выглядит следующим образом:

G01 X50. Y100. Z30. F100,

где G01 – команда линейного перемещения в заданные координаты;

X50. Y100. Z30. – координаты конечных положений звеньев робота;

F100 – обозначение скорости перемещения, цифры после буквы указывают на процент от максимального перемещения.

Перемещение можно произвести по одной, двум или трем координатам одновременно. Координаты X, Y и Z задаются в миллиметрах.

Для управления схватом используются команды LOCKERON и LOCKEROFF.

Команда LOCKERON сжимает губки схвата, команда LOCKEROFF – разжимает.

Для выхода звеньев робота в нулевое положение используется команда RHOME. При этом необходимо указать координату, для которой указывается команда, например:

RHOMEX – выход в нулевое положение по оси X;

RHOMEY – выход в нулевое положение по оси Y;

RHOMEZ – выход в нулевое положение по оси Z.

Все команды управления роботом-манипулятором записываются ПРОПИСНЫМИ буквами.

Более подробно о программировании можно узнать из прилагаемого пособия по программированию.

Для управления роботом–штабелером при помощи управляющей программы (УП), ее нужно загрузить нажатием на кнопку

.

Перед загрузкой УП необходимо предварительно составить текст программы в текстовом редакторе «Блокнот», в формате «имя программы.txt». Каждая команда с параметрами перемещения записывается с новой строки. Текст после знака « ; » не считывается и является комментарием.

Также составление УП возможно перемещением робота в нужные положения и запоминанием полученных координат с помощью кнопки «Запомнить положение».

После завершения необходимых перемещений робота нужно нажать кнопку «Сформировать УП», и управляющая программа будет создана автоматически. При этом нужно указать путь сохранения и дать ей имя. Эту программу можно открыть текстовым редактором и отредактировать.

Ход работы

1) Включить блоки управления стендом.

2) Нарисовать схему подключения элементов стенда.

3) Запустить программу управления штабелером. В открывшемся окне проверить, что строка «состояние» горит зеленым цветом и есть надпись «Найден».

4) При помощи вкладки «объекты» в расширенном интерфейсе управления роботом создать минимум пять объектов, имитирующих ячейки для заготовок на складе.

5) В сокращенном режиме работы, оставаясь в режиме имитатора, произвести перемещения робота таким образом, чтобы схват робота поочередно оказывался там, где расположены созданные объекты. Перемещения необходимо осуществлять по одной оси, двум осям и трем осям одновременно, задавая при этом различные скорости перемещения звеньев робота–манипулятора по осям. Последовательность перемещения необходимо записать в таблицу 1.

Таблица 1 – Последовательность перемещения робота–манипулятора

№ перемещения	Координата X	Координата Y	Координата Z	Скорость перемещения F
1				
2				
3				
4				
5				

Вывести робот–манипулятор в нулевое положение по всем осям.

Составить для каждого перемещения команду. Записать текст команды в таблицу 2.

Таблица 2 – Команды перемещения робота–манипулятора

№ перемещения	Текст команды
1	
2	
3	
4	
5	

6) Путем последовательного ввода команд в командную строку произвести перемещения звеньев робота по осям. Обращать внимание на правильность написания команд. Отслеживать текущие координаты осей робота по значениям в поле «Положение осей робота». После окончания каждого перемещения нужно запоминать положение робота–манипулятора в программе нажатием кнопки «Запомнить положение» на вкладке «Управляющая программа». После запоминания всех перемещений по этим опорным точкам сформировать управляющую программу нажатием кнопки « Сформировать УП».

7) Открыть сформированную УП, добавить в конце программы команды выхода в нулевое положение по всем осям. Сохранить файл и запустить управляющую программу в имитаторе.

8) После правильного выполнения этой программы открыть её текст. Для имитации переноса заготовки из одной позиции в другую, перед перемещением робота в первую позицию вставить команду на разжим схвата, при достижении роботом первой позиции вставить команду на зажим схвата, имитируя зажим детали. Затем после перемещения робота во вторую позицию вставить команду на разжим схвата, имитируя укладку детали в ячейку.

9) По той же схеме произвести имитацию перемещения заготовки по трем ячейкам, при этом во второй ячейке происходит сначала разжим схвата и укладывание заготовки в ячейку, затем снова следует зажим этой заготовки и перенос в последнюю ячейку.

9) Записать управляющие программы. Составить отчет о выполненной работе.

Лабораторная работа №2

Изучение интерпретатора языка программирования робота

Цель работы:

Изучить понятие интерпретатора. Понять процесс работы интерпретатора. Определить работу интерпретатора при написании управляющей программы робота.

Теоретическая часть:

Программирование систем с числовым программным управлением (ЧПУ) производится посредством G – кода. G – код –это общее название языка программирования систем с ЧПУ, так как он имеет множество реализаций и дополнений у разных производителей и для разных устройств.Программа, написанная с использованием G-кода, состоит из кадров, каждый кадр содержит набор команд управления.Интерпретатор анализирует и тут же выполняет (собственно интерпретация) программу покомандно (или построчно), по мере поступления её исходного кода на вход интерпретатора.

Алгоритм работы простого интерпретатора включает в себя:

1) Прочитать инструкцию.

2) Проанализировать инструкцию и определить соответствующие действия.

3) Выполнить соответствующие действия.

4) Если не достигнуто условие завершения программы, прочитать следующую инструкцию и перейти к пункту 2.

По сути робот–манипулятор – это перепрограммируемый автоматический манипулятор промышленного применения. Под перепрограммируемостью, в соответствии со стандартом, понимается свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека-оператора.

К перепрограммированию относится изменение последовательности и(или) величин перемещений по степени подвижности и управляющих функций с помощью средств управления на пульте устройства управления.

Работа интерпретатора заключается в сопоставлении команд G – кода с командами, подаваемыми на микроконтроллер драйвера управления звеньями робота–манипулятора. При этом, если команды управления записаны неверно, интерпретатор не может сопоставить их с командами для микроконтроллера и действия не происходит.

Интерпретатор языка программирования встроен в программу для управления роботом, поэтому правильность работы интерпретатора определяется правильностью исполнения команд управляющей программы роботом–манипулятором.

Ход работы:

1) Включить блоки управления стендом, запустить программу управления стендом;
2) Выйти из режима «имитатора», убрав галочку в поле рядом с соответствующей надписью;
3) Вывести оси робота в нулевые положения;
4) Используя данные таблицы 2 из лабораторной работы №1 выполнить команды на скорости перемещения 20%, путем последовательного ввода команд в командную строку произвести перемещения звеньев робота–манипулятора по осям. Обращать внимание на правильность написания команд. Отслеживать текущие координаты осей робота по значениям в поле «Положение осей робота». После окончания каждого перемещения нужно запоминать положение робота–манипулятора в программе нажатием кнопки «Запомнить положение» на вкладке «Управляющая программа». После запоминания всех перемещений по этим опорным точкам сформировать управляющую программу нажатием кнопки « Сформировать УП». При этом обращать внимание, чтобы звенья робота при перемещении не наезжали на элементы стенда;
5) Открыть сформированную УП, добавить в конце программы команды выхода в нулевое положение по всем осям. Сохранить файл и запустить управляющую программу;
6) Описать действия робота–манипулятора для выполнения данной управляющей программы используя алгоритм работы простого интерпретатора;
7) Составить отчет о выполненной работе.

Лабораторная работа №3.

Изучение команд перемещения робота–манипулятора. Изучение работы робота–штабелера в декартовой системе координат

Цель работы

Изучение команд перемещения звеньев робота в декартовой системе координат.

Теоретическая часть

Перемещение звеньев робота задается тремя составляющими:

– координата X робота, передвижение горизонтального звена робота со схватом вперед–назад;

– координата Y робота, изменение высоты горизонтального звена робота вдоль вертикального звена вверх–вниз;

– координата Z робота, передвижение робота вправо–влево.

Данные координаты имеют только положительные значения, отсчитываемые от датчиков нулевого положения. На рисунке 3.1 звенья робота располагаются в нулевых координатах.

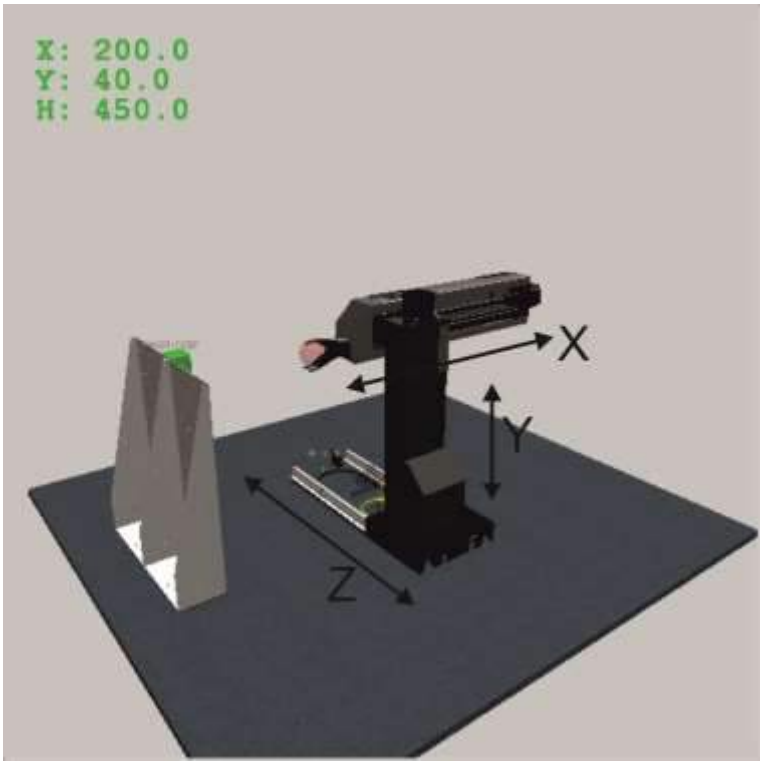


Рисунок 3.1 – Координаты перемещений звеньев робота

Декартова система координат показана на рисунке 3.2. В этой системе координат определяется положение центра схвата робота–штабелера. Декартовы координаты имеют только положительные значения по осям X и Z. По оси Y координаты имеют положительные и отрицательные значения. Положение центра схвата в декартовой системе отображается координатами в верхнем левом углу графического окна.

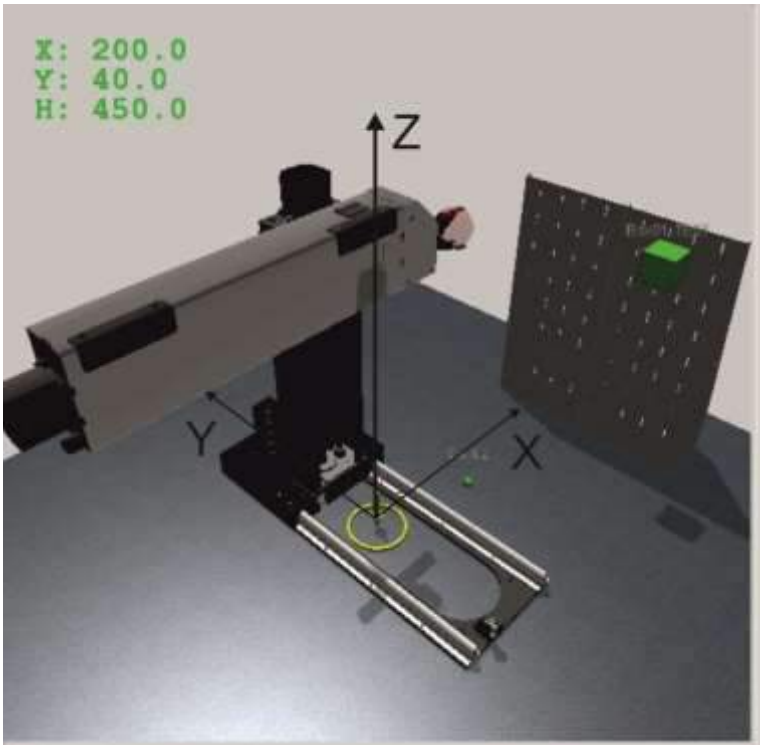


Рисунок 3.2 – Декартова система координат робота – штабелера

Более подробно с командами, используемыми в стенде можно ознакомиться в пособии по программированию.

Ход работы:

1) Включить блок управления стендом.

2) Запустить программу управления. В открывшемся окне проверить, что строка «состояние» горит зеленым цветом и есть надпись: «Найден».

3) Задавая различные величины перемещений звеньев робота определить зону работы робота в декартовых координатах и крайние точки его перемещения. Записать их в значениях (X, Y, Z) и для каждой точки написать соответствие в собственных перемещениях звеньев. Оформить в виде таблицы.

4) Установить кронштейны в произвольные ячейки склада. Зажать в схвате робота заготовку. Переместить поочередно схват робота в ячейки. Записать декартовы координаты ячеек. В графической части создать объекты, имитирующие зону расположения установленных ячеек. Записать полученные координаты объектов.

5) Определить, совпадают ли координаты перемещений робота и расположения ячеек.

6) Составить отчет о выполненной работе.

Лабораторная работа №4

Синтез программы сортировки объектов

Цель работы

Управление роботом–штабелером при создании управляющей программы сортировки объектов.

Теоретическая часть:

Для сортировки объектов по стенду представлена программа:

;По программе робот берет заготовку диаметром 35 миллиметров из 9 ячейки и ставит заготовку в 16 ячейку. Заготовки на длинном кронштейне.

```
RHOMEX
; Выход в нулевое положение по координате X
RHOMEY
; Выход в нулевое положение по координате Y
RHOMEZ
; Выход в нулевое положение по координате Z
LOCKEROFF
; Разжим схвата
G01 Z9. F150
; Позиционирование по координате Z для захвата заготовки из 9 ячейки
G01 Y18.
; Позиционирование по координате Y для захвата заготовки из 9 ячейки
G01 X196.
; Позиционирование по координате X для захвата заготовки из 9 ячейки
LOCKERON P2600
; Захват заготовки из 9 ячейки
G01 Y5.
;  Движение вверх по координате Y для безопасного выхода из позиции захвата заготовки
G01 Z275.
;  Позиционирование по координате Z для установки заготовки в 16 ячейку
G01 Y70.
;  Позиционирование по координате Y для установки заготовки в 16 ячейку
LOCKEROFF P2000
; Разжим схвата на 2000 импульсов
G01 X150. F150
; Безопасный отход по координате X из 16 ячейки
RHOMEX
;  Выход в нулевое положение по координате X
RHOMEY
```

; Выход в нулевое положение по координате Y
RHOMEZ
; Выход в нулевое положение по координате Z

Ход работы

1) Включить блок управления стендом;

2) Запустить программу управления стендом. В открывшемся окне проверить, что строка «состояние» горит зеленым цветом и есть надпись: «Найден». Установить кронштейны в ячейки 9 и 16.

3) Разобрать представленную выше управляющую программу по сортировке объектов.

4) Создать текстовый документ формата «имя_программы.txt». Записать в документ строки представленной управляющей программы, которые содержат исполнительные команды. Сохранить текстовый документ.

5) Выйти из режима «имитатор», переместить робот–штабелер в ячейки 9 и 16, при этом проверить, чтобы схват робота располагался точно в ячейках. Сравнить полученные координаты с координатами в управляющей программе. При необходимости ввести коррективы в программу.

6) В командную строку поочередно в порядке расположения в тексте вставлять строки с командами управляющей программы, выполняя каждую команду отдельно. Визуально следить за правильностью выполнения команды. Не допускать аварийных ситуаций.

7) Импортировать отработанную управляющую программу в программу управления стендом.

8) Запустить управляющую программу, контролируя визуально перемещения робота. Не допускать аварийных ситуаций.

9) После успешного завершения программы составить аналогичную для перемещения заготовки по трем ячейкам.

10) Составить отчет о выполненной работе.

Лабораторная работа №5

Синтез программы оптимизированного складирования объектов

Цель работы: произвести оптимизацию управляющей программы из лабораторной работы №4.

Теоретическая часть:

Оптимизация процесса складирования объектов подразумевает сокращение времени на выполнение автоматизированной системой своей управляющей программы. Одним из способов, позволяющих оптимизировать производственный процесс, является моделирование (имитация) выполнения программы. Данный вид оптимизации можно применить, используя перед выполнением управляющей программы среду «имитатор» для отработки управляющей программы. После оптимизации в «имитаторе» отработанную программу можно запустить для исполнения автоматизированной системой.

Для оптимизации также имеет место замена поочередного перемещения по нескольким осям одним совместным перемещением осей (интерполяция). Например, использовать одну команду G01 X46. Y120. F100 вместо двух последовательных команд G01 X46. F100 и G01 Y120. F100.

Еще одним примером оптимизации является использование меток для перехода, если нужно сделать программу повторяющейся, то есть запустить цикл.

Пример программы:

```
RHOME X
RHOME Y
RHOMR Z
1000:
G01 X100. Y100. F100
G01 Z150. F150
G01 X50. Y150. F100
G01 Z250. F150
RHOME X
RHOME Y
RHOMR Z
SHIFTTO P1000
```

В данной программе использована метка перехода 1000 в четвертой строке и обращение к ней в конце программы командой SHIFTTO P1000 в конце программы. То есть программа первый раз пройдет все строки и выполнит переход к четвертой

строке и в дальнейшем не будет выполнять первые три строчки. После числового обозначения метки ставится знак «:».

Ход работы:

1) Включить блок управления стендом.
2) Запустить программу управления штабелером. В открывшемся окне проверить, что строка «состояние» горит зеленым цветом и есть надпись «Найден».
3) В режиме «имитатор» запустить управляющую программу, полученную в лабораторной работе №4. Произвести оптимизацию данной программы.
4) Выполнить зацикливание данной программы.
5) Запустить получившуюся программу складирования объектов. При этом следует подавать заготовки в первоначальную ячейку.
6) Составить отчет о выполненной работе.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Специальность -

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24 -

Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ 6
1.1. Состав и характеристики мехатронных модулей и робототехнических систем 7
1.2. Устройство мехатронных модулей движения 26
1.3. Информационная система и датчики мехатронных и робототехнических систем 41
1.4. Системы управления и приводы мехатронных и робототехнических устройств 58
1.5. Структура и состав роботизированных технологических комплексов 70
Вопросы для самопроверки 79

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ ОБОРУДОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 80
2.1. Технологическая подготовка роботизированного производства и проведение монтажных работ 80
2.2. Монтаж механических систем роботов и станков 86
2.3. Монтаж пневмогидрооборудования 95
2.4. Монтаж устройств управления и электрооборудования роботов и мехатронных систем 108
2.5. Монтаж роботизированных технологических комплексов 116
Вопросы для самопроверки 120

Глава 3. НАЛАДКА И НАСТРОЙКА РОБОТОВ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ 121
3.1. Наладка механических устройств ПР и мехатронных систем 122
3.2. Наладка пневмогидрооборудования ПР 130
3.3. Наладка электрооборудования и устройств управления ... 135

3.4. Настройка параметров регуляторов в электроприводах роботов и мехатронных систем 144
3.4.1. Настройка по компьютерной и математической моделям 144
3.4.2. Практическая настройка электропривода CSD-DH мехатронной системы металлорежущего станка 150
3.4.3. Настройка регулятора положения при работе от ЧПУ ... 186
3.5. Наладка мехатронной системы металлорежущих станков 194
3.6. Наладка мехатронной системы лазерного технологического комплекса 203
Вопросы для самопроверки 215

Глава 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ И ДИАГНОСТИКИ РОБОТОВ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ 218
4.1. Виды и общие требования к испытаниям промышленных и мобильных роботов 218
4.2. Определение технических характеристик ПР при испытаниях 226
4.3. Особенности испытаний мехатронных систем 236
4.4. Методы и средства диагностирования роботов и мехатронных систем 240
4.5. Испытания мехатронной системы металлорежущего станка 253
Вопросы для самопроверки 267

Глава 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ 269
5.1. Эксплуатация роботов в производственных системах ... 269
5.2. Эксплуатация роботов в транспортно-накопительных системах автоматизированных производств 278
5.3. Техническое обслуживание мехатронных и робототехнических систем 286
5.4. Эксплуатация мехатронных и робототехнических систем 290
Вопросы для самопроверки 300

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 301

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 302

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности производственных процессов достигается использованием комплексной автоматизации на базе высокопроизводительного оборудования, станков с числовым программным управлением, микропроцессорной техники, промышленных роботов и гибких автоматизированных производств, построенных на базе мехатронных модулей. Эффективность работы рассматриваемых технических систем определяется их техническими характеристиками, конструкцией и надежностью работы, а также в значительной мере зависит от качества выполненных работ по монтажу, наладке и своевременного технического обслуживания в процессе эксплуатации. Для обслуживания промышленных роботов и мехатронных систем технологического оборудования, оснащаемого ими, необходимы знания их конструкций, методов и правил монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации. Значительное место в современных системах настройки приводов и подготовки управляющих программ занимает компьютерная симуляция технических систем с использованием моделей. В современные мехатронные и робототехнические системы встраиваются высокоразвитые информационные системы и системы диагностики.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Испытания, наладка и эксплуатация мехатронных и робототехнических систем» для студентов, обучающихся по специальности «Мехатроника и робототехника». Материал базируется на отечественном опыте монтажа и наладки систем автоматизации, роботов и станков с ЧПУ, а также на личном опыте авторов по внедрению в производство промышленных роботов и роботизированных комплексов.

В учебном пособии приведены общие положения по устройству, наладке и испытаниям мехатронных модулей и промышленных роботов с электро-, пневмо- и гидроприводом.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Мехатроника – область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающими проектирование и производство качественно новых модулей, систем, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. Основной целью мехатроники, как научно-технической дисциплины, является разработка принципиально новых функциональных узлов, блоков и модулей, реализующих двигательные функции, которые используются как основа для подвижных интеллектуальных машин и систем. В связи с этим, предметом мехатроники становятся технологические процессы проектирования и выпуска систем и машин, способных реализовать требуемый двигательный функционал. Методология, используемая в рамках мехатроники, опирается на взаимную интеграцию технологий, структурных элементов, информационных и энергетических процессов из целого перечня естественно-научных и инженерных направлений (информатики, точной механики, микроэлектроники, автоматического управления и т. п.). Обычно мехатронная система является объединением собственно электромеханических компонентов с силовой электроникой, которые управляются с помощью различных микроконтроллеров, персональных компьютеров или других вычислительных устройств. При этом система в истинно мехатронном подходе, несмотря на использование стандартных компонентов, строится как можно более монолитно, конструкторы стараются объединить все части системы воедино без использования лишних интерфейсов между модулями. В частности, применяя встроенные непосредственно в микроконтроллеры аналого-цифровые преобразователи, интеллектуальные силовые преобразователи и т. п. Это уменьшает массу и размеры системы, повышает её надёжность и дает некоторые другие преимущества. Любая система, управляющая группой приводов, может считаться мехатронной. Наиболее яркими представителями мехатронных систем являются роботы и станки с ЧПУ.

Обобщенная схема мехатронной системы представлена на рис. 1.1.

Рис. 1.1. Обобщенная схема мехатронной системы

1.1. Состав и характеристики мехатронных модулей и робототехнических систем

Основой любой мехатронной системы являются мехатронные модули. Мехатронный модуль (ММ) – унифицированный мехатронный объект, имеющий автономную документацию и предназначенный, как правило, для реализации движений по одной координате. Примерами мехатронных модулей служат части станков - шпиндельная бабка, поворотный стол. В качестве модулей могут выступать двигатели, редукторы и т.п. Более сложные модули (автономные приводы) - мотор-редуктор, мотор-колесо, мотор-шпиндель, мотор-барабан и поворотный стол.

По физической природе составляющих элементов ММ подразделяются на электроприводные, гидроприводные, пневмоприводные и прочие. В состав электроприводных ММ входят электродвигатель и (как правило) преобразователь движения. Они распространены наиболее широко и обычно являются базой для сравнения вариантов на стадии проектирования. Гидроприводные ММ содержат гидродвигатели линейного или вращательного движения. По сравнению с электроприводными они обладают значительно меньшими размерами и массой, в частности, потому, что не требуют преобразователя движения; малой инерционностью; простотой регулирования и его широким диапазоном. К недостаткам их следует отнести сравнительно высокую стоимость; необходимость в насосной установке; чувствительность к качеству рабочей жидкости. Пневмоприводные ММ по принципу действия подобны гидроприводным, а различия между ними определяются особенностями рабочей среды – сжатого воздуха. ММ с пневмоприводом конструктивно проще гидроприводных, дешевле, менее требовательны в эксплуатации, способны реализовать более высокие скорости движения. В то же время их нагрузочная способность при равных размерах на два порядка меньше, существенно ниже КПД, они не в состоянии обеспечивать точные перемещения. В число прочих ММ входят модули как с комбинированным приводом, например, электрогидравлическим, так и с устройствами для преобразования энергии, не относящимися к электро-, гидро и пневмоприводу.

Классификация ММ по конструктивным признакам представлена на рис. 1.2. В полной мере фундаментальному определению мехатроники соответствуют только интеллектуальные мехатронные модули, которые содержат приводную часть (двигатель), информационную часть (датчики) и аппаратно-встроенную компьютерную часть.

Анализ развития мирового рынка продукции машиностроения свидетельствует о появлении нового класса технологического и измерительного оборудования, транспортных средств на базе мехатронных модулей движения (ММД). Причем объемы производства ММД в развитых странах мира с каждым годом увеличиваются. Миллионы ММД находят применение в авиации, космосе, приборостроении, электротехнике, станкостроении, робототехнике, автомобилестроении и других важнейших отраслях промышленности.

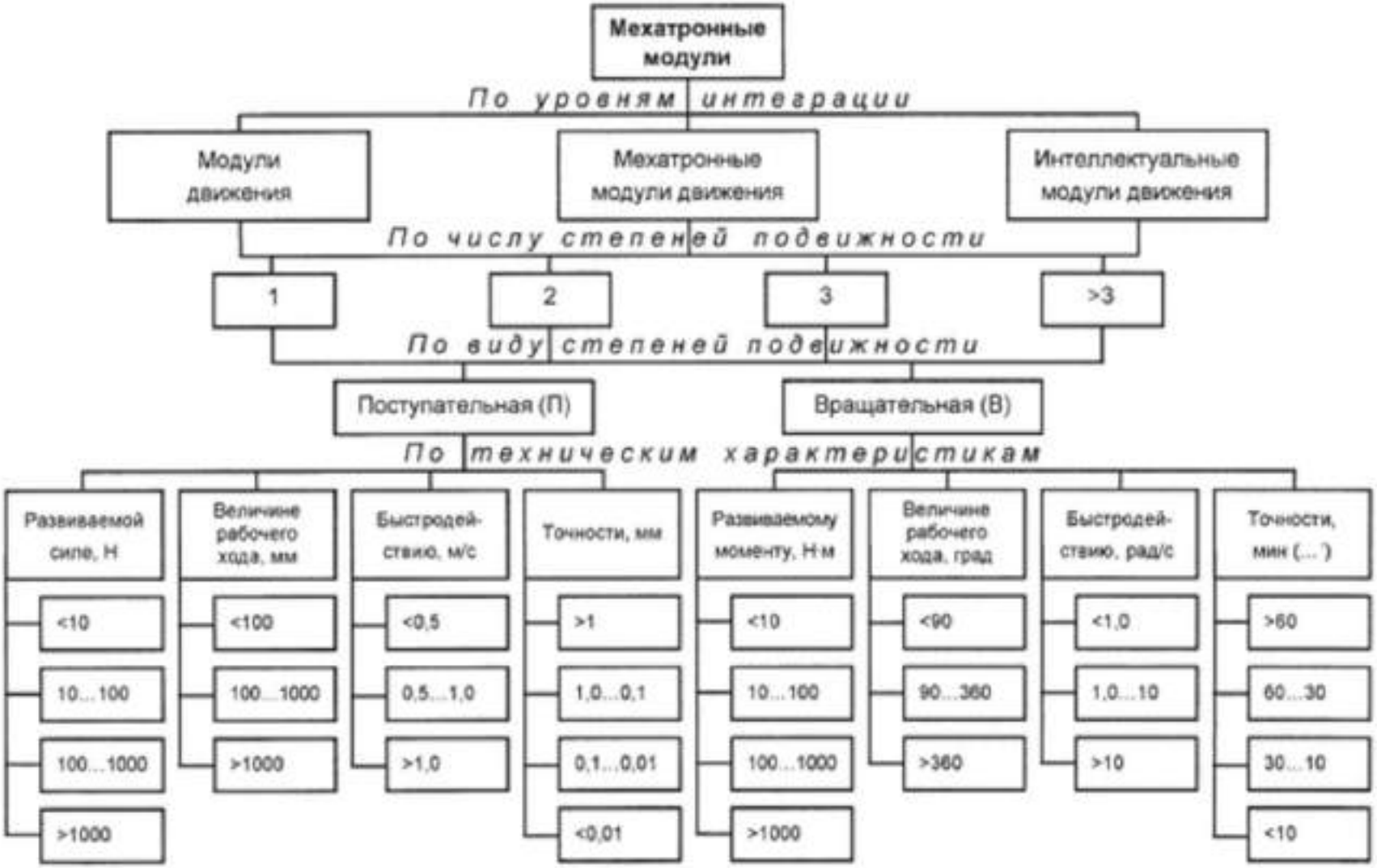


Рис.1.2. Классификация мехатронных модулей

На базе ММД уже сегодня создаются экологически чистые наземные, подземные и водные транспортные средства, а также технологии высокоскоростного резания легких сплавов для авиационных металлоконструкций, высокопроизводительного, "сухого" шлифования прецизионных деталей для автомобильной и подшипниковой промышленности, субмикронных измерений деталей и прецизионной высокопроизводительной обработки штампов и пресс-форм графитовых электродов и пластмассовых изделий. При этом главным признаком, отличающим ММД от общепромышленного электропривода, является введение электродвигателя в узел машины: электрошпиндель, мотор-шпиндель, электромеханизм линейного перемещения инструментов головки, поворотный глобусный или координатный стол, мотор-колесо и т.п. Основную номенклатуру ММД, на основе которых в настоящее время создаются производственные машины и транспортные средства нового поколения, можно подразделить на четыре группы.

1. Высокооборотные модули с максимальной частотой вращения от 9 000 до 250 000 мин-1 и мощностью от 0,1 до 30 кВт для металлорежущих станков, деревообрабатывающих машин, станков для сверления печатных плат, компрессоров и т.д.

В этих модулях используются воздушные и электромагнитные подшипники. Основные преимущества выпускаемых электрошпинделей на магнитных подшипниках:

- отсутствие механических контактов и, как следствие, износа; - возможность использования более высоких (по сравнению с традиционными конструкциями) скоростей; - небольшая вибрация, отсутствие трения и снижение тепловых потерь;

- возможность изменения жесткости и демпфирующих характеристик системы;

- возможность работы в вакууме и вредных средах; - экологическая чистота.

2. Низкооборотные модули с максимальной частотой вращения от 4 до 300 мин-1, моментом от 10 до 2500 Н·м и точностью позиционирования до 3" для поворотных столов станков, измерительных машин, оборудования для электронного машиностроения, узлов роботов и многоцелевых инструментальных головок. Модули подобного типа могут с успехом применяться в электровелосипедах, инвалидных колясках, электромотоциклах, скутерах и других легких транспортных средствах. Технические характеристики некоторых транспортных ММД, например, электровелосипедов и инвалидных колясок существенно превышают характеристики лучших мировых производителей. Так, масса инвалидной коляски меньше на 30 %, а пробег без подзарядки батареи больше на 50 %, чем у импортных аналогов.

3. Модули линейного движения с усилием от 10 до 5000 Н и скоростью до 32 м/с для приводов металлорежущих станков, промышленных роботов и измерительных машин, а также для запирающих устройств газо- и нефтепроводов.

4. Цифровые электроприводы с бесколлекторными синхронным и асинхронным двигателями мощностью до 10 кВт с моментом от 1 до 40 Н·м и высоким отношением момента к массе для приводов подачи высокопроизводительных станков и роботов, текстильных и деревообрабатывающих машин, приводов вентиляторов, насосов и т.д. Блок управления такими приводами создается на базе силовых интеллектуальных схем и встраивается в корпус или клеммную коробку электродвигателя.

В связи с расширением рынка высокопроизводительных машин и оборудования традиционной и нетрадиционной компоновок и освоением производства указанных ММД практически всеми ведущими электротехническими фирмами мира осуществляется постепенный перевод специальных ММД в модули движения общепромышленного применения. Так, встраиваемые электродвигатели для поворотных столов металлорежущих станков и мотор-колес для транспортных средств производятся по одной и той же технологии низкооборотных ММД на

основе современных магнитных систем. Рынок таких ММД стремительно развивается: спрос на эту продукцию в 1997 г. достигнет 100-120 тыс. штук.

Аналогичные примеры можно привести и по другим ММД, в том числе по линейным двигателям для станкостроения и робототехники, измерительных машин и транспортных средств.

Применение ММД в обрабатывающих центрах традиционной компоновки позволило повысить производительность фрезерования почти в 3 раза. Относительно высокая стоимость таких машин не останавливает ведущие авиационные концерны в мире от их закупок уже в настоящее время.

Еще большие возможности применения ММД имеют машины нетрадиционной компоновки: обрабатывающие и измерительные машины на основе так называемой платформы Стюарта и мехатронных поворотных столов. Сравнение экономических показателей такого блочно -модульного станка с аналогичными показателями обрабатывающего центра традиционного типа дает следующие результаты: - сокращение в 2-2,5 раза занимаемой производственной площади; -сокращение в 2-3 раза числа базовых деталей; - уменьшение в 1,5-2 раза металлоемкости (особенно при нетрадиционной компоновке).

Анализ технико-экономических показателей ММД и созданных на их базе машин нового поколения с учетом рынка продукции машиностроения позволяет выделить основные тенденции в области технического совершенствования компонентов общепромышленного применения:

- интенсивное развитие мехатронных модулей вращательного движения и линейного перемещения на базе электродвигателей переменного тока, встроенных в приводные узлы машин и оборудования, создаваемых специализированными фирмами и поставляемых машиностроительным предприятиям – лидерам машиностроительного инновационного рынка;

- развитие международной научно-технической и производственной кооперации в области комплектных систем управления машинами новых поколений на базе ММД для создания новых высококвалифицированных рабочих мест.

На основании прогноза и анализа развития станкостроения можно выделить следующие основные направления:

- качественное изменение конструкций металлорежущих станков (конструкции станков с параллельной кинематикой, гексаподные конструкции, конструкции типа «Box in a box» и др.);

- существенное повышение производительности станков, реализация технологий скоростной обработки; - широкая унификация станков, реализация принципов агрегатно-модульного конструирования. Для решения перечисленных задач наряду с совершенствованием технологии обработки, появлением новых режущих материалов, инструментов создаются принципиально новые мехатронные станочные узлы привода и автоматизации на базе интеграции средств прецизионной механики, электроники, электротехники. Конструктивное объединение исполнительного и приводного элементов механизмов линейных и вращательных перемещений станков, реализующих концепцию привода прямого действия «Direct Drive», позволяет исключить промежуточные механические преобразователи и передачи, повысить точность, быстродействие, снизить потери.

Наличие в этих конструкциях встроенных систем автоматического управления и датчиков контроля технологического процесса делает мехатронные узлы интеллектуальными автономными модулями, на базе которых могут создаваться конструкции перспективных металлообрабатывающих станков. Использование мехатронных модулей движения позволяет обеспечить высокий уровень автоматизации технологических процессов. На рис.1.3 приведен перечень мехатронных модулей движения и агрегатов на их основе, используемых в современных металлорежущих станках.

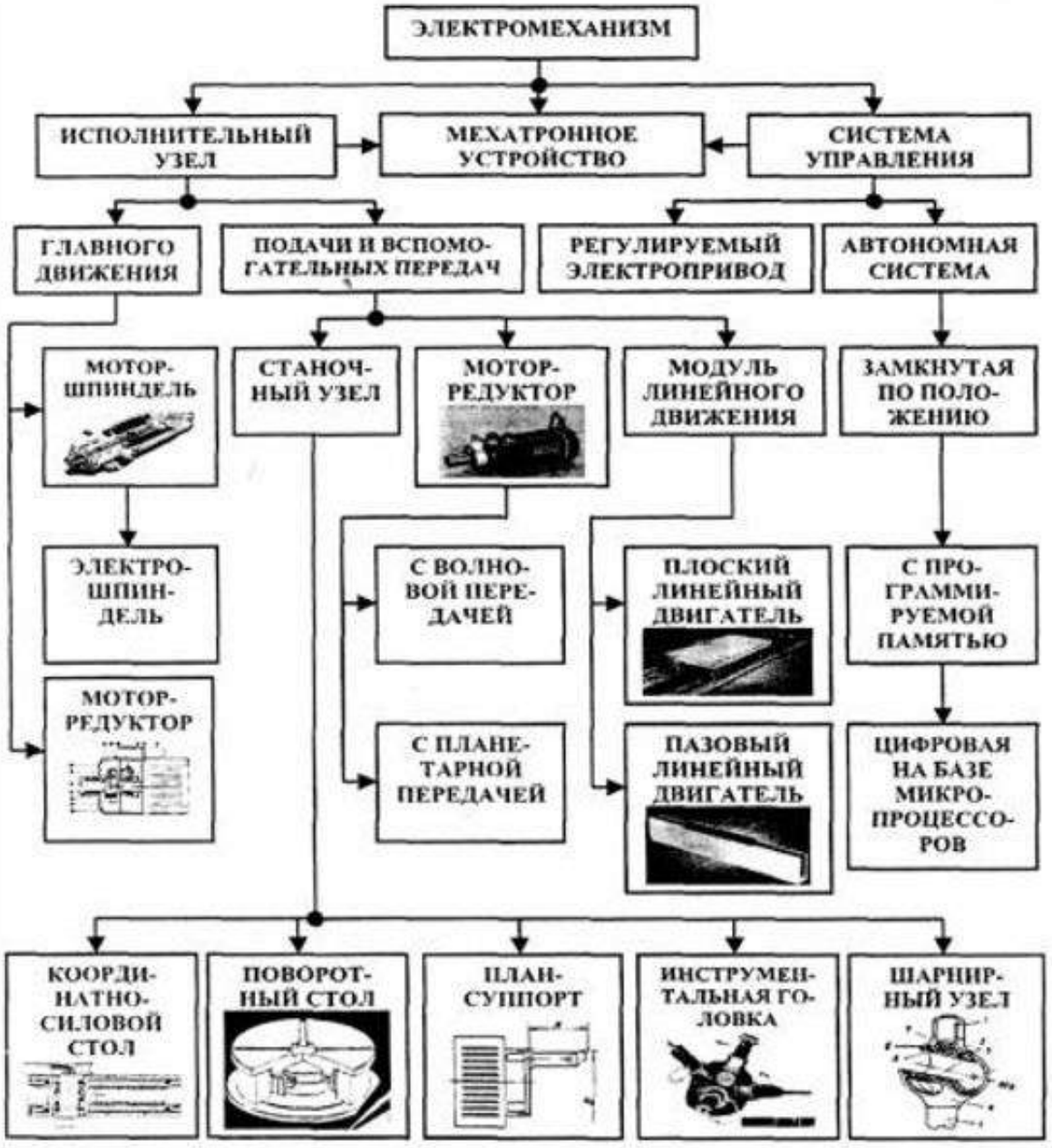


Рис. 1.3. Перечень мехатронных модулей движения и агрегатов на их основе, используемых в современных металлорежущих станках.

Робот как мехатронная система состоит из двух основных частей – исполнительных систем и устройства управления ими с сенсорной системой. В свою очередь исполнительные системы включают одну или несколько манипуляционных систем (обычно в виде механических манипуляторов) и системы передвижения, имеющейся только у подвижных (мобильных) роботов. Сегодня основным таким типом, по-прежнему, являются промышленные роботы (ПР), которые предназначены

для применения в промышленности и составляют до 80 % всего парка роботов в мире. В свою очередь промышленные роботы делятся на ряд типов более узкого назначения (например, робот окрасочный, сварочный, транспортный, для обслуживания станков, прессов, литейных машин и т. д.).

По ***типу выполняемых операций*** все промышленные роботы делятся на роботы технологические, которые выполняют основные технологические операции, и роботы вспомогательные, выполняющие вспомогательные технологические операции по обслуживанию технологического оборудования. Технологические роботы относятся к основному технологическому оборудованию, а вспомогательные можно отнести к средствам автоматизации. По широте перечня операций, для выполнения которых предназначен робот, различают роботы специальные, специализированные и универсальные. Специальные роботы предназначены для выполнения одной конкретной технологической операции (например, конкретную сборочную операцию, обслуживание определенной марки технологического оборудования).

Специализированные роботы могут выполнять различные однотипные операции (сборочный робот со сменными рабочими инструментами, робот для обслуживания определенного типа технологического оборудования и т.п.). Универсальные роботы предназначены для выполнения любых основных и вспомогательных операций в пределах их технических возможностей. Увеличение степени универсальности робота соответственно расширяет область его возможных применений, но одновременно неизбежно сопровождается недоиспользованием его возможностей на каждой конкретной операции. Наиболее оптимальными в этом отношении являются специальные роботы, но с другой стороны это предельно сужает их рынок, а, следовательно, и объем производства.

К ***конструктивным показателям*** роботов относят: тип приводов робота, его грузоподъемность, количество манипуляторов, тип и параметры их рабочей зоны, подвижность и способ размещения, исполнение по назначению. ***Приводы,*** которые используются в манипуляторах и системах передвижения роботов, делятся на электрические, гидравлические и пневматические. Часто их применяют в комбинации; например, в звеньях манипулятора большой грузоподъемности исполь-

зуют гидравлический привод, а в его захватном устройстве – более простой и маломощный пневматический привод. ***Грузоподъемность робота*** – это грузоподъемность его манипуляторов, а для транспортного робота еще и его шасси. Грузоподъемность манипулятора определяется массой перемещаемых им объектов и в зависимости от назначения робота может составлять от единиц грамм (сверхлегкие роботы, например, применяемые в микроэлектронике) до нескольких тысяч килограмм (сверхтяжелые, например, транспортные и космические роботы). ***Количество манипуляторов*** у роботов в большинстве случаев ограничено одним (одноманипуляторные или однорукие роботы). Однако в зависимости от назначения существуют конструкции роботов с двумя, тремя и четырьмя манипуляторами (соответственно двух-, трех- и четырехманипуляторные). Обычно манипуляторы робота выполняют одинаковыми, но имеются конструкции роботов и с разными манипуляторами. Например, существуют промышленные роботы для обслуживания прессов холодной штамповки с двумя разными манипуляторами: один основной для взятия заготовки и установки ее в пресс и другой упрощенной конструкции для выполнения более простой операции сталкивания готовой детали в бункер.

Тип и параметры рабочей зоны манипуляторов робота определяют область окружающего его пространства, в пределах которой робот может осуществлять манипуляции не передвигаясь, т.е. при неподвижном основании. Рабочая зона манипулятора – это пространство, в котором может находиться его рабочий орган при всех возможных положениях звеньев манипулятора. Форма рабочей зоны определяется системой координат, в которой осуществляется движение рабочего органа манипулятора, и числом степеней подвижности манипулятора.

Подвижность робота определяется наличием или отсутствием у него системы передвижения. В первом случае роботы называют мобильными, а во втором – стационарными. В соответствии с назначением роботов в них применяют системы передвижения практически всех известных на сегодня типов: от наземных колесных и гусеничных до предназначенных для передвижений в воде, глубинах земли, в воздухе и космосе. Специфическим для робототехники способом передвижения является шагание. ***По способу размещения*** стационарные и мобильные роботы бывают напольными, подвесными (мобильные роботы этого типа обычно перемещаются по поднятому рельсовому

пути), встраиваемыми в другое оборудование (например, в обслуживаемый станок) и т. д.

Исполнение робота по назначению зависит от внешних условий, в которых он должен функционировать. Различают исполнение нормальное, пылезащитное, теплозащитное, влагозащитное, взрывобезопасное и т.д.

По способу управления различают роботы с программным, адаптивным и интеллектуальным управлением. Управление движением по отдельным степеням подвижности может быть непрерывным (контурным) и дискретным позиционным. В последнем случае управление движением осуществляют, задавая конечную последовательность точек (позиций) и последующее перемещение по ним шагами от точки к точке без контроля траекторий между этими точками. Простейшим вариантом дискретного управления является цикловое, при котором количество точек позиционирования по каждой степени подвижности минимально, т.е. чаще всего ограничено двумя начальной и конечной. Быстродействие и точность роботов складываются из их значений для манипуляторов и систем передвижения.

Быстродействие манипулятора определяется скоростью перемещения его рабочего органа. Быстродействие манипуляторов у роботов общего применения можно разбить на следующие три диапазона:

малое – при линейных скоростях до 0,5 м/с;

среднее – при линейных скоростях от 0,5 до 1-3 м/с;

высокое – при больших скоростях.

Наибольшая скорость манипуляторов современных роботов достигает 10м/с и выше. Для значительной части областей применения роботов этот параметр очень важен, так как предопределяет их производительность. Основная трудность при повышении быстродействия связана с известным противоречием между быстродействием и другим не менее важным параметром – точностью. ***Точность манипулятора и системы передвижения робота*** характеризуется результирующей погрешностью позиционирования (при дискретном движении) или отработки заданной траектории (при непрерывном движении). Чаще всего точность роботов характеризуют абсолютной погрешностью.

Точность роботов общего применения можно разбить на следующие три диапазона:

малая – при линейной погрешности от 1мм и более;

средняя – при погрешности от 0,1 до 1 мм;

высокая – при меньшей линейной погрешности.

Наименьшую точность имеют роботы, предназначенные для выполнения наиболее грубых, например, транспортных движений, а наибольшую микронную – роботы, используемые в электронной промышленности. По сравнению с человеческой рукой существенным недостатком современных роботов пока является снижение точности с увеличением хода манипуляторов, в то время как у человека эти параметры в значительной степени развязаны благодаря разделению движений на грубые (быстрые) и точные.

Другими параметрами, характеризующими технический уровень роботов, являются надежность, число одновременно работающих степеней подвижности, время программирования, а также основанные на перечисленных выше параметрах различные относительные и комбинированные показатели. К ним относятся, в частности, удельная грузоподъемность, отнесенная к массе робота, выходная мощность манипулятора (произведение грузоподъемности на скорость перемещения), отнесенная к мощности его приводов, относительные оценки габаритных параметров, манипуляционных кинематических и динамических характеристик, возможностей программирования, экономической эффективности и т.п. Однако эти относительные показатели технического уровня уже не являются паспортными параметрами, используемыми для характеристики конкретных роботов, а служат критериями качества, предназначенными для их оптимизации при проектировании и сравнительной оценке.

Приведем несколько примеров роботов и обрабатывающего оборудования, построенного по мехатронному принципу.

На рис.1.4 представлен вид копирующего манипулятора Маскот фирмы «Телеробот» (Италия), предназначенного для работы с опасными химическими или биологическими препаратами.

Рис. 1.4. Копирующий манипулятор Маскот фирмы «Телеробот» (Италия).

Серия роботов FANUC M-710iC (Япония) предназначена для работы с грузами среднего веса от 20 до 70 кг (Рис. 1.5).

Рис. 1.5. Вид робота FANUC M-710iC

Компактное запястье, жесткая конструкция руки, узкая база и зона досягаемости до 3,1 м делают их незаменимыми при выполнении множества задач, а благодаря высоким угловым скоростям осей этих роботы являются очень быстрыми. Они также отличаются высокой грузоподъемностью и прекрасными инерционными показателями, благодаря чему любая модель может применяться для выполнения широкого спектра операций.

Робот KUKA KR QUANTEC PA – один из лучших роботов-палетоукладчиков на рынке. KUKA KR QUANTEC PA Arctic – его модификация, робот функционирующий при экстремально низких температурах. (Рис.1.6). Он создан для работы преимущественно в морозильных камерах, при температурах до -30 °С. Электронные и механические части аппарата не нуждаются в защите от мороза, снега, инея, а также не выделяют излишнего тепла. Радиус действия манипулятора модификации Арктик, как и у стандартного KUKA KR QUANTEC PA, составляет 3195 мм, а полезная нагрузка – до 240 кг. Аппарат идеален для применения в пищевой промышленности и в условиях крайнего севера. Кроме составления штабелей из паллетов, робот может выполнять и другие манипуляции, ведь точность его движений, а точнее говоря – стабильность повторяемости позиционирования, составляет 0,06 мм.

Рис. 1.6. Вид робота KUKA KR QUANTEC PA Arctic

Идеальным вариантом для промышленных предприятий, специализирующихся на выпуске небольших электронных устройств, является модель FANUC M-1iA, представленная на рис.1.7.

Рис. 1.7. Вид робота FANUC M-1iA

Она обладает гибким модулем, хорошо имитирующим человеческую руку. Для нее характерна высокая точность и повышенная производительность. При небольшой грузоподъемности она способна обеспечить различные технологические операции. Исполнительный орган имеет форму шарнирного параллелограмма, обеспечивающую высокоскоростную сборку деталей.

Робот BigDog – четырехногий робот с адаптивным управлением, созданный в 2005 году фирмой Boston Dynamics (Рис.1.8).

Рис. 1.8. Робот Big Dog

Робот сможет переносить снаряжение и помогать солдатам на территории, где не способен передвигаться обычный транспорт. Вместо колес и гусениц BigDog использует четыре ноги. В ногах находится большое количество разнообразных сенсоров. Также у BigDog имеется лазерный гироскоп и система бинокулярного зрения.

Длина робота Big Dog – 0,91 м, высота 0,76 м, вес 110 кг. В настоящее время он способен передвигаться по труднопроходимой местности со скоростью 6,4 км в час, перевозить 154 кг груза и подниматься на 35 градусную наклонную плоскость. Его передвижение контролирует компьютерная система, которая получает данные от различных сенсоров.

Универсальный фрезерный станок ФС-300 (Рис.1.9), изготавливаемый ВСЗ «Техника» г. Владимир, предназначен для обработки заготовок из черных и цветных металлов или их сплавов операциями фрезерования, сверления, развертывания, зенкерования под различными углами к плоскости стола.

Рис. 1.9. Вид станка ФС-300

На станке реализованы независимые привода подач по каждой координате. Фрезерный станок ФС-300 имеет возможность перемещения рабочих органов на роликовых направляющих по каждой координате с помощью передач винт-гайка или шариковинтовых пар. Зажим инструмента в шпинделях станка осуществляется пакетом тарельчатых пружин, разжим – гидравлический. Станок оснащается устройством цифровой индикации или УЧПУ.

Обрабатывающий центр OKUMA PM-600 (Япония), приведенный на рис.1.10, имеет параллельную кинематику исполнительного механизма на основе гексапода. Гексапод выполнен на базе шести механизмов поступательного перемещения, представляющих собой, например, шариковые винтовые передачи ШВП. Для изменения их длины служат регулируемые электроприводы. Контроль за величиной перемещения осуществляется датчиками положения. Одним концом штанга шарнирно соединена с основанием, а другим (также шарнирно) - с подвижной платформой, на которой установлен рабочий орган, например, мотор-шпиндель. Управляя вылетом штанг по программе, можно управлять положением шпинделя по шести координатам: *X, Y, Z* и тремя углами поворота.

Рис. 1.10. Обрабатывающий центр OKUMA PM-600

На рис. 1.11 представлен вид автоматизированного комплекса лазерного термоупрочнения ЛК-5В разработки ООО «ТермоЛазер», г. Владимир.

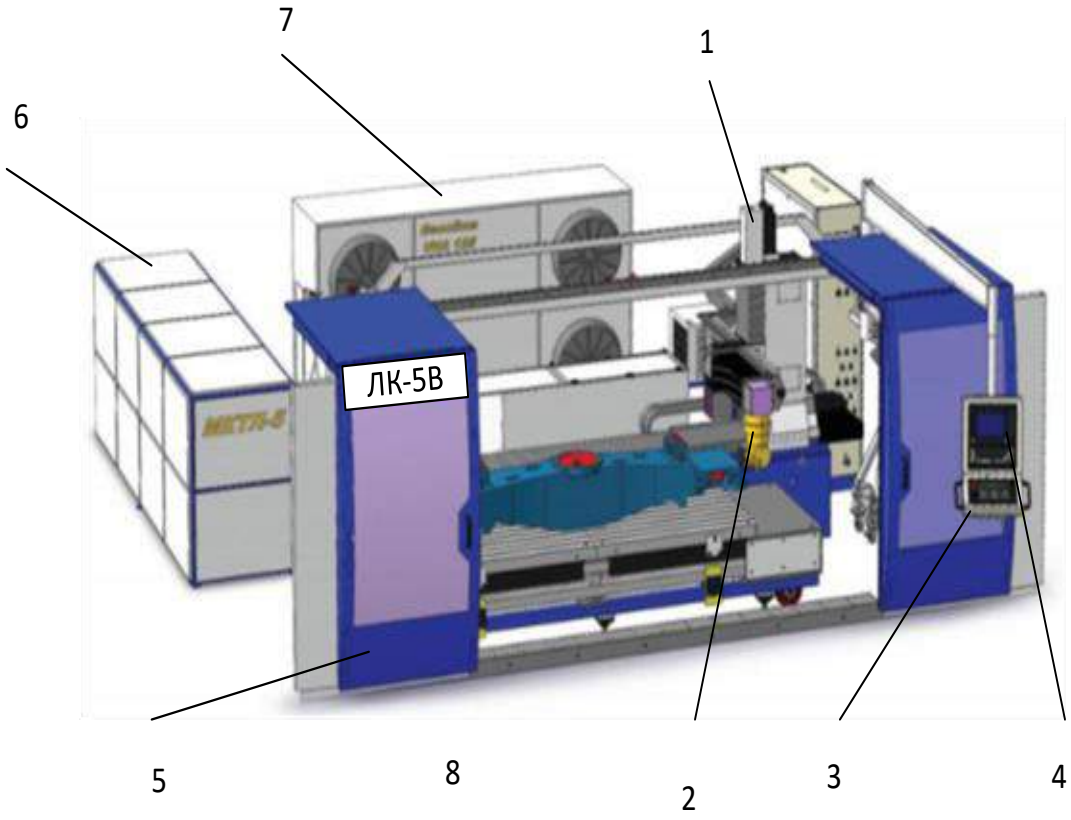


Рис. 1. 11. Вид автоматизированного комплекса лазерного термоупрочнения ЛК-5В

Здесь обозначено: 1- мехатронная исполнительная система с манипулятором оптики; 2- оптическая головка; 3- пульт оператора; 4- монитор; 5 – кабинет; 6 – лазер; 7 – чилер; 8 – стол.

Ниже представлены основные технические характеристики комплекса.

1 Тип лазера - многоканальный CO2-лазер

2 Мощность излучения, кВт - 5

3 Пределы регулирования мощности, кВт - 0,5-5,0

4 Режимы работы лазера - непрерывный, импульсно-периодический

5 Апертура выходного излучения, мм - 72,5

6 Диаметр пятна излучения в зоне обработки, мм - 8-10

7 Количество степеней подвижности манипулятора луча - 5

8 Манипулятор детали устанавливается по желанию заказчика

9 Зона обработки по X, У, Z, мм - 2500*1000*500

10 Линейная скорость обработки, мм/с - 10-20

11 Производительность обработки, $мм^2/с$ - 70-160

12 Потребляемая мощность, кВт - 80

13 Расход лазерной смеси (CO2: N2 : He), л/ч - 4

14 Количество обслуживающего персонала, чел./в смену - 2

15 Занимаемая площадь, $м^2$ - 37,5

Комплекс предназначен для локального лазерного упрочнения путем перемещения пятна лазерного излучения относительно обрабатываемой детали.

Значительные величины перемещений лазерного пятна позволяют производить поверхностное упрочнение быстроизнашивающихся поверхностей крупногабаритных дорогостоящих деталей.

Рабочий стол комплекса грузоподъёмностью до 2000 кг обеспечивает свободную установку и базирование спутников-паллет, а комплект системы ЧПУ Sinumerik 840Di позволяет производить управление пятью осями на станке. Конструкция рабочего стола обеспечивает свободную установку и четкое базирование спутников-паллет, приспособлений и устройств с обрабатываемыми деталями, исключая случайное смещение деталей по координатам X, Y и Z и от горизонтального положения.

1.2. Устройство мехатронных модулей движения

Главным отличительным признаком мехатронного модуля движения (ММД) от общепромышленного привода является использование вала двигателя в качестве одного из элементов механического преобразователя движения. Примеры ММД: мотор-редуктор, мотор-колесо, мотор-барабан, электрошпиндель.

Мотор-редуктор объединяет в один компактный конструктивный модуль электродвигатель и преобразователь движения. Эта конструкция получила в настоящее время широкое распространение. Выпускается целая гамма различных типов мотор-редукторов для различных условий применения, позволяющая найти оптимальное решение каждой конкретной задачи.

По сравнению с традиционным соединением двигателя и редуктора через муфту моторы- редукторы обладают целым рядом существенных преимуществ:

- сокращение габаритных размеров;

- снижение стоимости за счет сокращения количества присоединительных деталей, уменьшения затрат на установку, наладку и запуск изделия;

- улучшенные эксплуатационные свойства (пыле- и влагозащищенность, минимальный уровень вибраций, безопасность и надежность работы в неблагоприятных производственных условиях).

Конструктивное исполнение модуля определяется типами используемых редуктора и электродвигателя. В зависимости от технических требований задачи применяются цилиндрические, насадные, конические, червячные и другие виды редукторов. В качестве электродвигателей наиболее часто используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и регулируемыми преобразователями частоты вращения, однофазные двигатели и двигатели постоянного тока. Многие зарубежные и отечественные фирмы производят электродвигатели, цилиндрические и планетарные редукторы и на их основе мотор-редукторы, которые при необходимости снабжают фотоимпульсными датчиками, резольверами и тормозами (переводя таким образом в класс ММД). Блочно-модульная система присоединения к двигателю различных типов планетарных и цилиндрических редукторов, а также магнитных и цифровых фотоимпульсных датчиков показана на рис. 1.12.

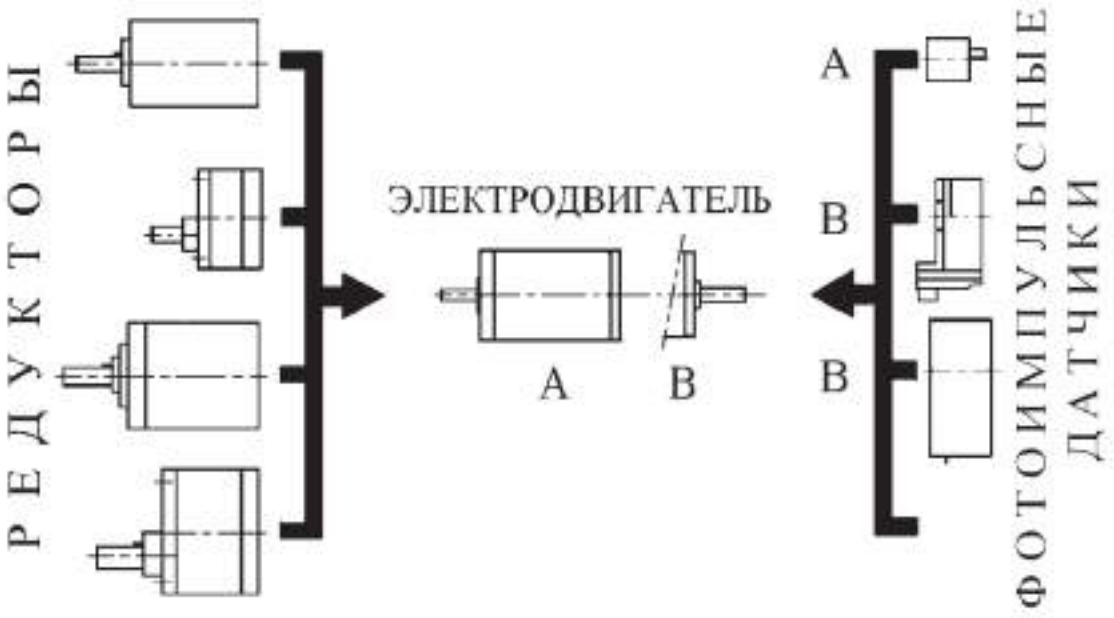


Рис. 1.12. Блочно-модульная система формирования мотор-редукторов: А, В – исполнения двигателя

Конструктивное объединение двигателя и преобразователя движения в мотор-редуктор имеет ряд преимуществ по сравнению с устаревшей системой соединения двигателя и преобразователя движения через муфту. Это и значительное сокращение габаритных размеров, и существенное уменьшение количества соединительных узлов и деталей, и снижение затрат на установку, отладку и запуск.

Благодаря своим достоинствам мотор-редуктор является в настоящее время одним из наиболее распространенных видов электропривода. Во всем мире выпускают ежегодно миллионы штук мотор- редукторов различных типов и исполнений, что позволяет удовлетворить все мыслимые потребности. Мотор-редуктор с преобразователем движения в виде соосного цилиндрического редуктора (рис. 1.13) состоит из двух основных элементов: двигателя *1* и редуктора *2*, имеющего стыковочную поверхность *3* с отверстиями для крепления к ней двигателя винтами или болтами *4*.

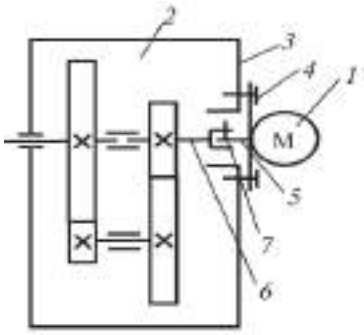


Рис. 1.13. Соосный двухступенчатый

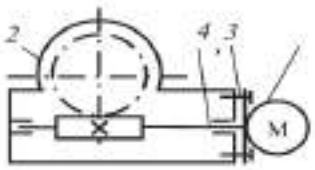


Рис. 1.14. Червячный мотор-редуктор редуктор

При объединении двигателя и редуктора в единый конструктивный модуль вал *5* двигателя вводят во входной полый вал *6* редуктора и закрепляют шпонкой *7*. Возможен вариант, когда двигатель и редуктор имеют общий вал. Схема одноступенчатого червячного мотор-редуктора представлена на рис. 1.14. Он состоит из двигателя *1* и червячного преобразователя движения *2*, соединенных в общий корпус винтами *3*. Вал *4* двигателя и преобразователя движения единый.

Внешний вид двухступенчатого червячного мотор-редуктора фирмы *MOTOVARIO* показан на рис. 1.15.

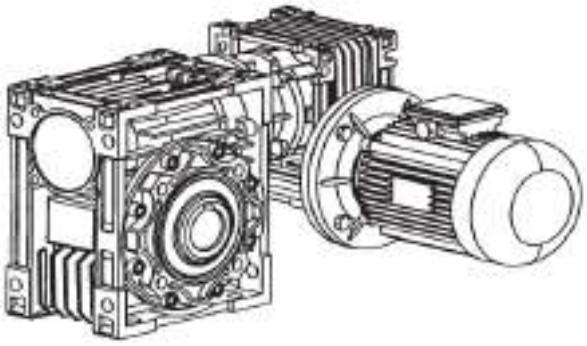


Рис. 1.15. Двухступенчатый червячный мотор-редуктор фирмы *MOTOVARIO*

В мотор-редукторах наиболее часто используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, регулируемые преобразователем частоты вращения вала, однофазные двигатели и двигатели постоянного тока.

Планетарный зубчатый мотор-редуктор изображен на рис. 1.16.

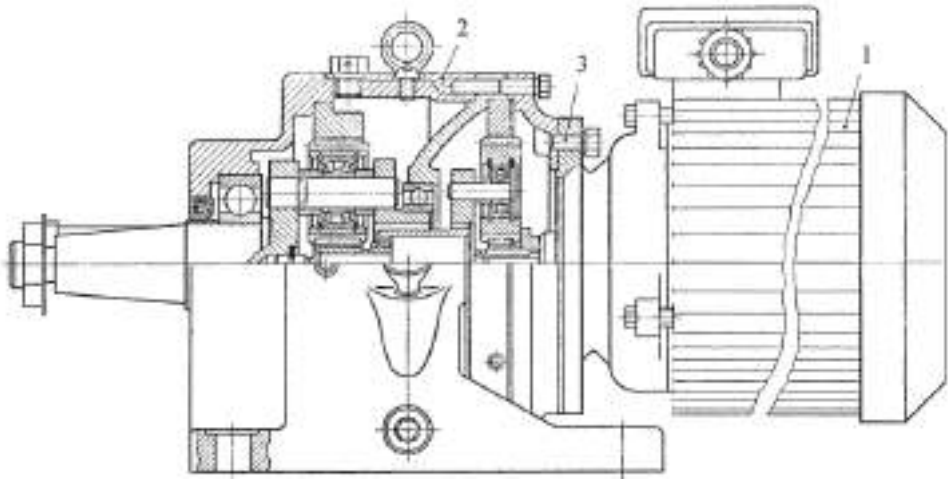


Рис. 1.16. Планетарный двухступенчатый мотор-редуктор

Он состоит из асинхронного двигателя *1* и двухступенчатого планетарного зубчатого преобразователя движения *2*, соединенных при помощи винтов *3* в единый корпус. В преобразователе движения плавающими элементами являются водило первой ступени и солнечная шестерня второй ступени, которые связаны между собой зубчатыми муфтами. Водило второй ступени выполнено заодно с выходным валом преобразователя движения. Сателлиты первой ступени установлены в водилах консольно.

Планетарно-цевочный одноступенчатый мотор-редуктор, состоящий из двигателя *1* и преобразователя движения *2*, соединенных в единый корпус винтами *3*, представлен на рис. 1.17.

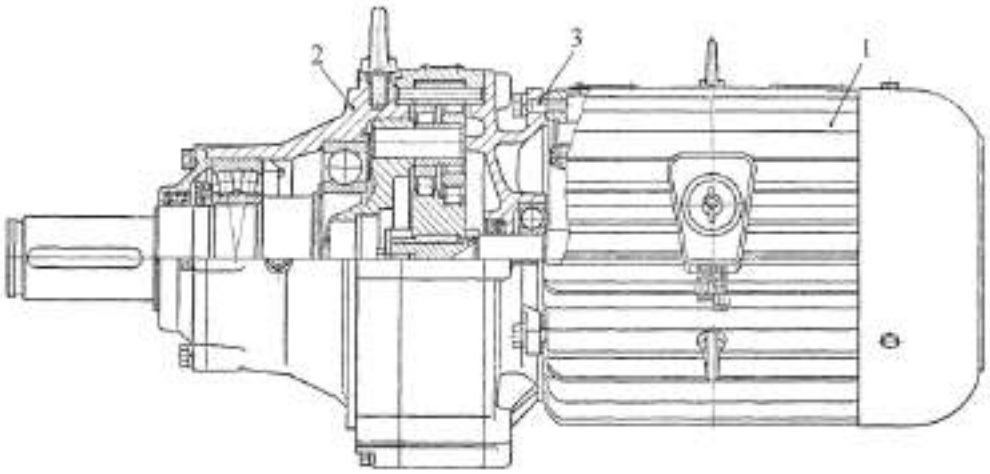


Рис. 1.17. Планетарно-цевочный мотор-редуктор

Мотор-редуктор на основе волнового механизма с лектромагнитным генератором волн изображен на рис. 1.18.

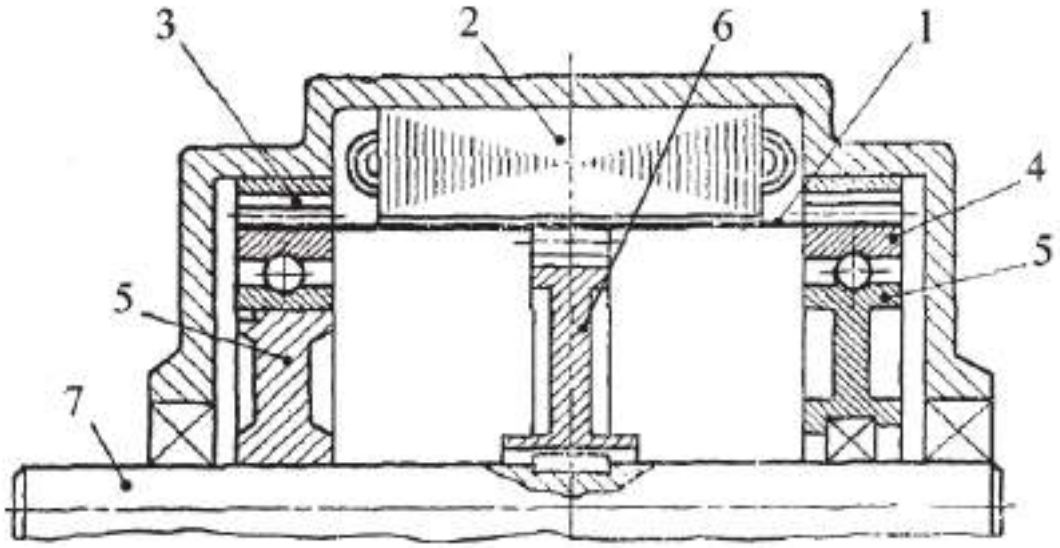


Рис. 1.18. Волновой мотор-редуктор

Он состоит из гибкого колеса *1*, электромагнитного генератора волн *2*, жестких колес *3*, гибких подшипников *4*, кулачков *5*, зубчатого колеса 6 и выходного вала *7*. При работе мотор-редуктора гибкое колесо под воздействием электромагнитного генератора волн входит в зацепление с жесткими колесами. При этом гибкое колесо деформируется синхронно с вращающимся электромагнитным полем и, взаимодействуя с жесткими колесами, вращается относительно корпуса, передавая через зубчатое колесо *6* вращение выходному валу. Кулачки с надетыми на них гибкими подшипниками приходят в движение вместе с гибким колесом.

Кулачки можно устанавливать на выходной вал непосредственно или при помощи подшипников качения. Во втором случае обеспечивается радиальная координация гибкого колеса относительно жесткого, увеличивается надежность, долговечность и повышается коэффициент полезного действия модуля движения.

Во многих случаях скорость вращения выходного вала мотор-редуктора должна быть изменяемой. Реализовать это требование возможно применением механических вариаторов, позволяющих регулировать скорость вращения, либо применением электронных устройств,

изменяющих скорость вращения двигателя. Каждый из указанных способов, имеющих свои преимущества и недостатки, применяют в зависимости от тех конструктивных и технологических задач, которые необходимо решить. Например, если требуется повысить передаваемый момент на выходном валу, то целесообразно применять конструкцию мотор-редуктора с механическим вариатором. Если же необходимо расширить диапазон регулирования скорости либо сохранить минимальные габариты и массу мотор-редуктора, то предпочтительны частотные преобразователи скорости. В мотор-редукторах могут быть использованы различные типы вариаторов. При этом изделие получает название «*мотор-вариатор- редуктор*». На рис. 1.19 представлена общая компоновочная схема мотор-вариатор-редукторов.

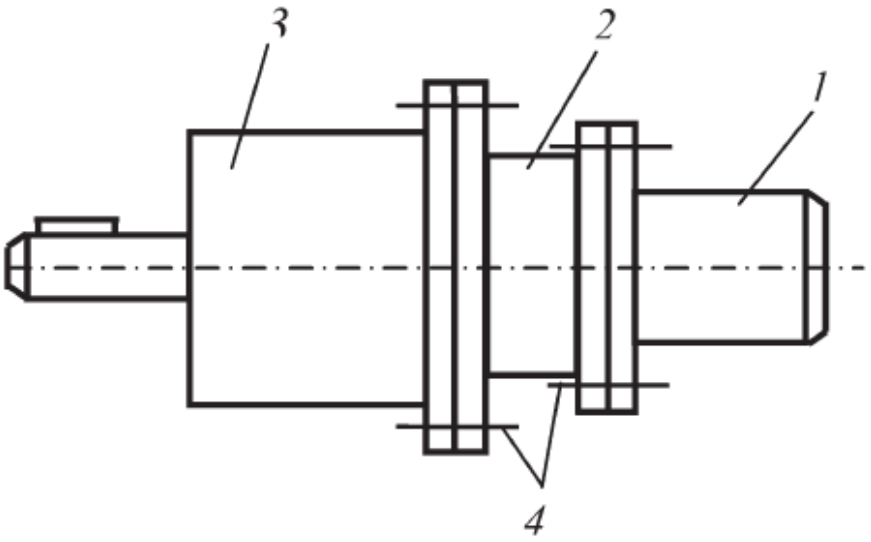


Рис. 1.19. Компоновка мотор-вариатор-редуктора

Двигатель *1*, вариатор 2 и редуктор *3* соединяют фланцами с помощью винтов (болтов) *4*. Применение мотор-редукторов в комплекте с частотными преобразователями скорости позволяет посредством изменения скорости вращения вала двигателя осуществлять плавное (бесступенчатое) регулирование скорости выходного вала с сохранением момента.

Конструкция мотор-колеса на основе планетарно-цевочного преобразователя движения типа *K-H-V* представлена на рис. 1.20.

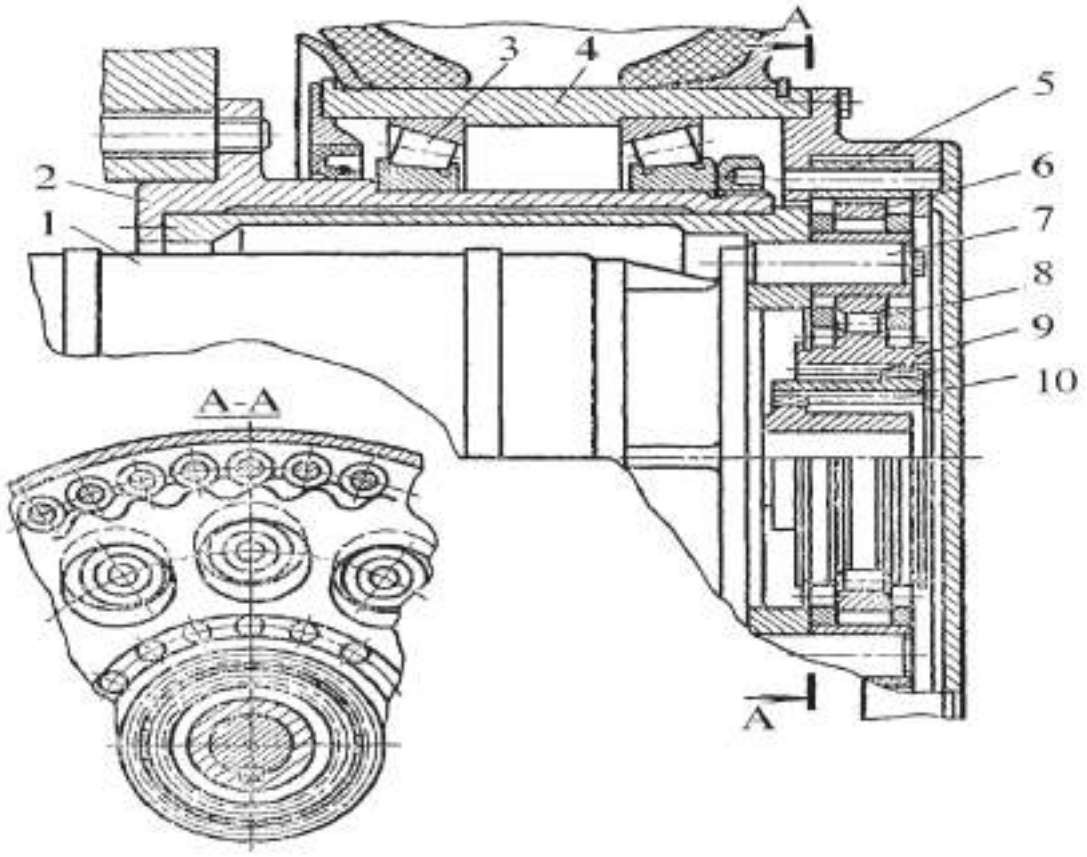


Рис. 1.20. Конструкция мотор-колеса на основе планетарно-цевочного редуктора

Эксцентрик *9* связан с валом электродвигателя *7* через двойную зубчатую муфту *10*. Для роликов *8* эксцентрик имеет три беговые дорожки. Через сателлит *6* вращение передается цевочному колесу *5* и дальше на ступицу колеса *4*, которая опирается на два конических радиально-упорных подшипника *3*. Механизм параллельных кривошипов *7* установлен в неподвижной ступице *2*. Передача является двухсателлитной, причем один из сателлитов раздвоен и расположен симметрично относительно другого, что исключает неравномерность распределения нагрузки по длине цевок колеса *5*. Эксцентрик *9* выполнен плавающим и не имеет радиальных опор. Конструкция компактна и достаточно проста в сборке и разборке.

Развитие новых электронных технологий привело к созданию миниатюрных датчиков и электронных блоков для обработки их сигналов. Это позволило ввести в ММД электронные и информационные устройства, наличие которых является главным отличительным признаком ММД от МД. Важным шагом в развитии приводной техники

стало появление высокомоментных двигателей вращательного движения, применение которых позволило вообще исключить механический редуктор из состава электроприводов постоянного тока, работающих на низких скоростях. Высокомоментными называются двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и электронной коммутацией обмоток, которые допускают многократную перегрузку по моменту. Для определения положения полюсов на роторе вентильного ВМД устанавливают дополнительные технические средства (например, датчики Холла, индуктивные и фотоэлектрические датчики). Обычно высокомоментные двигатели (ВМД) устойчиво работают на частотах вращения 0.1-1 1/мин, которые типичны для металлорежущих станов и промышленных роботов. Основные преимущества ВМД определяются отсутствием в приводе редуктора: - снижение материалоемкости, компактность и модульность конструкции; - повышенные точностные характеристики привода благодаря отсутствию зазоров; - исключение трения в механической трансмиссии позволяет существенно уменьшить погрешности позиционирования и нелинейные динамические эффекты на ползучих скоростях; - повышение резонансной частоты. ВМД выпускаются в настоящее время коллекторного и вентильного (иногда используется термин «бесщеточного», либо «бесконтактного») типов. Основные преимущества вентильных двигателей по сравнению с коллекторными: - высокая надежность, большой срок службы, минимальные затраты на обслуживание (вследствие исключения искрения и износа щеток); - улучшенные тепловые характеристики (так как тепло рассеивается на обмотках статора, а на роторе тепловыделяющие элементы отсутствуют), отсюда возможность использования проводов малого сечения; - высокое быстродействие за счет высокого соотношения развиваемый момент/ момент инерции ротора;

- большая перегрузочная способность по моменту (типично Ммах/Мном = 8) в широком диапазоне регулирования скорости;

- близкие к линейным механические и регулировочные характеристики. По сравнению с синхронными двигателями вентильные ВМД позволяют регулировать скорость вращения с помощью обратной связи, частота вращения не зависит от напряжения питания, нет проблемы выпадения из синхронизма.

Основной недостаток вентильных двигателей - наличие дорогостоящих магнитов и блока управления коммутацией обмоток, отсюда пониженный показатель мощность/цена и повышенные габариты. В современных модификациях эта проблема решается путем построения этих блоков на базе относительно дешевых интегральных микросхем. В состав современных мехатронных модулей движения на основе ВМД обязательно входят также датчики обратной связи и иногда управляемые тормоза, что позволяет отнести такие ММД ко второму поколению. В качестве датчиков наиболее часто применяются фотоимпульсные датчики (энкодеры), тахогенераторы, резольверы и кодовые датчики положения. Принципиально важно, что модуль "двигатель-датчик" имеет единый вал, что позволяет сочетать высокие технические параметры и низкую стоимость.

Современное производство предъявляет к ММД целый ряд требований: высокая точность реализации исполнительных движений; надежность, долговечность; возможность работы при наличии различных видов возмущений и в широком диапазоне температур окружающей среды; значительно меньшие массогабаритные показатели по сравнению с обычным электроприводом. Требования к развиваемым усилиям, точности и скорости исполнительных движений диктуются особенностями автоматизируемых операций, а требование минимизации размеров – необходимостью встраивания модуля в ограниченное пространство. Попытка синтеза ММД из имеющихся в наличии серийно выпускаемых компонентов может привести к технически и экономически неэффективным решениям. Рациональным является проектирование специализированного ММД, наиболее полно отвечающего его служебному назначению. Сложность и противоречивость требований, предъявляемых к ММД, обусловливает целесообразность мехатронного подхода к их проектированию. В частности, следование принципу синергетической интеграции элементов системы приводит к обеспечению желаемого уровня качества модуля за счет конструктивного и функционального взаимопроникновения его компонентов, многие из которых являются специализированными и создаются в ходе параллельного системного проектирования с учетом их последующего объединения. Если преобладающим является требование обеспечения компактности, то оно может быть реализовано путем использования бесконтактных электрических машин и их интеграции с преобразова-

телями движения и информационно-измерительными элементами. При этом преобразователи движения и датчики не являются отдельными устройствами, а становятся неотъемлемыми элементами двигателя. Синергетический эффект достигается также за счет выполнения некоторыми компонентами ММД нескольких функций одновременно. Такие решения позволяют исключить многие механические интерфейсы, упростить и удешевить конструкцию, устранить необходимость механической подгонки и согласования датчика и двигателя. ММД являются функциональными «кубиками», из которых можно компоновать сложные мехатронные системы.

Примеры ММД: модули на основе электродвигателей углового линейного движения и различных преобразователей движения (винтовых, червячных, планетарных, волновых и т. п.), безредукторные ММД, безредукторные поворотные столы. ММ линейного движения выходного звена изображен на рис. 1.21.

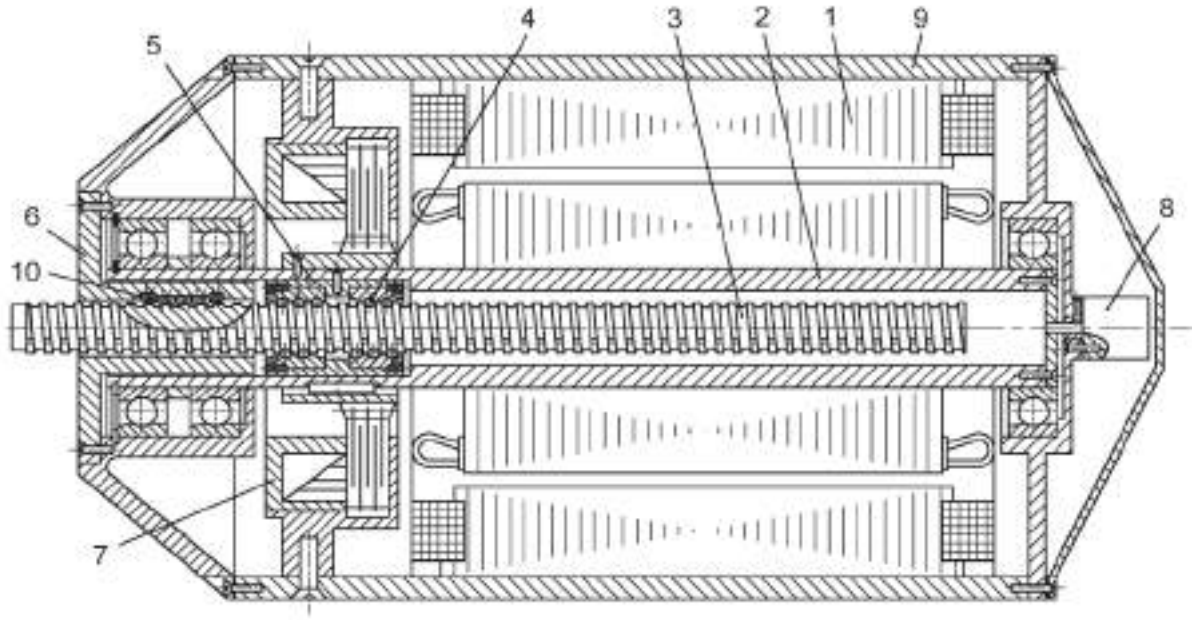


Рис. 1.21. Мехатронный модуль линейного движения

Он состоит из асинхронного двигателя *1* с полым валом *2*, шариковинтовой передачи, включающей в себя винт *3*, шарики *4*, составную гайку *5*, соединенную с валом *2*, направляющей *6*, нормально замкнутого электромагнитного тормоза *7*, фотоимпульсного датчика *8* и корпуса *9*. При вращении ротора двигателя *1* вал *2* вращает гайку *5*, которая через шарики *4* вызывает поступательное перемещение винта

3. Для предотвращения проворачивания и уменьшения трения при перемещении винта *3* в нем сделаны три продольных паза, в которые входят шарики *10* направляющей *6*. Величину перемещения винта *3* фиксирует фотоимпульсный датчик *8*. Электромагнитный тормоз *7*, закрепленный в корпусе *9*, в случае отключения электроэнергии срабатывает и останавливает винт.

Двухстепенной (двухкоординатный) ММД показан на рис. 1.22.

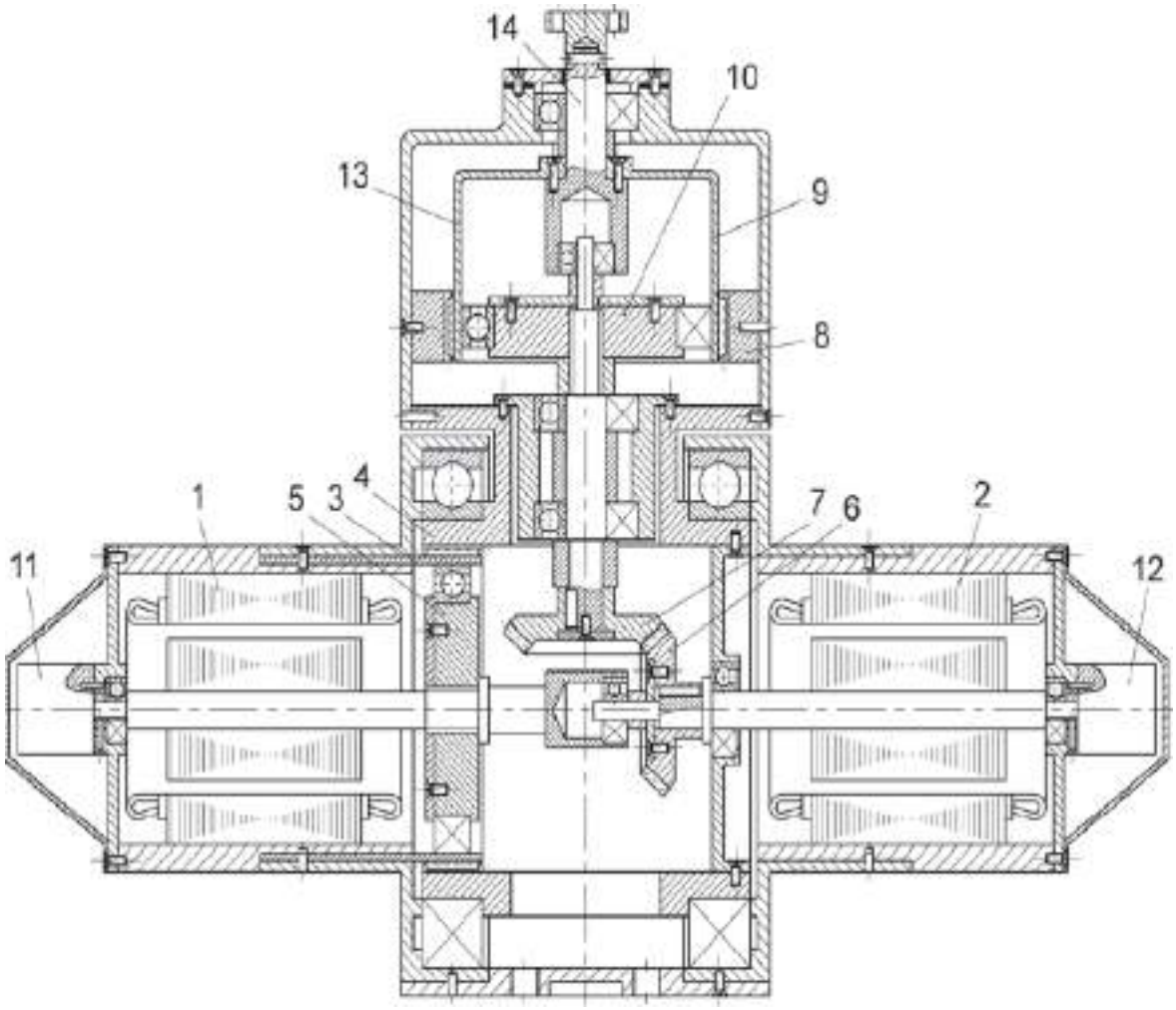


Рис. 1.22. Двухкоординатный мехатронный модуль движения

Модуль состоит из двух двигателей *1* и *2*, волнового преобразователя движения с неподвижным гибким колесом *3*, подвижным жестким колесом *4* и кулачковым генератором волн *5*, двухступенчатого преобразователя движения, состоящего из конической зубчатой передачи *6–7*, волнового преобразователя движения с неподвижным жест-

ким колесом *8*, подвижным гибким колесом *9* и кулачковым генератором волн *10*, двух фотоимпульсных датчиков *11* и *12*. При включении двигателя *1* генератор волн *5* начинает вращаться и жесткое колесо *4* вместе со связанным с ним корпусом *13* приходит в движение. При включении двигателя *2* вращение его вала через пару зубчатых колес *6–7* приводит во вращение генератор волн *10*, и гибкое колесо *9* вместе со связанным с ним выходным валом *14* приходит в движение. Фотоимпульсные датчики *11* и *12* предназначены для определения положения и перемещения корпуса *13* и выходного вала *14* соответственно.

На рис. 1.23 изображен ММД фирмы *MAXON*.

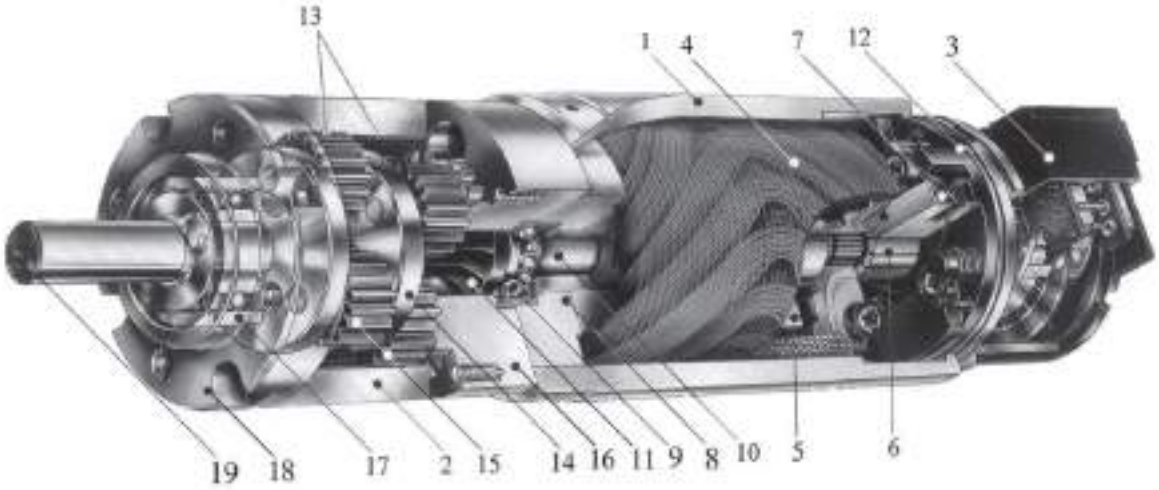


Рис. 1.23. Мехатронный модуль движения фирмы *MAXON*

Он состоит из коллекторного двигателя *1*, двухступенчатого планетарного редуктора *2* и фотоимпульсного датчика положения *3*.

Двигатель включает в себя обмотку *4*, магнит *5*, коллектор *6*, щетки *7*, фланец *8*, подшипник *9*, вал *10*, заканчивающийся вал-шестерней *11*, крышку *12*. Каждая ступень редуктора типа 2К-*H* с одним внешним и одним внутренним зацеплениями имеет два центральных колеса *11* и *13*(первая ступень), водило *14* и сателлиты *15*. Для установки подшипника *9* имеется специальная монтажная плита *16*. Подшипник *17* закреплен во фланце *18* преобразователя движения, через который проходит выходной вал *19*. Фотоимпульсный датчик предназначен для определения положения и перемещения выходного вала.

Важнейшим этапом развития ММД стали разработки модулей типа «*двигатель – рабочий орган*». Такие конструктивные модули

имеют особое значение для технологических мехатронных систем, целью движения которых является реализация целенаправленного воздействия рабочего органа на объект работ. ММД типа «*двигатель – рабочий орган*» широко применяют в шлифовальных и фрезерных станках под названием мотор-шпиндели.

В настоящее время выпускают широкую номенклатуру высокоскоростных прецизионных электро- и пневмошпинделей с частотой вращения 9000… 250000 об/мин, предназначенных для обработки различных металлов и неметаллических материалов шлифованием, фрезерованием, сверлением, а также специального назначения, в том числе для промышленных лазеров. Высокоскоростной шпиндель, используемый в составе металлорежущего станка, должен обеспечивать ряду технических требований, к которым в первую очередь относятся:

- высокая пиковая мощность и мощность постоянного действия;
- максимальная радиальная и аксиальная жёсткость;
- максимальная скорость вращения;
- соответствующая требованиям высокоскоростной обработки (ВСО) система крепления инструмента, часто с возможностью автоматической смены инструмента.

Для каждого конкретного практического приложения должен быть произведён выбор между шпинделем с ременной передачей и моторшпинделем. На рис.1.24 приведен электрошпиндель со встроенным двигателем датчиками и исполнительными элементами для контроля процесса высокоскоростной обработки.

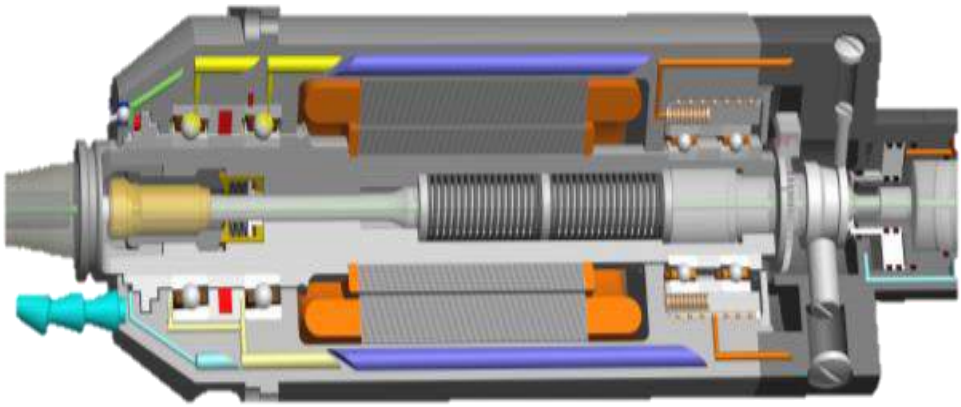


Рис. 1.24. Вид моторшпинделя

Двигатель интегрирован в корпус шпинделя и обеспечивает возможность высоких скоростей вращения без ограничений, обусловленных ременными и зубчатыми передачами. Моторшпиндель состоит из установленного на подшипниках шпиндельного вала, двигателя и системы зажима инструмента. Смазка подшипников перманентная на весь срок службы или воздушно-масляная. Воздушно-масляная смазка позволяет достичь более высокие – на 20% и выше скорости вращения. Мощность электрошпинделя определяется мощностью мотора. Выбор шпинделя для конкретного приложения определяется требованиями станка. В конечном итоге должен быть сделан выбор оптимальной комбинации скорости вращения, мощности, жёсткости и нагрузочной способности.

ММД в виде безредукторного поворотного стола (рис. 1.25) предназначен для обеспечения режимов позиционирования и контурной обработки на фрезерных, сверлильных и расточных станках.

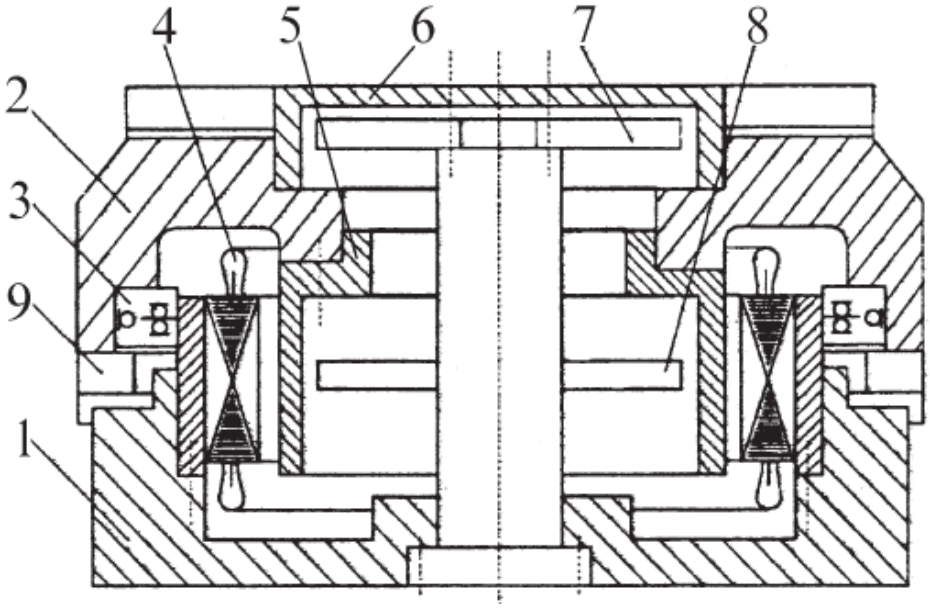


Рис. 1.25. Безредукторный поворотный стол

Стол состоит из основания *1* и собственно поворотного стола *2*, опирающегося на упорные подшипники *3*, встроенного двигателя *4*, ротор *5* которого соединен с планшайбой *6*, датчика *7* положения, датчика *8* скорости и гидротормоза *9*, обеспечивающего фиксацию планшайбы в нужном положении. Безредукторное соединение ротора двигателя с планшайбой позволяет увеличить точность позиционирования

стола и расширить его технологические возможности. Одновременно упрощается конструкция стола, уменьшается число деталей, повышается жесткость.

Мехатронный подход к построению модулей вращательного движения на базе высокомоментных двигателей получил в последние годы свое развитие и в модулях линейного перемещения. Цель проектирования аналогична - исключить механическую передачу из состава ММД. Мехатронные модули движения на основе линейных высокомоментных двигателей (ЛВМД) находят все большее применение в гексаподах, высокоскоростных станках (многоцелевых, фрезерных, шлифовальных), комплексах для лазерной и водоструйной резки, вспомогательном оборудовании (крестовых столах, транспортерах). Традиционные электроприводы линейных перемещений включают в себя двигатель вращательного движения и механическую передачу для преобразования вращения в поступательное движение (шарико-винтовую передачу (ШВП), зубчатую рейку, ленточную передачу и т.п.). С начала 80-х годов известны разработки собственно линейных двигателей, однако из-за низких удельных силовых показателей они имели ограниченную область применения (графопостроители, координатно-измерительные машины) и в автоматизированном оборудовании не могли быть использованы.

Рис. 1.26. Мехатронный модуль с линейным двигателем

Основные преимущества модулей на базе ЛВМД по сравнению с традиционными линейными приводами:

- повышение в несколько раз максимальной скорости движения (до 150-210 м/мин) и ускорения (в перспективе до 5g);
- высокая точность реализации движения;
- высокая статическая и динамическая жесткость.

Вместе с тем имеется ряд проблем при проектировании и внедрении ЛВМД: более высокая стоимость, необходимость использования систем охлаждения ММД (жидкостной или воздушной), относительно невысокий к.п.д. модуля.

1.3. Информационная система и датчики мехатронных и робототехнических систем

Информационная система (ИС) представляет собой совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств, предназначенных для получения измерительной и другой информации, необходимой для нормального функционирования мехатронного или робототехнического устройства, передачи, хранения и преобразования этой информации (в том числе осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации) в целях представления информации потребителю (системе управления или человеку-оператору) в виде, удобном для принятия решения. ИС являются важнейшей составной частью МС и занимают в них особое место: именно они обеспечивают координацию и синхронизацию работы всех других систем. Благодаря ИС объект приобретает новые системные свойства (целостности, организованности, иерархичности структуры), которые не являются простой суммой свойств составляющих систем.

Любая мехатронная или робототехническая система должна иметь возможность контролировать состояние своих подсистем, а также значимые для ее нормального функционирования параметры внешней среды. Такая информация позволяет, например, мобильному роботу следить за своим состоянием, правильно ориентироваться в

окружающем пространстве, выбирать оптимальный маршрут движения и рабочие объекты, своевременно избегать опасных ситуаций (перегрева, опрокидывания, причинения вреда человеку и т.п.). Робот, лишенный возможности получать информацию о состоянии своих подсистем и окружающем пространстве подобен человеку, лишенному не только пяти органов чувств, но информации от многочисленных биологических сенсоров, расположенных, например, в наших суставах (чтобы убедиться в их наличии, закройте глаза и вы без труда сможете описать положение любого сустава руки или ноги!). Чтобы подсистема управления робота смогла принимать адекватные решения, поступающая к ней из внешней среды (от датчиков очувствления) и от блоков самого робота (в том числе и хранящаяся в запоминающих устройствах) информация должна быть достаточно полной и достоверной. При этом, чем выше «интеллектуальный уровень» мехатронной системы, тем в большей степени работа ее подсистемы управления основана на текущей информации, поступающей от датчиков и обрабатываемой в реальном масштабе времени.

Основными процессами, позволяющими ИС получать необходимую информацию, являются обнаружение событий и объектов, измерение их параметров, обработка результатов измерения, в том числе контроль, диагностика, распознавание образов. В соответствии с этим можно классифицировать ИС по составу, выполняемым функциям и уровню интеллектуальности.

По мере развития ИС качество получаемой с их помощью информации и расширение функциональных возможностей все чаще связывается с их интеллектуализацией. При этом понятие интеллектуальности непосредственно связано с наличием процессора и программной части. Именно переход к созданию процессорных ИС явился главным шагом по формированию предпосылок для появления интеллектуальных ИС.

Однако само наличие процессора и программной части еще не определяет уровня интеллекта ИС. За основу определения этого уровня примем следующее положение: уровень интеллекта обусловливается

возможностями использования априорной (банк знаний и банк данных) и текущей информации для синтеза и выполнения алгоритмов, характеризующихся наилучшим для принятых условий и ограничений метрологическим качеством результатов измерений и синтезированной на их основе управляющей информации. В ИС низших уровней развития процессы измерения и обработка их результатов производится по заранее заданным алгоритмам. В высокоразвитых ИС в той или иной степени используется искусственный интеллект.

Информационные устройства и системы, как и органы чувств человека, предназначены для сбора информации о состоянии внешней среды и внутреннем состоянии робота. В качестве ее элементов используются телевизионные, светолокационные, ультразвуковые, тактильные и другие датчики. Функционально органы очувствления роботов (мехатронных систем) датчики – можно подразделить на два основных класса: датчики внутреннего состояния и датчики внешнего состояния (Рис.1.27). Основное назначение средств очувствления МС состоит в том, чтобы существенно снизить объем необходимой априорной информации. Кроме того, их включение в состав систем управления позволяет существенно упростить процедуру обучения МС, повысить динамическую точность и быстродействие исполнительных органов. Представим, что перед нами робот, перемещающий деталь из кассеты на сборочный стол и работающий по жесткой программе (без датчиков). Если детали не будет в том месте, откуда робот должен ее взять, он все равно сделает хватательное движение и будет перемещать пустой схват в место назначения на рабочем столе. Если на пути движения руки такого робота встретится препятствие, движение руки не будет остановлено (что может привести к поломке робота или повреждению препятствия). Робот, снабженный датчиками очувствления, сможет взять деталь, даже, если она находится не точно в заданном месте или иначе ориентирована, при движении рука робота остановится перед препятствием, т. е. очувствленный робот учитывает изменения внешней среды и корректирует свои действия в соответствии с этими изменениями.

Рис. 1.27. Классификация информационных устройств и систем используемых в мехатронике и промышленных роботах

В зависимости ***от принципа действия*** датчики с электрическим выходным сигналом можно разделить на две группы: ***генераторные*** или активные и ***параметрические*** или пассивные. В генераторных датчиках преобразование измеряемой величины осуществляется непосредственно в электрический сигнал (т.е. такие датчики генерируют электрическую энергию). К ним, например, относятся пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические (использующие появление

ЭДС в полупроводниковом pn-переходе при его освещении), термоэлектрические. В **параметрических** датчиках измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи – сопротивление, индуктивность, емкость и т.п., причем для питания датчика необходим источник электрической энергии. К таким датчикам, например, относятся емкостные, индуктивные, электроконтактные, потенциометрические, тензорезисторные.

По используемым ***физическим явлениям и эффектам*** можно выделить следующие виды датчиков, получивших наибольшее распространение в ИС мехатронных устройств: тензорезисторные (для измерения усилий, давлений, моментов, малых перемещений, ускорений и пр.), реостатные (для измерения усилий, давлений, перемещений, линейных и угловых скоростей и ускорений), индуктивные и индуктивно-трансформаторные (для измерения усилий, давлений, линейных перемещений), индукционные (для измерения линейных и угловых скоростей), пьезоэлектрические (для измерения вибраций, динамических усилий, давлений), емкостные (для измерения линейных и угловых перемещений, давлений, состава вещества), магнитоупругие (для измерения усилий, давлений, моментов), фотоэлектрические (для измерения линейных и угловых перемещений, линейных и угловых скоростей, положения объектов, линейных размеров и пр.).

Для измерения угловых перемещений чаще всего применяются потенциометрические датчики, преобразующие угол поворота в напряжение. Точность прецизионных потенциометров может достигать 0,01-0,05 %, разрешающая способность – 0,05-0,01 %. С повышением разрешающей способности потенциометра, как правило увеличиваются его габариты, которые для большинства прецизионных потенциометров колеблются в следующих пределах: диаметр 60-150 мм, высота 50-90 мм. Малые габариты и очень высокую разрешающую способность имеют многооборотные спиральные потенциометры.

Основные недостатки потенциометрических датчиков заключаются в износе проволоки и щётки, ограниченной разрешающей способности и низкой чувствительности по напряжению. От этих недостатков свободны трансформаторные преобразователи угловых перемещений. Наибольшее распространение имеют вращающиеся трансформаторы и сельсины, позволяющие получать напряжения переменного тока, про-

порциональные тригонометрическим функциям угла поворота или самому углу. Следует отметить, что однозначная зависимость выходного напряжения у них в функции угла поворота ограничена интервалом 0-π. Недостатком трансформаторных преобразователей является сравнительно низкая точность воспроизведения функции угла поворота, не превышающая в большинстве случаев 0,1-0,2%.

Для измерения линейных перемещений можно использовать как потенциометрические, так и индуктивные датчики. Использование индуктивных датчиков для непосредственного измерения перемещения возможно только при движении подвижного звена в пределах 80-100мм. Для повышения точности измерения обычно применяют датчики дифференциального типа с двумя катушками. Основной недостаток этих датчиков заключается в нелинейности их характеристик, что и затрудняет их использование для измерения значительных перемещений. для измерения линейных и угловых перемещений можно использовать счётные датчики, т.е. датчики, у которых выходная величина представляется числом импульсов. В тех случаях, когда требуется различать направление измерения измеряемой величины, применяют двухфазную систему воспринимающих элементов. Наряду с измерением угловых и линейных перемещений часто необходимо иметь информацию, о различного рода деформациях и механических напряжениях. Для измерения относительных деформация в пределах 0,005-1,5 % обычно используются проволочные тензометры на бумажной основе, а также фольговые и плёночные тензосопротивлеия. Тензосопротивления практически безинерционны и могут применяться в диапазоне частот от 0 до 100 кГц. Рядом преимуществ перед подобными тензосопротивлениями обладают полупроводниковые тензодатчики: очень малые размеры (до 1 мм), высокая тензочувствительность (на 2 порядка выше, чем у проволочных тензометров), высокий уровень выходного сигнала. Полупроводниковые тензосопротивлеия могут иметь как положительный, так и отрицательный коэффициент тензочувствительности, т.е. при деформации из сопротивление может увеличиваться, и уменьшаться. К их недостаткам следует отнести изменение коэффициента тензочувствительности в зависимости от уровня деформации, температуры, удельного сопротивления материала.

Поскольку ИС мехатронного устройства предназначена для получения и обработки информации о состоянии **как самого мехатронного устройства**, так и **внешней среды**, в состав ИС входят датчики ***внутренней*** и ***внешней информации.***

Датчики внутренней информации служат для измерения величин, характеризующих внутреннее состояние МС, т.е. для определения положений и скоростей перемещения исполнительных органов, усилий в их звеньях, а также параметров внутренней среды, обеспечивающей нормальное функционирование устройства. Датчики внешней информации предназначены для контроля наличия, формы, положения и ориентации в пространстве объектов манипулирования, свойств внешней среды и параметров возмущений, влияющих на функционирование МС в этой среде.

По способности воспринимать информацию на различных расстояниях от ее источника средства очувствления могут быть условно разделены на **бесконтактные и контактные**

Бесконтактные средства очувствления, оперирующие с геометрическими характеристиками объектов внешней среды, включают два класса устройств: системы технического зрения и локационные системы очувствления.

Средства очувствления контактного действия, которые измеряют действующие на манипулятор силы и моменты, а также фиксируют координаты точек их приложения, представлены системами силомоментного и тактильного очувствления [6]. Создание силомоментных систем вызвано необходимостью измерения сил и моментов в процессе взаимодействия схвата или инструмента с объектом манипулирования при выполнении, например, механической обработки, абразивной зачистки и шлифовки изделий. Применение силомоментных систем очувствления позволяет автоматизировать указанные технологические операции при минимуме затрат на разработку и создание дополнительного оборудования, например, конвейеров и позиционеров, обеспечивающих высокую точность начальной установки собираемых деталей. Эти же системы очувствления могут быть с успехом использованы также и для решения многих манипуляционных задач, особенно при работе с жесткими деталями, когда незначительные погрешности позиционирования могут вызвать большие усилия, которые трудно проконтролировать другими средствами.

Силомоментные системы очувствления состоят из датчика и устройства предварительной обработки информации. В общем случае они обеспечивают измерение трех проекций силы и трех проекций векторов моментов, возникающих при взаимодействии схвата или инструмента с обрабатываемой деталью. Датчики силомоментного очувствления размещают либо непосредственно на губках схвата, либо между последним звеном манипулятора и схватом.

Бесконтактные средства очувствления. Системы технического зрения (СТЗ) представляющие собой бесконтактный тип систем очувствления, находят широкое применение в промышленном производстве на операциях распознавания и сортировки деталей, разборки деталей из навала, для измерения координат движущихся деталей, подлежащих захватыванию, определения положения характерных точек в ориентации деталей на сборочных участках, контроля качества обработки или покрытия поверхностей деталей и т. п. Локационные системы очувствления используют для измерения координат изделия в тех случаях, когда применение СТЗ нецелесообразно или невозможно. Посредством локационных датчиков обеспечивается измерение таких параметров, как расстояние до объектов, скорость движения, размеры объектов, обнаружение препятствий, а также исследование механических, электрофизических, акустических и других параметров объектов. В качестве дополнительных параметров измерения могут выступать зазоры, перекосы, проскальзывания наличие внутренних дефектов, толщина материала или покрытия, площадь, ориентация и другие. Локационные системы также применяют для простейшего распознавания деталей, имеющих различную отражательную способность, в качестве датчиков безопасности для предотвращения столкновения подвижных частей манипулятора с предметами и людьми, случайно оказавшимися в зоне обслуживания. Установка локационных датчиков на схвате манипулятора может обеспечить, например, возможность точного слежения сварочной головки за траекторией шва, а также позволяет захватывать и устанавливать изделия на подвесном или ленточном конвейерах.

Ультразвуковые локационные системы в основном они используются для определения местоположения мобильных роботов и обеспечения безопасности движения тележек внутрицехового транспорта. Работа таких систем основана на способности упругих волн высокой частоты (выше 20 кГц) распространяться в жидких, газообразных и твердых

средах и отражаться от неоднородностей или границ раздела этих сред. Наиболее часто используются эхометод и метод, использующий эффект Доплера.

Эхометод основан на излучении в среду коротких акустических импульсов и приеме эхосигналов от неоднородностей среды или находящихся в ней предметов. Этот метод используется для обнаружения предметов, измерения расстояний и перемещений, его также используют в ультразвуковых системах технического зрения (например, медицинская аппаратура для ультразвукового исследования, которая позволяет видеть на экране монитора состояние внутренних органов человека) [6]. Создаваемые излучателем короткие импульсы (длительностью около 1 мс), промодулированные ультразвуковой частотой (40 кГц), посылаются в направлении исследуемого объекта. Отраженные импульсы улавливаются приемником ультразвуковых сигналов, и после преобразования в электрический сигнал и усиления обрабатываются процессором. Процессор выделяет полезный сигнал среди помех и вычисляет расстояние L до исследуемого объекта в соответствии с формулой $L=(V \cdot t)/2$, где V – скорость распространения звуковой волны в данной среде; t – промежуток времени, прошедший между моментом появления переднего фронта излучаемого импульса и моментом прихода переднего фронта отраженного импульса на приемник.

В качестве излучателя и приемника обычно используется керамический пьезоэлектрический или магнитострикционный преобразователь. Чаще всего это один и тот же элемент (т. к. пьезоэлектрический и магнитострикционный эффекты являются обратимыми), поочередно подключаемый быстродействующим коммутатором в промежутках между импульсами то к каналу излучения, то к измерительному каналу. В качестве пьезоэлектрических ультразвуковых преобразователей часто используются пластины пьезокерамики ЦТС-19.

Локационные системы, использующие эффект Доплера, помимо расстояния позволяют определять также составляющую скорости V_O перемещения объекта, направленную вдоль оси излучатель-объект. Напомним, что эффект Доплера заключается в изменении частоты звуковых (или электромагнитных) волн, регистрируемых приемником, в зависимости и от направления и величины взаимного перемещения объекта и приемника. При их сближении наблюдается увеличение частоты, при удалении друг от друга – уменьшение.

Акустические локационные системы обеспечивают измерение расстояний и скоростей перемещения объектов в воздухе и в воде. Такие системы используются, например, автоинспекторами для фиксации превышения скорости автомобилей, рыбопромысловыми судами для нахождения косяков рыб, подводными лодками для определения удаления, скорости и направления движения подводных объектов.

Наряду с ультразвуковыми используются и оптические локационные системы, однако из-за высокой скорости распространения оптического излучения, описанные выше методы используются главным образом для определения расстояний, превышающих несколько метров.

Контактные средства очувствления. Для установления факта касания детали губками схвата или другими частями манипулятора служат контактные датчики тактильного типа. Они расположены на внутренних и внешних поверхностях схвата и в тех местах звеньев манипулятора, которые могут войти в соприкосновение с объектами окружающей среды. Кроме регистрации самого факта соприкосновения они могут измерять величину контактного давления и определять наличие проскальзывания между соприкасающимися частями схвата и объекта. Информация о проскальзывании необходима для управления силой сжатия схвата и поддержания ее на таком минимальном уровне, при котором объект еще надежно зажат и в то же время сила сжатия недостаточна для его разрушения. На рис. 1.28 представлен вихретоковый датчик проскальзывания. Здесь обозначено: 1 – палец схвата, 2 – металлический пустотелый обрезиненный валик, 3 – постоянный магнит, 4 – катушка с проводом. При проскальзывании зажатой пальцами схвата детали металлический цилиндр проворачивается. Наводимые в нем вихревые токи ослабляют магнитный поток, воздействующий на катушку с проводом, в результате чего в ней наводится ЭДС. Вихретоковый датчик может давать сигнал не только о проскальзывании, но также о приближении стальной детали к пальцам схвата и о касании детали пальцами. Такой датчик отличается простотой конструкции, безынерционностью, способностью работать в условиях цеховой загрязненности и агрессивных сред, высокой механической прочностью чувствительного элемента и возможностью использования длинных кабельных линий связи с вторичной аппаратурой.

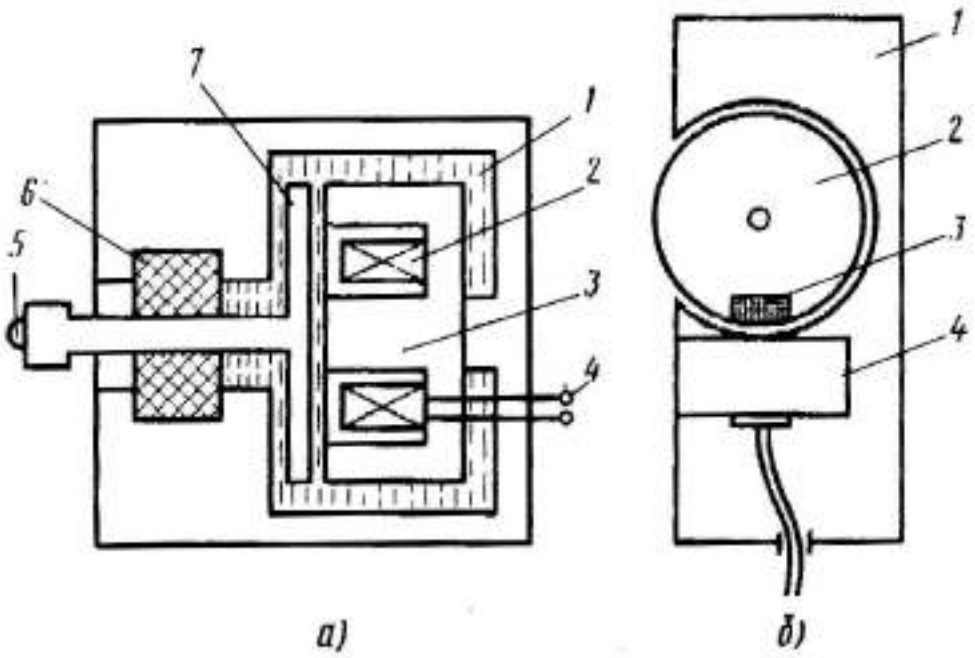


Рис. 1.28. Вихретоковый датчик проскальзывания

Преобразование сил, возникающих при физическом контакте схвата с объектом, в электрический сигнал может осуществляться силомоментными датчиками двумя путями. Первый из них заключается в **непосредственном измерении** упругих деформаций чувствительных элементов датчиков. Наиболее часто для этого применяют тензорезисторные, пьезоэлектрические и магнитоупругие датчики. Второй способ заключается в **измерении перемещений калиброванных пружин** датчика, деформируемых под действием измеряемой величины в процессе контакта схвата с объектом. При этом используют емкостные и электромагнитные (главным образом индуктивные) датчики**.** Измерение упругих деформаций с помощью **тензорезисторных** датчиков – наиболее распространенный метод. Полупроводниковые и металлические тензорезисторы имеют широкую номенклатуру, что позволяет использовать их в тактильных и силомоментных датчиках. В основе работы тензорезисторов лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации. В известной формуле для величины сопротивления проводника $R=(\rho \cdot l)/S$, где ρ – удельное электрическое сопротивление материала, S – площадь поперечного сечения при возникновении механических деформаций могут изменяться все три параметра (ρ, l и S).

Тензорезисторы представляют собой решетку из проволоки или фольги (рис. 1.29), наклеенную на специальную подложку, которая, в свою очередь наклеивается на упругий элемент, деформации в котором исследуются. Тензорезисторы имеют простую конструкцию, легко монтируются на упругих элементах тактильных или силомоментных датчиков.

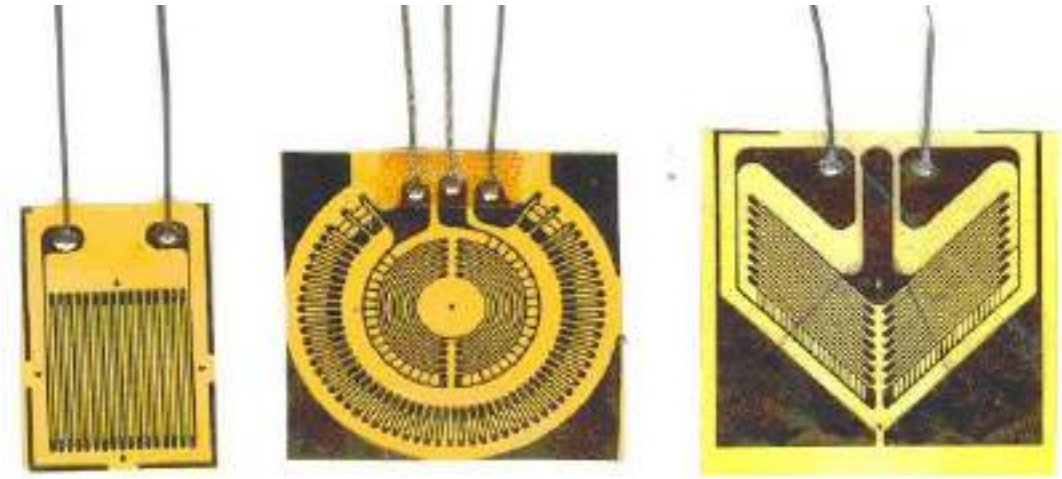


Рис. 1.29. Виды тензорезисторов

Одна из наиболее распространенных и давно применяемых конструкций упругого элемента трехкомпонентного тензорезистивного датчика – крестообразный упругий элемент (рис. 1. 30).

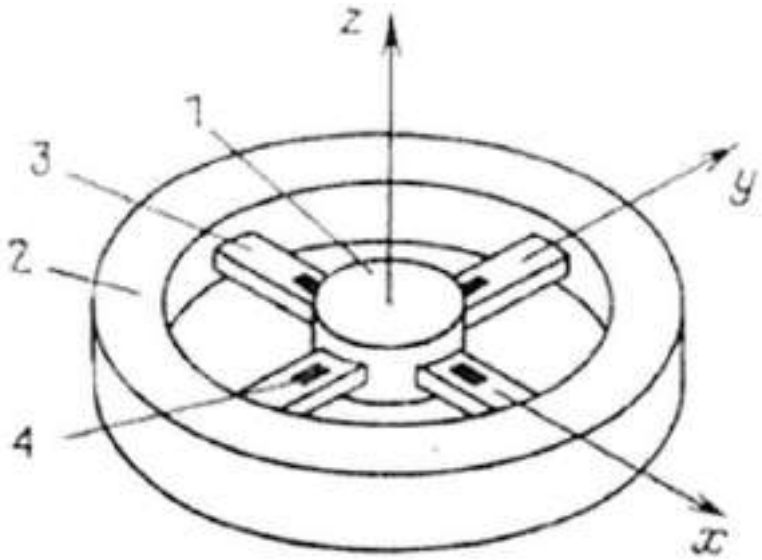


Рис. 1.30. Крестообразный упругий элемент

Два жестких фланца, внутренний 1 и внешний 2, соединены посредством четырех упругих балок 3. Четыре пары тензорезисторов 4, наклеенных на противоположные грани каждой балки, включены в четыре полумоста. Такой датчик чувствителен к осевому усилию F_z и двум боковым моментам M_x и M_y, действующим в плоскости датчика.

Внешний вид тензодатчика представлен на рис. 1.31.

Рис. 1.31. Внешний вид тензодатчика

Датчик оснащен 4 тензорезисторами, включенными по мостовой схеме. Максимальное измеряемое усилия 20 кН, класс точности 0,5, рабочая температура: -10... +70 °С, перегрузочная способность 1000%. Основным недостатком тензорезистивных датчиков является низкая чувствительность. Тензочувствительные элементы выполняются также на основе легированного кремния. Чувствительность полупроводниковых тензодатчиков гораздо выше, чем проволочных или фольговых, однако они обладают меньшей температурной стабильностью. Для непосредственного измерения упругих деформаций могут быть использованы также **пьезоэлектрические** датчики, действие которых основано на измерении заряда, пропорционального внутренним механическим напряжениям растяжения-сжатия или сдвига, вызванными измеряемым усилием. Типичные датчики усилия представляют собой кварцевые или пьезокерамические шайбы, установленные в цилиндрическом корпусе. Силораспределительный элемент обеспечивает равно-

мерное распределение измеряемой нагрузки по площади хрупких кварцевых или керамических шайб, что предохраняет их от возможного растрескивания и позволяет увеличить диапазон измеряемых усилий. При приложении (или снятии) механического усилия на плоских поверхностях шайб образуются электростатические заряды. Кварцевые датчики, хотя и менее чувствительны, чем пьезокерамические, обладают высокой стабильностью свойств.

Пьезоэлектрический акселерометр ВТК1 фирмы «Пьезо» (рис. 1.32) обладает следующими параметрами.

Таблица 1.1 - Основные параметры датчика ВТК 1

Диапазон измерения виброускорений, $мс^{-2}$	0.5 … 1400
Диапазон частот, Гц	5 … 30000
Максимальное значение неразрушающего удара, g	
Диапазон рабочих температур, °С	- 60+ 250
Дополнительная погрешность, вызванная изменением температуры окружающей среды %/°С, не более	0,1
Емкость датчика, пФ	
Сопротивление изоляции при 20°С, Ом	10^{13}
Габаритные размеры, мм	Ø22 х 27
Масса датчика (без кабеля), г	
Пьезоэлектрический материал	тип 850, APC

Рис. 1.32. Пьезоэлектрический акселерометр ВТК1

Достоинствами пъезодатчиков являются простота конструкции, малые размеры, надежность в работе, прекрасные динамические свойства, способность работать при высоких температурах (до 250°С). Погрешность пьезоэлектрических датчиков – до 1 %. К тому не нужно же пьезоэлектрические датчики являются генераторными, т. е. к ним подводить питающее напряжение. Однако заряды на чувствительных элементах пьезоэлектрического датчика образуются только при изменении измеряемого усилия. Если это усилие некоторое время остается постоянным, заряды достаточно быстро стекают даже через большое сопротивление изоляции. Это является основным недостатком пьезоэлектрических датчиков. Поэтому их целесообразно использовать в тактильных системах, которые регистрируют факт наличия касания и мгновенное значение контактной силы, а также для измерения динамических усилий и вибраций. Работа магнитоупругих датчиков основана на эффекте магнитоупругости, заключающемся в изменении магнитной проницаемости ферромагнитного материала под действием механических напряжений. На рис. 1.33 схематически показан наиболее распространенный вариант конструкции магнитоупругого датчика - магнитоанизотропный датчик.

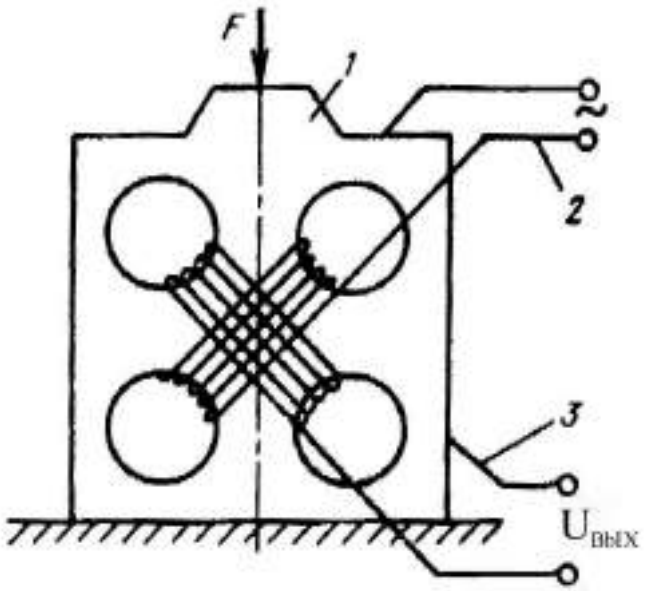


Рис. 1.33. Магнитоанизотропный датчик

В магнитопроводе из ферромагнитного материала, обладающего достаточной магнитоупругой чувствительностью, имеются 4 сквозных отверстия, через которые намотаны первичная обмотка 2, питаемая переменным током повышенной частоты, и вторичная (измерительная) обмотка 3. Плоскости обмоток образуют между собой угол 90°, а с направлением измеряемого усилия F – угол 45°. При отсутствии измеряемого усилия вектор магнитного потока, создаваемого первичной обмоткой, перпендикулярен плоскости витков вторичной обмотки, силовые линии этого потока не пересекают витков обмотки 3, поэтому наводимая в ней ЭДС равна нулю. При приложении измеряемого усилия F (показано стрелкой) в материале магнитопровода возникают механические напряжения, направленные вдоль вертикальной оси. Это вызывает появление магнитной анизотропии (т. е. различных магнитных свойств материала вдоль направления действия измеряемого усилия и поперек него: например, в вертикальном направлении магнитное сопротивление магнитопровода немного возрастает). Магнитный поток Ф стремиться замкнуться по пути с меньшим магнитным сопротивлением, благодаря чему вектор Ф слегка поворачивается по часовой стрелке, и часть силовых линий начинает пересекать витки вторичной обмотки. Это приводит к появлению в ней ЭДС e_2, пропорциональной измеряемому усилию.

В емкостных, электромагнитных (гл. образом индуктивных) и оптических датчиках часто используется предварительное преобразование измеряемой величины в перемещение калиброванной пружины. Емкостные датчики используют зависимость емкости конденсатора от изменения его параметров под действием измеряемой величины. В качестве емкостного преобразователя широко используют плоский конденсатор, емкость которого описывается известной формулой $C= \varepsilon_0 \varepsilon S/\delta$, где ε_0 – диэлектрическая постоянная вакуума ($8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м), ε - относительная диэлектрическая проницаемость среды между обкладками конденсатора, S – площадь обкладки, δ – расстояние между обкладками. Измеряемая неэлектрическая величина может быть функционально связана с любым из этих параметров. Внешний вид емкостного датчика перемещения показан на рис. 1.34.

Рис. 1.34. Вид емкостного датчика перемещения

Потребность во все более легких и простых конструктивных решениях вызвала появление интегрированных узлов, например, подшипников со встроенными датчиками для регистрации количества оборотов, частоты вращения, направления вращения, относительного положения, величины ускорения. Такие подшипники (рис. 1.35) являются мехатронными компонентами машин, созданными на грани инженерных исследований в области датчиков и подшипников. Корпус датчика, сенсорное кольцо и подшипник механически соединены друг с другом и формируют единый, готовый к установке узел. Подшипники со встроенным датчиком SKF специально предназначены для работы в качестве шаговых шифраторов, дающих информацию для управления работой двигателей различных механизмов.

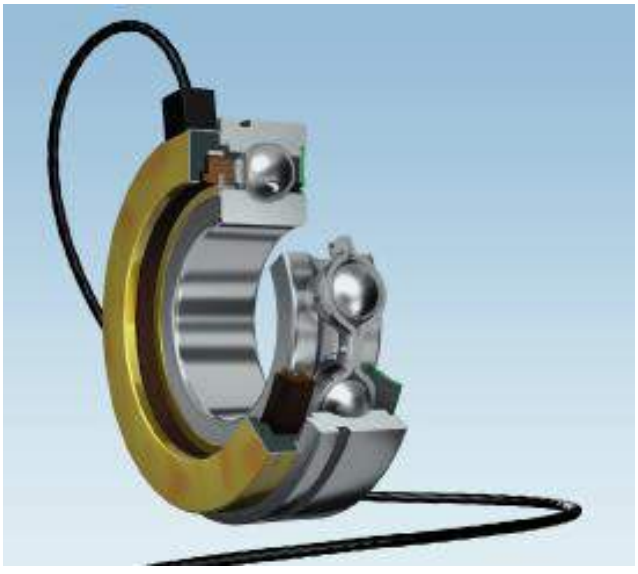


Рис. 1.35. Пример конструкции подшипника
со встроенными датчиками

1.4. Системы управления и приводы мехатронных и робототехнических устройств

Задача управления мехатронным и робототехническим устройством состоит в исполнении желаемого движения рабочего органа, который целенаправленно действует на объект работ, испытывая при этом со стороны внешней среды возмущающее воздействие. Следовательно, в общем случае объектом управления в мехатронике является сложная многосвязная система, в состав которой входят:

- комплекс исполнительных приводов;
- механическое устройство с рабочим органом;
- блок сенсоров;
- объект работ, с которым взаимодействует рабочий орган.

При этом отдельные блоки и устройства могут быть интегрированы в мехатронные модули. Включение в рассмотрение процесса взаимодействия рабочего органа и внешних объектов (например, для операций сборки, механообработки, водоструйной резки) позволяет организовать технологически ориентированный процесс управления, учитывающий характер и специфику данного взаимодействия в конкретно поставленной задаче. Указанная структура объекта управления определяет требования и постановку задачи управления мехатронными системами рассматриваемого класса. Очевидно, что воспроизведение заданных движений мехатронными модулями и роботами основывается на выполнении классических требований теории управления: устойчивости, точности и качества процесса управления. Однако дополнительно необходимо учитывать следующие специфические особенности мехатронных систем:

1. Движение рабочего органа как конечного управляемого звена обеспечивается взаимосвязанными (кинематически и динамически) перемещениями нескольких исполнительных приводов и звеньев механического устройства.

2. Задача управления мехатронной системой должна быть решена в пространстве (т. е. найдены оптимизированные траектории движения всех звеньев, включая рабочий орган) и во времени (т. е. определены и

реализованы желаемые скорости, ускорения и развиваемые усилия для всех приводов системы).

3. Для многих технологических задач параметры внешних и возмущающих воздействий, приложенных к рабочему органу и отдельным мехатронным модулям, заранее не определены.

4. Сложность построения адекватных математических моделей мехатронных систем традиционными аналитическими методами (особенно прецизионных многосвязных систем, включающих динамическую модель технологического процесса).

Структурно мехатронные и робототехнические системы являются многомерными и многосвязными системами. Размерность задачи управления в мехатронике определяется числом независимо управляемых приводов системы. В случае общего механизма исходно задается желаемое движение рабочего органа, а реализуется оно совокупными перемещениями всех звеньев.

Отсюда возникают специальные математические, алгоритмические и технические задачи управления. Для планирования заданного движения мехатронной системы необходимо решить обратную задачу о положении механизма. Суть данной задачи состоит в определении требуемых перемещений звеньев системы по заданному закону движения рабочего органа. Проблемным является вопрос организации обратных связей при управлении многозвенными мехатронными системами. Технически наиболее просто устанавливать датчики положения и скорости в приводных модулях. Однако затем необходимо вычислить в реальном времени фактическое перемещение рабочего органа. Причем этот компьютерный расчет требует построения адекватной динамической модели системы с учетом весьма сложных для аналитической оценки факторов:

- всех действующих сил (управляющих моментов приводов, сил трения и диссипации, внешних сил и моментов, центробежных и кориолисовых сил);
- первичных погрешностей системы (упругих деформаций звеньев, люфтов в механических передачах, погрешностей изготовления

и сборки, узлов), которые определяют ее интегральные точностные характеристики в текущей конфигурации;

• переменных параметров объекта управления (приведенных моментов инерции и масс механизма и нагрузки).

Поэтому наилучшим вариантом с точки зрения достоверности получаемой информации о фактическом движении является установка датчиков непосредственно на рабочий орган. Примерами такого подхода могут служить:

• применение систем технического зрения для определения положения рабочего органа и объектов в рабочей зоне (например, на сборочных операциях);

• установка силомоментных датчиков в запястье манипулятора для измерения действующих сил на операциях механообработки;

• использование блоков акселерометров для определения линейных ускорений непосредственно рабочего органа при быстрых транспортных перемещениях.

• повышенные показатели гибкости, робастности и точности управления.

В современных мехатронных системах выделяются четыре уровня управления: интеллектуальный, стратегический, тактический и исполнительный (рис. 1.36). ***Интеллектуальный уровень*** – высший уровень управления в системе. Назначение этого уровня – принятие решений о движении механической системы в условиях неполной информации о внешней среде и объектах работ. Например, рассмотрим ситуацию, когда мобильный робот при движении в трубопроводе получает информацию от системы технического зрения о наличии препятствия. Возможные следующие постановки задачи движения:

• остановить движение и вернуться в исходную позицию;

• определить тип и характеристики препятствия и убрать обнаруженный объект;

• продолжить исполняемое движение, игнорируя наличие внешнего объекта.

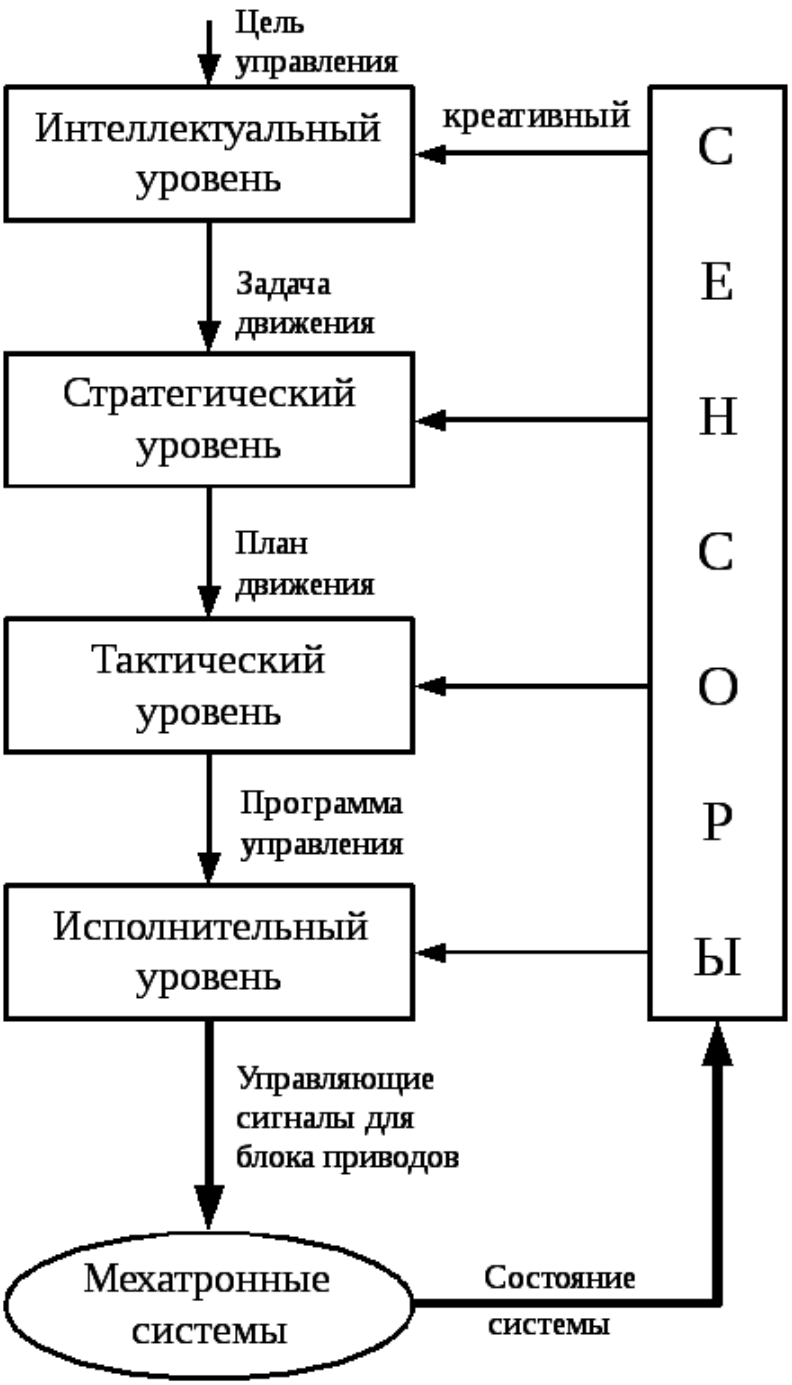


Рис. 1.36. Уровни управления в мехатронных системах

Функции интеллектуального уровня в современных мехатронных системах обычно выполняет человек – оператор либо мощный компьютер верхнего уровня управления***. Стратегический уровень*** управления предназначен для планирования движений мехатронной системы. Планирование движений предполагает разбиение задачи движения, поставленной интеллектуальным уровнем, на последовательность согла-

сованных во времени элементарных действий и формализацию целей управления для каждого из этих действий. Примерами элементарных действий мобильного робота может служить:

- вывод рабочего органа в заданную позицию;
- захват предмета;
- тестовое движение для определения сил реакции со стороны объекта;
- транспортировка объекта и возвращение робота в исходную позицию.

Формализация целей управления означает, что для каждого из элементарных действий должны быть записаны математические соотношения, выполнение которых обеспечивает успешное выполнение действия. Для технологических роботов на стратегическом уровне решается задача геометрического планирования движения рабочего органа. Стратегический уровень выдает информацию о плане движения и целях управления в форме команд управления движением. Важно подчеркнуть, что структура и форматы языков управления движением существенно отличаются от универсальных языков программирования (типа C++, Паскаль и т. п.), хотя отдельные операторы могут совпадать (например, операторы задания цикла и логические функции). ***Тактический уровень*** выполняет преобразование команд управления движением, поступающих со стратегического уровня управления, в программу управления, которая определяет законы согласованного движения во времени всех звеньев механического устройства с учетом технических характеристик блока приводов (в первую очередь ограничений на обобщенные скорости, ускорения и силы).

На тактическом уровне необходимо определить обобщенные координаты манипулятора, которые соответствуют желаемым декартовым координатам характеристической точки схвата. Для этого должна быть решена обратная задача о положении манипулятора. Для управления скоростью движения программа управления строится как результат решения обратной задачи о скорости рабочего органа. Для реализации данных алгоритмов устройство компьютерного управления должно выполнять в реальном времени следующие основные функции:

- прием информации от стратегического уровня в форме команд управления движением;
- прием и обработку информации от датчиков положения манипулятора о текущей конфигурации для расчета элементов матрицы Якоби;

• обращение матрицы Якоби;

• умножение обратной матрицы Якоби на вектор-столбец программной скорости рабочего органа;

• выдачу программы управления на исполнительный уровень.

Исполнительный уровень управления предназначен для расчета и выдачи управляющих сигналов на блок приводов мехатронной системы в соответствии с программой управления с учетом технических характеристик силовых преобразователей. Для иерархических систем управления в мехатронике действует принцип, согласно которому по мере продвижения от высших к низшим уровням управления понижается интеллектуальность системы, но повышается ее точность. При этом под «интеллектуальностью» понимается способность системы приобретать специальные знания, позволяющие уточнить поставленную задачу и определить пути ее решения, а под «неточностью» – неопределенность в операциях по решению данной задачи.

Контроллеры движения являются устройствами управления исполнительного уровня согласно принятой иерархии управления движением мехатронных систем. Назначение устройства управления состоит в обеспечении заданных требований по устойчивости, точности и качеству переходных процессов в системе при достижении цели управления движением, которая поступает с тактического уровня управления. При этом необходимо учитывать специфику мехатронных объектов управления. Структурная схема системы управления движением, реализуемая типовым контроллером, представлена на рис. 1.37.

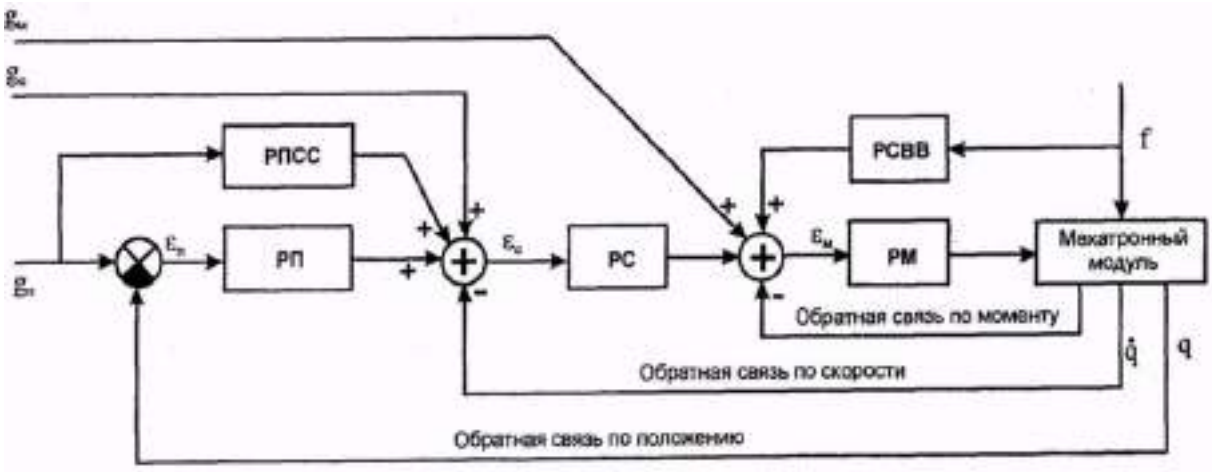


Рис. 1.37. Структурная схема системы управления движением

В состав системы входят пять основных регуляторов: регулятор положения (РП), регулятор скорости (РС), регулятор момента сил или силы (РМ), регулятор прямой связи по скорости изменения управляющего воздействия (РПСС) и регулятор корректирующей связи по возмущающему воздействию (РСВВ). Входными воздействиями для системы могут быть в зависимости от поставленной цели управления управляющие сигналы по положению $q_П$, скорости $q_С$, либо по развиваемому усилию $q_м$. В системе реализуется принцип замкнутого управления, что предусматривает наличие соответствующих обратных связей по фазовым координатам системы. Наиболее общим является алгоритм ПИД-регулирования. Традиционный подход предусматривает, что структура и коэффициенты всех корректирующих устройств определяются при проектировании системы и далее остаются фиксированными в процессе ее эксплуатации. В современных системах управления вид и параметры регуляторов автоматически модифицируются в зависимости от цели конкретного движения и условий, в которых оно фактически осуществляется. Это позволяет адаптировать (приспособить) движение мехатронной системы к начальной неопределенности и изменяющимся условиям работы. Адаптивная настройка регуляторов необходима, если введенные отрицательные обратные связи в исполнительных приводах не способны парировать влияние возмущающих воздействий и изменения параметров (и, возможно, структуры) объекта управления, которые вызывают недопустимое снижение показателей качества управляемого движения. Адаптивные регуляторы по сравнению с традиционными имеют существенно более сложную структуру и техническую реализацию, их проектирование требует решения целого ряда теоретических проблем управления. На рис. 1.38 показан один из часто используемых в исполнительных приводах вариантов адаптивного управления, где параметры регулятора настраиваются управляющим компьютером по эталонной модели. Эталонная модель показывает идеальную желаемую реакцию системы на задающий сигнал g(t). В качестве эталонной модели применяют типовые звенья систем автоматического управления (например, апериодическое звено). Параметры ПИД-регулятора настраиваются так, чтобы минимизировать рассогласование между выходом модели и реальной си-

стемы. Задача контура настройки состоит в том, чтобы свести это рассогласование к нулю за определенное время с гарантией устойчивости переходного процесса.

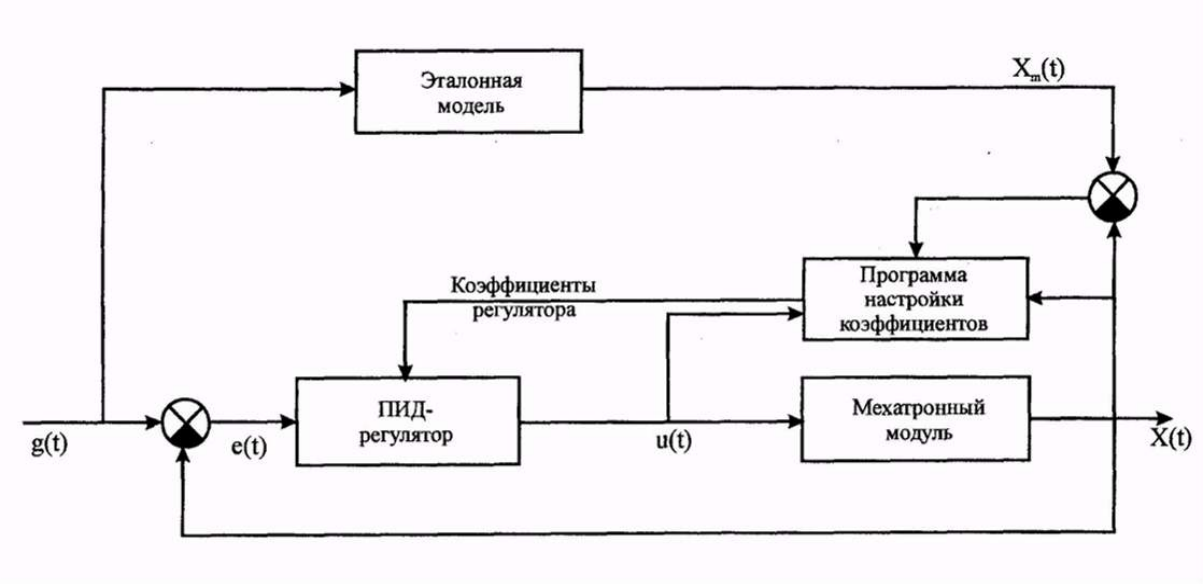


Рис. 1.38. Блок-схема адаптивной системы с эталонной моделью

Управляющий компьютер для реализации адаптивного управления по данной схеме должен в реальном времени решать следующие задачи:

- формировать задающий сигнал для управляемой системы;
- рассчитывать идеальную реакцию по эталонной модели;
- вычислять коэффициенты регулятора в соответствии с программой настройки, определять текущую ошибку и выдавать сигнал управления на вход мехатронного модуля.

Помимо рассмотренной блок-схемы с эталонной моделью известны и другие методы автоматической настройки параметров и структуры регуляторов, например, нечеткий регулятор. Методологической основой для проектирования нечетких регуляторов является концепция нечеткой логики. В основе стандартных современных компьютеров лежит логика «четкого мира». Они работают только с двумя базовыми логическими переменными «Да» и «Нет» и детерминированными числовыми данными, поэтому свойства этого мира описываются

совокупностями нулей и единиц. Однако на практике очень часто приходится иметь дело с неопределенными, нестрогими свойствами объектов и процессов, которые не могут быть формализованы в понятиях «четкого мира». Общий смысл этих понятий нам очевиден, но сделать однозначный вывод о принадлежности конкретного объекта к данному множеству только с помощью слов «Да» и «Нет» зачастую затруднительно, необходимо узнать мнение нескольких экспертов. Английское слово «fuzzy», буквально означающее «ворсистый», «пушистый» – специальный термин, определяющий свойство тканей. Рисунок ворсистой ткани кажется нам размытым, нечетким, неясно очерченным, что соответствует образам «нечеткого мира». Целесообразность применения методов нечеткой логики при управлении мехатронными системами обусловлена особенностями постановки задач управления, которые заключаются в априорной неопределенности возмущающих воздействий, переменности параметров мехатронных объектов управления и в сложности построения аналитических моделей систем. Характерно, что теория нечетких множеств была предложена проф. Л. Заде именно для решения проблем управления сложными техническими системами.

Структурная схема нечеткого регулятора с параметрической адаптацией приведена на рис.1.39. Нечеткий контроллер функционирует на основе экспертной базы знаний и выполняет следующие основные операции:

- преобразование данных о переменных состояния системы в нечеткую форму (операция фазификации), хранение и обработка нечеткой информации;
- выполнение нечетких выводов по лингвистическим правилам управления, заложенным в базу знаний;
- перевод нечетких переменных в четкое представление для управления системой (операция дефазификации).

Для математического представления нечеткой информации используются нечеткие множества, состав объектов которых зависит от мнения экспертов, цели и времени формирования множества. Состав

множества задается с помощью функций принадлежности, имеющих вероятностный характер. Так, выражение mA (X) = C означает, что элемент A принадлежит множеству X с вероятностью C.

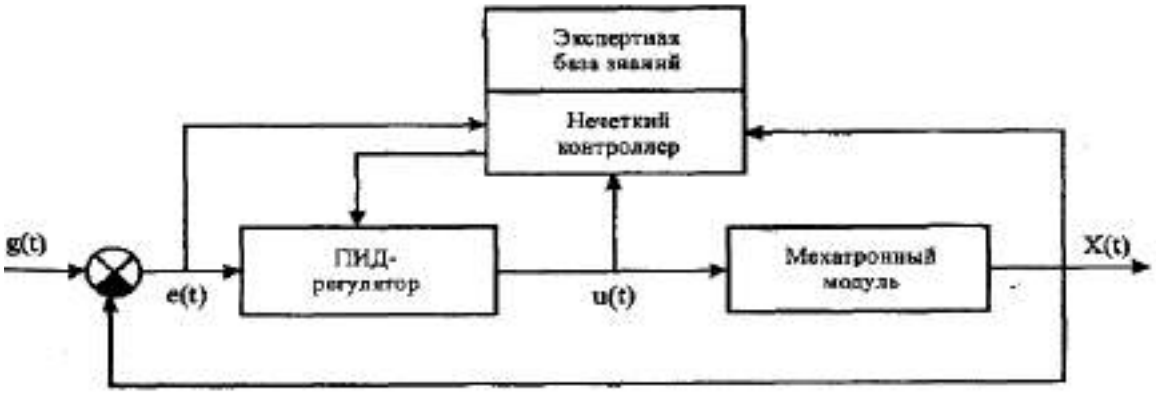


Рис. 1.39. Блок-схема нечеткого регулятора

Функции принадлежности допускают графическую интерпретацию, при этом по оси ординат может откладываться как числовая, так и лингвистическая переменная, причем возможно как непрерывное, так и дискретное представление функции.

В работах, посвященных синтезу систем управления, рассматривается влияние на процесс управления таких фундаментальных ограничений как насыщение, ограничение скорости нарастания входного сигнала, ограниченность полосы пропускания и других. Техника синтеза систем с подобными ограничениями хорошо известна и не является предметом рассмотрения в настоящей работе. В тоже время требование обеспечения высокой плавности и точности, то есть качества движения при выполнении лазерных операций резки или сварки накладывает технологические ограничения на величину скорости и ускорения движения рабочего инструмента в особенности при перемещении по криволинейным траекториям. Несмотря на то, что контурная скорость движения задается программно, целесообразно ввести в структуру привода жесткое ограничение её величины, настраиваемое для каждой операции, ввиду требования гарантированного качества вы-

полнения операции, а также величины ускорения при желательно монотонном характере переходных процессов в манипуляционной системе. Учитывая, что ограничение ускорения является (при постоянных инерционных параметрах) по существу ограничением динамической силы или момента, примем в качестве фундаментальных ограничений на механическую характеристику движения звеньев манипулятора, приведенные на рис. 1.40.

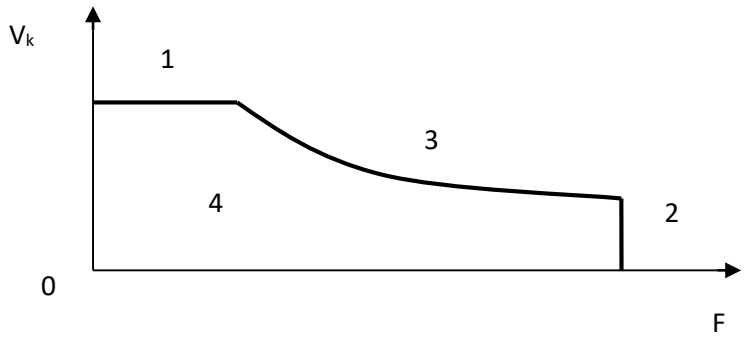


Рис 1.40. Фундаментальные технологические ограничения

На рис. 1.40 обозначено: 1 – ограничение максимальной контурной скорости; 2 – ограничение максимального усилия; 3 – кривая максимальной мощности; 4 – рабочая область; V_k и F – контурная скорость и усилие, развиваемое в приводе перемещения звена манипулятора.

Для обеспечения траекторного движения манипулятора требуется регулируемый электропривод, построенный на базе двигателя постоянного или переменного тока. Учитывая, что в современных технических системах отдается предпочтение переменному току, остановимся на приводе переменного тока, хотя в данном случае этот вопрос не носит принципиальный характер. Современные электроприводы переменного тока, построенные на базе асинхронных или синхронных двигателей и снабженные быстродействующими контроллерами, обладают высоким быстродействием, хорошими регулировочными свойствами и широкими возможностями настройки большого числа параметров. Для асинхронных и синхронных двигателей используют фазовое частотное или векторное (датчиковое или бездатчиковое) токовое

управление, при этом последнее обеспечивает постоянство потокосцепления и наилучшие технические характеристики привода. На рис. 1.41 приведена упрощенная функциональная схема асинхронного электропривода с векторным управлением и датчиком скорости. Здесь обозначено: РС - регулятор скорости; $РТ_{max}$ - регулятор максимального тока; РТ – регулятор тока; И – инвертор; АД – асинхронный двигатель; ДТ – датчик фазных токов; ДС – датчик скорости, сигнал о которой часто формируется как производная сигнала энкодера; МД – модем двигателя, служащая для компенсации изменения потокосцепления в функции угла поворота вала двигателя и насыщения магнитной системы.

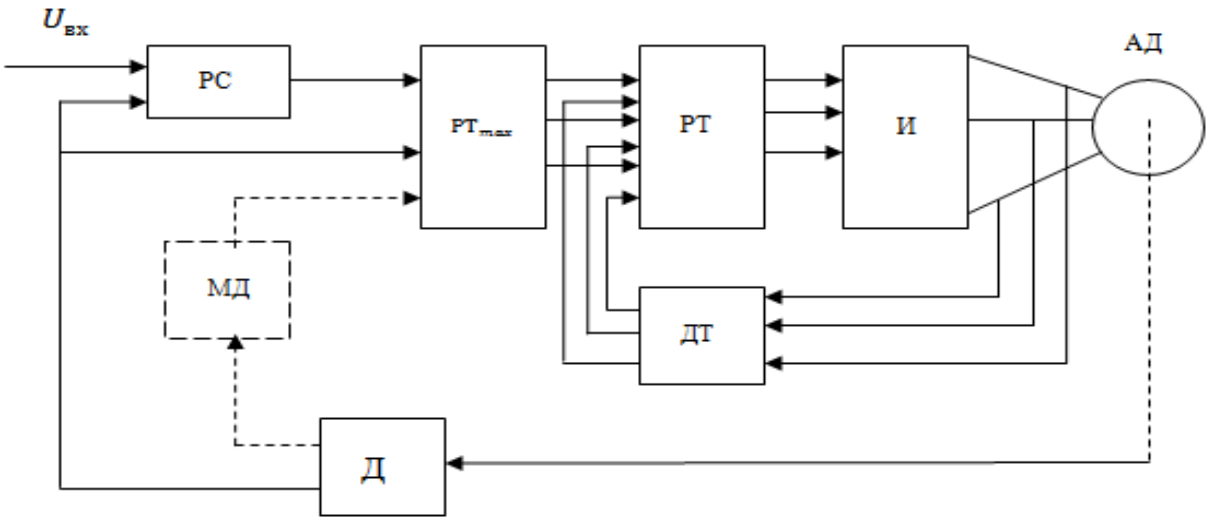


Рис. 1.41. Функциональная схема асинхронного электропривода с векторным управлением

При бездатчиковом управлении сигнал о скорости вращения вала двигателя формируется контроллером в функции скольжения вычисляемого по измеренным значениям фазных токов и напряжений. Близкую к приведенной на рис. 1.41 структуру имеет и электропривод с синхронным двигателем, в котором отсутствует МД и обязательно присутствует датчик угла поворота (энкодер) ротора синхронного двигателя чаще всего с возбуждением от постоянных магнитов и трехфазной статорной обмоткой. Приводы снабжаются системами защиты от

перегрева и перегрузок, а исполнительные двигатели (по желанию заказчика) – встроенными вентиляторами и электромагнитными фрикционными тормозами, служащими для фиксации вала в положениях статического равновесия и аварийном исчезновении питания.

1.5. Структура и состав роботизированных технологических комплексов

Роботы, применяемые в промышленности, получившие наименование промышленные роботы (ПР), подразделяются на технологические, которые выполняют основные технологические операции, и вспомогательные, занятые на вспомогательных операциях по обслуживанию основного технологического оборудования. Комплексы с такими роботами называются роботизированными – роботизированные технические комплексы (РТК). Классификации соответствующих РТК, сложившейся в машиностроении и приборостроении и основанной на следующих основных признаках:

- тип производственного подразделения;
- степень изменения производства, связанная с применением ПР;
- вид технологического процесса;
- количество выполняемых технологических операций;
- тип и количество используемого основного технологического оборудования;
- тип и количество используемых ПР;
- серийность и номенклатура продукции;
- компоновка комплекса;
- принцип управления комплексом;
- степень участия (функции) человека в комплексе.

В табл. 1.2 представлена общая классификация технологических комплексов применительно к машиностроению, основанная на перечисленных выше признаках.

Таблица 1.2 - Классификационные признаки и соответствующие им основные типы технологических комплексов с роботами

№ п/п	Признак	Наименование
1.	Тип подразделения	технологическая ячейка участок линия цех
2.	Степень изменения производства, связанная с применением ПР	Для вновь создаваемого производства: с принципиально новой технологией с новым технологическим оборудованием Для модернизируемого производства: с изменением технологии с модернизацией оборудования с созданием новых ПР
3.	Вид технологического процесса	Комплекс: механообработки холодной штамповки ковки литья прессования пластмасс термической обработки сварки транспортный контроля и испытаний и т.д.
4.	Тип и количество технологического оборудования	С выполнением основных технологических операций: технологическим оборудованием ПР их комбинацией
5.	Серийность и номенклатура продукции	С определенным размером выпускаемых партий продукции без переналадки комплекса С определенным перечнем видов (типов) выпускаемой продукции
6.	Компоновка комплекса	С компоновкой: линейной круговой линейно-круговой по площади объемной
7.	Тип управления	С управлением: централизованным децентрализованным комбинированным
8.	Участие человека	С участием человека: в выполнении технологических операций основных вспомогательных основных и вспомогательных

Тип производственного подразделения. Здесь классификационным признаком служит количество выполняемых технологических операций. Простейшим типом, который лежит в основе более крупных комплексов, является *технологическая ячейка* (ТЯ). В ней выполняется всего одна основная технологическая операция (помимо вспомогательных). При этом количество единиц технологического оборудования и ПР в составе ТЯ не регламентируется. В частности, в ТЯ может совсем отсутствовать технологическое оборудование помимо ПР, когда основную операцию выполняет ПР, или, наоборот, могут отсутствовать самостоятельные ПР, когда последние объединены с основным технологическим оборудованием. Следующим более крупным комплексом является *технологический участок* (ТУ). Он характеризуется тем, что здесь выполняется несколько технологических операций, которые объединены технологически, конструктивно (оборудованием) или организационно (управлением). Эти операции могут быть одинаковыми или различными. Если различные операции технологически последовательно связаны, то такой участок представляет собой *технологическую линию* (ТЛ).

Классификация технологических комплексов по степени изменения производства, связанного с применением ПР. Такое изменение, очевидно, будет максимально для создаваемых новых производств, основанных на новых технологиях и минимально для действующего производства, автоматизируемого на базе серийных ПР. Классификация по виду технологического процесса не исчерпывает перечень последних, а включает только типовые для современного состояния областей применения ПР в машиностроении. Классификация по типу и количеству используемого основного технологического оборудования. Здесь выделены два уже названных выше основных варианта: когда ПР выполняют основные технологические операции (сборку, сварку, окраску и т.д.) или – вспомогательные по обслуживанию основного технологического оборудования. Серийность и номенклатура продукции определяется в данном случае объемом партий продукции, которые можно изготавливать без переналадки комплекса, а номенклатура – широтой перечня выпускаемых видов (типов) продукции. Оба эти показателя

имеют существенное влияние на эффективность применение ПР. В частности, каждый технологический комплекс характеризуется предельными значениями этих параметров, вне рамок которых данный комплекс оказывается экономически невыгодным вплоть до целесообразности перехода от гибких комплексов к специальным автоматам (при большой серийной и узкой номенклатуре) или даже к использованию рабочих вместо ПР (в противоположном случае предельно единичного производства).

В классификации по типу размещения технологического оборудования и ПР приведены основные (базовые) типы компоновок. При простой линейной компоновке оборудование располагается в один ряд (по линии), а при наиболее сложной объемной компоновке – на нескольких этажах (уровнях). Классификация по типу управления включает рассмотренные выше централизованное, децентрализованное и комбинированное управления. Централизованное управление осуществляется устройством группового управления. Децентрализованное управление реализуется с помощью совокупности местных устройств управления, связанных друг с другом с целью взаимной координации. Классификация по степени участия человека включает два случая участия человека в работе: когда человек непосредственно выполняетнекоторые технологические операции (основные или вспомогательные) и когда он участвует в управлении комплексом.

Исходя из большого многообразия применения роботов в промышленном производстве, в качестве конкретных примеров приведем примеры применения РТК в производстве автомобилей на предприятиях ОАО «АВТОВАЗ».

На рис. 1.42. представлен вид РТК дуговой сварки панели приборов. РТК оснащен поворотными столами и кантователями с электромеханическим приводом поперечины панели приборов, для ручной сборки и автоматической дуговой сварки поперечины панели приборов с кронштейнами в сборе. Сварка осуществляется в среде углекислого газа с периодической зачисткой и смазкой горелки через заданное число циклов. Проект был выполнен по всем мировым стандартам с

учетом промышленной безопасности и эргономики. РТК состоит из четырех постов, на которых задействованы семь роботов TUR-15 с современным навесным сварочным оборудованием. Единственная ручная операция – закладка свариваемых деталей. Пост 1 состоит из промышленного робота TUR-15 с комплектом автоматической сварки и поворотного стола с электромеханическим приводом, который имеет пневматический фиксатор для контроля положения. Положение фиксатора (нижнее и верхнее) определяется двумя конечными выключателями. На поворотном столе смонтированы две плиты с фиксирующей оснасткой для сборки свариваемых деталей. Для распознавания плит установлены два конечных выключателя. Робот в исходном положении контролируется стойкой с конечным выключателем.

Рис. 1.42. Вид РТК дуговой сварки панели приборов

Посты 2–4 имеют одинаковый состав, включающий два робота TUR-15, оснащенных комплектами автоматической сварки, и два кантователя с электромеханическими приводами и блочными выключателями, на которых установлены рамы с фиксирующей оснасткой. Посты имеют ограждения, которые являются комплексной системой безопасности от травмирующих факторов исполнительных узлов РТК, а также защищают от воздействия электрической дуги. Ограждения состоят из типовых секций-рамок с проволочной сеткой, стоек, калитки с датчиком контроля, брызгозащитных экранов и светового барьера в зоне загрузки-выгрузки. Поперечина панели приборов – довольно сложное изделие, и ВМЗ является сегодня единственным поставщиком этой детали для семейства автомобилей Lada Kalina, Chevrolet Niva и Lada Granta. Автоматическая линия контактной точечной сварки кузова, предназначенная для сборки и сварки кузова автомобиля представлена на рис.1.43.

Рис. 1.43. Автоматическая линия контактной точечной сварки кузова

Автоматическая линия оснащена 24 роботами, в том числе 20 роботами TUR-150 конструкции ВМЗ, четырьмя роботами KR180L150-2K фирмы KUKA и клещами для контактной точечной сварки, также конструкции ВМЗ.

Посты автоматической линии включают в свой состав следующие типовые конструкции:

- ГЕО-тележка – сварная рама, на которой смонтированы пневмоприжимы, ложементы и фиксаторы для автомобильных деталей с целью создания геометрии основания. Снизу рамы закреплены цепь, служащая для зацепления со звездочками мотор-редукторов, и ролики для движения по направляющим.
- Гидравлический подъемник грузоподъемностью 3 т предназначен для перемещения ГЕО-тележки. В состав подъемника входит сварная рама, на которую установлен конический мотор-редуктор со звездочкой на выходном валу.
- Стационарный стол – сварная двухуровневая металлоконструкция, на которой установлены направляющие. Для перемещения ГЕО-тележки по направляющим на верхнем уровне смонтированы два мотор-редуктора: один стационарно, другой – на откидном кронштейне. Для фиксации ГЕО-тележки в положении сварки предусмотрены откидные упоры и пневмоцилиндр дожима. На нижнем уровне для возврата ГЕО-тележки на пост также смонтирован мотор-редуктор со звездочкой на выходном валу.

В состав постов также входят роликовые столы с электромеханическим приводом, устройства для укладки и подъема скидов, перекладчики основания, которые имеют электромеханические приводы на перемещение между постами и подъем-опускание, а также пневмопривод зажима основания. Для безопасности работы операторов предусмотрены фотобарьеры. При этом собственно сварку выполняют напольные роботы и роботы, установленные на портале.

РТК лазерной резки объемных кузовных деталей и раскроя листового материала (металла, пластмасс и т. д.) приведен на рис 1.44.

Рис. 1.44. РТК лазерной резки объемных кузовных деталей
и раскроя листового материала

Комплекс состоит из промышленного робота ПР-125, двухпозиционного поворотного стола, комплекса ограждений и электрооборудования. РТК работает следующим образом. Операторы вручную загружают заготовку детали на обе планшайбы поворотного стола, закрывают ворота ограждения и нажимают кнопку «Пуск». Робот начинает резку детали по программе. По окончании резки он возвращается в исходное положение, операторы открывают ворота, разгружают готовую деталь и загружают следующую заготовку. Далее циклы повторяются.

РТК для нанесения жидкой прокладки на корпус картера сцепления для механосборочного производства представлен на рис. 1.45.

Рис. 1.45. РТК для нанесения жидкой прокладки на корпус картера сцепления

Основным исполнительным органом РТК является программируемая рука робота TUR15 с шестью степенями свободы, установленная на подставке манипулятора. Нанесение жидкой прокладки на картер сцепления производится через клапан подачи мастики, куда мастика подается от насосной станции. Точное позиционирование паллеты вместе с заготовкой в зоне обработки, а также отсечение транспортного потока обеспечивают два гидроцилиндра устройства фиксации и подъема, установленные на сварном основании. Для дублирования работы робота TUR-15 при его отключении введен пост ручного до нанесения мастики. В пост входит ручной стопор, ложемент под картриджи и ручной пистолет с пневмоуправлением. Подача паллет с заготовками и отвод их из зоны работы робота TUR-15 производится цеховым транспортом.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение термина «мехатроника».

2. Что такое мехатронный объект?

3. Каким мехатронным уровням может соответствовать технический объект? Приведите примеры.

4. Что такое «устройство»?

5. Мехатронность технических объектов, что это такое?

5. Какие основные принципы положены в основу построения мехатронных систем?

6. Какие устройства могут являться составной частью машин с компьютерным управлением движением?

7. Какие функции выполняет устройство компьютерного управления в мехатронной системе или модуле?

8. Объясните суть мехатронного подхода к проектированию.

9. Какие основные преимущества мехатронного подхода при создании машин с компьютерным управлением по сравнению с традиционными средствами автоматизации?

10. Что такое мехатронный модуль движения?

11. Приведите пример мехатронного модуля вращательного движения.

12. Приведите пример мехатронного модуля поступательного движения.

13. Какова структура мехатронного модуля движения?

14. В чем заключаются преимущества применения линейных двигателей?

15. Объясните структуру мехатронного моторшпинделя.

16. Приведите классификацию информационных устройств и систем используемых в мехатронике и промышленных роботах.

17. Приведите примеры датчиков внутренней информации устройств мехатроники и робототехники.

18. Приведите примеры датчиков внешней информации устройств мехатроники и робототехники.

19. Объясните принцип работы пъезодатчиков.

20. Назовите уровни управления в мехатронных системах.

21. Объясните типовую структуру системы управления движением.

22. Объясните структуру адаптивной системы с эталонной моделью.

23. В чем заключается особенность применения нечеткого регулятора в системах управления?

24. Приведите структуру современного электропривода переменного тока, используемого в мехатронных модулях движения.

25. Приведите классификацию роботизированных технологических комплексов.

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ ОБОРУДОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

2.1. Технологическая подготовка роботизированного производства и проведение монтажных работ

Правила выбора оборудования и средств технологического оснащения, комплектующих роботизированную технологическую систему изложены в рекомендациях Р 50-54-85-88**.** Основное технологическое оборудование выбирают по параметру, в наибольшей степени выявляющему функциональное назначение и технические возможности данного типа оборудования. При разработке усовершенствованного технологического процесса выбор нового или сохранение действующего оборудования обусловлены увеличением объема выпуска продукции, повышением качества изделий, снижением уровня издержек, обеспечением гибкости производственного процесса, улучшением условий труда, техники безопасности и промышленной санитарии. Оборудование, входящее в состав РТС, по возможности, должно быть однотипным, так как содержание такого оборудования обходится дешевле. При проектировании новых моделей следует придерживаться принципов агрегатного построения и широкой унификации с оборудованием, действующим на предприятии. Прежде чем приступить к выбору моделей оборудования для проектируемого технологического процесса, необходимо оценить, можно ли использовать действующее оборудование в новых условиях. Должна быть проведена оценка физического состоя-

ния оборудования и его технических показателей. При списании устаревшего оборудования следует определить технико-экономическую целесообразность использования в структуре РТС его отдельных деталей и механизмов. Основное технологическое оборудование, предназначенное для выполнения конкретных операций (станки, прессы и т. д.), должно отвечать требованиям, сформулированным в ГОСТ 26.228 – 85. Выбор моделей ПР должен сопровождаться расчетом экономической эффективности его применения в конкретных условиях работы РТС. В зависимости от условий производства РТС могут комплектоваться ПР различных типов, выбранными из числа существующих моделей, или конструкциями, специально разработанными для конкретных целей. При отсутствии ПР с необходимой технической характеристикой, одновременно с заданием на РТС необходимо разработать техническое задание на проектирование и создание новой конструкции ПР. Выбор или разработка захватных устройств и инструмента, комплектующих ПР, осуществляется после разработки технологического процесса. Конструкции оснастки и вспомогательных устройств, входящих в состав РТС, разрабатывают с учетом материала, массы, формы и типоразмеров деталей; параметров и конструктивных особенностей поверхностей изделия, влияющих на конструкцию оснастки, в том числе базовых поверхностей для установки в рабочей зоне оборудования и поверхностей для захвата рукой робота; технологических схем оборудования и фиксации деталей; характеристик основного технологического оборудования; характеристик ПР или другого загрузочного устройства; характера ориентации детали перед установом ее в рабочую зону оборудования, т. е. перед захватом ее рукой ПР (желательно, чтобы на позицию загрузки заготовка приходила ориентированной соответственно ее положению в рабочей зоне оборудования); серийности производства. Технологическую оснастку выбирают в соответствии с ГОСТ 14.301-83. Порядок составления, согласования и утверждения технического задания на разработку новых конструкций технологической оснастки обусловлен ГОСТ 15.001--73. Правила выбора средств технологического оснащения процессов технического контроля обусловлены ГОСТ 14.306-73.

Анализ действующего производственного процесса. До анализа должна быть установлена характеристика данного производства, а именно:

- тип производства (массовое, крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное);
- организационные методы производства (поточные однопредметные и многопредметные, непоточные);
- характер перемещения деталей по технологическому процессу (непрерывный, прерывистый);
- специфические особенности данного производства (вредные условия труда, обработка специальных материалов и др.).

В результате анализа действующего производства должны быть определены:

- номенклатура деталей, обработка которых может быть осуществлена с применением ПР;
- характеристики деталей и вид заготовок;
- неиспользованные резервы и узкие места производственного процесса; выявлены потери, возникающие вследствие технических и организационных недостатков;
- состав основного технологического оборудования и технические требования по его модернизации либо замена новыми моделями оборудования;
- специфические особенности действующего производственного процесса, от которых зависит повышение его эффективности;
- пути изменения организационной структуры производства;
- пути усовершенствования технологического процесса обработки, механизации или автоматизации отдельных операций;
- средства механизации и автоматизации труда, повышающие производительность, в том числе путем применения ПР;
- число основных и вспомогательных рабочих, участвующих в производственном процессе обработки отобранной номенклатуры деталей до и после автоматизации;
- планировка и размеры производственных площадей, занимаемых оборудованием до и после автоматизации;
- методы организации и средства межстаночного транспортирования и складирования заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей до и после автоматизации;
- методы контроля размеров и точности отобранной номенклатуры деталей до и после автоматизации;

• характеристика отходов обработки и методы их удаления до и после автоматизации.

Предложения по применению ПР должны быть обоснованы результатами анализа существующего производственного процесса и предварительной оценкой ожидаемого экономического эффекта. При подготовке заявки и разработки технического задания на создание РТС следует сформулировать конкретные цели проведения работы, указать состав роботизированной технологической системы (комплекс, участок, поточная линия, цех и т. п.), ее назначение, характер связи с основным производством (в том числе с организацией его управления и транспортными потоками) и определить источники ожидаемого экономического и социального эффекта. Анализ и отбор деталей, подлежащих обработке на РТС, производят в соответствии с рекомендациями, приведенными в ГОСТ 14.306-73. При отборе деталей следует руководствоваться также положениями, учитывающими правила обеспечения технологичности конструкции изделий, а также ГОСТ 14.324-84 ЕСТПП, определяющим правила выбора объектов роботизации. В результате отбора и группирования деталей по конструктивно-технологическим признакам, обеспечивающим типизацию технических и организационных решений в процессе производства, устанавливают детали-представители с общими для каждой из указанных групп признаками, для обработки которых требуется наибольшее количество основных и вспомогательных операций, характерных для изделий этой группы. Применительно к деталям-представителям в дальнейшем проводят анализ действующего и разработку нового технологического процесса. Анализ производственного процесса, разработка предложений по его рационализации и автоматизации операций (в том числе с помощью ПР) должны предшествовать работам по составлению заявки и технического задания на создание РТС. Анализу можно подвергнуть как весь производственный процесс в целом (от получения заготовок и способа подачи их на обработку до выпуска готового изделия), так и его составные части и даже отдельные операции. Анализ выполняют с целью выявления особенностей производства данного изделия на Конкретном предприятии, выявления неиспользованных резервов и узких мест, разработки рекомендаций по повышению рентабельности производства и сокращению трудовых затрат путем рационализации, механизации и автоматизации труда (в том числе и с помощью ПР). Для

этого необходимо весь процесс расчленить на простейшие составляющие элементы и подвергнуть их всестороннему критическому анализу, в результате которого должны быть разработаны экономически обоснованные предложения по совершенствованию процесса. Анализ технологических процессов производят применительно к изготовлению деталей-представителей на основе обследования процесса на предприятии заказчика. Для облегчения техники работы и обеспечения единообразия сбора и обработки информации можно рекомендовать применение графических схем, отображающих технологические процессы обработки деталей. Каждая операция может производиться с участием или без участия рабочего (автоматически). С помощью условных обозначений, приведенных в таблице, строят графическую схему любого производственного процесса.

Монтажу систем автоматизации и роботизации должна предшествовать подготовка в соответствии со СНиП 3.01.01-85. Подготовкой производства монтажа называется разработка и осуществление взаимоувязанных организационных, технических и технологических, планово-экономических и финансовых документов и мероприятий, обеспечивающих эффективное выполнение работ в установленные сроки при заданных технико-экономических показателях. На стадии подготовки производства монтажа должны быть выполнены следующие мероприятия: рассмотрена и укомплектована документация для монтажных работ; составлены накопительные ведомости на трубопроводы и металлоконструкции, материалы; оформлены заказы на изготовление конструкций и заготовок, а также задания на разработку ППР и чертежей металлоконструкций; проверена правильность сметной документации и уточнены объемы работ; разработаны, согласованы, утверждены и выданы исполнителям проекты и схемы производства работ, технологические карты и другая документация по производству, механизации и сдаче монтажных работ; составлены графики производства работ и обеспечения их материально-техническими ресурсами; обеспечение монтажных зон, участков монтажными кранами и механизмами, инструментом и приспособлениями, такелажным оборудованием и оснасткой; определен порядок поставки оборудования и его подачи в монтажную зону, установки и закрепления его на фундаментах; проведен анализ монтажной технологичности оборудования; подготовлена монтажная площадка и др. К подготовительным монтажным работам

относят: приемку и подготовку оборудования к монтажу; приемку строительной готовности монтажной зоны; предмонтажное укрупнение оборудования; установку фундаментных болтов. При приемке оборудования в монтаж проверяют: комплектность его по упаковочным листам и комплектовочно-отгрузочным ведомостям; его соответствие заводским чертежам и техническим условиям, исправность; наличие пломб. Результаты приемки оборудования в монтаж закрепляются приемосдаточным актом. Акты подписывают представители заказчика, монтажной организации и генерального подрядчика на строительство объекта, а при необходимости и завода-изготовителя. В подготовку оборудования к монтажу входят: расконсервация и очистка оборудования; ревизия его; подготовка материалов и комплектующих изделий (прокладок, сальниковых набивок, уплотняющих манжет, колец, герметизирующих составов и др.). Расконсервация - это удаление консервационных смазок, лакокрасочных и других защитных покрытий с поверхностей оборудования. При расконсервации, в зависимости от примененного метода консервации, используют соответствующие способы и материалы

Предмонтажная ревизия - это комплексная проверка состояния оборудования и устранение повреждений, вызванных хранением машин и агрегатов на складах сверх нормативных гарантийных сроков, предусмотренных техническими условиями на их изготовление и поставку. При отсутствии гарантийного срока ревизия производится через год. Предмонтажная ревизия предусматривает расконсервацию оборудования; разборку его для расконсервации и осмотр вращающихся и движущихся деталей; удаление коррозии; посторонних частиц с последующей промывкой, протиркой и консервацией обработанных поверхностей; проверку состояния (сохранности) изделий; замену антикоррозионных смазок рабочими, прокладок, сальниковых набивок и мелких деталей (подшипников, питательных трубок, масленок, пробок и т.п.); исправление мелких (неконструктивных) дефектов, шабрение посадочных мест подшипников, трущихся поверхностей, шлифование шеек и цапф валов; перемещение и кантовку оборудования, связанных с ревизией; последующую сборку оборудования.

2.2. Монтаж механических систем роботов и станков

Промышленные роботы поставляются заводу-потребителю в виде отдельных сборочных единиц, упакованных в тару. При транспортировании этих сборочных единиц необходимо учитывать руководство по эксплуатации ПР, в котором приводятся схемы разделения на сборочные единицы, методы их транспортирования и места зачаливания грузов. При распаковке ящиков, в которых размещаются отдельные части ПР, сначала снимают верхний, а затем боковые щиты. При этом следует соблюдать необходимые меры предосторожности, чтобы не повредить изделие. До распаковки узлов необходимо проверить наличие сопроводительной документации и ознакомиться с ее содержанием.

Монтаж механических систем ПР является одним из первых этапов проведения монтажных работ, который обеспечивает установку ПР в проектное положение и закрепление его на месте эксплуатации. Поскольку ПР работает в комплексе с другим оборудованием, особое внимание следует уделять точности установки ПР и сохранения его пространственного положения в процессе работы.

В зависимости от способа установки ПР подразделяются на: настольные или встраиваемые в оборудование; напольные; подвесные с расположением на портале или консольном монорельсе; с подвижным основанием; мостовые.

Наиболее просто осуществляется монтаж механических систем (манипуляторов) настольных или встраиваемых в технологическое оборудование ПР. Масса их манипуляторов не превышает 40 кг. Манипуляторы устанавливаются на кронштейне, конструкция которого определяется видом технологического оборудования и посадочными размерами манипулятора. Монтаж напольных и подвесных манипуляторов осуществляется на фундаменте. Фундаменты относятся к строительным конструкциям, поэтому допуски на их размеры значительно выше требуемой точности установки ПР. В связи с этим монтаж ПР непосредственно на фундаментах почти не производится и для достижения требуемой точности установки используются промежуточные элементы (клинья, регулировочные башмаки), устанавливаемые между

фундаментом и опорной поверхностью ПР. На конструкцию фундамента влияют масса и габариты ПР, режим их работы, характер воздействия нагрузок на фундамент (вибрация, ударные нагрузки т. п.), характер связи ПР с другим оборудованием комплекса. Фундаменты чаще всего выполняются в виде бетонных, железобетонных или кирпичных блоков. Размеры основания (площадь) определяются исходя из величины допустимого удельного давления па грунт из следующего соотношения: $S=Q/o_z$ при $o_z < p_д$, где S- площадь основания фундамента, $м^2$; Q-нагрузка на основание фундамента, слагаемая из массы фундамента, массы ПР с учетом максимальной грузоподъемности, Н; o_z -давление подошвы основания фундамента на грунт, Па; $p_д$ -допустимое давление на грунт (берется из справочника по механике грунтов), Па.

Для обеспечения требуемой точности проведения монтажных работ на фундаментах и опорных частях здания закрепляются оси и отдельные точки, определяющие положение оборудования в пространстве. Совокупность продольных и поперечных осей, высотных точек, служащих для установки и проверки положения ПР, околороботного и технологического оборудования, называется геодезическим обоснованием монтажа. Монтажные оси и высотные отметки подразделяются на рабочие и контрольные. По рабочим осям и отметкам устанавливают и выверяют оборудование, а по контрольным контролируют положение рабочих осей и отметок относительно геодезического обоснования монтажа. Контрольные монтажные оси и отметки закрепляются на монтажной площадке с помощью плашек (положение осей) и реперов (высотные отметки). Плашки (рис. 2.1, а) должны иметь рабочую поверхность не менее 30*150 мм. Положение оси на верхней поверхности плашки отмечается точкой, выбиваемой керном. Кернение производят с точностью +- 0,5 мм. Вокруг осевой точки кернекнием наносится треугольник, направленный одной из вершин по оси, Репером (рис. 2.1, 6) обычно служит стальной стержень с полукруглой головкой. Верхняя часть репера устанавливается на заданной высоте с точностью +- 2 мм. Дальнейшие геодезические измерения производят установкой нивелирной рейки на репер.

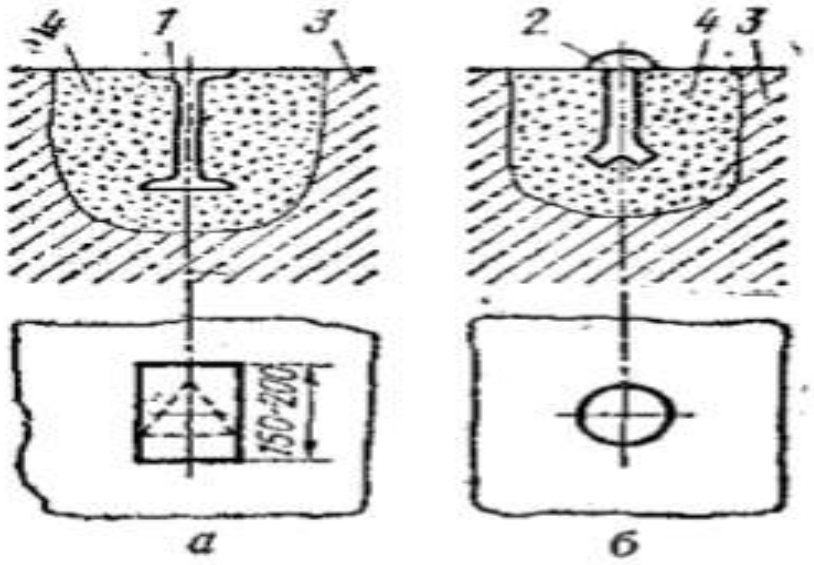


Рис. 2.1. Закрепление монтажных осей и отметок:
а - с помощью плашки, б – с помощью репера (1- плашка,2 – репер, 3 – фундамент, 4 – заливка фундамента)

Рабочие оси и отметки, по которым производится установка оборудования, служат сравнительно недолго и закрепляются, главным образом, при помощи струн и отвесов относительно контрольных отметок. До недавнего времени установка закладных частей фундамента (болтов, анкерных плит, рам, опор и т. п.) выполнялась строительными организациями. Однако опыт монтажа технологического оборудования показал, что наилучшие результаты достигаются при установке закладных частей монтажной организацией с использованием монтажных приспособлений, которые обеспечивают точную установку болтов в плане и по высоте, неизменное их положение во время бетонирования. Основными частями монтажных приспособлений являются каркас и кондукторы. Каркас собирают из типичных стоек и прогонов. Стойки опираются на пластины, залитые в специальные бетонные тумбочки, которые возводятся одновременно с бетонной подготовкой фундамента. На балках каркаса устанавливают кондукторы, выполненные из листового материала, уголков или швеллеров и имеющие отверстия по разметке оснований ПР. Диаметры отверстий в кондукторе должны на 1-1,5 мм превышать диаметры фундаментных болтов. Кондукторы выверяют относительно осей фундамента и приваривают к каркасу. В от-

верстия кондуктора устанавливают анкерные болты н производят заливку пространства под кондуктором бетоном. Для образования закладные болты в отверстия кондукторов устанавливают металлические пробки. В зависимости от способа установки и крепления в фундаменте болты могут быть: глухими или заливными, заделанными в бетонном основании; съёмными, устанавливаемыми в фундаменте без сцепления с бетоном и анкеровкой при помощи, например, закладных плит; устанавливаемыми в готовый фундамент ввертыванием в предварительно заделанные фундаментные гайки и т. п. Диаметр фундаментных болтов с учётом предварительной затяжки рассчитывают по формуле $d_1=\sqrt{1,35P (4/\pi [o_p])}$, где d_1 – внутренний диаметр резьбы болта, м; 1,35– коэффициент, учитывающий предварительную затяжку болта; Р- вертикальная составляющая внешних сил, действующих по оси болта, Н; $[o_p]$ -допустимое напряжение на растяжение (для углеродистой стали 70-80 Н/мм^2).

Наименьшие значения длин фундаментных болтов (мм) в зависимости от материала фундамента приведены ниже:

Болт ….. М12 М14 М16 М18 М20 М24 М30

Материал фундамента

Бетон … 120 140 170 190 220 260 320

Кирпич .. 130 160 200 200 240 300 360

В зависимости от типа и грузоподъёмности ПР поступают в монтажную зону в собранном и разобранном видах в заводской упаковке. При распаковке первоначально снимается верхний щит упаковочных ящиков, а затем боковые. Необходимо следить за тем, чтобы не повредить ПР распаковочным инструментом. Перед установкой ПР открытые, а также закрытые кожухами и щитками обработанные неокрашенные поверхности необходимо очистить от антикоррозионных покрытий. Для этого используются деревянные лопаточки, которыми первоначально снимается толстый слой покрытий или смазки. Оставшаяся смазка удаляется с поверхностей чистыми салфетками, смоченными в бензине или уай-спирте. Во избежание коррозии очищенные поверхности рекомендуется покрыть тонким слоем индустриального масла.

Порядок установки ПР в проектное положение указывается в техническом описании и инструкции по эксплуатации, входящих в комплект поставки. Перед строповкой ПР и установкой его непосредственно на фундамент необходимо заблокировать звенья подвижности,

исключив тем самым возможность их самопроизвольного перемещения при транспортировке ПР мостовым краном или другим грузоподъемным механизмом. Схемы строповки указаны в руководствах по монтажу. Под стропы необходимо подкладывать деревянные прокладки, не допуская касания строп чисто обработанных, шлифованных и пришабренных поверхностей, а также тонких и хрупких деталей. Перед установкой на фундамент нижнюю поверхность основания необходимо тщательно очистить от грязи, предохранительной краски или смазки. На фундамент устанавливается временные или постоянные опорные элементы, служащие для выверки и закрепления основания ПР. Плавным опусканием ПР отверстия основания фундаментные болты и проверяют их взаимное расположение. При дальнейшем опускании необходимо следить за прохождением через отверстия резьбовой части болтов, не допуская смятия витков резьбы. При соприкосновении опорной поверхности основания ПР с опорными элементами следует обратить внимание на ее равномерное прилегание во всех опорных точках. После выверки ПР на месте установки производится предварительная затяжка фундаментных болтов, подливка и окончательная (через 2-3 суток) затяжка. Методы выверки ПР описаны ниже.

Монтаж ПР, поставляемых в разобранном виде

В разобранном виде поставляются потребителю ПР, имеющие большие габариты и массу, портальные, а также специальные различного назначения. В разобранном виде поставляются также, как правило, ПР модульного исполнения. Например, электромеханический робот модульного типа РПМ-25 состоит из группы модулей, включающих стационарное и подвижное основание в напольном или подвесном исполнении, модули сдвига, подъёма, одинарного и двойного качания, радиального хода, руки трех модификаций (с одной, двумя и тремя степенями подвижности). Путем комбинации модулей можно получить 95 модификаций ПР. В стационарном исполнении все модули ПР монтируются на неподвижном основании, а в подвижном на тележке, перемещающейся по напольным или подвесным направляющим.

Монтаж ПР, поставляемых в разобранном виде, необходимо начинать установки основания, которая осуществляется аналогично, как при монтаже ПР, монтируемых в собранном виде. После выверки

основания и проверки правильности его установки производят затяжку фундаментных болтов и монтаж остальных модулей ПР (Рис.2.2).

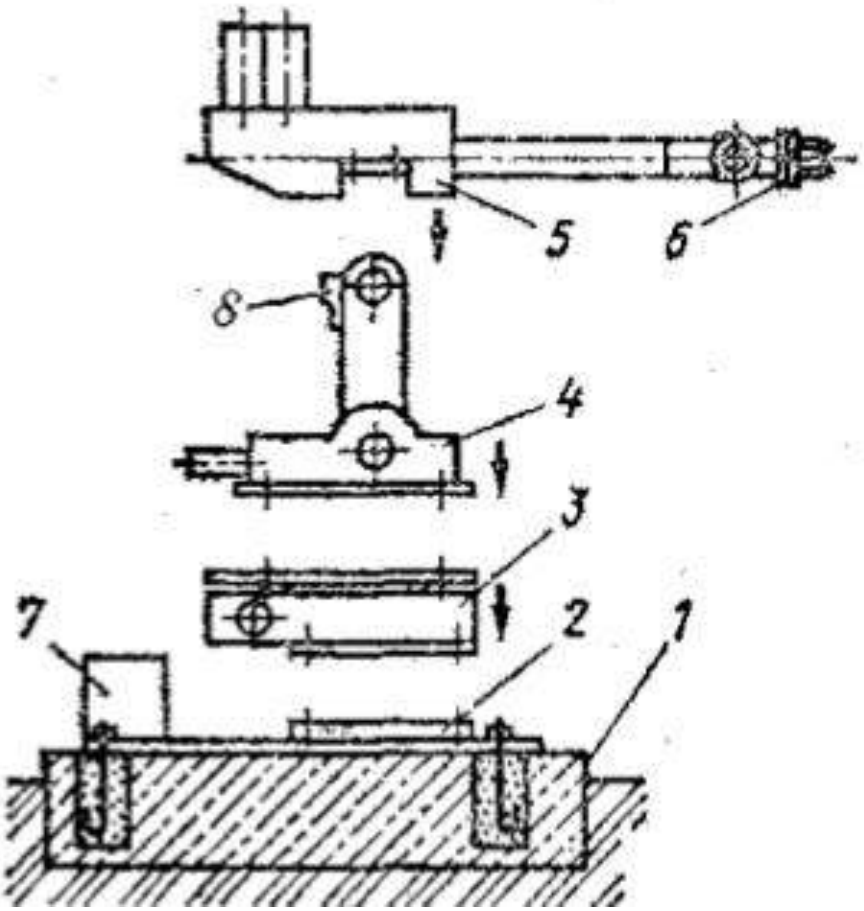


Рис. 2.2. Порядок монтажа модулей манипулятора РПМ-25

Модуль «основание неподвижное» 2 представляет собой плиту с приваренными к ней платиками для установки последующих модулей. На плите установлена система подготовки воздуха 7, обеспечивающая питание сжатым воздухом всех модулей ПР. Необходимо отметить, что в роботе РПМ-25 предусмотрена транзитная передача сжатого воздуха и сигналов между модулями.

Вначале на фундаменте 1 монтируют основание 2, которое через отверстие в плите закрепляют анкерными болтами. Правильность установки основания контролируют уровнем. Затем с помощью мостового крана или тали на основание 2 устанавливают модуль поворота 3. Модуль содержит неподвижную и подвижную части, кинематически свя-

занные через червячный редуктор. Неподвижной частью модуль устанавливают на платики основания, при этом необходимо обеспечить совпадение осей крепежных отверстий. Особое внимание следует уделять наличию резиновых уплотнений в канале воздухопровода между основанием и неподвижной частью (корпусом) модуля поворота. После затяжки крепежных болтов внутреннюю часть модуля поворота закрывают ограждением. Контроль параллельности подвижной части (стола) модуля поворота 3 осуществляется с помощью уровня во взаимно-перпендикулярных направлениях.

На подвижной части модуля поворота 3 устанавливается модуль двойного качания 4, который имеет два исполнительных звена, вращающихся относительно параллельных горизонтальных осей. Модуль качания 4 также обеспечивает транзитную передачу сжатого воздуха к последующим модулям. Для этого на стыковочной поверхности модуля имеется подводное отверстие. При установке модуля необходимо убедиться в наличии резинового уплотнения между отводным отверстием стола 3 и подводным отверстием модуля 4, совместить оси крепежных отверстий и закрепить модуль 4 на столе модуля 3 болтами. Рука 5 манипулятора РПМ-25 устанавливается в расположенной в верхней части стойки модуля двойного качания 4 люльке 8. Для этого базовый корпус руки имеет стыковочные поверхности и крепёжные отверстия. При установке руки также необходимо следить за наличием и правильностью установки резинового уплотнения воздухопровода между отводным отверстием люльки и подводным отверстием руки. Крепление руки 5 к люльке 8 осуществляется четырьмя болтами.

Последним устанавливается захватное устройство 6. Торцевая стыковочная поверхность ориентирующей головки руки 5 и стыковочная поверхность захвата 6 выполнены таким образом, что при подаче сжатого воздуха обеспечивается автоматическое крепление захвата к руке с помощью замка с шариками. Сигнал о наличии захвата снимается с конечного выключателя и подаётся в систему управления ПР.

После монтажа манипулятора производятся установка системы управления, подключение сжатого воздуха, электропитания и осуществляется наладка и опробование работы ПР на холостом ходу.

Специфические требования, связанные с порядком установки опорной системы, предъявляются к монтажу портальных и мостовых

ПР. Как правило, опорная система должна устанавливаться с повышенной точностью. Так, опорные колонны устанавливаются в вертикальной плоскости по отвесу или уровню (цена деления шкалы уровня 0,05 мм; погрешность установки не более трех делений), а в горизонтальной плоскости по струне (отклонения от струны не более 0,5 мм на длине 1 м). Монорельсы монтируют таким образом, чтобы погрешность их установки в вертикальной плоскости не превышала 0,1 мм. Погрешность установки в горизонтальной плоскости измеряют посредине пролета монорельса; она не должна превышать 1 мм на длине 1 м. Если монорельс составной, то после завершения его монтажа не допускаются перекосы направляющих в месте стыков. Системы программного управления ПР проверяют в соответствии с инструкцией по эксплуатации применяемого устройства.

Последовательность монтажа станков в станочных системах следующая:

• разметка и изготовление фундамента под станок в соответствии с чертежом проекта;

• завоз оборудования и предварительная расстановка его на фундаментах; завозят и монтируют основное технологическое оборудование, контрольные и транспортные устройства, магазины, стеллажи и др. его распаковка, технический осмотр и составление акта техосмотра;

• удаление с оборудования средств противокоррозионной защиты (керосином или бензином) и покрытие его тонким слоем чистого масла;

• установка оборудования в горизонтальной и вертикальной плоскостях с «привязкой» к колоннам (установить на фундамент станину станка и выверить уровнем ее положение);

• закладка в отверстия фундамента фундаментных болтов, их заливка цементным раствором и (после его затвердевания) затяжка болтов;

• установка на фундамент станины станка и выверка уровнем ее положения;

• монтаж станка и окончательная выверка его положения;

• заливка бетоном фундаментных болтов, выдержка бетона и затяжка гаек фундаментных болтов;

• установка гидростанций, воздухоочистительных станций, шкафов электрооборудования, стендов и аналогичного оборудования согласно указаниям в фундаментном чертеже;

• укладка в полу коммуникаций, присоединение их к оборудованию;

• разводка коробов, трубопроводов, гидросистем, электропитания, сжатого воздуха и прочих коммуникаций, размещаемых над полом;

• закладка в короба трубопроводов, электропроводки и соединение их с оборудованием, шкафами электрооборудования и пультами; прозванивание (проверка правильности соединения); выполнение работ по заземлению оборудования.

• обкатка станка вхолостую, испытания под нагрузкой и проверка на точность;

• смазка станка и его пробный пуск при соблюдении правил техники безопасности;

• составление акта испытания и акта на приемку из монтажа и сдачу в эксплуатацию оборудования.

Перед установкой станка смывают антикоррозийное покрытие, пыль и грязь керосином. Механизмы станка промывают бензином, насухо вытирают и покрывают тонким слоем машинного масла. Точность и долговечность станков зависят от правильности установки их на фундаменты. Для руководства при установке станка служит установочный чертеж, на котором указаны размеры наибольшей площади для установки и обслуживания. Эти размеры обеспечивают свободное пространство для выступающих частей; станка и для того, чтобы движущиеся части (суппорты, ползуны, столы) в своих крайних положениях не упирались в станину соседнего станка. Следует сохранять межстаночные проходы, установленные правилами техники безопасности. В бетонном полу, опирающемся на грунт, должны быть предварительно пробиты колодцы для фундаментных болтов. При установке станка на бетонном полу междуэтажного перекрытия для фундаментных болтов пробивают сквозные отверстия. Положение станка выверяют уровнем. Для изменения положения станка применяют стальные клинья, укладываемые под подошву станины станка. После предварительной выверки станка поверхности колодцев фундаментных болтов увлажняют и заливают цементным раствором. После затвердевания раствора гайки

фундаментных болтов плавно и равномерно затягивают, производят повторную выверку положения станка и подливают цементный раствор под подошву станины станка.

Тяжелые крупные станки, имеющие недостаточно жесткую станину или составленную из отдельных частей, соединенных болтами, как, например, горизонтальный станок для расточки длинных цилиндров, устанавливаются на отдельных прочных фундаментах. Фундамент как бы дополняет станину станка и придает ей дополнительную жесткость и массу. Подливку цементного раствора под подошву длинной недостаточно жесткой станины тяжелого станка, имеющего точные направляющие, производят только в средней части, а концы станины опирают на регулируемые клинья или башмаки. Это позволяет при эксплуатации станка периодически выверять и регулировать положение его станины. До начала монтажа следует ознакомиться с конструкцией станка по сборочным чертежам и описаниям, прилагаемым к станку. Перед монтажом станка нужно освободить части его от упаковки и очистить от пыли и грязи. Покрытия, предохраняющие обработанные и неокрашенные наружные поверхности деталей станка при транспортировке, следует смыть скипидаром. •Механизмы станка, находящиеся в закрытых коробках (шпиндельная бабка и др.), не следует разбирать и промывать. Смазку, покрывающую их детали, оставлять для использования при работе механизмов.

2.3. Монтаж пневмогидрооборудования

Движение звеньев манипулятора ПР осуществляется исполнительными устройствами. В ПР с пневматическим приводом в качестве исполнительных устройств используются пневмоцилиндры, а в ПР с гидравлическим приводом – гидроцилиндры или гидромоторы. Для обеспечения работы приводов ПР применяются различные блоки и устройства: вентили, влагоотделители, пневмоклапаны, маслораспылители, пневмораспределители, пневмодроссели, гидростанции, масляные фильтры, гидрораспреде- лители, гидроклапаны, гидроаккумуляторы, дроссели с регуляторами потока, пневмогидролинии и т. п. Гидро и пневмо приводы используются в металлорежущих станках для вспомогательных движений.

Порядок монтажа пневмогидрооборудования ПР регламентируется технической документацией заводов-изготовителей. Широкая номенклатура ПР с пневматическим и гидравлическим приводами определяет конкретные виды и объем выполняемых монтажных работ. Так, например, для введения ПР типа МП-9С в режим эксплуатации достаточно только подсоединить узел подготовки воздуха к цеховой магистрали и подключить устройство управления ЭЦПУ-6030, ПР типа СМ40.Ф2.80.01 требует предварительного монтажа гидростанции, соединения ее с аппаратурой гидроуправления и гидроприводами. Несмотря на различие объемов монтажных работ ПР конкретных типов существует ряд общих правил и требований, которые заключаются в предварительной подготовке пневмогидроаппаратуры к монтажу, проведении непосредственно монтажных работ, наладке и сдаче в эксплуатацию. Элементы пневмогидрооборудования поступают к потребителю в законсервированном и упакованном виде. В качестве консервирующих веществ применяют гидравлические масла, минеральные масла с антикоррозионными присадками. Упаковку производят в парафинированную или водонепроницаемую бумагу, полиэтиленовую или полихлорвиниловую пленку. При расконсервации изделий необходимо снять внутреннюю упаковку (чехол, бумагу и т. д.). Мелкие изделия следует промыть в уайт-спирите или моечном растворе с добавкой соды кальцинированной или каустиковой, эмульгатора ОП-7, жидкого стекла, Наружные законсервированные поверхности крупногабаритных изделий протирают чистыми салфетками, смоченными в Уайт спирте или бензине. Из внутренних полостей изделий необходимо полностью удалить консервационную жидкость. Не разрешается пользоваться хлопчатобумажными концами, ворс которых может попасть в капиллярные отверстия устройств. После проведения работ по расконсервации элементы пневмогидрооборудования необходимо подвергнуть проверке на работоспособность. Проверку производят на испытательных стендах при рабочем давлении сжатого воздуха или масла. Все обнаруженные неисправности устраняют до монтажа. Трубные проводки, используемые при монтаже, также требуется подвергнуть предварительной обработке. При наружном осмотре отбраковывают трубы, имеющие свищи, рванины, вмятины глубиной более 0,5 мм и овальность свыше 10 % диаметра, Пригодные для монтажа трубы очищают снаружи и внутри и продувают сжатым воздухом.

На металлические трубы должно быть нанесено покрытие, предохраняющее от коррозии. Перед покрытием наружные и внутренние поверхности труб очищают от ржавчины, краски, жира и пыли. Жировые загрязнения удаляют ветошью или кистью, смоченными органическими растворителями. Можно применять и химический способ, который заключается в обработке поверхности труб водными растворами минеральных кислот: серной, соляной, фосфорной и в отдельных случаях азотной. После обработки растворами кислот трубы необходимо промыть водой, обработать 5 %-ным раствором кальцинированной соды, а затем вновь 2-3 раза промыть водой. После сушки поверхности труб грунтуют, а затем покрывают 3 -5 слоями эмали и 2-3 слоями покровного лака. Допускается обработка внутренних поверхностей труб минеральным маслом, используемым в гидросистеме ПРИ. Трубы из красной меди, используемые при монтаже, необходимо отжечь путем нагревания до вишневого цвета с последующим резким охлаждением в воде. После отжига трубы необходимо выпрямить, для чего рекомендуется использовать лебедку и выпрямление производить натягиванием трубы.

Правильный монтаж пневмоцилиндров и гидроцилиндров в значительной степени определяет срок их службы. Цилиндры могут устанавливаться на лапах, фланце (на передней или задней крышке), проушине, цапфе и удлиненных стяжках. Способ монтажа определяется условиями использования цилиндра. Необходимо отметить, что цилиндры, установочная плоскость которых расположена у основания параллельно оси штока, под действием рабочих усилий могут деформироваться. Это приводит к увеличению трения и повышенному износу деталей. Цилиндры должны быть доступны для обслуживания и демонтажа, за исключением тех случаев, когда они выполнены вместе с опорной конструкцией ПР или оборудования. Крепление цилиндров должно быть достаточно прочным и жестким. Соединение штока с приводом желательно осуществлять через шарнир. Затяжка регулируемых уплотнений штока должна обеспечивать герметизацию при допустимых потерях на трение. При монтаже цилиндров на цапфах должно обеспечиваться беспрепятственное качание в пределах заданного угла поворота. Во избежание появления значительных изгибающих нагрузок на штоке и резкого ухудшения условий работы цилиндра

необходимо обеспечить соосность или параллельность штока цилиндра и соединяющегося с ним вала или направляющих ведомого механизма. Погрешность установки в этих случаях не должна превышать 0,05 мм на длине 1 м. При монтаже пневмоцилиндров их рекомендуется располагать вниз отверстиями для подвода воздуха, чтобы исключить возможность сбора конденсата в полостях цилиндра, Гидроцилиндры можно монтировать в любом положении, необходимо лишь обеспечить удобство доступа к устройствам стравливания воздуха. Гидромоторы также могут быть установлены в любом положении: вертикально, горизонтально, наклонно, Вал гидромотора должен соединяться с ведомым механизмом с помощью эластичной муфты, компенсирующей смещение осей. Допустимое радиальное смещение соединяемых осей валов не должно превышать (например, для гидромоторов типа Г16) 0,1 мм и максимальный угол перекоса осей 1°. Дренажный трубопровод должен быть выведен выше вертикального габарита мотора и обеспечивать свободный, без давления, слив масла в бак. Гидромоторы крепят, как правило, к фланцам с помощью винтов. Монтаж направляющей и регулирующей пневмогидроаппаратуры. К этой аппаратуре относятся пневмо- и гидрораспределители, клапаны, дроссели и регуляторы потока. Для управления всеми звеньями ПР, а также перемещения узлов околороботного и технологического оборудования, входящих в состав РТК, используется от одного до нескольких десятков распределителей и дросселей. В последнем случае распределители целесообразно монтировать на панелях. Монтаж должен обеспечивать легкий доступ к пневмогидроаппаратуре для регулирования и технического обслуживания в процессе эксплуатации. Аппаратура, как правило, может монтироваться в любом пространственном положении, Специальные требования на установку оговариваются в руководствах по монтажу и эксплуатации. При монтаже двухпозиционных распределителей с двусторонним электрическим управлением без пружинного возврата необходимо обеспечить горизонтальное положение их продольной оси. Это предотвращает самопроизвольное перемещение золотников при обесточенных катушках электромагнитов и нарушение последовательности цикла работы ПР и РТК в момент пуска. Крановые распределители на вертикальной или наклонной плоскости необходимо монтировать в таком положении, при котором исключается самопроизвольное их переключение под действием веса рукоятки. Пневмо-

и гидрораспределители с резьбовым присоединением монтируют при помощи трубопроводной арматуры с конической резьбой, Распределители со стыковым присоединением монтируют с помощью винтов непосредственно на панельной плоскости или на промежуточных плитах. Монтажная поверхность панелей должна иметь шероховатость менее 1,25 мкм и неплоскостность не более 0,01-0,05 мм на длине 100 мм. Винты для крепления распределителей должны быть изготовлены из сталей с пределом прочности на растяжение не менее 1000 МПа (в комплект поставки распределителей не входят). Во избежание деформации корпусов распределителей затяжка крепежных винтов должна производиться без особых усилий. Герметичность стыкового соединения обеспечивается за счет уплотнений, выполненных в виде резиновых колец и прокладок. Дроссели, пневмо- и гидроклапаны можно монтировать в различных местах системы (непосредственно у исполнительных механизмов, распределителей, на трубопроводной магистрали). При их монтаже необходимо обеспечить удобство доступа для регулировки и возможность визуального наблюдения при ее выполнении за действиями исполнительных механизмов. При монтаже регулирующей пневмогидроаппаратуры необходимо следить за совпадением направлений движения рабочего тела в системе и установочной стрелки на корпусе прибора.

При монтаже пневмогидропанелей, поступающих с заводов-изготовителей с готовой внутренней разводкой, производится лишь подключение их к исполнительным механизмам с помощью внешних трубопроводных магистралей.

Располагать пневмогидропанели с пускорегулирующей аппаратурой следует группами, вблизи исполнительных механизмов, но вне рабочего пространства ПР. Если панели содержат большое число пускорегулирующей аппаратуры и требуют подключения множества исполнительных механизмов, то разъемные стыки подводящих и отводящих трубопроводов следует располагать в нескольких плоскостях. Трубные проводки при этом рекомендуется подсоединять на резьбах или зажимных кольцах, а шланги на ниппелях с обжатием хомутом.

Высокую производительность и качество проведения монтажных работ можно обеспечить при использовании пускорегулирующей аппаратуры модульного исполнения. В отличие от аппаратуры стыкового

монтажа с одной стыковой плоскостью, эта аппаратура имеет две стыковые плоскости с одинаковыми координатами присоединительных отверстий, расположенных на корпусе сверху и снизу. Это позволяет устанавливать различные аппараты один на другой в вертикальный столбик (пакет), замыкаемый сверху распределителем, плитой связи или плитой-заглушкой. Пакеты могут наращиваться как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях (рис. 2.3). Уплотнение соединений плит и аппаратуры обеспечивается резиновыми кольцами, а крепление пакетов к монтажной плите и плит между собой осуществляется с помощью сквозных стяжек или винтов. Монтаж устройств подготовки рабочего тела. В ПР с пневматическим приводом обязательным блоком является блок подготовки воздуха. В одних конструкциях такой блок предусматривается для каждого ПР, в других – для группы ПР. Блок подготовки воздуха монтируется, как правило, на элементах конструкций (корпусе, станине) ПР. При монтаже необходимо убедиться в правильности установки влагоотделителя, редукционного клапана и маслораспылителя (указательные стрелки по направлению движения сжатого воздуха).

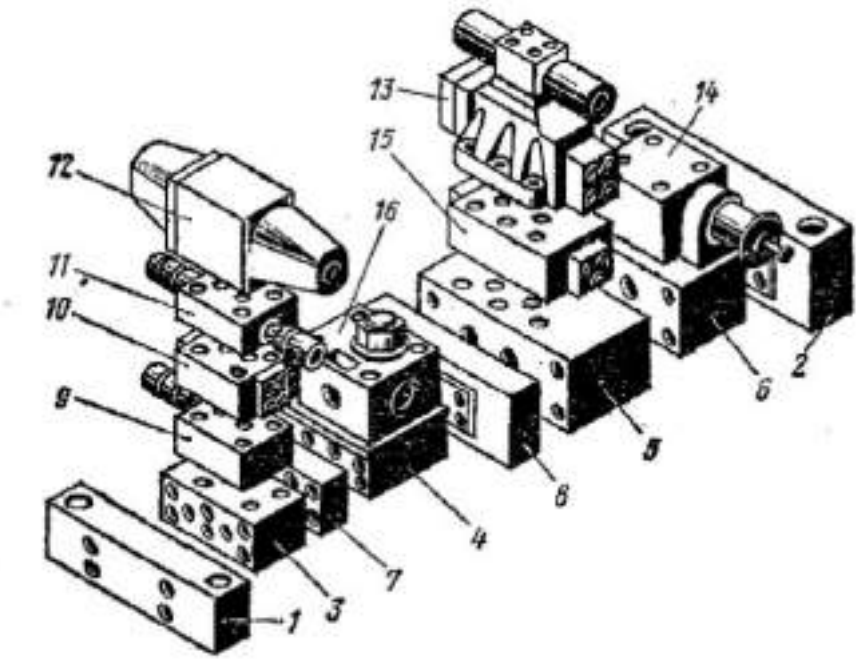


Рис. 2.3. Модульный монтаж пневмогидроаппаратуры:
1, 2 – крепежные плиты; 3-6 – монтажные плиты;
7,8 – переходные плиты; 9-16 – элементы пневмогидроаппаратуры (распределители, дроссели, клапаны; регуляторы потока и т.п.)]

Стеклянные колпаки влагоотделителя и маслораспределителя должны быть направлены вертикально вниз; место их установки должно обеспечивать удобство слива влаги, залива свежего масла и наблюдения за уровнем масла в процессе работы ПР. В ПР с гидравлическим приводом питание гидросистемы осуществляется от насосной установки (гидростанции), обеспечивающей очистку рабочей жидкости от твердых частиц и влаги, создание и поддержание заданного давления жидкости в напорной магистрали, охлаждение или нагрев жидкости до рабочей температуры.

ПР комплектуются гидростанциями в собранном виде. Монтаж таких гидростанций заключается в выставке на подкладках и закреплении анкерными или крепежными болтами бака-отстойника со смонтированным на нём оборудованием. При монтаже необходимо предусмотреть удобство доступа к фильтрам и горловине для заливки масла, сливному отверстию, смотровым люкам, а также удобство наблюдения за приборами-указателями давления и уровня масла. Защитные кожухи не должны препятствовать циркуляции воздуха для охлаждения.

В системах пневматического и гидравлического приводов ПР исполнительные механизмы, аппаратура управления и регулирования, вспомогательная аппаратура соединяются между собой с помощью металлических трубопроводов, резиновых рукавов, гибких металлических рукавов, шлангов и полиэтиленовых труб. Выбор типа проводок зависит от рабочего давления и температуры, агрессивности рабочего тела и внешней среды, вида соединения стыков, условий гибки и монтажа. Так, например, трубы из углеродистых сталей применяются в неагрессивных средах при температуре до 250 °С. Трубы из нержавеющих сталей применяются при температурах до 500 °С и обладают повышенными по сравнению с трубами из углеродистых сталей прочностью и коррозийной стойкостью в агрессивных средах. Трубы из меди используются при температурах до 150 °С и давлениях до 25 МПа. Они устойчивы к воздействиям атмосферы и морской воды. Трубы из меди отличаются высокой гибкостью, удобны для применения на коротких участках со сложными изгибами и при необходимости подгонки в процессе монтажа.

Жесткие трубные проводки применяются для монтажа неподвижной аппаратуры. Наиболее рационально применение цельных трубопроводов с минимальным числом соединений.

Гибкие проводки применяются в тех случаях, когда необходимо подвести сжатый воздух или рабочую жидкость к устройствам, закрепленным на узлах и механизмах, имеющих относительное перемещение, или поочередно к различным потребителям от одного источника. Гибкие проводки обеспечивают удобство монтажа, особенно в труднодоступных местах.

Внутренний диаметр канала, трубы или рукава пневмогидропроводок определяется по формуле $d = \sqrt{4Q/\pi\upsilon} = 1{,}13\sqrt{Q/\upsilon}$, где Q – расход рабочего тела (воздуха, жидкости), $м^3/с$; υ – скорость потока рабочего тела, м/с.

Оптимальные скорости движения воздуха или потока жидкости зависят от многих факторов. На основании практических данных рекомендуются следующие величины скоростей, м/с:

Воздуха

В магистральных трубопроводах … 6 – 12

В подводящих трубопроводах … 16 – 40

Рабочей жидкости

В напорных гидролиниях … 5 – 10

В сливных гидролиниях … 2 – 2,5

Во всасывающих гидролиниях … 0,5 – 1,5

Толщина стенки труб определяется по формуле $\delta = p_{max}D/2\sigma_{доп} = p_{max}D_n/2\sigma_в$, где p_{max} – максимальное давление рабочего тела, Па; D – наружный диаметр трубы, м; $\sigma_{доп}$ – допустимое напряжение материала трубы, Па; $\sigma_в$ – предел прочности материала трубы, Па (для труб из стали 20 $\sigma_в$ = 140 МПа); n – коэффициент запаса прочности (n = 3÷6).

Разметку и разрезку труб на нужные длины обычно производят в монтажно-заготовительных мастерских. Для этого используется разметочно-отрезной агрегат, позволяющий получать детали трубопроводов с точностью ± 1 мм. Затем производится гибка труб. Трубы изгибают по шаблонам, изготовленным из стальной проволоки по месту установки трубопровода, либо по монтажным чертежам. Гибку можно производить как в холодном, так и в горячем состоянии. Нагрев труб на монтажно-заготовительном участке осуществляют на стыковых электросварочных машинах, а в монтажной зоне – с помощью газосварочных горелок. Трубы диаметром до 1 ½″ гнутся, как правило, с помощью ручных трубогибов, а 2″ и более – на трубогибочных станках.

Радиусы изгиба труб, работающих под давлением, ограничиваются значениями, при которых не происходит существенного сниже-

ния их статической и усталостной прочности. Минимальный допустимый радиус внутренней кривой изгиба труб должен быть для:

– медных труб – не менее 2D (D – наружный диаметр);

– стальных и полиэтиленовых труб, изгибаемых в горячем состоянии, отожженных труб из алюминия и алюминиевых сплавов, для полихлорвиниловых труб – не менее 3D;

– остальных труб, изгибаемых в холодном состоянии, – не менее 4D;

– полиэтиленовых труб, изгибаемых в холодном состоянии, – не менее 6D.

При монтаже труб необходимо соблюдать следующие требования: трубы, прокладываемые вдоль корпусных деталей, должны следовать их контуру; трубы не должны закрывать съемные детали, крышки, окна для транспортирования, карманы для болтов в станине и т.п.; трубы необходимо устанавливать с небольшим уклоном в сторону устройств подготовки рабочей среды для обеспечения возможности удаления конденсата; при использовании ресиверов подсоединение трубопровода необходимо производить в верхней точке ресивера; при скрытой прокладке труб в бетонных каналах заглубление должно быть не менее 20 мм от поверхности пола.

Крепление труб к опорным конструкциям производят с помощью скоб или колодок (рис. 2.4).

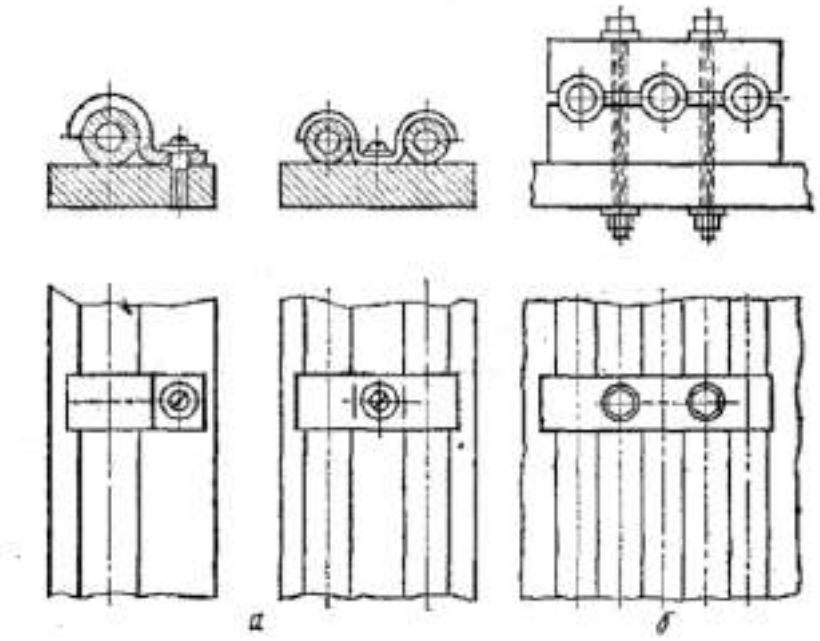


Рис. 2.4. Крепление трубопроводов:
а – с помощью скоб; б – с помощью колодок

Расстояние между крепежными элементами трубных проводок должно быть для:

– трубопроводов из цветных металлов на горизонтальных участках 0,6 – 0,8 м, на вертикальных 1 м;

– стальных трубопроводов диаметром 8 – 14 мм на горизонтальных участках 0,75 м, на вертикальных – 1 – 1,5 м;

– стальных трубопроводов диаметром 22 – 60 мм на горизонтальных участках 2 – 4 м, на вертикальных – 3 – 5 м;

– пластмассовых трубопроводов диаметром 6 – 10 мм на горизонтальных участках 0,3 м, на вертикальных – 0,5 м.

Расстояния между опорными конструкциями трубных проводок (полками, кронштейнами, консолями, пакетными скобами и т.п.) должны быть такие же, как и между крепежными элементами для одиночных труб и могут быть несколько больше для групповых (блочных) проводок.

Соединения трубных проводок могут быть неразъемными и разъемными.

Неразъемные соединения (рис.2.5) применяются для трубопроводов, не требующих демонтажа. Их выполняют сваркой встык, в раструб и с применением безрезьбовых муфт. Соединение трубопроводов встык требует обязательного провара кромок на всю толщину. Для этого на торцах свариваемых труб делают фаску под углом 60 – 70 °. Стыковой способ сварки не гарантирует отсутствия шлака на внутренней поверхности трубы в месте сварки.

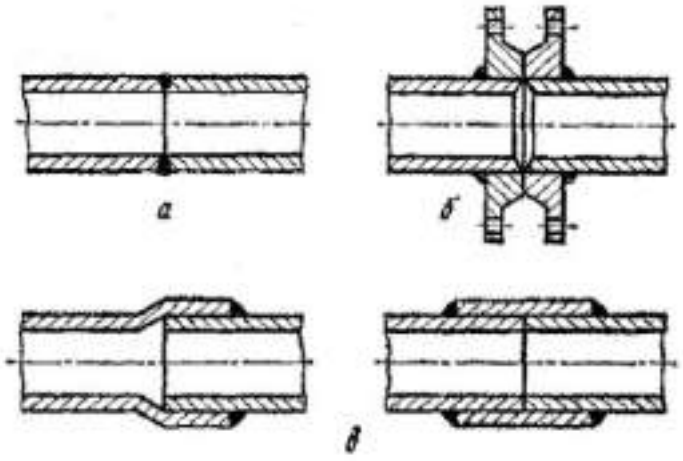


Рис. 2.5. Неразъемные соединения трубопроводов:
а – встык; б – при помощи безрезьбовой муфты; в - враструб

Полностью исключается попадание шлака на внутренние поверхности труб при сварке их враструб или с применением безрезьбовых муфт. При этом также облегчается процесс сварки. Неразъемные соединения полиэтиленовых труб так же выполняют сваркой встык или в раструб. Для образования раструба используют нагретую металлическую оправку соответствующего диаметра. Длина раструба должна быть примерно равна наружному диаметру соединяемых труб. Затем внутреннюю поверхность раструба и наружную поверхность конца трубы оплавляют на специальном металлическом блоке, нагретом предварительно до 220–260 °С, и производят соединение. Сварка встык выполняется путем предварительного нагрева и оплавления на длине 3-4 мм концов труб при температуре 250-300°С с последующим их прижатием и выдержкой для охлаждения не менее 2 мин. Неразъемные соединения полихлорвиниловых труб выполняют склеиванием. Для этой цели применяют 20 % - ный раствор поливинилхлоридной смолы в обезжиренном ацетоне. На одном конце трубы делается раструб. После обезжиривания склеиваемых поверхностей ацетоном тонким слоем наносят клей, дают подсохнуть в течение 25–30 мин, затем наносят еще один слой и соединяют. Для схватывания склеиваемые трубы выдерживают без нагрузки в течение 2,5–3 ч. При выполнении неразъемных соединений медных или латунных труб сварку заменяют пайкой. К разъемным относятся соединения, позволяющие производить разборку без нарушения целостности соединяемых труб или без их вращения. Применяется четыре основных вида соединения труб: по наружному и внутреннему конусам, с уплотнительным кольцом и фланцевые (рис. 2.6).

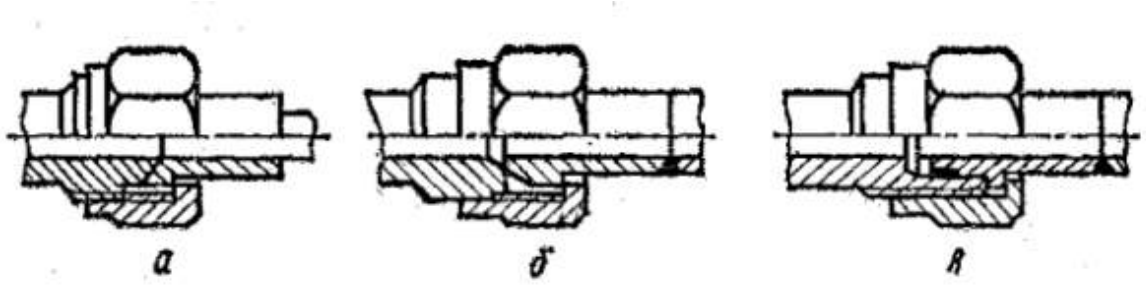


Рис. 2.6. Разъемные соединения трубопроводов:
а – по наружному конусу; б – по внутреннему конусу;
в – с уплотнительным кольцом

Первые три вида соединений обеспечивают герметичность за счет обжатия или прижатия конца трубы или полусферического ниппеля к штуцеру с помощью накидной гайки. Фланцевое соединение применяется для труб диаметром более 40 мм и обеспечивает герметичность за счет стягивания болтами двух фланцев, приваренных к концам труб. Между торцевыми поверхностями фланцев помещается прокладка из резины или паронита. Для монтажа разъемных соединений стальных тонкостенных труб применяются присоединения (рис. 2.7): прямые концевые, угловые концевые, тройниковые концевые, медных или также промежуточные (прямые и тройниковые).

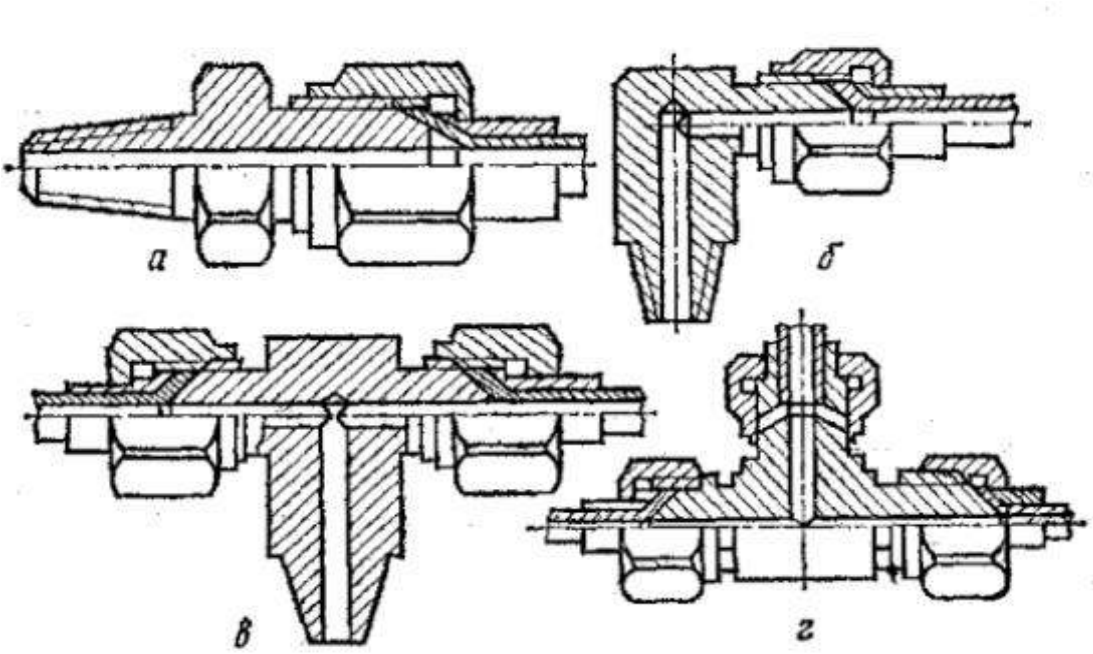


Рис. 2.7. Конструкция присоединений:
а – прямое концевое; б – угловое концевое; в – тройниковое концевое; промежуточное

Данные соединения рассчитаны на номинальное давление до 6,3 МПа (для медных труб) и до 12,5 МПа (для стальных труб). При затяжке гайки ниппель прижимает развальцованный конец трубопровода к конусной поверхности штуцера, обеспечивая герметичность соединения. Шланги и рукава, используемые для подвода сжатого воздуха к подвижным исполнительным и устройствам, монтируют на ниппеле с кольцевыми проточками и обжимают хомутами, Такие соединения используются для давлений до 0,5 МПа. При больших давлениях рукава

зажимаются между ниппелем и резьбовой муфтой. Для систем гидравлики и давлений до 30 МПа применяются гибкие металлические рукава высокого давления, которые поставляются с резьбовой фланцевой или специальной арматурой.

Техника безопасности при монтаже пневмогидрооборудования ПР

При подготовке пневмогидрооборудования к монтажу, чистке и промывке бензином или уайт-спиритом необходимо обеспечить соответствующую вентиляцию. Обтирочный материал после употребления следует убрать в металлический ящик с крышкой. Запрещается производить работы с применением открытого огня (сварка, резка и пр.) вблизи оборудования в период расконсервации (обработка бензином, уайт-спиртом).

При работе с отрезными и шлифовальными кругами необходимо убедиться в надежности их закрепления и наличии ограждающего кожуха. При гибке труб должна быть очищена поверхность (пол). Используемые стационарные или передвижные трубогибочные и другие приспособления должны иметь предохранительные отключающие устройства, а также заземление и зануление.

При работе с кислотами и щелочами опасные зоны должны быть ограждены. Рабочие, занятые на химической обработке трубопроводов, должны пройти специальное обучение и иметь защитную одежду (очки или маску, резиновые рукавицы и сапоги, шерстяные куртки и брюки). Необходимо соблюдать особую осторожность при сливе или выдувании кислоты из трубопроводов, так как при этом возможно разбрызгивание кислоты и попадание е на открытые участки тела.

При производстве электросварочных работ сварочные кабели должны находиться в технически исправном состоянии н не иметь оголенных частей. Обратный кабель от сварочного агрегата должен подсоединяться непосредственно к свариваемому предмету.

При использовании газосварочных аппаратов необходимо надежно закрепить баллоны с кислородом и ацетиленом. Шланги должны соответствовать назначению и их соединение между собой н аппаратурой должно производиться инвентарными хомутами. Особо опасно соприкосновение кислорода с маслом, поэтому пользоваться промасленными рукавицами и спецодеждой при работе с кислородными баллонами запрещается.

Соединение трубопроводов, подтяжка и обтяжка аппаратуры и шлангов должны производиться при полностью снятом давлении. Торцовые и гаечные ключи, используемые при установке аппаратуры и соединений, должны быть исправны и соответствовать по размеру.

2.4. Монтаж устройств управления и электрооборудования роботов и мехатронных систем

Устройства (системы) управления ПР и мехатронных модулей в зависимости от конструкции могут быть встраиваемые и выносные. Наибольшее распространение получили выносные устройства управления, выполненные в виде отдельного приборного шкафа, внутри которого расположены элементы и аппаратура силового питания приводов ПР, блоки управления, памяти, преобразования информации. В верхней части шкафа располагается пульт оператора с выведенными на него органами включения-выключения питания, выбора режима работы, набора отрыто проложенные заземляющие проводники в местах, где возможно их механическое повреждение, должны быть защищены. Защита может быть осуществлена стальной трубой, плетеным чехлом и др. Присоединение заземляющих проводников к заземляемым элементам должно быть выполнено надежным болтовым или винтовым соединением с принятием мер против ослабления контакта (установка контргаек, пружинных шайб и т. д.). Заземление оборудования, подвергающегося частому демонтажу, следует выполнять при помощи гибких медных заземляющих проводников сечением не менее 4 мм^2 (для малогабаритного оборудования допускается 1,5 мм^2). Оконцовывание медных заземляющих проводников должно выполнено с помощью привариваемых к ним кабельных наконечников. Ответвления к однофазным электроприемникам для их заземления должно осуществляться отдельным (третьим) проводником. Использование для этой цели нулевого (рабочего) провода ответвления запрещается. В целом система заземления ПР должна быть выполнена таким образом, чтобы при снятии любого из заземляемых элементов не нарушалась целость всего заземления.

Техника безопасности. Монтаж электрооборудования ПР и мехатронных систем должен производиться только при отключенном пи-

тающем напряжении. Электрифицированный инструмент, используемый при монтаже, должен быть заземлен. Крепление электрических аппаратов на несущих конструкциях (панелях, пультах и т. д.) должно производиться стационарными крепежными изделиями без сорванных резьб, шлицев и граней с необходимой затяжкой резьбовых соединений и принятием мер от самопроизвольного развинчивания. При затяжке проводов в трубы стальная проволока не должна иметь заломов и сростков и должна иметь надежное соединение со всеми затягиваемыми проводами. При продувке защитных труб нельзя стоять против открытых концов труб и протяжных или соединительных коробок. Во время затягивания проводов в трубы необходимо предусмотреть меры против падения рабочего в случае отрыва натянутой проволоки. Направлять затягиваемые провода в защитные трубы необходимо таким образом, чтобы не произошло захвата пальцев рук проводами и затяжки их в трубу. Затяжку проводов в трубы на высоте нельзя производить стоя на приставной лестнице или стремянке; для этой цели следует пользоваться лесами, специальными настилами или площадками. Перед прокладкой кабеля по кабельным конструкциям в помещении каналах, кабельных сооружениях должны быть тщательно проверены прочность крепления и устойчивость этих конструкций. Кабель при этом предварительно раскатывают по полу или по дну кабельного канала.

Монтаж информационных систем

Информационные системы по назначению делятся на три группы: внутренней информации ПР, восприятия внешней среды и обеспечения техники безопасности. **Система внутренней информации ПР** содержит датчики оценки положения и скорости перемещения звеньев ПР, а также датчики, обеспечивающие блокировку движения ПР при появлении случайных сбоев. Для цикловых ПР наибольшее распространение получили путевые конечные выключатели типов ВК-200, ВК-300, ВКП-1000, ВКП-2000, ВКП-4000, а также бесконтактные конечные выключатели типов БВК, У143 и У511. Для определения величины линейных или угловых перемещений звеньев манипулятора используется потенциометры, вращающиеся трансформаторы, индуктосины, цифровые датчики типа перемещение – фаза – код.

Контактные выключатели срабатывают в результате непосредственного механического воздействия упора управления на приводной

элемент выключателя (рычаг с роликом, толкатель и др.), поэтому необходимо, чтобы ход упора был несколько больше рабочего хода выключателя, но вместе с тем не превышал бы величины полного хода, допустимого для данного выключателя.

Контактные или путевые выключатели обычно монтируют вблизи рабочих зон перемещаемых механизмов и крепят винтами через крепежные отверстия к неподвижной части узлов ПР. Если контактный выключатель используется для фиксации определенной точки при движении звеньев ПР, например, точки синхронизации, то в этом случае взаимодействующий с выключателем упор имеет конструкцию, обеспечивающую прохождение его по обе стороны от выключателя (рис 2.8). Для обеспечения возможности подстройки положения упора он должен иметь продольные пазы длиной 15-20мм.

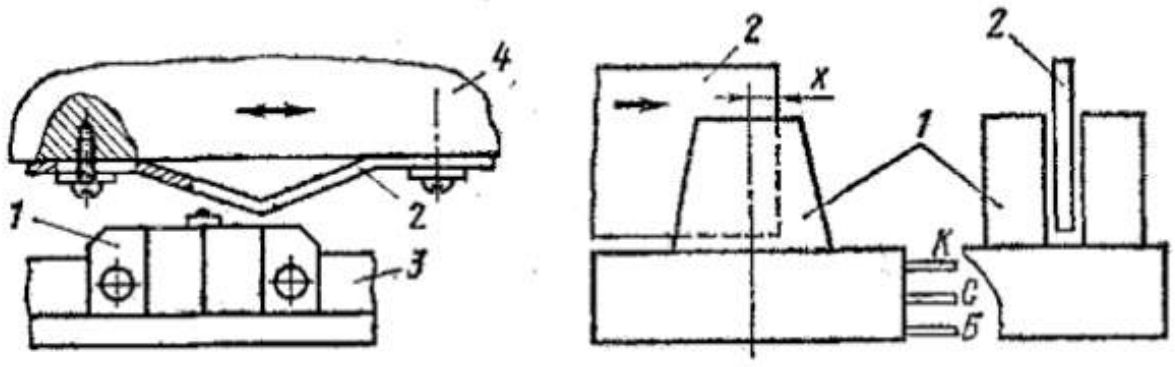


Рис. 2.8. Монтаж конечного выключателя

Бесконтактные конечные выключатели типа БВК также монтируют на неподвижных узлах ПР и оборудования с помощью винтов. Они имеют щелевидную рабочую зону, поэтому на подвижном элементе или звене ПР с помощью винтов закрепляют алюминиевую пластину толщиной 3 мм и шириной 30 мм. Срабатывание датчика происходит при переходе кромки пластины за центр рабочей зоны на величину от 0 до 4 мм (в зависимости от характеристики выключателя).

Наибольшее распространение в робототехнике получили бесконтактные конечные выключатели пальчикового типа. На рис. 2.9 представлена конструкция индуктивного бесконтактного переключателя фирмы “Баллуфф” (ФРГ).

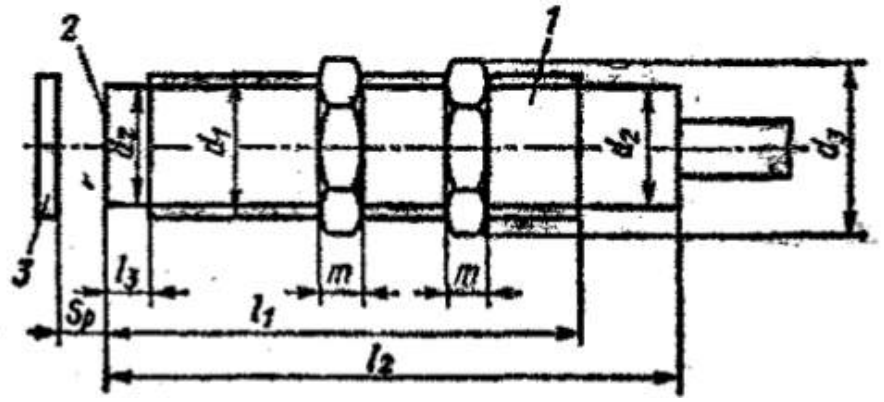


Рис. 2.9. Конструкция индуктивного бесконтактного переключателя фирмы “Баллуфф” (ФРГ)

Они имеют цилиндрическую конструкцию с металлическим или пластмассовым корпусом 1 и могут устанавливаться на специальных кронштейнах, либо встраиваются в металл заподлицо или незаподлицо. Срабатывание датчика происходит при приближении к его активной поверхности 2 измерительной пластинки 3 из стали толщиной 1 мм квадратной формы со стороны квадрата, равной диаметру датчика. Рабочий зазор переключения S_p=2/20 мм (в зависимости от типа датчика). При использовании латунной измерительной пластинки рабочий зазор уменьшается вдвое.Отечественная промышленность выпускает аналогичные датчики типа У551 с рабочим зазором 1, 2, 4 мм и ДКП с рабочим зазором 1 и 2 мм. При монтаже датчиков на кронштейне с помощью крепежных гаек выставляется номинальный рабочий зазор от торцевой поверхности датчика до измерительной пластинки, наклеенной на подвижное звено. Датчики пальчикового типа могут быть встроены в металл. Если необходимо расположить рядом два датчика, то расстояние между их центрами должно быть равно или больше двух их диаметров. Если датчики не позволяет встраивать его в металл до уровня активной поверхности то для обеспечения его работоспособности с заданными параметрами должна быть обеспечена свободная от металла зона. Соединительные провода от датчиков при монтаже рекомендуется прокладывать в резиновых патрубках соответствующего диаметра с нахлестом на корпус датчика. При монтаже датчиков, регистрирующих перемещение звеньев манипулятора, их скорости и ускорения, необходимо обеспечить кинематическую связь перемещаемого звена с датчиком.

Основные варианты конструктивных схем связи датчика со звеном манипулятора приведены на рис. 2.10.

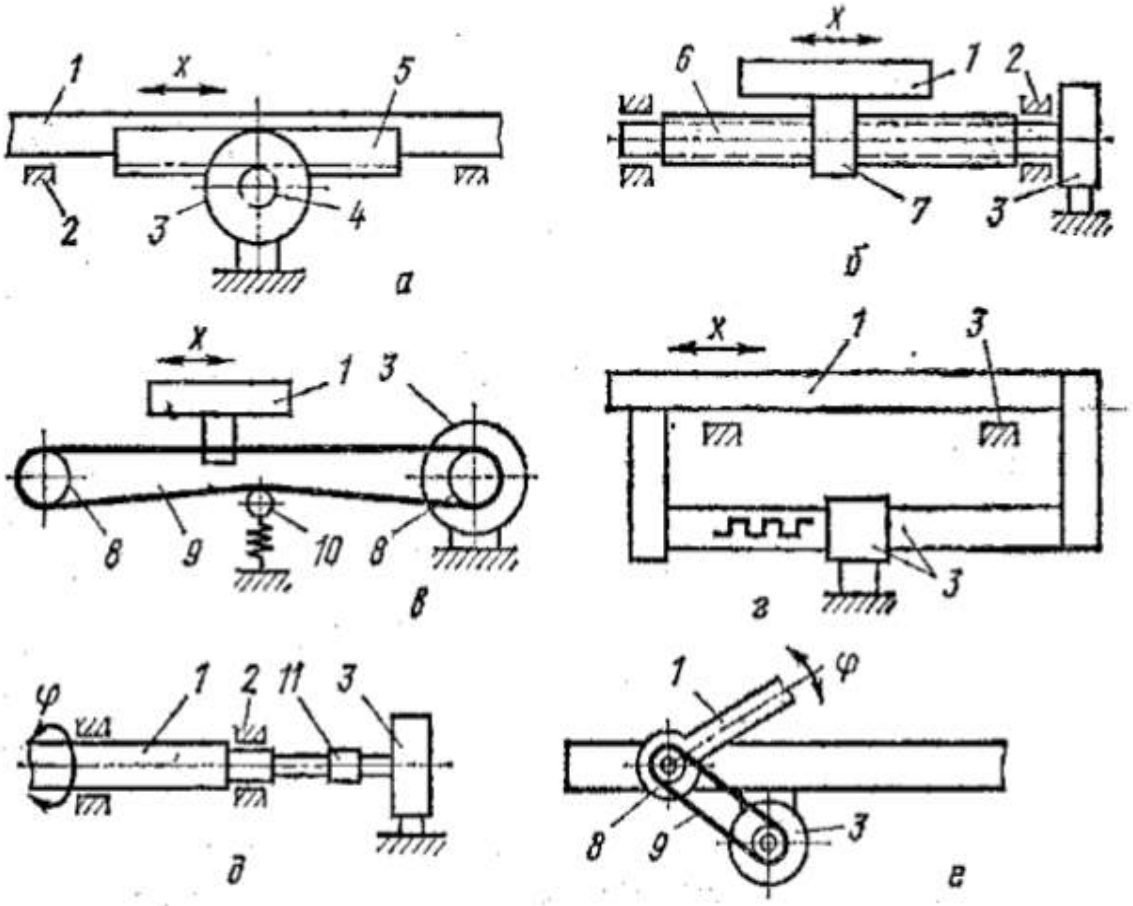


Рис. 2.10. Основные варианты конструктивных схем связи датчика со звеном манипулятора

На практике обычно отдается предпочтение вращательным датчикам перемещений, так как они более технологичны, отличаются относительной легкостью подсоединения к измеряемому звену и обеспечивают хорошую разрешающую способность. Датчики перемещения либо непосредственно подсоединяются к подвижному элементу, либо соединяются с ним посредством механической передачи того или иного типа. На рис. 2.10, а приведен вариант связи поступательно перемещающегося звена 1 с вращательным датчиком 3 с помощью зубчатого колеса 4 и зубчатой рейки 5. Точность измерений перемещения x определяется в первую очередь погрешностью зубчатого зацепления и качеством механической обработки.

В схеме, приведенной на рис 2.10, б, вращение ходового винта 6 вызывает линейное перемещение х гайки 7, к которой крепится подвижное звено 1. С ходовым винтом связан вал вращательного датчика 3, измеряющего угол поворота ходового винта 6, а следовательно, и перемещение х звена 1. Погрешность измерения этой схемы зависит от механического преобразователя вращательного движения в линейное, что определяется точностью ходового винта, гайки, опорных подшипников 2 и качеством сборки механической передачи. Более точную передачу движения на вращательный датчик 3 можно обеспечить (Рис. 2.10, в) с помощью гибкого тросика 9, шкивов 8 и устройства натяга 10. Следует отметить, что при измерении линейного перемещения подвижного звена наибольшую результирующую точность обеспечивает вариант с непосредственным подсоединением к подвижному звену линейного датчика перемещения (рис. 2.10, г), так как механическая передача между подвижным звеном 1 и датчиком 3 лишь увеличивает погрешность измерения перемещения. Аналогично при измерении углового перемещения подвижного звена 1 предпочтителен вариант подсоединения к нему вращательного датчика 3 либо непосредственно, либо с помощью соединительной муфты 11(рис. 2.10, д). Если конструкция манипулятора не позволяет осуществлять такой вариант, то ось подвижного звена 1 можно связать с входным валом вращательного датчика 3 механической передачей, в частности, в виде шкивов 8 и гибкого тросика 9 (2.10, е).

В системах восприятия внешней среды наибольшее применение находят системы технического зрения. В качестве датчиков в таких системах используют телевизионные передающие трубки (видиконы) либо полупроводниковые матричные формирователи сигналов изображения на основе фотодиодных матриц. Монтаж датчиков систем технического зрения производят преимущественно на конце руки или рабочих органах ПР. При этом необходимо обеспечить надежное крепление датчиков и одновременно создать условия для возможности обзора области захвата объектов манипулирования. Видиконы и матричные формирователи не должны мешать работе рабочих органов ПР и не должны быть повреждены объектами манипулирования в любых рабочих ситуациях. На рис. 2.11 показан пример установки видикона 2 на фланце руки ПР 1. К этому же фланцу посредством разъема крепится рабочий орган 3 с матрицей пневматических присосок 4.

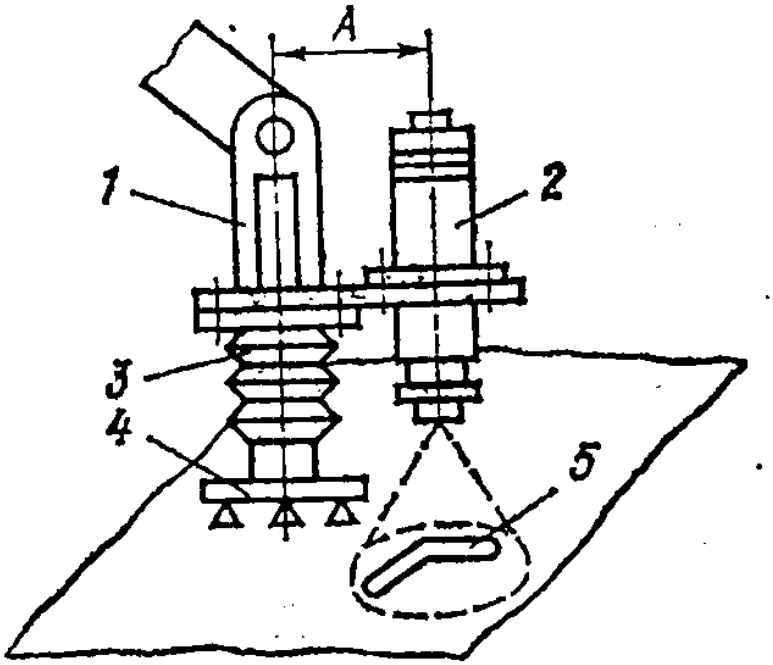


Рис. 2.11. Монтаж видеокамеры на руке робота

Оси руки ПР и видикона смещены в горизонтальной плоскости на расстояние А, определяемое конструктивными размерами элементов. В процессе работы ПР с помощью видикона осуществляет поиск объекта 5 на плоскости захвата. Затем координаты объекта переносятся в память устройства управления и ПР перемещается в направлении центра объекта на величину фиксированного расстояния А для захвата.

Электрические машины и аппараты в зависимости от их веса и габаритов поступают на монтаж от заводов-изготовителей в собранном или разобранном виде в соответствующей упаковке. Выгружают их с транспортных средств кранами и в исключительных случаях на катках по наклонным настилам, хранят в сухих вентилируемых помещениях. Части машин, подверженные коррозии, покрывают слоем технического вазелина или какой-либо другой смазки. Шейки валов покрывают антикоррозионной смазкой, обертывают влагонепроницаемым материалом и защищают от механических повреждений. При приемке электрических машин и аппаратов под монтаж проверяют их целостность, соответствие заводских характеристик проектным и комплектность. Во избежание повреждения машин и аппаратов их распаковывают осторожно в закрытом, сухом и чистом помещении, недоступном для посторонних лиц. Помещения для установки электрических машин

и аппаратов принимают от строительных организаций под монтаж в состоянии, годном для нормального ведения работ, и с готовыми фундаментами для машин.

Помещения должны иметь проемы в стенах и перекрытиях для транспортирования тяжелого и крупногабаритного электрооборудования. Если проектом предусмотрена закладка в фундаменты стальных труб, предназначенных для прокладки в них проводов или кабелей, электромонтажная организация укладывает их еще до бетонирования фундамента, одновременно с вязкой арматуры.

Размеры помещений, основные размеры фундаментов, размещение и размеры колодцев под анкерные болты, проемов и ниш, размещение осей фундаментов проверяют по данным чертежей проекта.

Непосредственно перед началом монтажа производят ревизию и регулировку электрических машин и аппаратов. При ревизии проверяют крепление обмоток, наличие доски с выводными зажимами, исправность активной стали, отсутствие вмятин, задиров, ржавчины, состояние выводов обмоток, коллектора и щеточных устройств у машин постоянного тока и контактных колец у машин переменного тока, шеек валов, правильность соединений обмоток, величины зазоров, сопротивление изоляции обмоток. У электрических аппаратов проверяют и регулируют одновременность включения контактов, раствор контактов, работу механизмов зацепления и срабатывания и др.

Обнаруженные мелкие дефекты устраняют собственными силами. Для устранения серьезных дефектов аппараты отправляют на завод-изготовитель или в специальные ремонтные мастерские. Машины и аппараты, прибывающие на монтаж в собранном виде, разбирают только в том случае, если возникают сомнения в их исправности после транспортировки и хранения. Разборку и последующую сборку машин и аппаратов производят так, как это указано в инструкции завода изготовителя. На первой стадии монтажа низковольтной пускорегулирующей аппаратуры, приборов контроля и защиты в соответствии с общим принципом организации электромонтажных работ размечают и пробивают гнезда, проемы и отверстия в строительных основаниях для крепления и заделки в них опорных конструкций или крепежных деталей.

Разметку ведут по отметкам чистого пола, наносимым на стенах или перегородках (представителями строительной организации) чер-

ной краской в виде полос шириной 10 и длиной 100–150 мм, в соответствии с данными чертежей проекта или по размерам, снятым с натуры, пользуясь шаблонами для ускорения этой операции. (Последнее особенно целесообразно при установке большого количества однотипного оборудования.) Разметку начинают с нанесения основных вертикальных и горизонтальных осей мест установки оборудования, а затем размечают места заделки опорных конструкций или крепежных деталей (болтов, шпилек, дюбелей и т. п.). На металлических опорных поверхностях оборудование крепят или непосредственно винтами и болтами, или с помощью конструкций, привариваемых электросваркой к металлическим опорным поверхностям. Крепежные детали и опорные конструкции, если они не выпускаются заводами, изготовляют в мастерской по эскизам группы подготовки производства или чертежам проекта. В мастерской выполняют также ревизию низковольтных аппаратов и подготовку их к установке.

2.5. Монтаж роботизированных технологических комплексов

При монтаже роботизированного технологического комплекса особое внимание нужно уделять системе обеспечения техники безопасности. Системы обеспечения техники безопасности осуществляют аварийную блокировку работы ПР при воздействии на отдельные его части и узлы предельных усилий, а также при попадании в рабочую зону ПР людей. Ограждение рабочей зоны ПР может выполнено на базе устройств с контактными, силовыми, ультразвуковыми, индукционными, светолокационными и другими датчиками. К числу таких устройств относятся трапики, переходные мостики, буфера, чувствительные матрицы.

Система светозащиты рабочей зоны ПР, выполненная по модульному принципу и обеспечивающая эффективную защиту человека при любых конфигурациях РТК. В состав системы входят стойки светоизлучателей и фотоприемников, применяемых попарно, а также блок логических преобразователей. В состав стойки светоизлучателя входят излучатель, сигнальный светофор и кнопка сброса, а в состав стойки фотоприемника - приемник, сигнальный светофор, кнопка сброса и плата усиления выходного сигнала фотоприемника. Стойки излучате-

лей и фотоприемников предназначены для регистрации момента появления человека в соответствующей зоне рабочего пространства ПР. На рис.2.12 приведены типовые конфигурации РТК и места монтажа светолокацнонных стоек. Светоизлучатели и фотоприемники рекомендуется крепить на стойках на высоте 0,8 – 1 м от уровня пола.

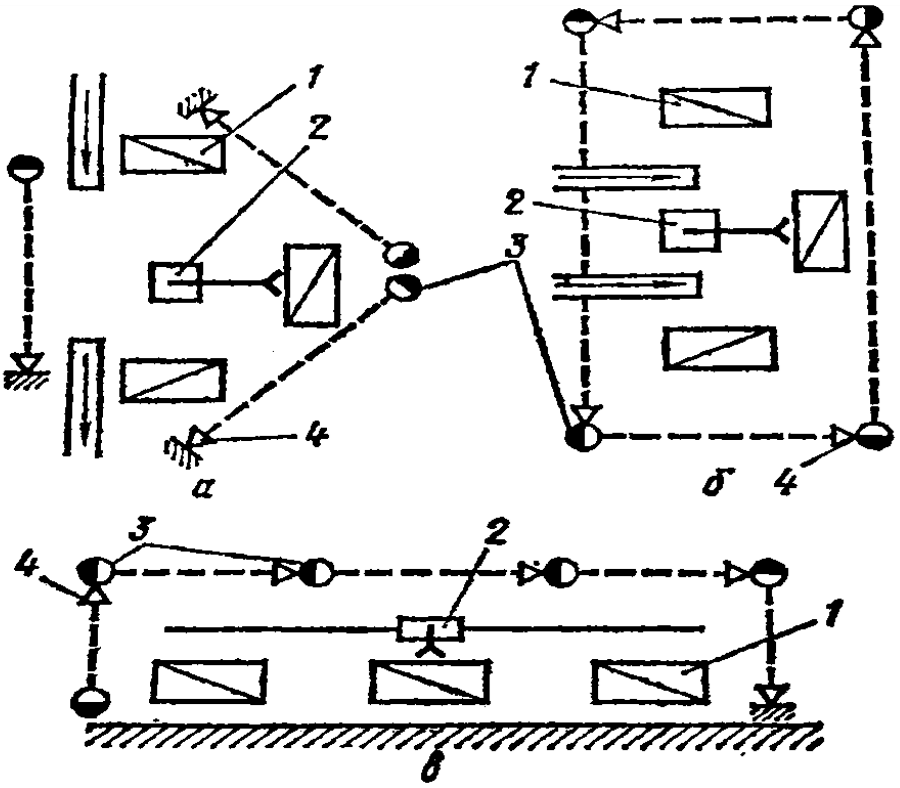


Рис. 2.12. Типовые конфигурации РТК
1 – технологическое оборудование, 2 – ПР,
3 – светоизлучатель, 4 – фотоприемник

Луч света должен быть сфокусирован и освещать поверхность фотоприемника, работающего в паре со светоизлучателем. На этих же стойках размещаются кнопки сброса аварийной блокировки.

Пересечение светового луча при входе человека в зону рабочего пространства приводит к включению всех лампочек-светофоров стоек, ограничивающих эту зону. Таким образом, осуществляется сигнализация запрещенной для работы ПР зоны рабочего пространства (рис 2.12, а). Если ПР находится в этой зоне, либо входит в нее, что регистрируется соответствующими бесконтактными выключателями, то формируется команда на аварийное торможение и выключение движения робота (рис. 2.12, б). При необходимости может быть вновь дано

разрешение на одну из кнопок «Сброс», находящихся на стойках, ограничивающих запрещенную зону работы ПР (рис. 2.12, в).

В целях большей безопасности обслуживающего персонала помимо светозащиты предусматривают монтаж дополнительных устройств, одним из которых являются выдвижные упоры, расположенные в местах, ограничивающих работу зоны ПР. При появлении в этой зоне человека упоры выдвигаются (как по команде оператора, так и по сигналу устройства светозащиты) и препятствует перемещению ПР в эту зону.

Если РТК имеет круговое ограждение с одной или несколькими калитками, то в поверхность пола на входе калиток можно вмонтировать гравитационные трапы, верхняя горизонтальная поверхность которых должна быть на уровне пола. Длина трапа не должна быть меньше 1 м, с тем чтобы человек при нормальном шаге хотя бы одной ногой обязательно наступил на трап. Это вызывает блокировку движений ПР и элементов РТК. После монтажа датчиков информационных систем всех видов осуществляется подключение их к информационным магистралям в соответствии с проектом, и передача в комплексе с другим оборудованием в наладку.

Планировка участков и линий ПР, РТК должна обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к ПР, основному и вспомогательному технологическому оборудованию, к органам управления и аварийного отключения всех видов оборудования и механизмов, входящих в их состав. Например, требованиям обеспечения свободного доступа к оборудованию и его осмотра в большей степени соответствуют подвесные передвижные ПР, рабочие зоны которых не совмещены с рабочими зонами операторов. Планировка зоны РТК должна проводиться в зависимости от типа используемого технологического оборудования, его компоновки, формы, размеров и расположения рабочих зон, уровня автоматизации оборудования, надежности его работы и степени информационного обеспечения, а также от компоновки и структурно-кинематической схемы ПР с учетом действующих норм технологического проектирования соответствующего производства. При манипулировании и перемещении заготовок, готовых изделий и т. п. над проходами, проездами и рабочими местами под зоной движения исполнительных устройств ПР устанавливают за-

щитные сетки и другие устройства, исключающие травмирование персонала при случайном падении предметов манипулирования. Пульт управления РТК по ГОСТ 22269–76, как правило, размещается за пределами зоны ограждения с обеспечением оператору возможности хорошего обзора за работой ПР, технологического оборудования, входящего в состав комплекса, и окружающего его пространства. Освещенность пультов управления РТК должна составлять по ГОСТ 12.2.072–82* не менее 400 лк. Освещенность в рабочей зоне устанавливается СНиП II-4–79 и отраслевыми нормами соответствующих производств. Так, роботизированные комплексы для обработки отливок (ТУ 2-043-862–88) имеют освещенность площадок обслуживания 400 лк, а отраслевые нормы (ОСТ 5.9854–80) устанавливают общую освещенность рабочих мест на поточно-механизированных сварочных линиях 300 лк при использовании газоразрядных ламп и 200 лк – при лампах накаливания. Шумовые и вибрационные характеристики РТК должны соответствовать ГОСТ 12.1.003–83. При размещении постов управления РТК, участками или линиями в закрытых кабинах минимальные внутренние размеры кабины по ГОСТ 12.2.072–82* должны составлять: высота – 2100 мм, ширина – 1700 мм, длина – 2000 мм, ширина дверного проема – 600 мм. Температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха и содержание вредных веществ в воздухе кабины или помещения, откуда ведется управление комплексом, устанавливают по ГОСТ 12.1.005–76. Количество подаваемого в кабину воздуха определяют по СН 245–71. Интенсивность лучистого потока, поступающего через смотровые окна кабины, не должна превышать 1200 кДж/(м2ч), а уровень звука – до 80 дБА. Зоны размещения органов управления на пультах и средства отображения информации выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 23000–78, ГОСТ 22269–76, ОСТ 12.2.033–78, ГОСТ 12.4.040–78*. Оснащение РТК, участков, линий унифицированными комплектами средств для диагностирования состояния оборудования в процессе эксплуатации и оценки состояния внешней среды с выводом оперативной информации на дисплеи пультов управления позволяет значительно повысить уровень безопасности производственных процессов, обслуживающего персонала и безаварийной работы оборудования в составе РТК.

В общем случае монтаж РТК производят в следующей последовательности:

1. В соответствии со строительным заданием изготавливают фундаменты под ПР, технологическое и околороботное оборудование, каналы для кабельных и трубопроводных магистралей.

2. Производят установку ПР на фундаменте, методы его выверки и крепления описаны выше. Затем устанавливают шкаф управления ПР, соединяют ПР со шкафом информационными и силовыми кабелями, прокладываемыми без крепления в каналах, и подают на шкаф управления временное питание.

3. При включенном питании проверяют отработку движений ПР по степеням подвижности при управлении с выносного пульта управления, а также уточняют направление оси синхронизации ПР и границы его рабочей зоны, особенно по углу поворота основания.

4. Производят установку технологического оборудования.

5. Далее устанавливают магазины выдачи заготовок.

6. Устанавливают шкаф пневмооборудования, производят прокладку трубных проводок к прессам, магазинам и соединение трубных проводок с элементами пневмооборудования согласно проекту.

7. Монтируют шкаф электрооборудования, датчики положений механизмов, осуществляют прокладку силовых и информационных кабелей и подключение их к элементам электрооборудования.

8. Монтируют элементы информационной системы обеспечения техники безопасности (выключатель открывания входа в ограждение, световой барьер) и вводят блокировки в системы управления ПР и околороботного оборудования.

9. Производят закрепление трубных проводок, силовых и информационных кабелей в каналах и закрывание их крышками.

10. РТК по акту сдают в наладку.

Вопросы для самопроверки

1. Каким образом производится закрепление на площадке монтажных осей и отметок?

2. Назовите способы установки и крепления в фундаменте фундаментных болтов.

3. Порядок монтажа ПР, поставляемых в разобранном виде.

4. Как производится выверка ПР и оборудования?

5. Назовите способы установки пневмо- и гидроцилиндров.

6. Из каких соображений определяются внутренний диаметр пневмогидропроводок и допустимый радиус внутренней кривой изгиба труб?

7. Назовите основные способы монтажа шкафов устройств управления ПР?

8. Основные способы монтажа соединительных проводов на панелях.

9. Как выполняется электропроводка при монтаже электрооборудования непосредственно на исполнительном устройстве ПР?

10. Правила заземления электрооборудования ПР.

11. Назовите основные варианты конструктивных схем связи датчиков информационных систем с звеном манипулятора.

12. На базе каких датчиков и устройств может быть выполнено ограждение рабочей зоны ПР?

13. Назовите рекомендуемую последовательность монтажа элементов РТК.

Глава 3. НАЛАДКА И НАСТРОЙКА РОБОТОВ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Различают три вида наладки технологического оборудования: первичную – перед проведением приемочных испытаний и сдачей на заводе-изготовителе; контрольную – перед сдачей в эксплуатацию после монтажа на предприятии-потребителе; вторичную – после планового ремонта или восстановления работоспособности при поломках и отказах. Наладка производственных систем на заводах-изготовителях проводится в соответствии с технической документацией и техническими условиями.

Контрольная наладка, которая выполняется, как правило, силами специалистов завода-изготовителя либо специализированной пусконаладочной организации, предназначена для проверки и обеспечения (при необходимости) характеристик оборудования, указанных в документации изготовителем. Контрольная наладка предусматривает проверку и обеспечение характеристик оборудования и организацию вза-

имодействия всех составных частей РТК в соответствии с требованиями технологического процесса. При этом каждая единица оборудования должны быть проверены при максимальных нагрузке и скоростных режимах. При вторичной наладке производят настройку всех систем с целью восстановления их первоначальных (паспортных) характеристик. Она производится силами предприятия-потребителя.

3.1. Наладка механических устройств ПР и мехатронных систем

Наладка механических устройств проводится с целью достижения основных механических и кинематических характеристик ПР и мехатронных систем. К таким характеристикам относятся: максимальные или требуемое перемещения звеньев, их скорости, время перемещения захватного устройства из одной точки в другую, точность позиционирования рабочего инструмента при максимальной скорости.

Наладку механических устройств ПР и мехатронных систем следует начинать с изучения кинематической схемы. Это дает возможность разбить всю систему на узлы и механизмы и определить порядок их взаимодействия.

ПР состоят из соединенных в той или иной последовательности опорных систем, оснований, механизмов поворота, подъема, выдвижения руки, захватного устройства и т. п. В зависимости от грузоподъемности ПР, типа привода и системы координат, в которых они работают, механизмы ПР имеют различную конструкцию. Однако это не мешает выработке ряда общих правил и приемов, используемых при наладке.

Для проведения наладочных работ необходимо пользоваться общими видами ПР и его узлов, схемами размещения узлов и оборудования, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, картой смазки. Вся документация перед наладкой должна быть тщательно изучена.

Внешним осмотром должны быть проверены правильность выполнения монтажных работ, качество сборки узлов и элементов робота. Все крепежные болты должны быть затянуты, соединения должны быть надежными. Учитывая, что механическая система ПР представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, наладку целесообразно выполнять последовательно каждого отдельного механизма (например, основания, механизма поворота, механизма подъема и т.

д.), используя уже налаженные механизмы для наладки последующих. В процессе наладки каждого механизма необходимо многократно повторять его движения, наблюдая при этом за его работой. В случае обнаружения отказов наладчик должен выяснить причину отказа, устранить ее и вновь испытать механизм в работе. В ПР с цикловым управлением и пневматическими приводами звеньев выход объекта манипулирования в заданную точку осуществляется по регулируемым жестким упорам. Плавная остановка по упорам выполняется демпферами, а выход в заданные точки контролируется микровыключателями. Основной объем работ по настройке механических систем таких ПР заключается в регулировке плавности хода механизмов и выставлении упоров, ограничивающих движение звеньев. Регулировка скорости перемещения штоков пневмоцилиндров производится при помощи дросселей с обратными клапанами. В ПР с контурным управлением и электромеханическим приводом используется следящий принцип управления с обратной связью по положению звеньев манипулятора и наладку приводов производят путем настройки параметров регуляторов на заданные технические характеристики. Наладку и программирование робота следует начинать при остановленном обслуживаемом оборудовании и при отключённом электропитании робота. Вначале необходимо задать требуемые перемещения робота (крайние точки по каждой координате). При этом проверяют отсутствие заеданий, особенно в конце хода.

Наладка подшипниковых узлов

В процессе наладки механической части ПР и мехатронных систем важно проверить отсутствие люфтов и создание натяга заданной величины в подшипниковых узлах. Подшипники используются в конструкциях фиксирующих либо плавающих опор. Для плавающих опор применяют посадку подшипника с зазором, обеспечивающим подвижность внешнего кольца подшипника в осевом направлении (схемы Рис.3.1а, б). Обычно плавающей делают опору, которая несёт меньшую часть радиальной нагрузки. При создании фиксирующей опоры длинного вала часто используют два подшипника для увеличения жёсткости (схема б). Температурное перемещение обеспечивается посадкой радиального шарикоподшипника с зазором (внешнее кольцо подвижно) либо применением радиального роликоподшипника с цилиндрическими роликами.

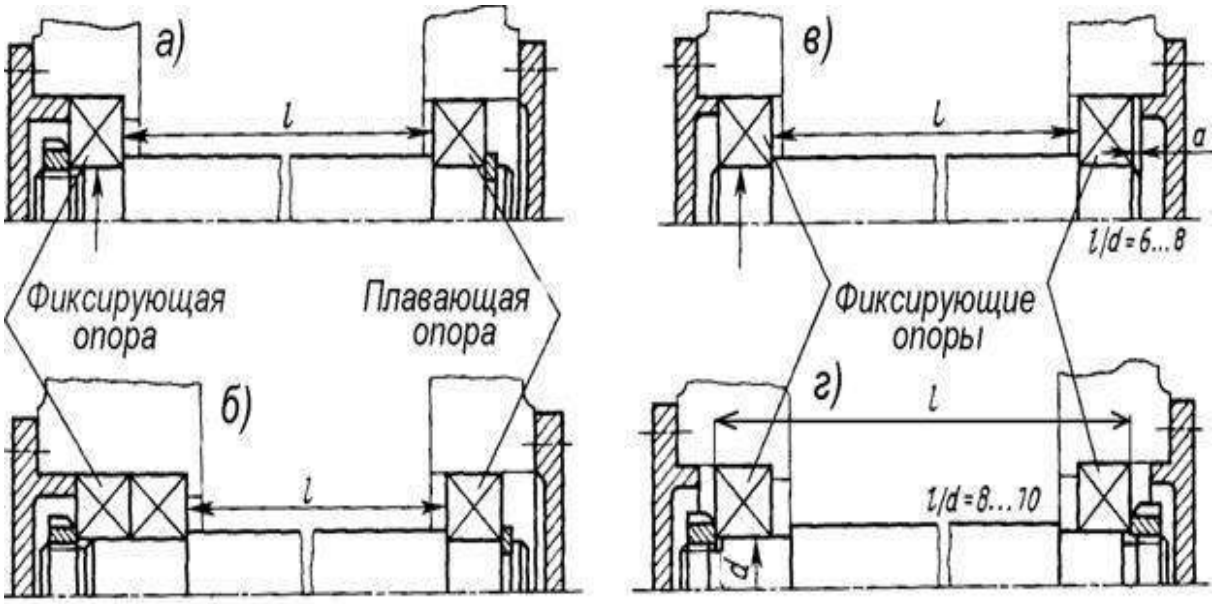


Рис. 3.1. Схемы установки подшипников

Наружные и внутренние кольца фиксирующих опор неподвижны (схема в, г) в осевом направлении и препятствуют смещению вала в ту или в другую сторону. Применение фиксирующих опор допустимо при установке коротких валов враспор в условиях незначительного нагрева. Вал с фиксирующими опорами удобен при монтаже, но требует контроля линейных допусков и учёта теплового расширения, чтобы предотвратить заклинивание тел качения. Для радиально-упорных подшипников установка враспор должна включать возможность осевой регулировки. Величина внутреннего зазора определяет взаимное расположение пары однорядных радиально-упорных шарикоподшипников. Внутренний зазор выставляют после их монтажа, причём осевую фиксацию обеспечивает второй подшипник. Для повышения точности и жёсткости подшипниковых узлов, устранения люфтов и улучшения виброакустических параметров, рекомендуют установку подшипников с предварительным натягом. Преднатяг, т.е. заданная осевая нагрузка, компенсирует зазоры подшипника, создаёт упругую деформацию между максимально возможным количеством тел качения подшипника и его кольцами, предотвращает их проскальзывание. Типичные примеры применения преднатяга - это небольшие быстроходные электродвигатели, шпиндели станков и т.п.

В случае возникновения проблем с подшипником или его установкой, или с тем и другим, температура подшипника не выравнивается, а

возрастает до аномального уровня. Температура насыщения подшипника варьируется в зависимости от теплоемкости, теплоотдачи, количества вращений и нагрузки самого станка. Как правило температура варьируется от 20°С до 30°С. Возможные причины постоянного роста температуры до аномальных пределов следующие: чрезмерная подача консистентной смазки или масла; непредусмотренная нагрузка на подшипник; чрезмерное трение уплотнений подшипника; неправильный контакт подшипника ввиду несоответствия вала, корпуса или заплечиков; недостаточный зазор подшипника; завышенная скорость по отношению к типу подшипника и способу смазки; неправильный контакт подшипника; дефекты подшипника и др. Более того, это могут быть случаи неправильной установки, неточного изготовления или неверного выбора подшипника. Звук подшипника можно проверить с помощью локатора шума или другого соответствующего устройства, приложив его к корпусу. Ненормальные звуки, такие как громкие звуки металла, странные необычные шумы, могут быть вызваны недостаточной смазкой, неподходящим выбором вала или корпуса, попаданием чужеродных частиц или соринок в подшипник, или наличием дефекта подшипника. Даже небольшое отслаивание подшипника создаст аномальный или неровный шум, который опытный работник с помощью локатора легко отличит от нормального шума. Несмотря на то, что температуру можно грубо определить, просто прикоснувшись к поверхности корпуса, все же рекомендуется вставить термометр в отверстие для смазки или в подобное отверстие для непосредственного измерения температуры. Подшипники для движущихся устройств, у которых невозможно проводить мониторинг шума или температуры во время функционирования, например, роликовые подшипники для транспортных средств, необходимо периодически проверять и смазывать свежей смазкой. Проверка состояния смазки во время работы также является полезным способом определения технического состояния подшипника. Техническое состояние может быть определено по количеству грязи и мелкого железного порошка, содержащегося в смазке, а также по любому признаку утечки или ухудшения качества смазки. Каждый раз при выявлении неисправностей или поломок подшипника в результате таких проверок подшипник необходимо разобрать для дальнейшего тщательного обследования и определения причин возникновения неполадок.

Регулировка зазора-натяга по нагреву опор

Температуру подшипников измеряют с помощью термопар, устанавливаемых в отверстиях корпуса шпиндельной бабки так, что они непосредственно касаются наружных колец подшипников, либо с помощью термометров, устанавливаемых в отверстиях в корпусе бабки (отверстия заполняют маслом). Нагрев опор не должен превышать известных границ, но и не должен быть ниже известного уровня. Если указанное условие не выполнено - проводится регулировка подшипников. Такой метод регулировки возможен лишь при том условии, что показатели точности подшипников и сопряженных сними деталей имеют малое рассеяние.

Регулировка зазора-натяга по моменту трения

По результатам исследования прототипа станка устанавливают допуск на величину момента трения покоя или движения (при медленном) вращении. Изменяют момент трения с помощью рычага с грузом, гибкой тяги с пружинным динамометром или с помощью рычага и манометра. Достоинство описанного метода - измерение очень простое и кратковременно. Однако еще в большей мере, чем при испытаниях на нагрев, стабильность регулировки подшипников зависит от постоянства точностных параметров подшипников.

Наладка устройств выборки люфта в механических передачах

Различают два способа выборки бокового зазора в винтовых механизмах – радиальное и осевое смещение гайки относительно винта. При радиальном способе осуществляют сжатие гайки в радиальном направлении, а при осевом способе – смещение гайки относительно винта в осевом направлении. Устройства, обеспечивающие выборку радиальной составляющей бокового зазора, представляют собой разрезные гайки. Конструкция люфтовыбирающего механизма с разрезной гайкой показана на рис. 3.2. Две половинки гайки 1 стягиваются винтами 3 и обжимают винт 2. При этом создается неравномерное обжатие винта, что вызывает неравномерный износ резьбы гайки. Выборку осевой составляющей бокового зазора осуществляют путем относительного осевого смещения части составной гайки. На рис. 3.2, а показана конструктивная схема

люфтовыбирающего механизма на основе гайки с жесткой регулировкой осевого зазора, в котором выборку осевой составляющей бокового зазора осуществляют поворотом гайки 1.

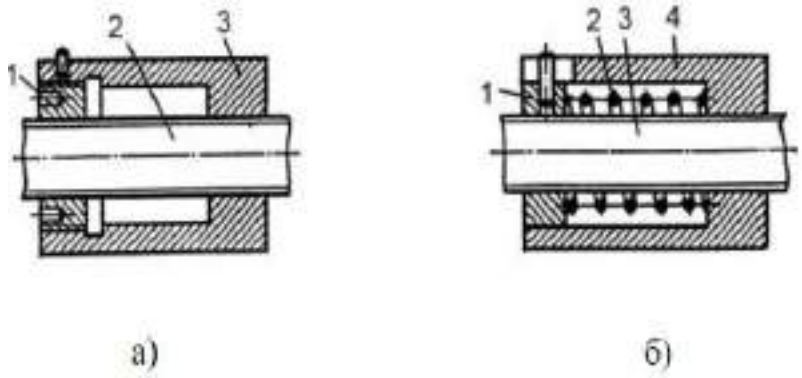


Рис. 3.2. Конструкция люфтовыбирающего механизма с разрезной гайкой

При этом обеспечивается одновременный контакт правых профилей резьбы винта 2 и левых профилей гайки 1, а также левых профилей резьбы винта 2 и правых профилей резьбы гайки 3 при сжатии витков винта. Люфтовыбирающий механизм на основе гайки с эластичной регулировкой осевого зазора показан на рис. 3.2, б. Выборку осевой составляющей бокового зазора осуществляет пружина 2, отжимая гайку 1 от гайки 4, обеспечивая двухпрофильный контакт резьбы винта 3 с резьбами гаек 1 и 4. Расчет пружины проведен в разделе 9.2. Механизмы выборки мертвого хода на основе гаек с жесткой и эластичной регулировкой осевой составляющей бокового зазора обеспечивают высокую точность относительного перемещения винта и гайки при их движении как в прямом, так и в обратном направлениях. В мехатронных модулях используют механизмы выборки бокового зазора между зубьями колес зубчатых передач двух типов: автономные и с дополнительной кинематической цепью (замкнутым энергетическим потоком). В автономных механизмах выборки мертвого хода используют метод раздвоения ведомого колеса, где в качестве силовых элементов используют пружины.

На рис. 3.3 приведена конструктивная схема такого механизма. Основная половина 1 раздвоенного зубчатого колеса закреплена на валу, а вторая половина 2 образует с втулкой основной

половины 1 колеса подвижное соединение и ее фиксируют от осевого смещения шайбой 3. Под влиянием пружины 4, закрепленной одним концом на половине 1 колеса, другим – на половине 2, половинки колес поворачиваются относительно друг друга в разные стороны и выбирают боковой зазор между зубьями ведущего и ведомого колес.

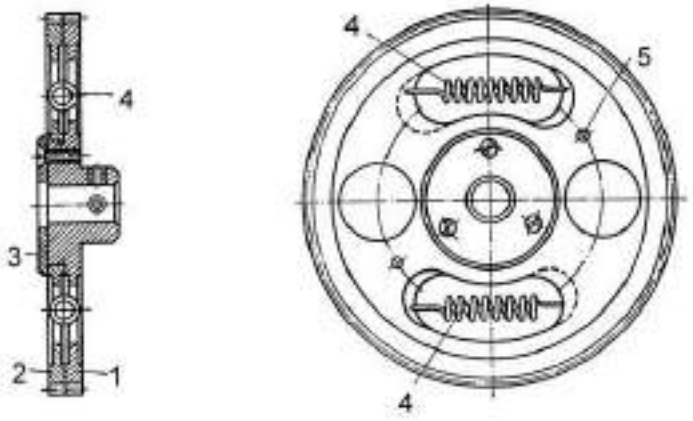


Рис. 3.3. Конструктивная схема выборки зазора

Пружину 4 устанавливают во время сборки механизма с предварительным натяжением, достаточным для выборки мертвого хода в данной зубчатой паре и передаче крутящего момента другого знака, т.е. при реверсе. При наличии мертвого хода необходимо установить пружину большей жесткости.

Кроме выборки зазора при помощи пружин используют жесткую фиксацию, заключающуюся в предварительном относительном смещении половинок раздвоенного зубчатого колеса и их жестком закреплении при помощи винтов, болтов, клеммовых соединений и т.д. Основными недостатками выборки мертвого хода методом раздвоения колеса являются: наличие большого числа дополнительных элементов (пружин, зубчатых колес, винтов и т.д.), увеличенные потери в зацеплении, обусловленные тем, что трение возникает не только на рабочей стороне зуба, но и на нерабочей. Это приводит к ускоренному износу зубьев. Указанные недостатки частично могут быть устранены в механизмах выборки

мертвого хода с дополнительной кинематической цепью (безлюфтовые механизмы с замкнутым энергетическим потоком). Они позволяют осуществить полный выбор люфтов во всех составляющих звеньях путем принудительного разворота в противоположные стороны двух соосно расположенных элементов одной из передач. На рис.3.4 приведена схема безлюфтового планетарного механизма.

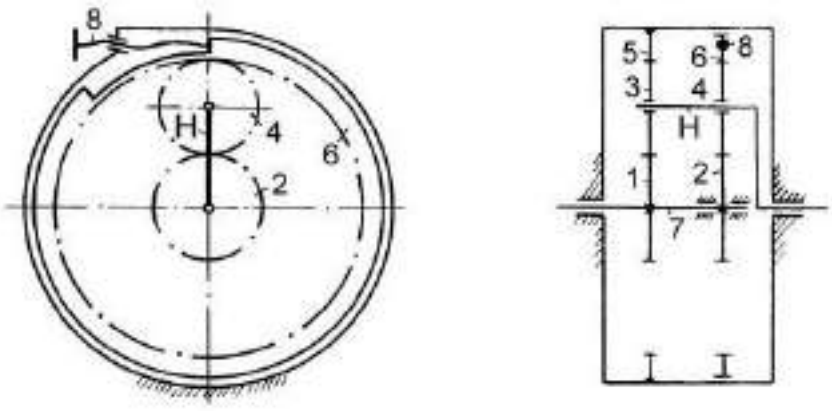


Рис. 3.4. Схема безлюфтового планетарного механизма

Обычно для образования замкнутого контура к исходной кинематической цепи добавляют точно такую же параллельно расположенную кинематическую цепь, однако это необязательно. Иногда замыкающая кинематическая цепь может представлять собой цепь иного рода, чем исходная. Исходная кинематическая цепь состоит из центрального колеса 1, сателлита 3, закрепленного на водиле *H* и неподвижного центрального колеса 5. Для выборки люфтов устанавливают дополнительную кинематическую цепь, состоящую из центрального колеса 2, соединенного с центральным колесом 1 при помощи упругого элемента (торсиона, пружины) 7, сателлита 4, подвижного центрального колеса 6 с внутренним зацеплением и винта 8.

При завинчивании винта 8 подвижное центральное колесо 6 поворачивается и выбирает зазор в паре зубчатых колес 6-4. Затем начинается поворот сателлита 4 и выбирается зазор в паре 4-2. Далее через торсион 7 поворот передается центральному колесу 1 и

выбирается зазор в паре 1-3 и далее поворот сателлита 3 приводит к выборке зазора в паре 3-5. После выборки всех зазоров во всей кинематической цепи происходит дополнительная закрутка торсиона 7, что обеспечивает постоянный натяг в цепи и исключает появление люфта при износе элементов отдельных передач.

3.2. Наладка пневмогидрооборудования ПР

Наладку пневмогидрооборудования ПР начинают с внешнего осмотра. При внешнем осмотре проверяют правильность сборки пневмо- или гидросистемы ПР по соответствующим схемам, обращая особое внимание на соответствие смонтированной аппаратуры, правильность ее установки и присоединения к трубопроводам. Затем трубные проводки пневмо- и гидросистем продувают сжатым воздухом или инертным газом. Данную операцию выполняют для удаления из трубопроводов твердых частиц и пыли, которые неизбежно попадают в них при проведении монтажных работ. Продувку ведут со стороны исполнительных механизмов в сторону блока подготовки воздуха или гидростанции. Сжатый воздух, используемый для продувки, должен быть осушен и очищен от масла и пыли. При продувке воздухом рекомендуется все сварные швы простукивать молотком. После продувки трубопроводов производят их соединение с аппаратами и проверяют герметичность и прочность пневмогидросистем. Для этого в систему подается пробное давление сжатого воздуха, которое для пневмосистем должно составлять 1,5, а для гидросистем 1,25 номинального давления. Поднимать давление в системах следует постепенно, делая выдержки при величинах 0,3; 0,6 и 1,0 пробного давления. Во время выдержек проверяют все сварные стыки, фланцевые и резьбовые соединения путем обмазки мест соединений мыльной водой и наблюдения за по-' явлением пузырей. Обнаруженные места утечек воздуха отмечают и после снятия давления производят подтяжку соединений. Для полного устранения всех утечек подобные операции повторяют 2–3 раза. При проверке пневмогидросистем на прочность их выдерживают при пробном давлении в течение 5 мин, затем плавно снижают давление и производят осмотр. Элементы пневмогидросистем не должны иметь вспучиваний, трещин, течей, запотеваний. Если в соответствии с ТУ на ПР или РТК проверку смонтированных пневмо- и гидросистем необхо-

димо проводить с отключением исполнительных механизмов, клапанов, то трубные проводки закольцовывают с помощью переходников. Следует помнить, что при первоначальном пуске ПР возможны любые случайные движения его исполнительных органов. Поэтому необходимо принять меры для исключения возможных аварийных ситуаций путем установки соответствующих упоров, тщательного наблюдения за движением рабочих органов в момент запуска. Наладку пневмогидрооборудования следует проводить в соответствии с рекомендациями, указанными в инструкциях к ПР. Рекомендуется дополнительно к инструктивному материалу прилагать паспорт типовых неполадок и способов их устранения, а все данные, полученные при наладке, заносить в паспорт наладки. Схему пневматической или гидравлической системы ПР рекомендует ся расчленять на структурные развертки в виде комплекта магистральных контуров типовой структуры, составленной по элементам рабочего цикла. Каждый магистральный контур обеспечивает выполнение только определенных функций, поэтому наладка, выполняемая по данной системе, становится более определенной, а все неполадки исключаются посредством последовательной проверки работы аппаратуры каждого магистрального контура. Магистральные контуры определяются схемами движения сжатого воздуха или рабочей жидкости.

Выделение магистральных контуров и схем движения потоков рабочего тела производят в следующей последовательности:

1) рабочий цикл ПР разбивают на такты, соответствующие движениям рабочего органа между точками позиционирования как основными, так и промежуточными '(например, исходное положение – опускание руки для захвата детали – подъем руки с деталью – поворот руки – выдвижение руки – опускание руки и освобождение детали – подъем руки – выдвижение руки – обратный поворот – исходное положение);

2) для каждого такта определяют перечень участвующих в работе клапанов, распределителей, дросселей, гидродвигателей и т. п.;

3) по принципиальной и монтажной схемам определяют каналы, соединяющие участвующие в работе аппараты;

4) выявляют магистрали подвода и отвода рабочего тела;

5) полученную развертку располагают между напорной и сливной (сбрасывающей) магистралями.

Перед пуском ПР с пневматическим приводом необходимо залить масло в маслораспределитель блока подготовки воздуха и проверить

затяжку винта сброса конденсата на фильтре-влагоотделителе. С целью предотвращения превышения давления в пневмосистеме ПР в первоначальный момент работы необходимо повернуть регулировочный винт редукционного пневмоклапана против часовой стрелки до упора. Затем необходимо открыть запорный вентиль подвода сжатого воздуха от внешней магистрали и с помощью редукционного пневмоклапана установить требуемое давление сжатого воздуха. Дальнейший пуск ПР осуществляется с пульта оператора устройства управления.

Перед пуском ПР с гидравлическим приводом в гидробак необходимо залить чистое масло, заполнить маслом трубопроводы и удалить из системы воздух. При этом пружины напорных гидроклапанов насосов должны быть полностью ослаблены. Краны или пробки для выпуска воздуха, установленные в наивысших точках гидросистем, открывают, накидные гайки на концах магистральных труб ослабляют. После того, как при включенных электромоторах из кранов и из-под гаек пойдет чистое масло, электродвигатели насосов отключают, краны закрывают, а напорные гидроклапаны насосов настраивают на рабочие давления, указанные в инструкциях. Необходимо также выпустить воздух из гидроцилиндров, для чего приоткрывают золотники в крышках гидроцилиндров, а поршни гидроцилиндров перемещают несколько раз на быстрых ходах из одного крайнего положения в другое. После полного удаления воздуха из гидросистемы необходимо долить масло в гидробак до верхнего уровня маслоуказателя.

Наладка отдельных элементов и аппаратуры пневмо-гидросистем производится следующим образом:

1. В пневматической системе настройка давления на выходе регулятора осуществляется при помощи регулировочного винта. При вращении винта по часовой стрелке давление на выходе регулятора повышается, а при вращении его против часовой стрелки понижается. При понижении давления рекомендуется вначале понизить его до величины, несколько меньшей требуемой, а затем плавно поднять до нужного значения.

2. Настройка реле давления производится в следующем порядке. К реле давления подводится сжатый воздух. Если при этом толкатель не подвинется в крайнее положение, то винт настройки пружины реле вывинчивается из корпуса до полного выдвижения толкателя.

Вывинчиванием установочного винта микропереключателя приближают его штифт к толкателю реле до момента переключения контактов. Этот момент контролируется либо электролампой, подключенной последовательно к электросети через нормально открытый контакт микропереключателя, либо на слух. После этого винт установки вывинчивается на 1/4 оборота и контрится. Снятие давления должно вызвать переключение контактов микропереключателя в обратном направлении.

3. Распределительные устройства проверяются путем поочередного ручного (путем воздействия на якорь) переключения электромагнитов. При переключении распределителей воздух должен подаваться в соответствующие полости пневмоцилиндров, обеспечивая движение звеньев манипулятора в соответствии с пневмосхемой. Затем при подключенной системе управления электромагниты включаются кнопками управления наладочного пульта. Звенья манипулятора должны двигаться в направлениях, указанных стрелками на фальшпанели пульта.

4. Настройку скорости перемещения поршня пневмо-цилиндра производят дросселированием выпуска воздуха из полостей цилиндра. При этом удается получить не только необходимую скорость движения, но и смягчить удары поршня о крышки цилиндра и обеспечить плавную работу ведомых механизмов. При этой настройке раздельно регулируют прямой и обратный ходы привода с помощью дросселей в сочетании с обратными клапанами, установленными на воздухопроводах каждой полости цилиндра. Такие устройства позволяют регулировать скорость на всем участке хода поршня. При наличии в цилиндре буферных устройств достигают замедления скорости поршня перед приходом его в крайние положения путем регулировки дросселирующих игл в буферном устройстве, что обеспечивает плавный останов механизма. Скорость поршня пневматического цилиндра изменяется при колебаниях внешней нагрузки, поэтому правильность произведенной регулировки проверяют при наибольшей и наименьшей нагрузке. По окончании регулировки величин давления, скоростей перемещения и длины ходов регулировочные винты должны быть законтрены.

5. Наладка гидрораспределители начинается с проверки правильности присоединения гидрокоммуникаций путем поочередного ручного включения электромагнитов. Затем следует путем включения электромагнитов с пульта управления проверить надежность перемещения (отсутствие зада-

ния) золотника управления и основного золотника направляющего распределителя, а также убедиться в отсутствии гидравлического удара (вызывающего шум и вибрации трубопровода) в момент переключения. Отсутствие заедания золотников проверяется при максимальном и минимальном (0,3–0,4 МПа) давлениях. При этом имеющиеся в распределительных гидропанелях дроссели должны быть полностью открыты, а клапаны затянуты до отказа. Если возникает гидравлический удар, то он должен быть ликвидирован путем регулирования дросселей, установленных в крышках распределителя.

Надежность переключения золотников распределителей определяется путем многократного включения электромагнитов. При этом электромагниты необходимо держать включенными не менее 5 мин. Не допускается гудение электромагнитов при их включении. Золотники управления распределителей должны иметь запас хода (после полного их перемещения) не менее 0,2–0,5 мм. Золотники управления с пружинами должны при обесточивании электромагнита четко и без задержки перемещаться своими пружинами в исходное положение после 2–5-минутной выдержки их под максимальным давлением. Золотники управления с фиксаторами должны быть проверены на надежность фиксации в каждом положении при отключенных электромагнитах и наименьшем давлении 0,3 МПа. При этом золотник управления должен перемещаться при силе не свыше 7 Н.

6. Наладка дросселей и регуляторов потока заключается в установлении с помощью лимба или стакана (для дросселей, встраиваемых непосредственно в трубопровод) подачи масла через дроссель, соответствующей заданной скорости перемещения звена ПР. Определение скорости перемещения звена производится с помощью электронного реле времени, управляемого от датчиков конечных положений с последующим пересчетом ее величины через пройденное звеном расстояние и время. При отсутствии электронного реле времени определение скорости звеньев можно производить с помощью секундомера. Для этого ПР программируется для выполнения одного повторяющегося движения. В момент пуска ПР включается секундомер и определяется время выполнения звеном ПР пяти или десяти двойных ходов. Скорость определяется по среднему времени выполнения одного хода и длине хода. Наладка путевых гидравлических дросселей заключается в подборе такого положения тормозного упора, при котором происходит плавное

торможение перемещающегося звена ПР. Если при любом положении тормозного упора не удается достичь плавного торможения, то следует установить упор с меньшим углом наклона рабочей грани, воздействующей на ролик путевого дросселя. При опробовании и наладке пневмоприводов часто случается, что поршень пневмопривода не в состоянии вести за собой ведомый механизм. Недостаточное усилие на штоке пневмопривода может быть вызвано различными причинами: чаще чрезмерным трением и заеданием вследствие неправильной сборки и монтажа, а иногда и недостаточной приработкой и обкаткой узлов ПР. В этом случае ведомые звенья ПР отсоединяют от привода, проверяют исправность работы каждого звена и устраняют выявленные дефекты. В случае надобности производят приработку и обкатку путем многократного повторения рабочих циклов механизма. Кроме того, может быть недостаточное давление в сети сжатого воздуха вследствие несоответствия производительности компрессора расходу сжатого воздуха потребителями и чрезмерных утечек. Понижение давления сжатого воздуха в сети имеет место также вследствие недостаточного сечения воздухопроводов, особенно при значительной длине их и неравномерном расходе воздуха потребителями. В этих случаях необходимо установить, какая из перечисленных причин имеет место.

3.3. Наладка электрооборудования и устройств управления

Работа электрооборудования в значительной степени зависит от четкости действия, входящих в его состав электрических устройств, которые должны быть исправными и соответствовать проектной документации. При наладке электрооборудования и устройств управления проводится следующий комплекс работ: проверка качества электромонтажных работ и соответствие их рабочим чертежам проекта; проверка установленной аппаратуры, ее настройка и регулировка; проверка состояния изоляции и заземляющих устройств; испытание электрооборудования и устройств управления в комплексе с другими системами в различных режимах работы, в том числе и под нагрузкой.

Учитывая, что для различных типов роботов и мехатронных устройств состав электрооборудования и сложность устройств управления также различны, невозможно выработать строго определенные

действия наладчика. Однако во всех случаях целесообразно использовать некоторые общие методы сокращения времени наладки и выявления неисправностей. Одним из наиболее простых и надежных методов является метод наблюдения. Он состоит в наблюдении за действием элементов схемы и оценке правильности их действия. Метод исключения или локализации проверяемого участка заключается в искусственном сокращении объема участка, содержащего необнаруженный неисправный элемент путем последовательного отключения до тех пор, пока не обнаружится неисправность. Под связями в данном случае понимают все виды связей, в том числе и механические. Например, проверка двигателя на холостом ходу позволяет установить, что именно неисправно – двигатель или механизм. Метод сравнения заключается в замене проверяемого элемента или узла схемы соответственно исправным элементом или узлом (панелью, блоком). Если после замены элемента или узла неисправность исчезнет, наладчик продолжает работу, оставляя неисправный элемент или узел в мастерской.

Метод обратной последовательности применяют при проверке схемы, состоящей из нескольких звеньев, связанных функциональной зависимостью. Он заключается в том, что проверку производят на выходе каждого звена последовательно, от последнего к первому. Если при этом какое-то промежуточное звено имеет нормальный выход, т. с. выполняет требуемую функцию, то сразу же после этого можно проверить выход предыдущего звена. Такой метод исключает лишние контрольные операции, и, следовательно, сокращает время наладки. Этот метод дает наибольший эффект в условиях серийного производства и эксплуатации.

При наладке электрооборудования возникает необходимость в определенном количестве электроизмерительных приборов, инструмента и приспособлений, номенклатуру и число которых определяют в зависимости от сложности схем, а также от типов применяемой электроаппаратуры и электронных приборов. Применяют как специальные, так и универсальные измерительные приборы. Универсальные многошкальные приборы обычно используют при наладке схем, содержащих одновременно элементы переменного и постоянного тока. Во избежание неправильных включений, приводящих к выходу из строя приборов, особенно электронных, проверка работоспособности электрических схем и их наладка должны осуществляться наладчиками,

имеющими определенные навыки и квалификацию. Оснащение участка наладки приборами, инструментом и соответствующими приспособлениями должно быть таким, чтобы способствовать обеспечению быстрого отыскания возможных неисправностей в схемах. Как показал опыт, большинство наладочных работ не требует высокой точности измерения, поэтому наибольшее применение находят более дешевые приборы классов 1,5 и 2,5, а также индикаторы напряжения. При наладке достаточно сложных устройств управления ПР следует пользоваться осциллографами, генераторами гармонических и периодических сигналов, частотомерами, логическими пробниками, пульсаторами и многоканальными логическими анализаторами.

Выдержку времени отключения электромагнитных реле постоянного тока в небольших пределах (до 0,5 с) регулируют: изменением толщины немагнитной прокладки (грубо); изменением натяжения пружины (более точно). Выдержку времени полупроводниковых и электронных реле, как правило, устанавливают на заданное значение по шкале реле путем поворота указательной рукоятки. Учитывая, что реле времени имеют определенную погрешность времени срабатывания, окончательно выдержку времени реле корректируют при испытаниях.

При наладке тепловых реле эксцентрик регулятора установки должен быть установлен в положение, указанное в конструкторской документации на монтаж электрооборудования. При отсутствии такого указания эксцентрик устанавливают в положение, при котором ток установки равен 1 –1,05 от номинального тока защищаемого двигателя. При регулировании величины уставки необходимо учитывать, что поворот эксцентрика вправо (к риске «+») ведет к загрублению защиты, т. е. увеличению минимального тока и времени срабатывания. Реле времени на заданную выдержку настраивают с помощью секундомера. В зависимости от необходимой точности замера величины выдержки времени применяют обычные и электрические секундомеры. Последние применяют для более точной настройки.

Наладка устройств управления ПР

Для управления движениями звеньев ПР используется множество различных систем управления - цикловых, позиционных, контурных, на базе микропроцессорных наборов. Если внимательно рассмотреть их структуру, то можно увидеть, что все они состоят из набора функ-

циональных блоков или модулей, например, управляющевы-числительных, программно-задающих, модулей сопряжения и т. п.

Первичная наладка устройств управления ПР производится на заводе-изготовителе перед проведением приемочных испытаний и сдачей ОТК. Работы по наладке производятся на специальных стендах с использованием контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры. Контрольная наладка устройств управления ПР производится после проведения монтажных работ перед сдачей в эксплуатацию оборудования на заводе-потребителе. Поэтому при наладочных работах основное внимание должно быть уделено проверке правильности распайки соединительных кабелей и подключения всех внешних элементов системы управления (катушек электромагнитов пневмо- и гидрораспределителей; датчиков контроля положения звеньев манипулятора; пусковой аппаратуры технологического оборудования и пр.). Контроль правильности подключения всех внешних элементов достаточно просто осуществляется при проверке отработки команд ПР с пульта ручного управления. При нажатии на кнопки пульта ПР должен отрабатывать движения, обозначенные мнемоническими символами (поворот, выдвижение руки, подъем и т. д.). С пульта управления также можно проверить срабатывание и состояние датчиков положения звеньев манипулятора. Если движение какого-либо звена не соответствует указанной мнемонике, то необходимо произвести переключение соединительных кабелей. Если при контроле отсутствует отработка манипулятором какой-либо команды, то при исправных внешних трассах, электромагнитах распределителей и датчиках, неполадки следует искать непосредственно в стойке управления. При этом необходимо вначале определить неисправный узел или модуль, а затем локализовать неисправность непосредственно на плате, выявив неисправный элемент.

Проверка работоспособности системы управления в комплексе со всеми узлами ПР может осуществляться по тестовой программе. Такая программа должна включать в себя произвольную последовательную отработку всех движений ПР, предусмотренных его степенями подвижности. Для ввода гест-программы необходимо переключатель номера кадра установить в нулевое положение, а манипулятор – в исходное положение. Нажав на пуль" те управления клавишу «Программа», необходимо набрать команду нулевого кадра и нажать кнопку «За-

пись». Далее набирается команда первого кадра программы и заносится в память. Аналогичным образом вводятся остальные команды тест-программы и в конце нажимается клавиша «Конец программы». Для проверки правильности ввода тест-программы система управления переводится в шаговый режим. Нажимая последовательно клавишу «Пуск», проверяется соответствие движений манипулятора программе, записанной в каждом кадре. Затем система управления переводится в цикловый режим и после нажатия клавиши «Пуск» проверяется правильность отработки одного цикла программы. Дальнейшая проверка осуществляется в автоматическом режиме с многократным повторением тест-программы и движений ПР. Наладчик должен внимательно следить за поведением ПР и в случае возникновения сбоев определить причину, устранить ее и произвести повторное включение.

Проверка работоспособности микропроцессорных систем управления. В состав любой микропроцессорной системы или контроллера входят модуль центрального процессора, модули оперативной и постоянной памяти, модули ввода-вывода для взаимодействия с периферийными устройствами, Проверка работоспособности модулей ввода-вывода осуществляется путем подачи на их входы последовательно по всем каналам сигналов «Установка в I» и «Установка в 0». Если модули оснащены светодиодами индикации состояния их выходов, то состояние светодиодов, не соответствующее входным сигналам, свидетельствует о наличии неисправности. Контроль состояния выходов модулей ввода-вывода при отсутствии светодиодной индикации может осуществляться тестером или логическим пробником.

Проверка работоспособности модулей оперативной памяти осуществляется путем записи нескольких команд по различным адресам с последующим просмотром содержимого на индикаторе пульта управления. Искажение информации свидетельствует о наличии неисправности. Проверка работоспособности модуля центрального процессора осуществляется значительно труднее. Дело в том, что правильная работа вычислительной системы требует исправных аппаратных средств и безошибочного программного обеспечения. Программа может работать правильно на конкретных тест-наборах, но отказывает при эксплуатации из-за получения непредвиденного набора кода, который она не может обработать. Такие ситуации возникают вследствие ввода инфор-

мации неопытным оператором, что приводит к кажущемуся отказу системы. Кроме отказов таких видов имеются и отказы, возникающие в системе после некоторого срока эксплуатации. Они вызываются электрическими отказами из-за неисправностей компонентов или, что происходит, гораздо реже, программными отказами, из-за искажения хранимых в памяти кодов команд. Двойственная природа вычислительной системы при возникновении отказа сразу же ставит следующую проблему. Если отказ не очевиден, оператор должен решить, скрыт отказ в аппаратных средствах или вызван ошибкой в программе. На этот вопрос часто ответить не так просто, так как характер отказа может препятствовать выполнению любой программы, а отказ в операционной системе может не допустить загрузку и выполнение любой тест-программы. Если тест-программы не работают, вероятно, имеет место отказ в аппаратных средствах, а вся тест-последовательность проверит главные функциональные блоки системы и покажет, не кроется ли отказ в прикладных программах.

Несмотря на наличие испытанных методов систематического контроля системы в случае отказа наиболее очевидным и часто игнорируемым первым действием еще до подключения какого-либо контрольно-измерительного прибора должен быть тщательный осмотр системы. Отказ может быть очевидным, например, «сгоревшая» микросхема, а состояние, в котором остановилась система, ' само может дать подсказку о месте возникновения отказа в системе. Необходимо проверить все встроенные в систему индикаторы, которые могут помочь в локализации отказа; кроме того, многие модульные системы имеют в подсистемах индикаторы типа «проходит/не проходит», которые идентифицируют неисправную подсистему. Принципы поиска неисправностей в системах с микропроцессорами в основном не отличаются от принципов тестирования обычных цифровых устройств. В соответствии со стандартной процедурой персонал должен Изучить проверяемую систему, определить состав требуемого контрольно-измерительного оборудования и составить логическую процедуру поиска неисправности.

Когда подозревается отказ, часто много информации о системе можно получить, не снимая крышек оборудования. В большинстве систем имеются какие-либо клавиши для ввода и индикаторы, которые

можно использовать для ввода данных и наблюдения реакций на индикаторах. Если, например, все индикаторы погашены, следует подозревать неисправность тумблера включения сети, обрыв в шнуре питания или неисправность в блоке питания. Если же не работает один из сегментов в 7-сегментном индикаторе, отказ, вероятно, возник в самом индикаторе или в схеме формирователя. Наблюдение даже за простейшими индикаторами может стать ключом к определению наиболее вероятного места отказа.

Наладка информационных систем начинается с проверки надежности крепления датчиков, а также правильности их подключения к информационным кабелям. Все подсоединения должны соответствовать принципиальным электрическим схемам соединений, маркировка выводов датчиков и соединительных проводов должна быть идентичной. При необходимости правильность подключения проверяют методам прозвонки.

Наладка конечных выключателей заключается в правильной настройке взаимодействующих с ними упоров (экранов) управления. Перед настройкой необходимо проверить четкость работы конечных выключателей. Проверка работы контактных выключателей осуществляется ручным воздействием на их приводные элементы, которые должны передвигаться без заеданий и повышенного сопротивления. Контроль работы бесконтактных конечных выключателей осуществляется при включенном напряжения питания цепей постоянного тока путем проверки срабатывания соединенных с выключателем реле. Если выходы датчиков подключаются непосредственно на входы логических элементов, то при срабатывании датчика уровень сигнала на его выходе должен соответствовать значению логической 1, либо логического 0.

Настройка упоров управления контактных конечных выключателей может быть выполнена при отключенном напряжении питания. С этой целью механизм устанавливается в требуемое положение, после чего упор, предварительно освобожденный от винтового зажима, плавно -перемещается навстречу приводному элементу выключателя до точки срабатывания последнего. Срабатывание выключателей мгновенного и полумгновенного действия фиксируется по характерному щелчку, сопровождающему срабатывание встроенных в них микровыключателей. Срабатывание выключателей прямого действия фиксируется

электрическим щупом, подсоединенным к замыкающим контактам выключателя. После этого управляющий упор должен быть перемещен за точку срабатывания на 1–2 мм, что обеспечивает надежность действия выключателя. В этом положении упор должен быть закреплен. Необходимо, чтобы при взаимодействии выключателя с упором управления ход приводного элемента выключателя был больше рабочего хода выключателя, но вместе с тем не превышал бы величины полного хода, допустимого для данного выключателя. При выполнении этого требования исключается возможность воздействия на приводной элемент силой, превышающей силу срабатывания выключателя. При отводе упора управления необходимо, чтобы приводной элемент выключателя возвращался в начальное положение, т.е. полностью освобождался от действия упора. В противном случае выключатель может остаться во включенном состоянии.

Настройка бесконтактных выключателей осуществляется путем регулировки величины рабочего зазора между торцевой поверхностью датчика и измерительной пластинкой либо (для датчиков типа БВК) введением пластины в рабочую зону выключателя. Надежность срабатывания проверяется путем многократного (не менее 10 раз) взаимодействия перемещаемого и неподвижного механизмов^ до конечного положения. В случае обнаружения эффекта «дребезга контактов» необходимо уменьшить рабочий зазор. Настройка датчиков определения текущей координаты звеньев манипулятора производится при крайних положениях звеньев. В одном из крайних положений звена подвижный элемент датчика должен быть установлен таким образом, чтобы его выходная величина (сопротивление, напряжение, частота и т. п.) соответствовала минимальному либо максимальному значению. При перемещении звена подвижный элемент должен приводиться во вращение без проскальзывания. Передаточное число кинематической пары должно быть таким, чтобы диапазон перемещения подвижного элемента датчика несколько (на 10%) превышал величину хода подвижного звена манипулятора. После настройки передаточных механизмов и датчиков регулировочные элементы должны быть надежно закреплены с помощью фиксирующих винтов.

Наладка информационных систем восприятия внешней среды – систем технического зрения (СТЗ) представляет собой достаточно

трудную задачу. Это обусловлено тем, что помимо датчиков (видиконов) СТЗ содержит блоки обработки информации, включающие зачастую микро ЭВМ. На работу СТЗ в значительной степени влияет контраст между объектом и фоном, а следовательно, и освещение объектов.

Работы по наладке СТЗ следует проводить строго в соответствии с инструкцией по эксплуатации. В общем случае при наладке необходимо выставить оптическую систему на заданной высоте от поверхности захвата. Особое внимание при этом следует обращать на перпендикулярность оптической оси видикона рабочей плоскости. Далее необходимо выставить угловое положение видикона относительно системы координат ПР (совмещение главных осей). В режиме «настройка» производится тщательная фокусировка изображения и проверке восприятия информации по эталону с заданной конфигурацией. Если не удается сфокусировать изображение, необходимо проверить правильность установки оптических линз видикона. Если СТЗ правильно воспринимает информацию с эталонной детали, то процесс наладки можно.считать законченным.

Для проверки правильности настройки системы светозащиты необходимо последовательно перекрывать световой поток между парами светоизлучатель – приемник. При этом должно происходить отключение приводов и остановка ПР. Затем необходимо проверить снятие блокировки путем нажатия на кнопку «Сброс», находящуюся на стойке. ПР при этом должен продолжить выполнение прерванной программы.

Существенную помощь в наладке системы программного управления робототехнического устройства или комплекса может оказать моделирование с использованием виртуальных моделей рабочей среды и самих роботов. Использование моделирования снижает затраты, и роботов можно программировать в автономном режиме, что исключает время простоя оборудования. Действия роботов и сборочные детали можно визуализировать в трехмерной виртуальной среде за несколько месяцев до того, как будут созданы прототипы. Написать код для моделирования также проще, чем написать код для физического робота. Одним из известных технических решений создания виртуальной

среды является приложение FANUC ROBOGUIDE, которое выполняет симуляцию как движений робота, так и команд для конкретной сферы применения и обеспечивает значительную экономию времени при создании новых настроек движения. Чтобы гарантировать минимальное влияние на производство, модули можно разрабатывать, тестировать и изменять полностью автономно. Чтобы сократить время на трехмерное моделирование, модели деталей можно импортировать из ПК в виде данных САПР. Большая библиотека программного обеспечения для симуляции позволяет пользователям выбирать и изменять детали и размеры. Для работы с интуитивно-понятным и чрезвычайно простым в использовании приложением ROBOGUIDE требуется минимальное обучение. Оно также доступно со специализированными инструментальными средствами для конкретных сфер применения. Моделирование в среде Roboguide предоставляет возможность офлайн-программирования технологических процессов для роботов FANUC и включает 3D-моделирование комплекса, программное обучение манипуляторов и воспроизведение запрограммированных обучением траекторий и программ. Моделирование в пакете Roboguide основано на использовании виртуального контроллера FANUC Robotics Virtual Robot Controller, который обеспечивает точное обучение и выполнение программ в соответствии с информацией о времени цикла.

3.4. Настройка параметров регуляторов в электроприводах роботов и мехатронных систем

3.4.1. Настройка по компьютерной и математической моделям

В современных промышленных устройствах в качестве исполнительных двигателей используются, главным образом, синхронные и асинхронные двигатели переменного тока, динамика которых описывается сложными существенно нелинейными уравнениями. В то же время современные блоки управления (преобразователи) содержат математические модели двигателей, на базе которых в реальном мас-

штабе времени осуществляется линеаризация их нелинейных характеристик и указанные выше двигатели в целях аналитически с успехом описываются линейными зависимостями аналогично двигателям постоянного тока.

Типовой преобразователь в управляемом приводе содержит регуляторы скорости, тока, датчик тока. Регуляторы скорости и тока являются ПИД – регуляторами с изменяемой структурой, а обратная связь по скорости организуется путем подсчета числа импульсов с датчика угла поворота ротора в единицу времени.

На рис. 3.5 приведена типовая структурная схема привода включая двигатель, на которой обозначено: РС – регулятор скорости; РТ – регулятор тока; k_u– коэффициент передачи инвертора; k_u , k_e , $T_э$, $k_м$, $J_{пр}$ - параметры двигателя; $k_{дт}$ - коэффициент передачи датчика тока; $k_{рп}$ – коэффициент передачи регулятора перемещения. Связь структурной схемы системы управления и её математической модели в виде дифференциальных уравнений или передаточных функций является вполне очевидной. Исходя из этого, ограничимся представлением математической модели привода в виде структурной схемы, приведенной на рис. 3.5. Синтез системы будет производиться с использованием пакета Matlab, ориентированного на представление исследуемой системы в виде структурной схемы. Динамические свойства системы во многом определяются качеством контура скорости. Поэтому необходимо и достаточно осуществить настройку регулятора скорости. Для этого воспользуемся стандартным инструментом настройки коэффициентов ПИД регулятора, входящим в комплект последней версии Matlab. Для вызова процедуры настройки необходимо дважды кликнуть на блоке ПИД регулятора и нажать в появившемся окне кнопку «Tune». Инструментальный пакет «PID tuner» предоставляет в распоряжение пользователя графический интерфейс для настройки коэффициентов ПИД регулятора, обеспечивающих желаемое качество переходных процессов.

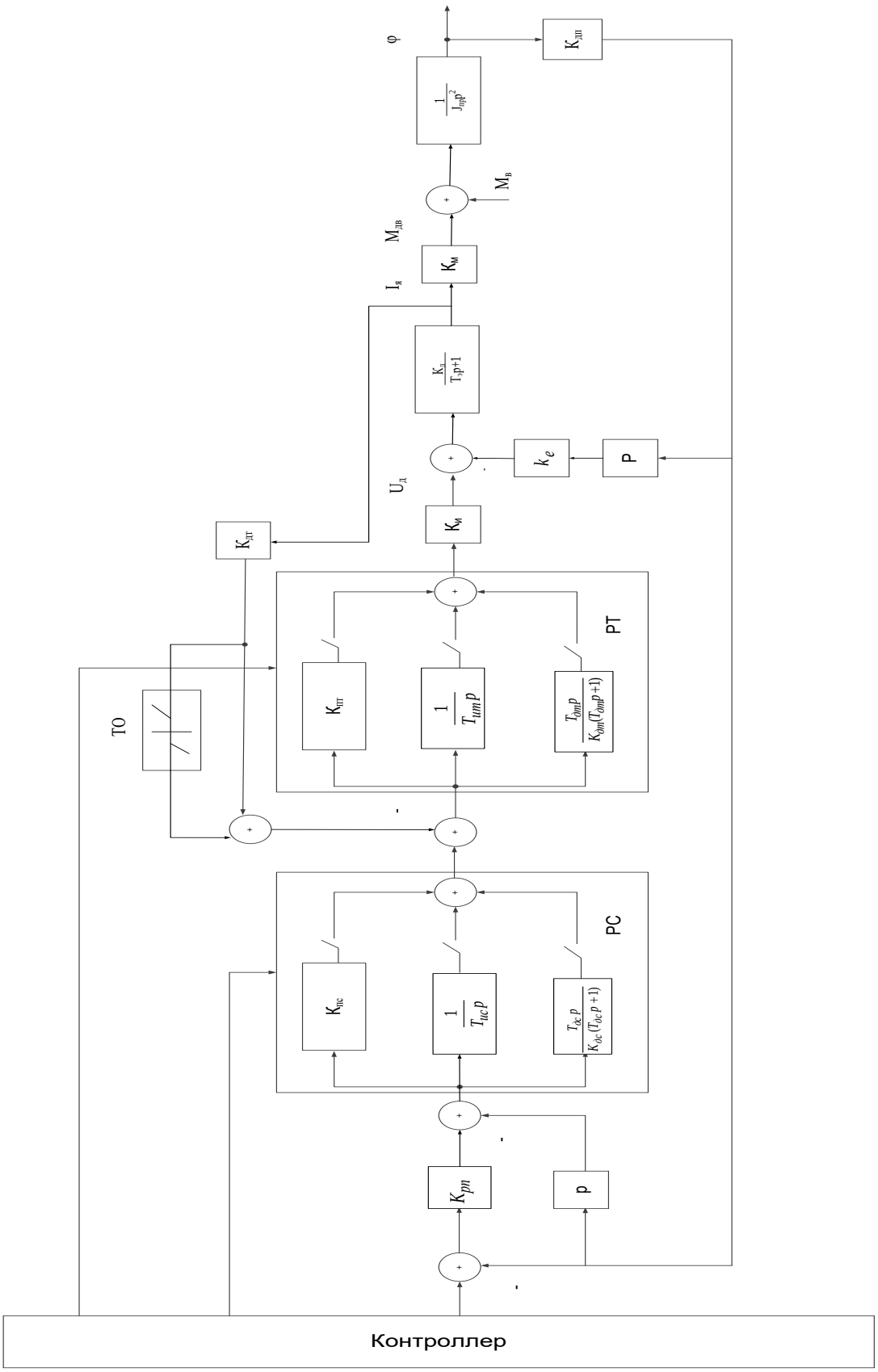


Рис. 3.5. Структурная схема привода

В качестве средства для достижения указанной цели принимается оптимизационный подход, обеспечивающий минимизацию функции штрафа за нарушение динамических ограничений. Особую значимость имеет то обстоятельство, что весь процесс настройки проходит в графическом режиме без необходимости проведения каких-либо вычислений. Окно пакета «PID tuner» представлено на рис. 3.6.

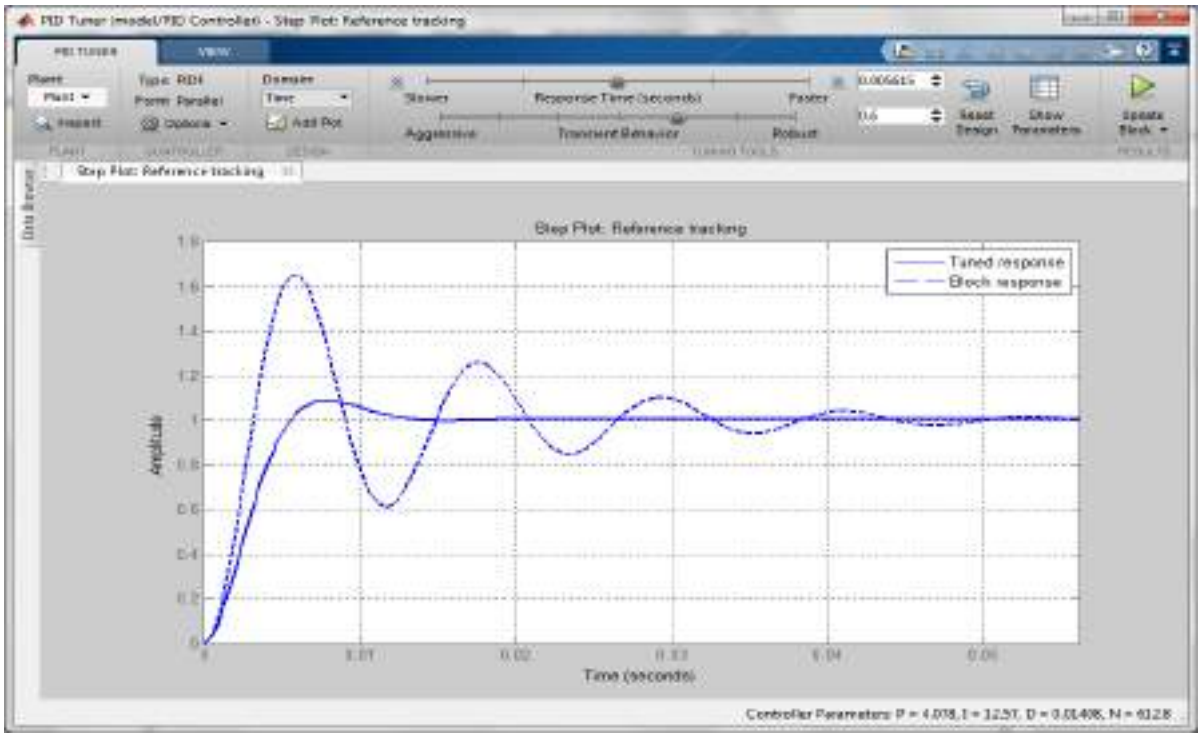


Рис. 3.6. Окно пакета «PID tuner»

Здесь пунктирной линией показан переходный процесс не настроенной системы, сплошной линией – результат настройки. При помощи ползунков «response time» (время отклика) и «transient behavior» (переходный режим) убираем колебательность и перерегулирование с сохранением оптимального быстродействия системы.

Вид настроенного переходного процесса показан на рис. 3.7.

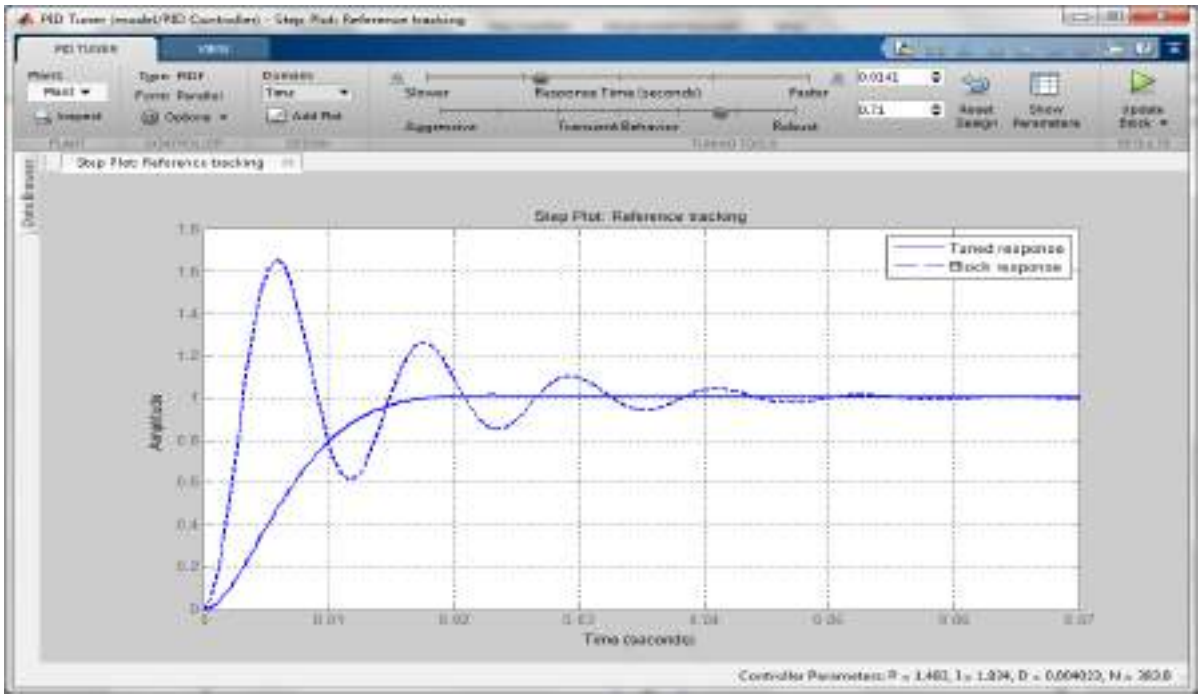


Рис. 3.7. Переходный процесс после настройки коэффициентов

Таблица с результатами выводится по нажатию на кнопку «Show parameters». Результаты настройки представлены на рис.3.8.

Controller Parameters

	Tuned	Block
P	1.4827	1.4827
I	1.8336	1.8336
D	0.0040228	0.0040228
N	383.7963	383.7963

Performance and Robustness

	Tuned	Block
Rise time	0.0103 seconds	0.0103 seconds
Settling time	0.0158 seconds	0.0158 seconds
Overshoot	1.28 %	1.28 %
Peak	1.01	1.01
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s	-Inf dB @ 0 rad/s
Phase margin	71 deg @ 142 rad/s	71 deg @ 142 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Рис. 3.8. Результаты настройки коэффициентов ПИД регулятора скорости

По завершении процесса настройки необходимо подтвердить результаты, нажав на кнопку «Update block».

Структурная схема контура регулирования тока при пренебрежении противо-ЭДС имеет вид, представленный на рис. 3.9.

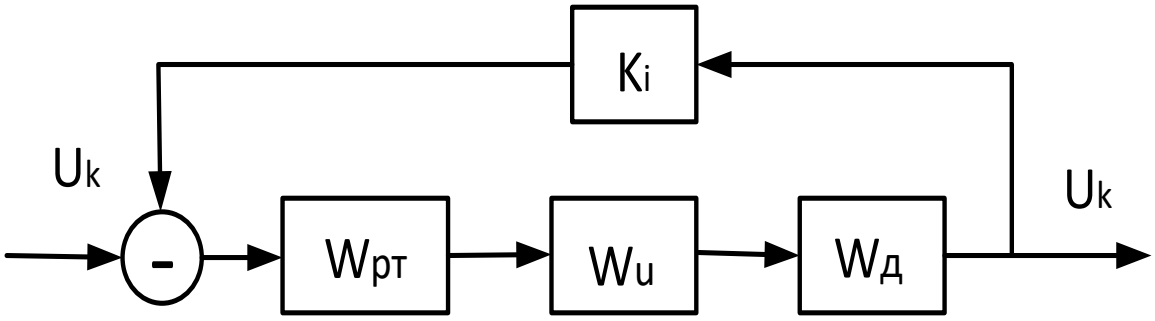


Рис. 3.9. Структурная схема контура тока

Здесь $U_{кт}$ – входное воздействие контура тока; K_I – коэффициент обратной связи по току; $W_{рт}$, W_u, $W_д$ – передаточные функции регулятора тока, инвертора и двигателя.

Передаточные функции компонентов контура тока имеют вид:

$$W_{pT} = k_T(T_T p + 1)p^{-1};\ W_U = k_u;\ W_д = k_д(T_э p + 1)^{-1}. \quad (3.1)$$

Передаточная функция замкнутой системы, полученная из условия компенсации электромагнитной постоянной времени двигателя будет иметь вид:

$$W_{кт} = \frac{k_I^{-1}}{(k_T k_u k_д k_I)^{-1} p + 1}. \quad (3.2)$$

Постоянная времени и коэффициент передачи апериодического звена (3.2) легко определяются исходя из требований к динамическим показателям привода.

3.4.2. Практическая настройка электропривода CSD-DH мехатронной системы металлорежущего станка

Первоначальный пуск электропривода

Перед проведением работ по настройке электропривода (ЭП) необходимо визуально проверить комплектность, монтаж и электропроводку согласно схемам электрическим принципиальным и соединений, прилагаемым к металлорежущему станку.

Затем необходимо проверить исправность составных частей станка перед пуском и определить готовности их к пуску согласно руководству по эксплуатации станка.

Произвести включение и выключения станка и проверить режим аварийного выключения от аварийных кнопок и при наезде на конечные выключатели (если они имеются). При проведением работ по настройке ЭП необходимо пользоваться измерительной аппаратурой:

• профессиональный мультиметр;

• ПК с установленной программой Servo Monitor, поставляемой с ЭП.

Ввод в эксплуатацию электропривода и электродвигателя

При первом включении электропривода необходимо следовать следующей процедуре:

1. Подать силовое питание на ЭП, сигналы разрешения работы и включения ЭП не подавать. Подключить ПК к ЭП и запустить программу Servo Monitor. Установить соединение, происходит автоматическое считывание параметров ЭП.

2. Проконтролировать правильность установки параметров, определяющих тип ЭП (p3) и ЭД (p200) фактически уставленным на станке. При несоответствии следует выполнить процедуру "Установка конфигурации", но перед этим связаться с сотрудниками фирмы "Балт-Систем".

3. Записать версии ПрО в свидетельство о выходном контроле на станок.

Процедура "Установки конфигурации" ЭП (для ЭП "BSD-XX").

1. Подключить ПК к ЭП и запустить программу Servo Monitor. Установить соединение, происходит автоматическое считывание параметров ЭП.

2. В диалоге "Служебные" выбрать "Установка конфигурации". В новом меню выбрать необходимый тип силовой части ЭП и ЭД. Нажать "Установка".

3. В диалоге "Файл" выбрать "Запись параметров в EEPROM". В диалоге "Служебные" выбрать "RESET".

4. Снять силовое питание и через паузу подать его вновь. Установить соединение, происходит автоматическое считывание параметров ЭП. Проконтролировать правильность установки параметров, определяющих тип ЭП (p3) и ЭД (p200)

5. ЭП готов к настройке.

Циклограмма включения и выключения электропривода

ЭП имеет 4-е устойчивых состояния:

1. ЭП выключен (Drive OFF) – силовое напряжение на ЭП не подключено.

2. Готовность к включению (Ready to power up) - силовое напряжение на ЭП подключено, идет заряд звена постоянного тока =540 В.

3. Готовность к работе (Ready to operation) - силовое напряжение на ЭП подключено, отключение зарядных резисторов от звена постоянного тока =540 В.

4. ЭП в работе (In-operation) – включается ШИМ и подано разрешение ЭП.

При нормальном включении ЭП, он последовательно проходит эти 4-е состояния. Каждое состояние необходимо контролировать в логике контроллера и аппаратно в электрической схеме включения ЭП.

При нормальном выключении ЭП, он последовательно проходит эти 4-е состояния в обратной последовательности.

Возможны аварийные ситуации, когда эта последовательность может нарушаться. В этих случаях возможно аварийное, неконтролируемое торможение ЭП на свободном выбеге. Если такая ситуация недопустима, то необходимо предусмотреть дополнительное динамическое торможение ЭД, не зависящее от состояния ЭП. На рис. 3.10 приведена циклограмма включения и выключения ЭП.

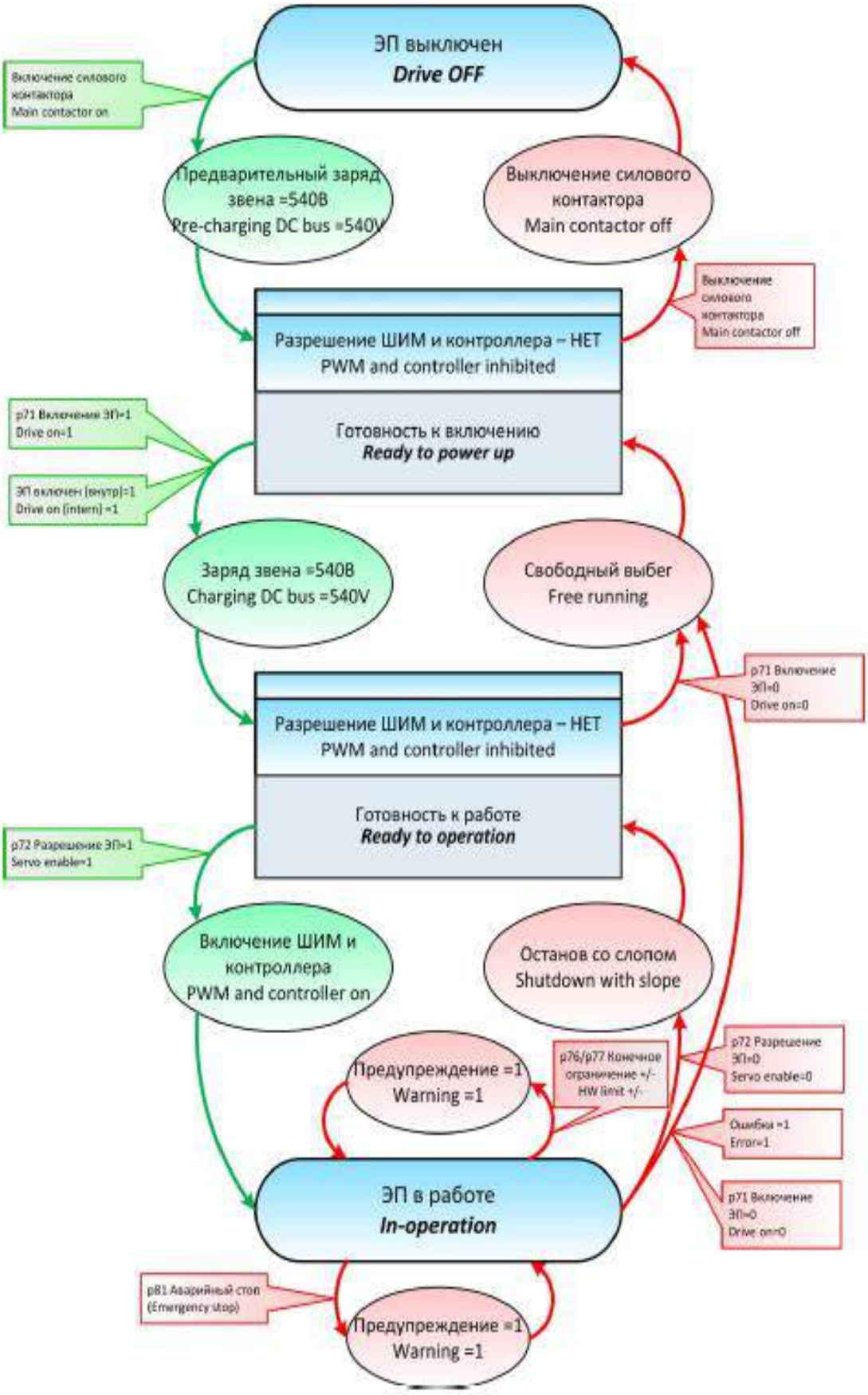


Рис. 3.10. Циклограмма включения и выключения ЭП

Настройка электропривода

Общие замечания.

• Если не указано дополнительно, то параметры ЭП и ЭД были установлены "по умолчанию", т.е. рекомендуемые изготовителем, без оптимизации настройки контуров регулирования.

• настоящая инструкция была написана на примере настройки ЭП CSD-DH16 и ЭД 215NYS-M-20

• последовательность настройки – в соответствии с данным документом, т.е. сначала настраивается регулятор тока, затем скорости и в конце - регулятор положения (если он имеется).

• настройка регуляторов тока и скорости ЭП производится при отключённом регуляторе положения (ЧПУ). Особенно внимательно необходимо быть при настройке неуравновешенных вертикальных осей и осей с механическим зажимом (тормозом).

• некоторые тесты предполагают большие скорости вращения ЭД, поэтому перед проведением настройки необходимо вывести контролируемые оси в безопасное положение, например, в середину хода.

Настройка регулятора тока (момента)

Параметры регулятора тока определяются электромеханическими данными ЭД и силовой частью ЭП. Поэтому обычно настройки не требуется, необходимо лишь проконтролировать окончательные ЛАЧХ и ЛФЧХ.

Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ

Установить параметры регулятора тока по умолчанию:

• Кр – пропорциональный коэффициент (параметр p304);

• Кi – интегральный коэффициент (p305);

• отключить фильтр сглаживания команды тока (p311=0);

k_p=12AV k_i=5$mmmm$ F_i=0.

Контролируемые данные:

• заданное значение тока на входе регулятора тока IqsetAF, A;

• актуальное значение тока Iqact, A.

Заданное воздействие:

• наброс заданного тока в виде Чирп-сигнала Iqset, A;

• частота 0-2000 Гц;

• амплитуда – 50 % от номинального значения ЭД.

Время измерения:

• зависит от длины Чирп-сигнала (при длине 2048 точки получаем 512 мсек);

• период съема данных 0,25 ms.

Результат настройки: после преобразования Фурье контролируемых данных получаем ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определяем полосу пропускания регулятора по уровню -3дБ и запас по фазе на этой частоте.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ F=200 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-65˚=115˚.

На рис. 3.11 изображена предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора тока.

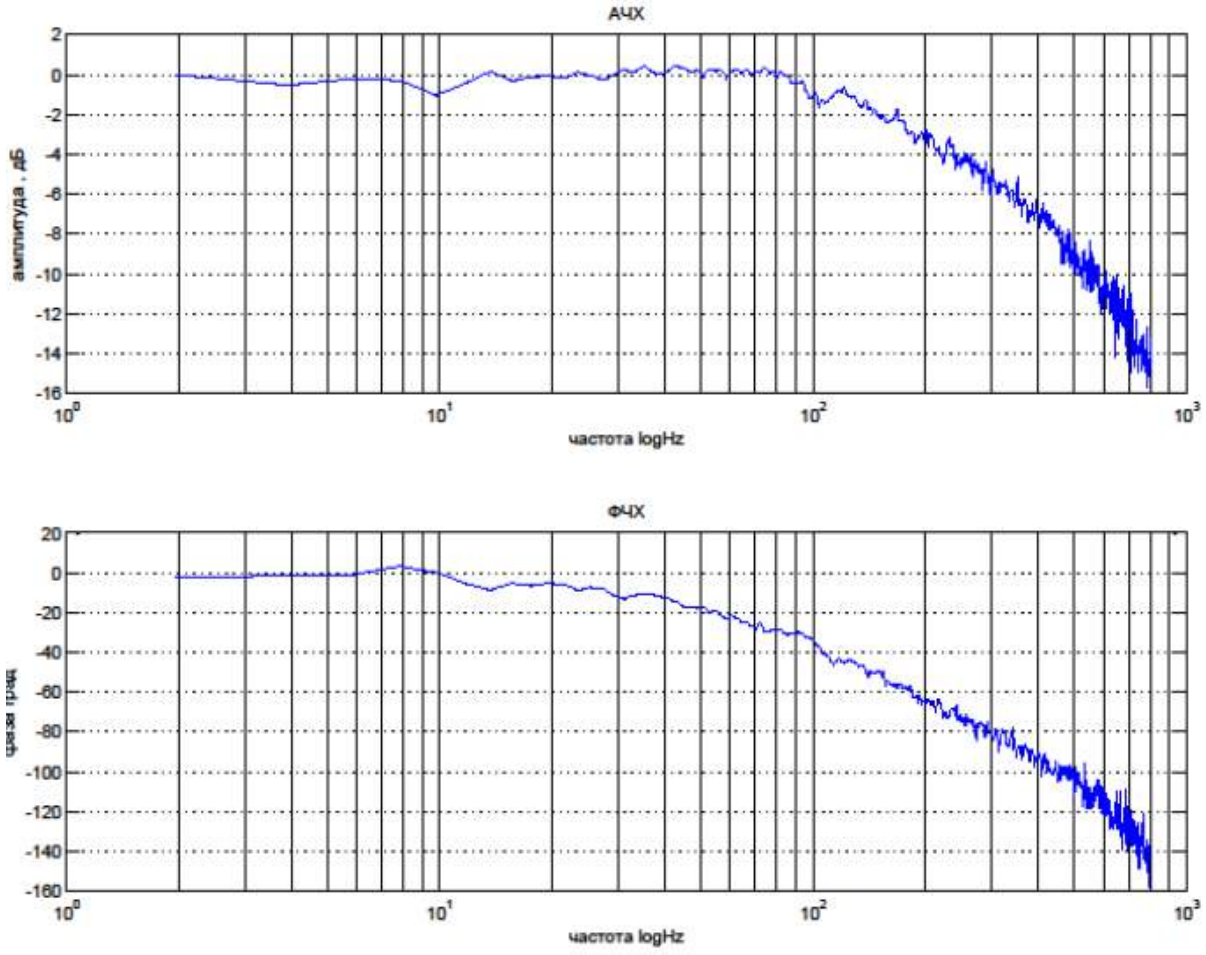


Рис. 3.11. Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора тока

Настройка пропорциональной и интегральной составляющей

1-й шаг. Настройка пропорционального коэффициента.

Установить параметры регулятора тока по умолчанию (отключить фильтр сглаживания команды тока).

Установить интегральный коэффициент равный 0.

Контролируемые данные:

• заданное значение тока на входе регулятора тока IqsetAF, A;

• актуальное значение тока Iqact, A;

• актуальное значение тока Idact, A;

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока Iqset , A;

• величина тока – 25% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 50 мсек;

• длительность заданного значения – 25 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных: 0,25 мсек

Результат настройки:

• увеличивая пропорциональный коэффициент, можно добиться перерегулирования Iqact не более 5-10 %;

• контролировать отсутствие возбуждения тока Idact.

Данный тест необходим, если

• неизвестны параметры регулятора тока по умолчанию;

• ЭП пускается в первый раз.

Ниже приведены графики при:

$k_p = 12\frac{A}{V}$ $k_p = 25\frac{A}{V}$ $k_p = 35\frac{A}{V}$. Выбираем $k_p = 25\frac{A}{V}$.

На рис. 3.12. изображен ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Kp=12 A/V. На рис. 3.13. показан ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Kp=25 A/V. На рис. 3.14. представлен ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Kp=35 A/V.

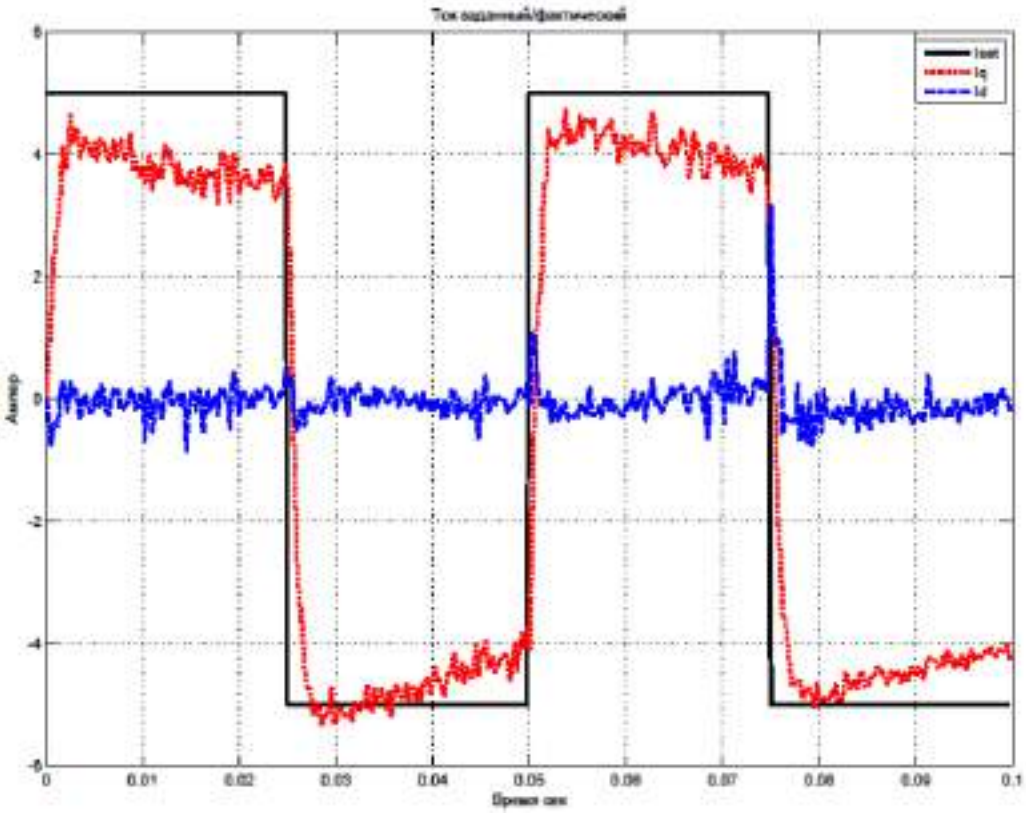


Рис. 3.12. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_p=12 A/V

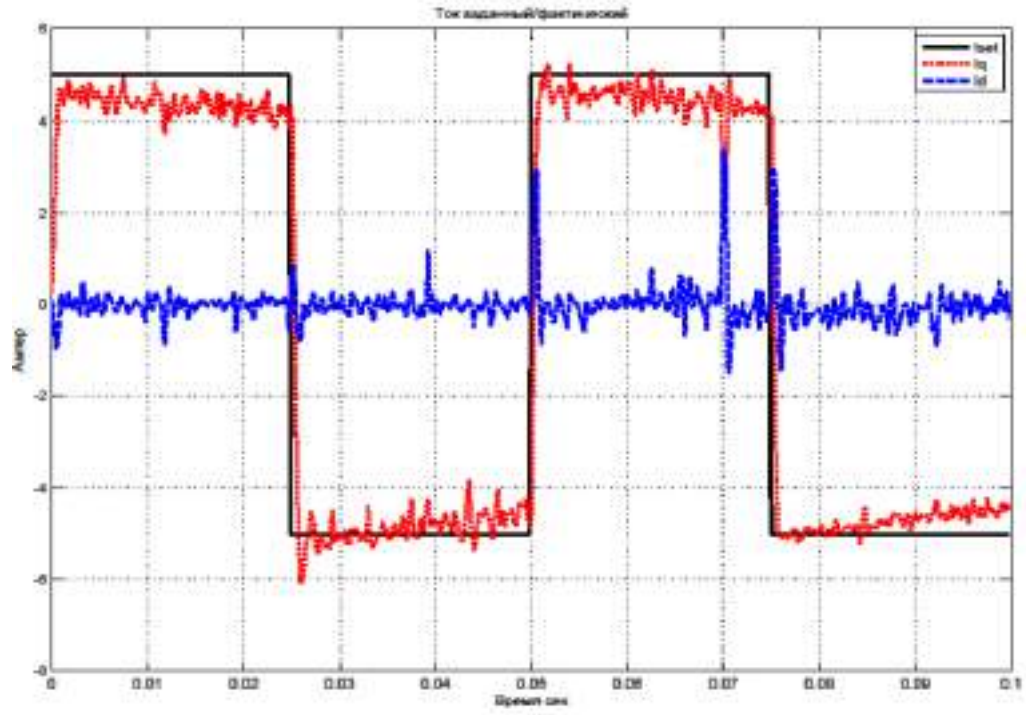


Рис. 3.13. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_p=25 A/V

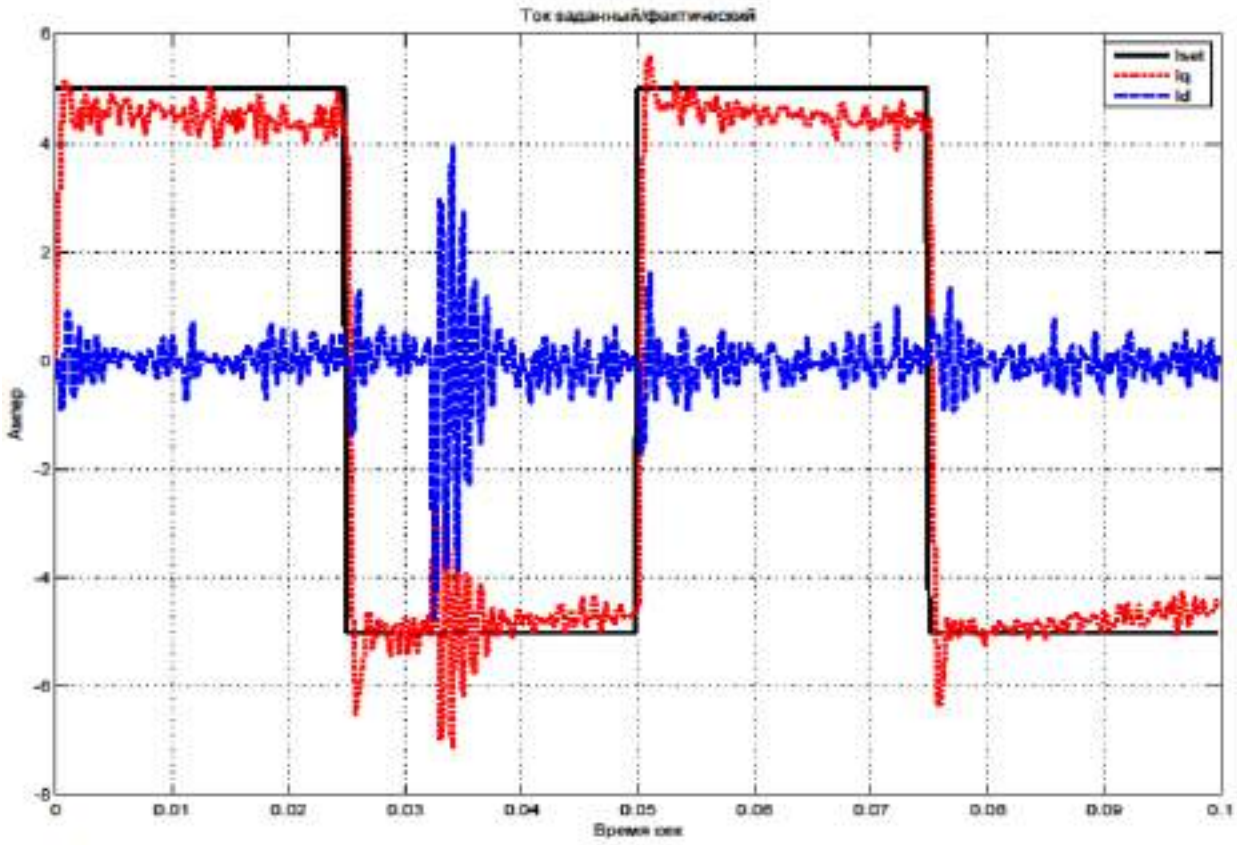


Рис. 3.14. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_p=35 A/V

2-й шаг. Настройка интегрального коэффициента.

Установить пропорциональный коэффициент, выбранный в 1-м шаге ($kkpp$=25$AAVV$). Установить интегральный коэффициент по умолчанию.

Контролируемые данные:

• заданное значение тока на входе регулятора тока IqsetAF, A;

• актуальное значение тока Iqact, A;

• актуальное значение тока Idact, A.

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока Iqset, A;

• величина тока – 25% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 50 мсек;

• длительность заданного значения – 25 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных: 0,25 мсек.

Результат настройки:

• изменяя интегральный коэффициент, добиться перерегулирования Iq не более 5-10 %. Возможен небольшой колебательный процесс (не более 2-3 волн);

• контролировать отсутствие возбуждения тока Idact.

Ниже приведены графики при: k_i=5ms, k_i=3ms и k_i=2ms.

Выбираем k_i=3ms. На рис. 3.15 изображен ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Ki=5ms. На рис.3.16 показан ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Ki=3ms. На рис.3.17 представлен ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Ki=2ms.

3-й шаг. Проверка работы сглаживающего фильтра заданного тока.

Установить пропорциональный коэффициент, выбранный в 1-м шаге ($kkpp$=25$AAVV$). Установить интегральный коэффициент, выбранный во 2-м шаге (k_i=3m).

Включить фильтр сглаживания команды тока (p311=1)

k_p=25AV k_i=3m F_i=1.

Контролируемые данные:

• заданное значение тока на входе регулятора тока IqsetAF, A;

• актуальное значение тока Iqact, A;

• актуальное значение тока Idact, A.

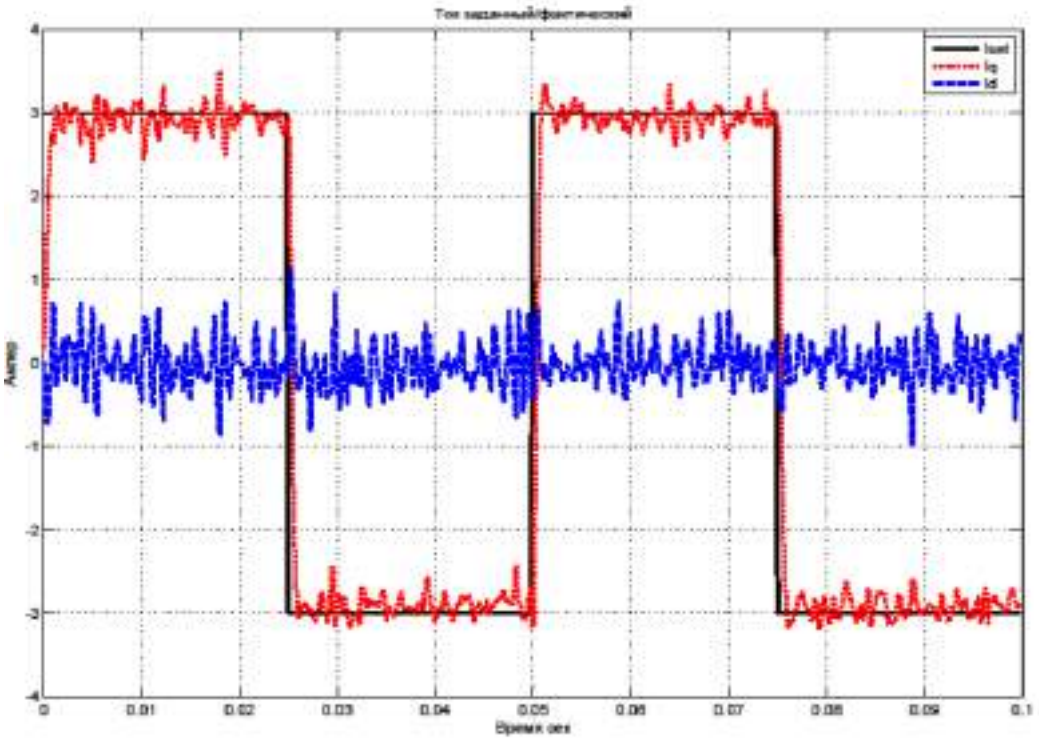


Рис. 3.15. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_i=5ms

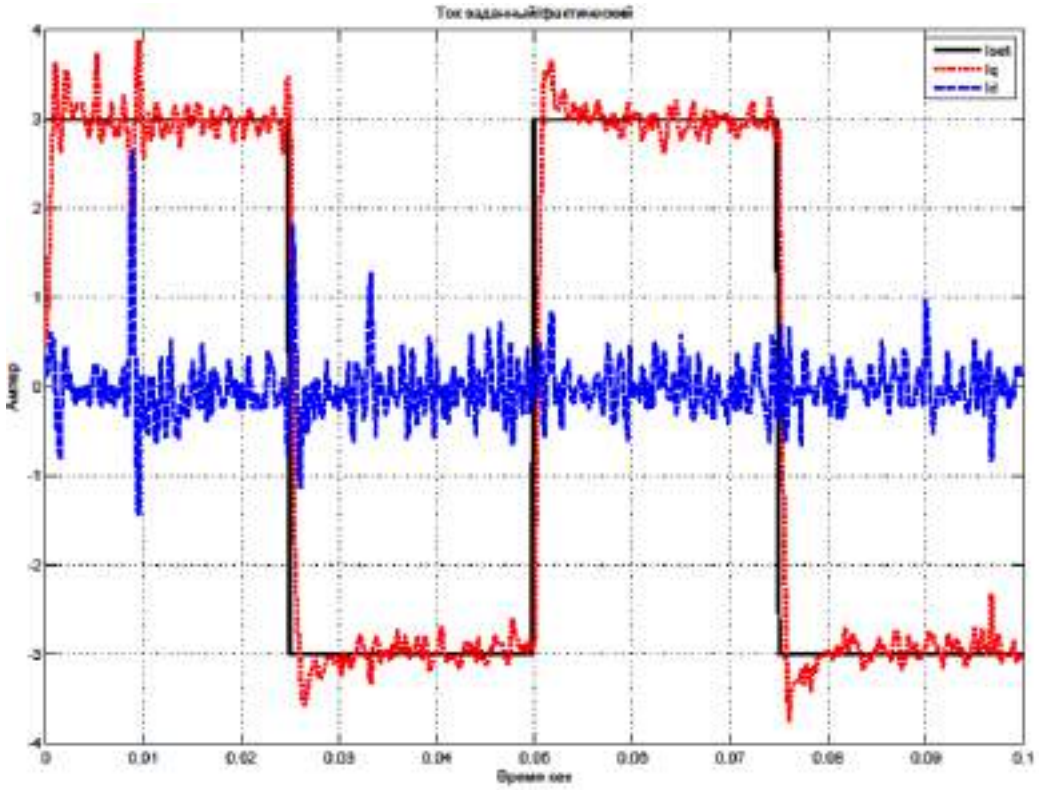


Рис. 3.16. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_i=3ms

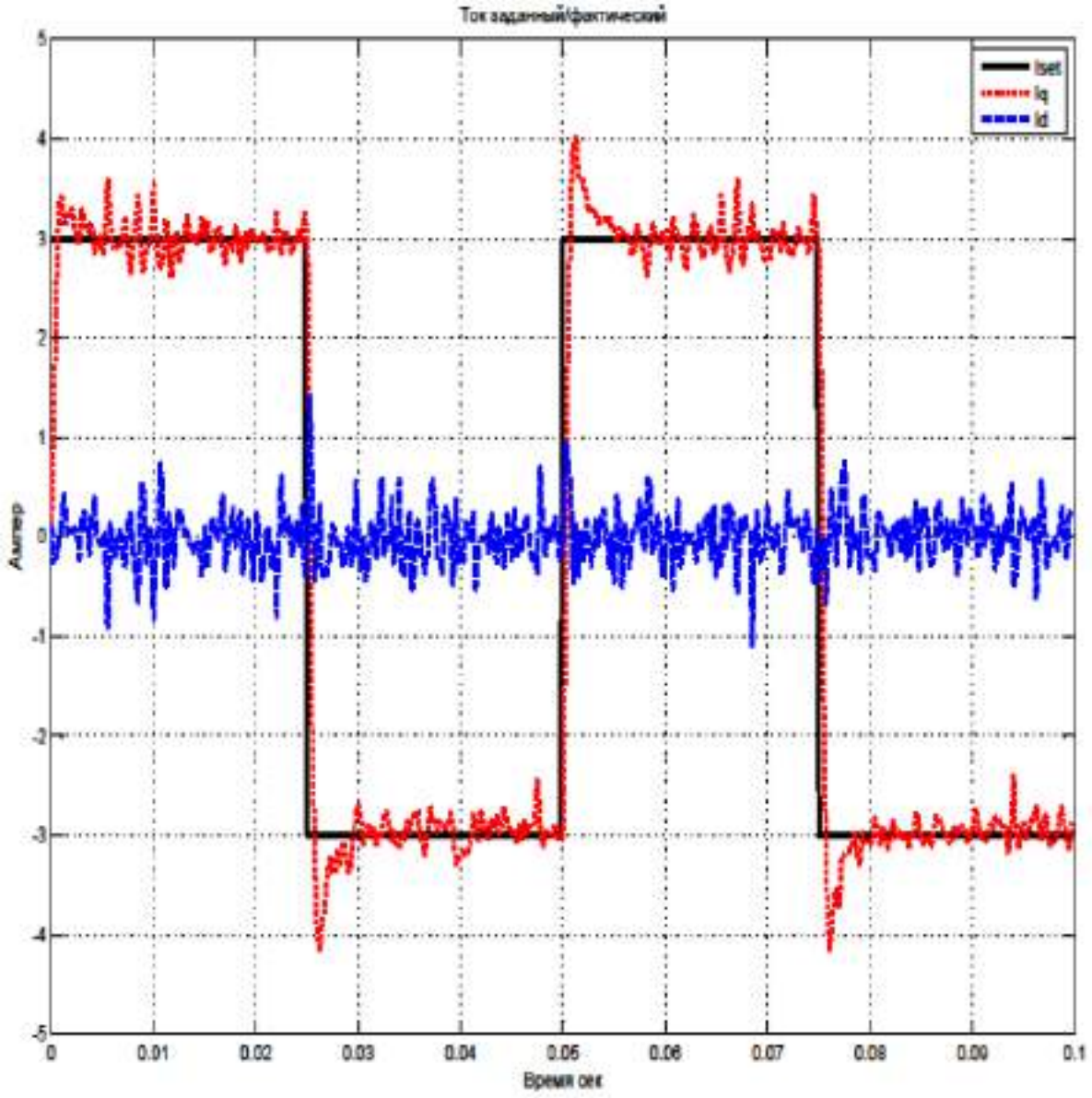


Рис. 3.17. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_i=2ms

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока Iqset, A;

• величина тока – 25% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 50 мсек;

• длительность заданного значения – 25 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных:

• 0,25 мсек

Результат настройки:

• передний и задний фронт заданного значение тока на входе регулятора тока IqsetPI имеет сглаженный вид;

• переходный процесс должен быть аналогичен шагу 2;

• контролировать отсутствие возбуждения тока Idact.

На рис. 3.18 показан ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при Kp=25 A/V, Ki=3ms и Fi=1.

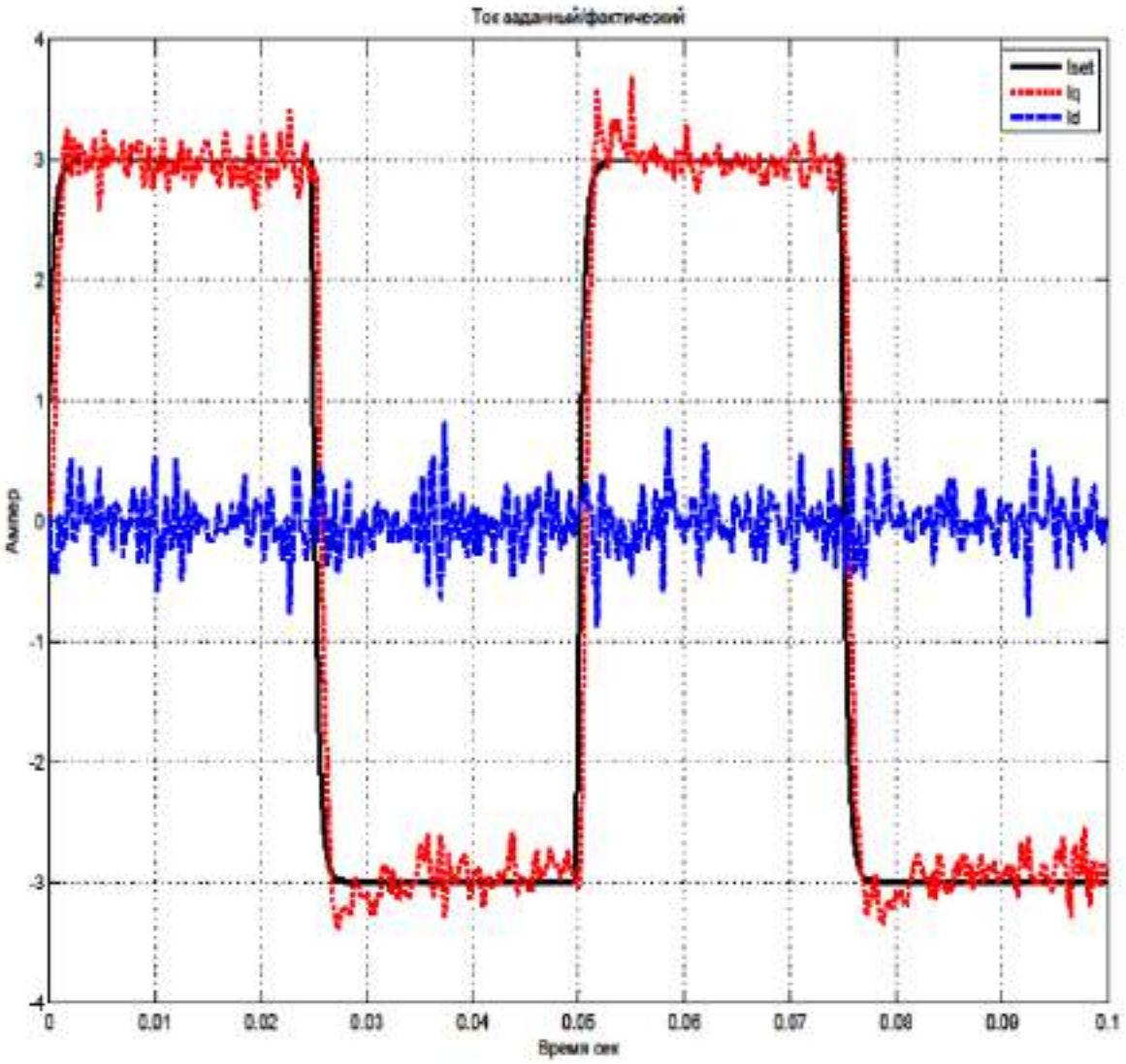


Рис. 3.18. Ступенчатый наброс заданного значения тока на входе регулятора тока IqsetPI при K_p=25 A/V K_i=3ms F_i=1

Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ

При изменении параметров по умолчанию необходимо ещё раз снять ЛАЧХ и ЛФЧХ.

Ниже приведены графики при параметрах регулятора тока:

• k_p=25AV k_i=3m F_i=1.

Результат настройки:

• после преобразования Фурье контролируемых данных получаем ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определяем полосу пропускания регулятора по уровню -3дБ и запас по фазе на этой частоте.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ F=650 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-120˚=60˚.

На рис. 3.19 показана окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора тока.

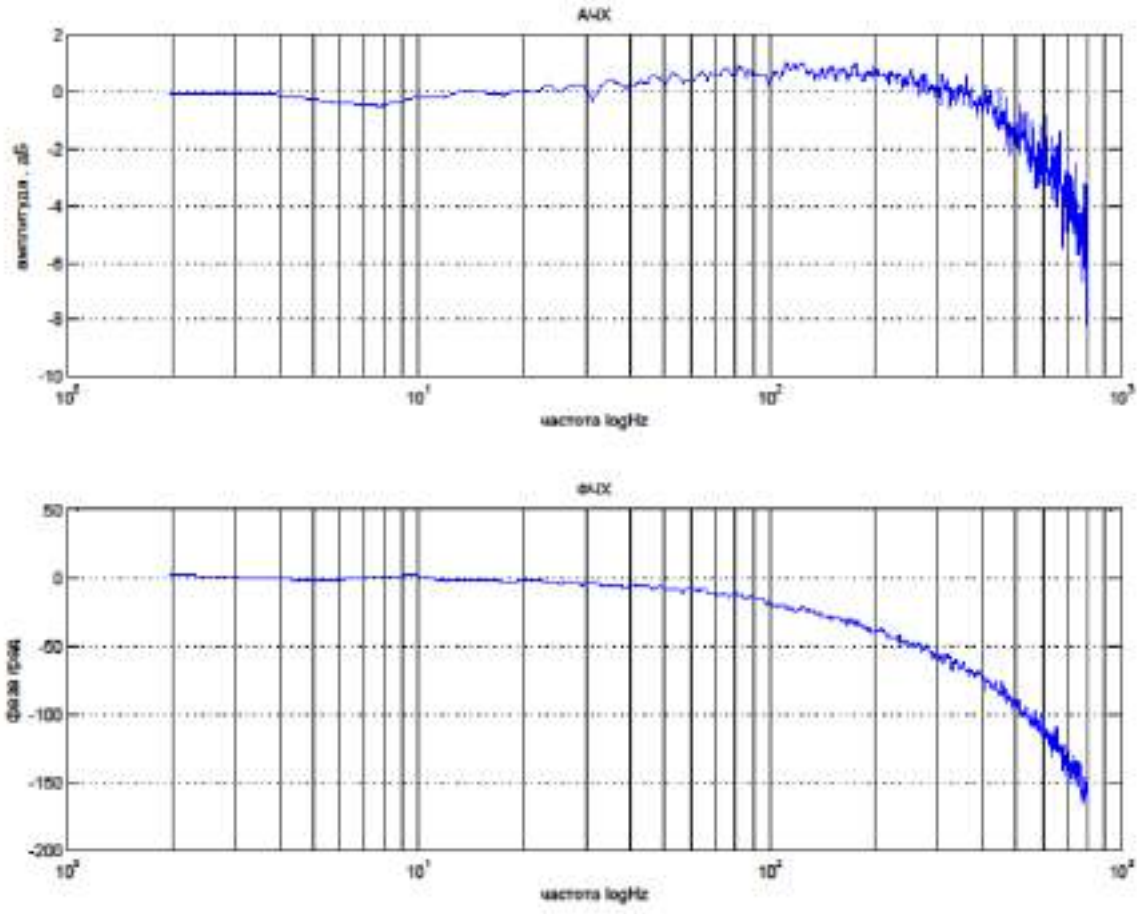


Рис. 3.19. Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора тока.

Настройка регулятора скорости

Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ

Установить параметры регулятора скорости по умолчанию:

• Кр – пропорциональный коэффициент (р404);

• Кi – интегральный коэффициент (р405);

• Kpd - Псевдо дифференциальная составляющая регулятора (р406);

• отключить фильтр обратной связи по скорости (р414=0);

k_p=600 s^{-1} k_i=10m k_p=100% F_n=0.

Контролируемые данные:

• заданное значение скорости на входе регулятора скорости NsetPI, об/мин;

• актуальное значение скорости ЭД NactBF, об/мин.

Заданное воздействие:

• наброс заданной скорости в виде Чирп-сигнала Nset, об/мин;

• частота 0-500 Гц;

• амплитуда – 2,5% от номинального значения ЭД.

Время измерения:

• зависит от длины Чирп-сигнала (при длине 2048 точки получаем 1024 мсек);

• период съема данных 0,5 ms;

Результат настройки:

• после преобразования Фурье контролируемых данных получаем ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определяем полосу пропускания регулятора по уровню -3дБ и запас по фазе на этой частоте.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ F=110 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-130˚=50˚.

Обращаем внимание на то, что имеется подъем ЛАЧХ на +2,6дБ на частоте 27 Гц. На рис.3.20 представлена предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора скорости.

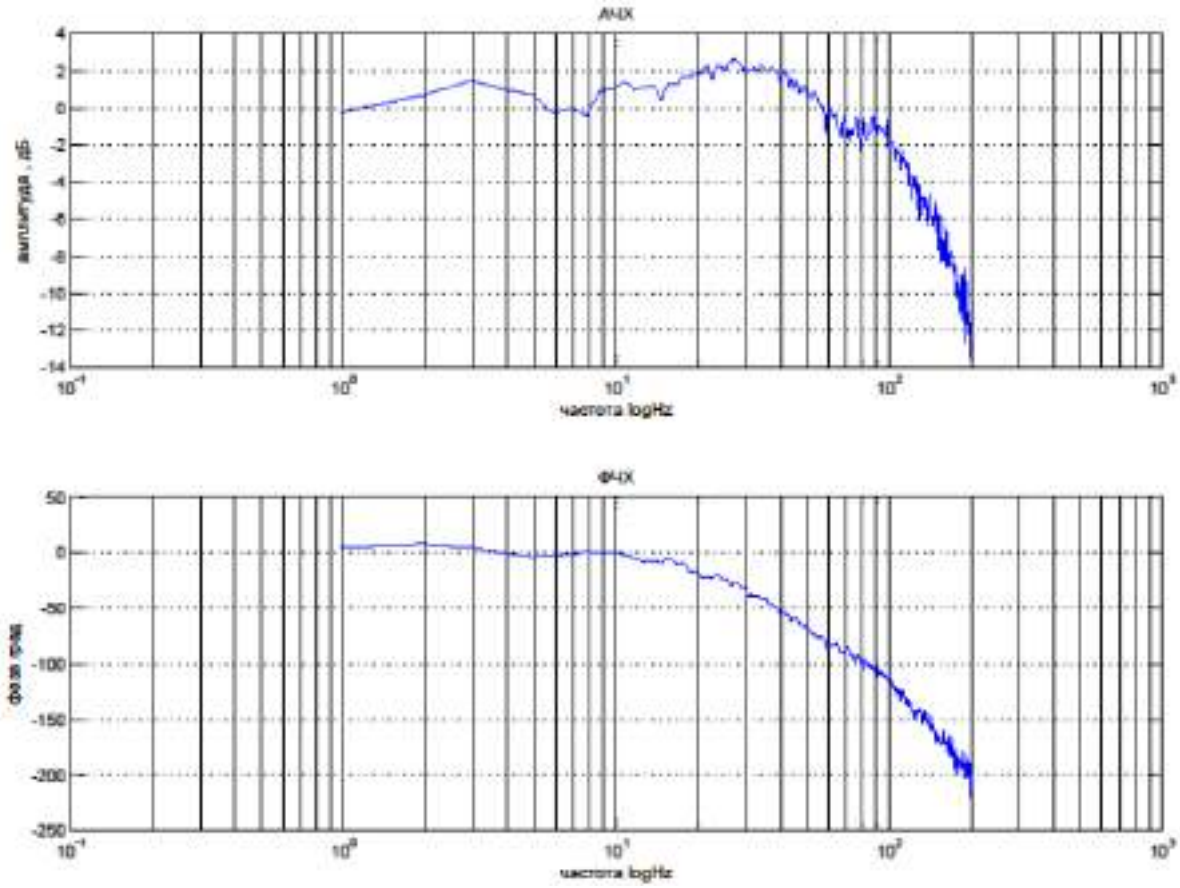


Рис. 3.20. Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора скорости

Настройка пропорциональной и интегральной составляющей

1-й шаг. Настройка пропорционального коэффициента.

Установить параметры регулятора скорости по умолчанию (отключить фильтр обратной связи по скорости).

Установить интегральный коэффициент равный 0.

Контролируемые данные:

• заданное значение скорости на входе регулятора скорости NsetPI, об/мин;

• актуальное значение скорости ЭД NactBF, об/мин;

• заданное значение на входе регулятора тока (Iq set AF), А;

• актуальное значение тока Iqact, А.

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости Nset, об/мин;

• величина скорости – 2,5% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 200 мсек;

• длительность заданного значения – 100 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных: 0,5 мсек.

Результат настройки:

• увеличивая пропорциональный коэффициент, добиться отсутствия перерегулирования скорости;

• контролировать отсутствие ограничения (насыщения) заданного значения на входе регулятора тока Iq set AF и тока Iqact.

При необходимости - уменьшить амплитуду заданной скорости.

Ниже приведены графики при: k_p=400 s^{-1} , k_p=500 s^{-1} и k_p=600 s^{-1}.

Выбираем k_p=500 s^{-1}.

На рис.3.21 показан ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{kp} = \mathbf{444}\ \boldsymbol{s^{-11}}$. На рис.3.22. представлен ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{kp} = \mathbf{544}\ \boldsymbol{s^{-11}}$. На рис.3.23 изображен тупенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{kp} = \mathbf{644}\ \boldsymbol{s^{-11}}$.

2-й шаг. Настройка интегрального коэффициента.

Установить пропорциональный коэффициент, выбранный в 1-м шаге (k_p = 500 s^{-1}).

Установить интегральный коэффициент по умолчанию.

Контролируемые данные:

• заданное значение скорости на входе регулятора скорости NsetPI, об/мин;

• актуальное значение скорости ЭД NactBF, об/мин;

• заданное значение на входе регулятора тока (Iq set AF), А;

• актуальное значение тока Iqact, А.

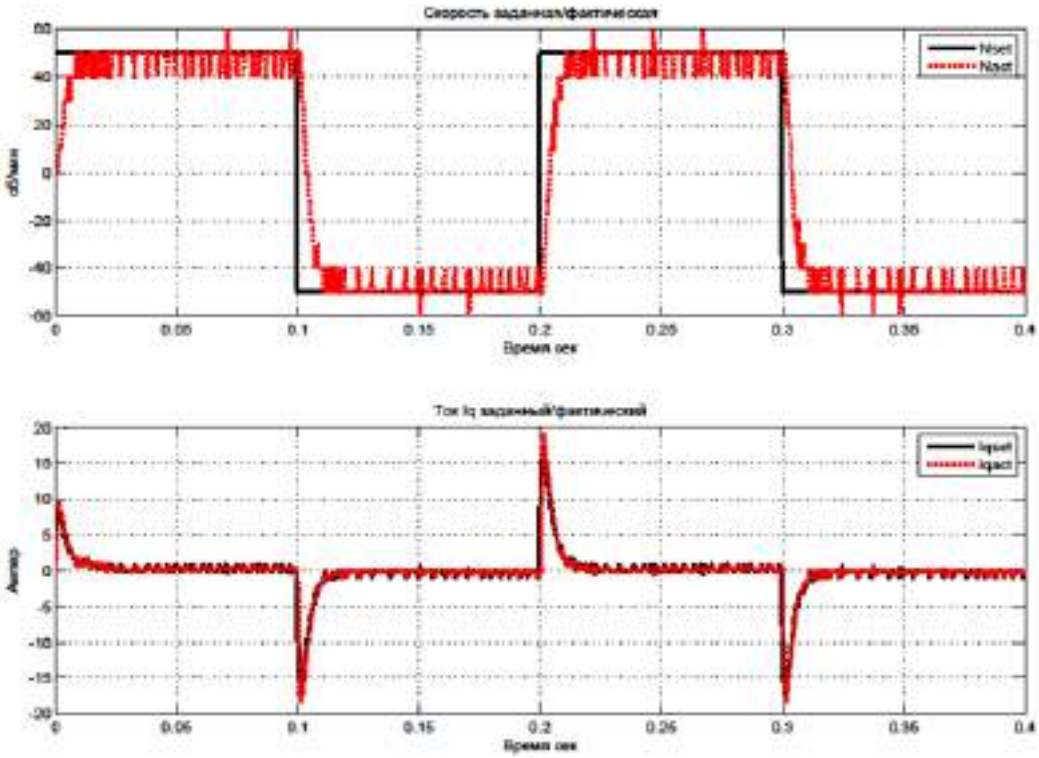


Рис. 3.21. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_p = 444\ s^{-11}}$

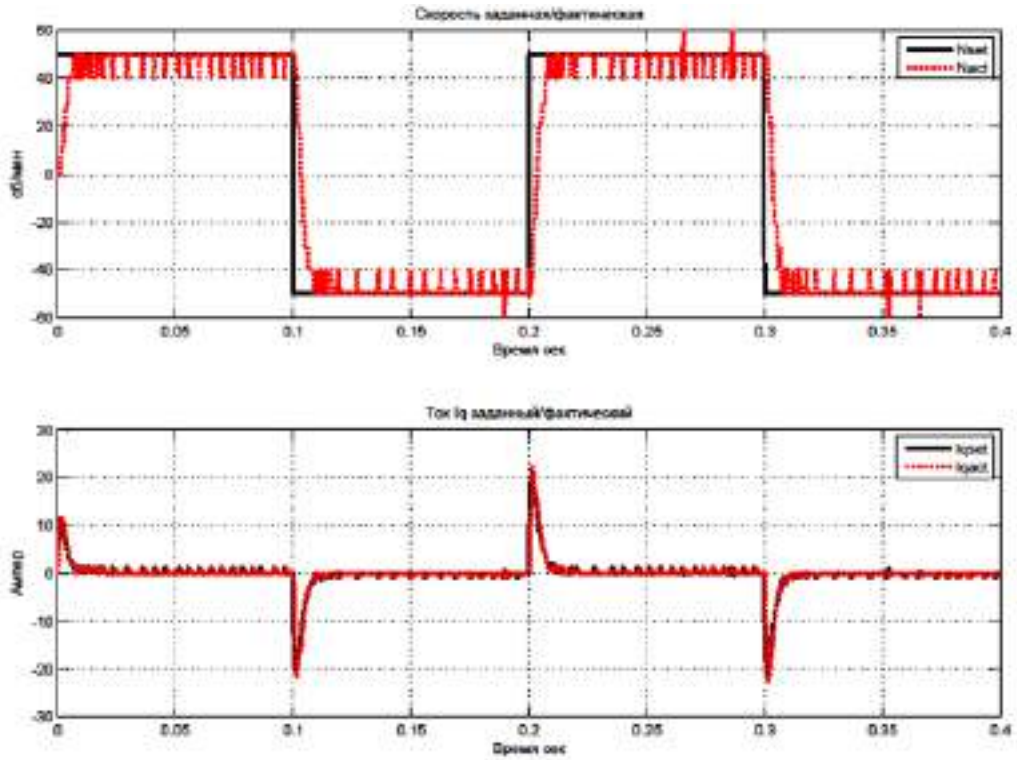


Рис. 3.22. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_p = 544\ s^{-11}}$

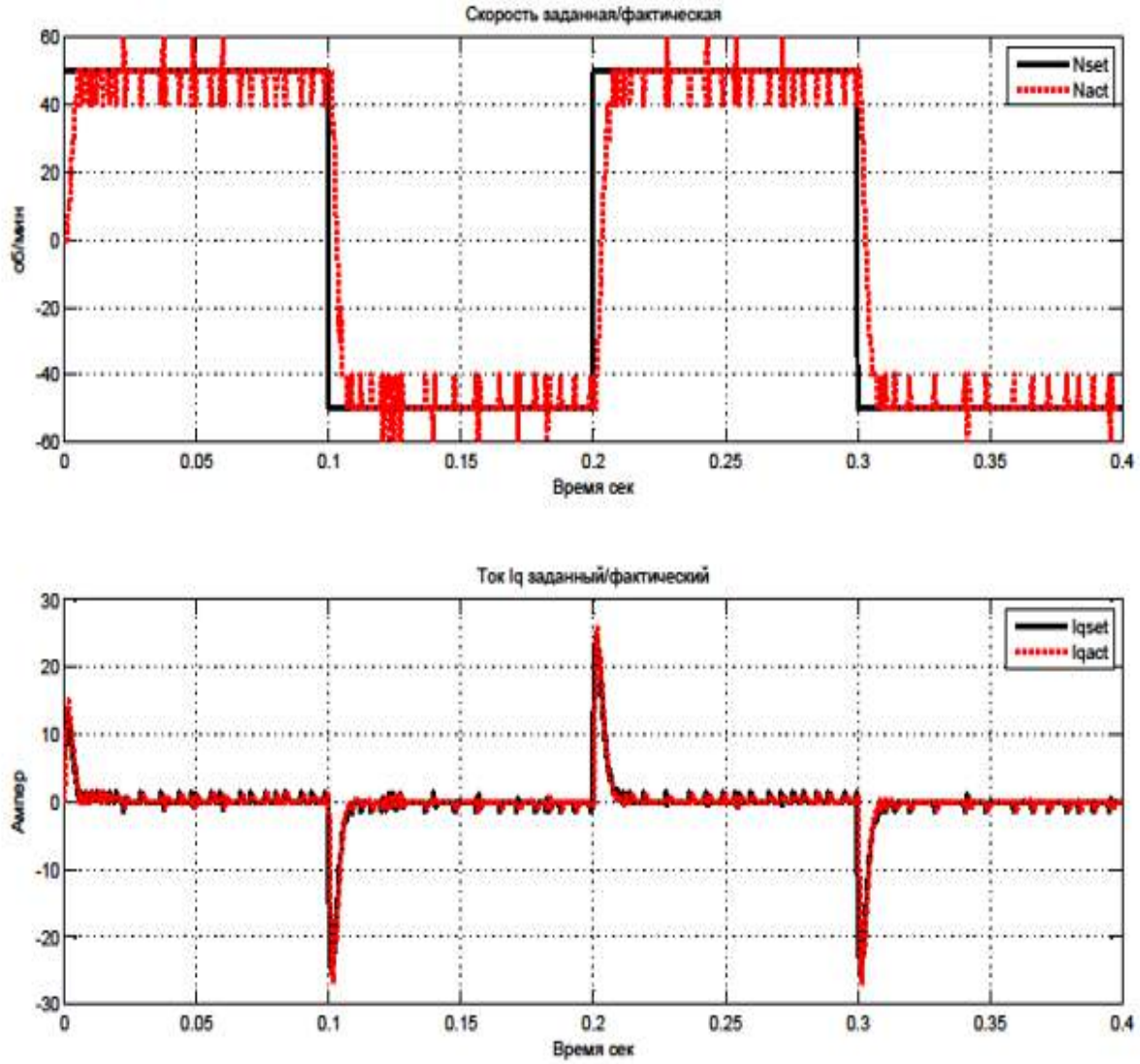


Рис. 3.23. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_p}$ = $\mathbf{644}\ \boldsymbol{s^{-11}}$

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости Nset, об/мин;

• величина скорости – 2,5% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 200 мсек;

• длительность заданного значения – 100 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных: 0,5 мсек

Результат настройки:

• изменяя интегральный коэффициент, добиться отсутствия перерегулирования скорости. Возможен небольшой колебательный процесс (не более 2-3 волн);

• контролировать отсутствие ограничения (насыщения) заданного значения на входе регулятора тока Iq set AF и тока Iqact. При необходимости - уменьшить амплитуду заданной скорости.

Ниже приведены графики при: $k_i = 10ms$, $k_i = 30ms$ и $k_i = 50ms$.

Выбираем $k_i = 50ms$. На рис. 3.24 изображен ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{ki} = \mathbf{141}\boldsymbol{s}$. На рис. 3.25 показан ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{ki} = \mathbf{341}\boldsymbol{s}$. На рис. 3.26 представлен ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{ki} = \mathbf{541}\boldsymbol{s}$.

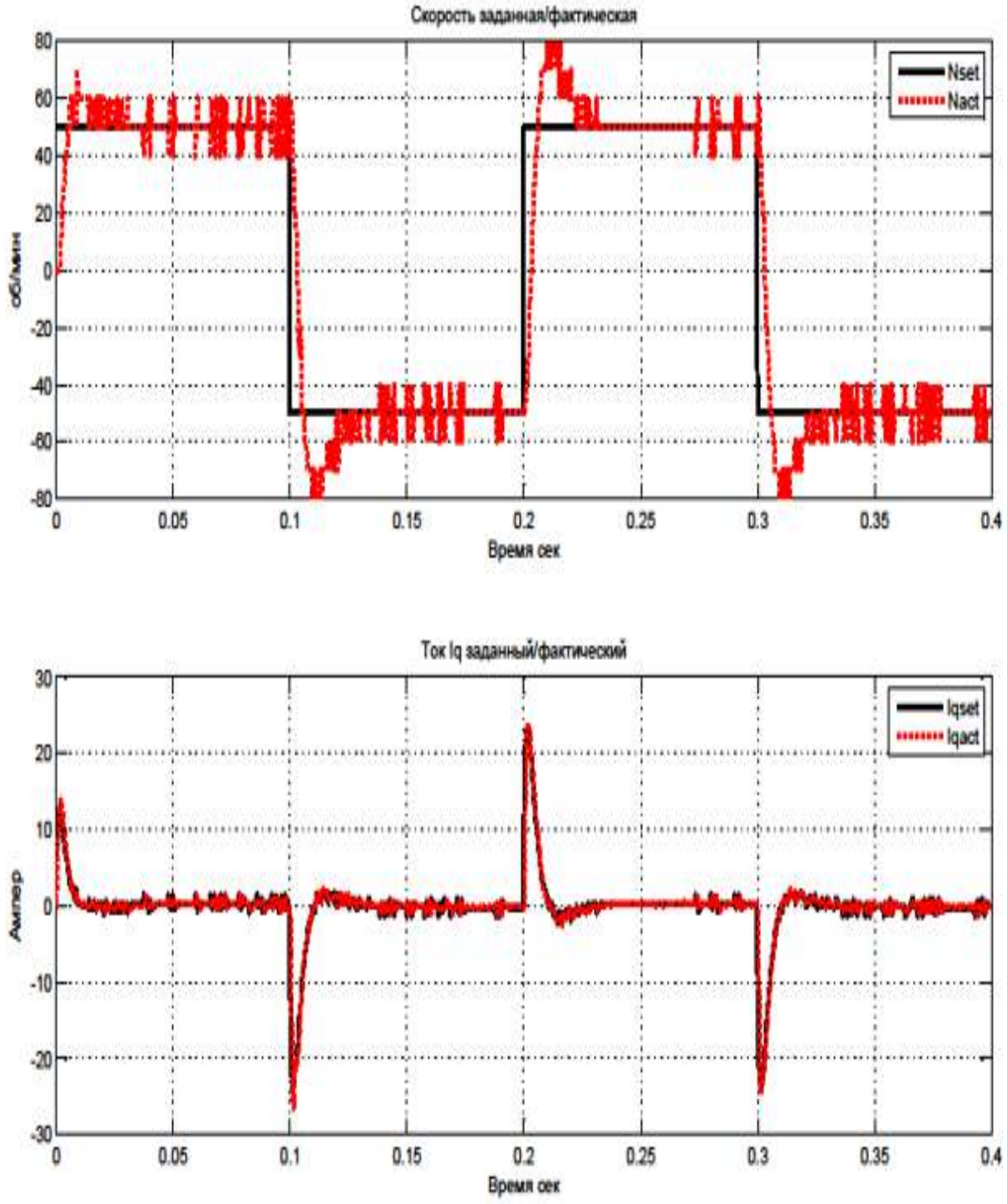


Рис. 3.24. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_i = 141s}$

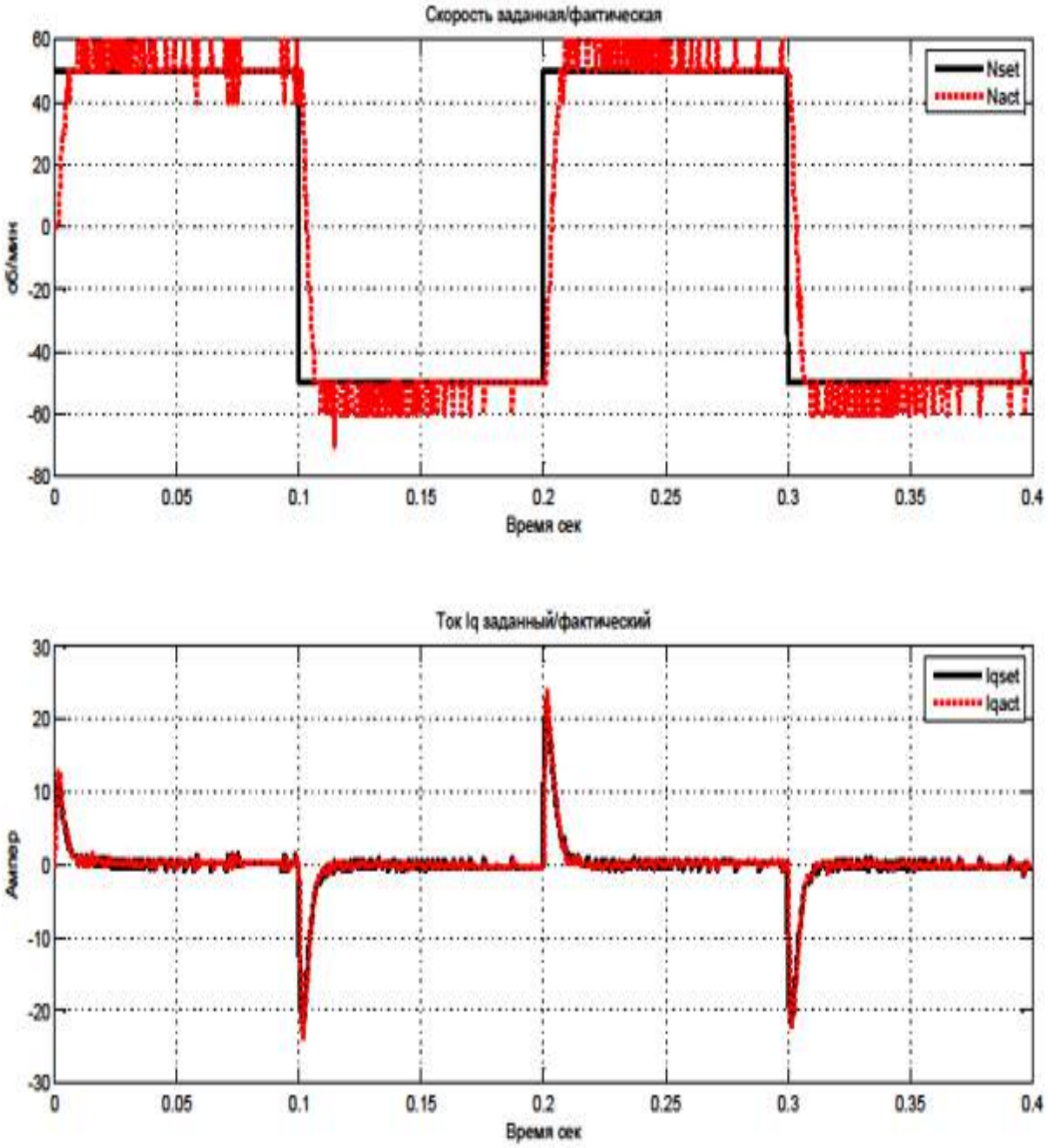


Рис. 3.25. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_i} = \boldsymbol{341s}$

3-й шаг. Проверка работы сглаживающего фильтра обратной связи по скорости.

Установить пропорциональный коэффициент, выбранный в 1-м шаге (kp = 500 s−1). Установить интегральный коэффициент, выбранный во 2-м шаге (kii = 50ms).

Включить фильтр обратной связи по скорости (p311=1) и его параметры по умолчанию:

• p415 Частота среза фильтра обратной связи по скорости – 100 Гц

• p416 Уровень фильтра обратной связи по скорости – 40 об/мин.

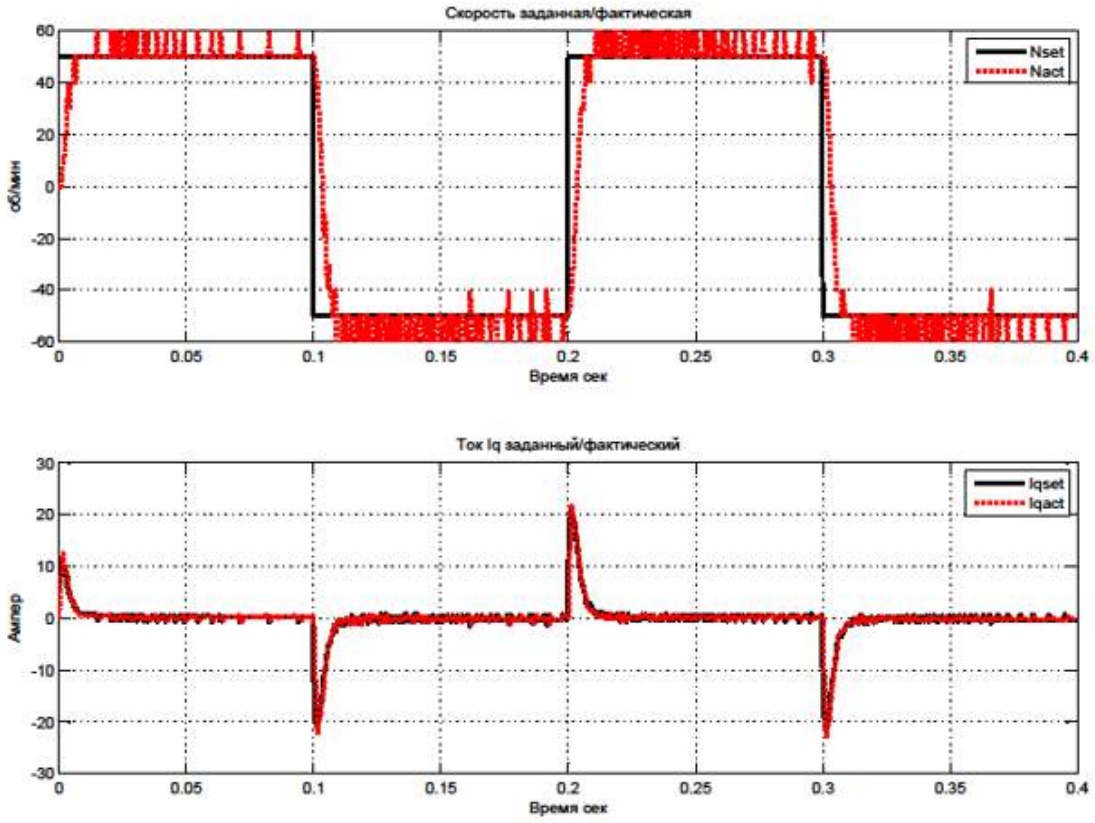


Рис. 3.26. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_i} = \mathbf{541}\boldsymbol{s}$

Таким образом, имеем следующие значения параметров ЭП:

$k_p = 500\ s^{-1}$ $k_i = 50ms$ $Fn = 1$ $F_n = 100\ Hz$ $Fnlev = 40\ rpm.$

Контролируемые данные:

• заданное значение скорости на входе регулятора скорости Nset PI, об/мин;

• актуальное значение скорости ЭД NactAF, об/мин;

• заданное значение на входе регулятора тока (Iq set AF), А;

• актуальное значение тока Iqact, А.

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости Nset, об/мин;

• величина скорости – 2,5% от номинального значения ЭД;

• период наброса заданного значения – 200 мсек;

• длительность заданного значения – 100 мсек;

• количество повторений – 10.

Период съема данных: 0,5 мсек.

Результат настройки:

• изменяя пропорциональный и интегральный коэффициент, добиться отсутствия перерегулирования скорости. Возможен небольшой колебательный процесс (не более 2-3 волн);

• контролировать отсутствие ограничения (насыщения) заданного значения на входе регулятора тока Iq set AF и тока Iqact. При необходимости - уменьшить амплитуду заданной скорости.

На рис 3.27 представлен ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{kp} = \mathbf{544}\ \boldsymbol{s}\mathbf{-1}\ \boldsymbol{ki} = \mathbf{541}\boldsymbol{s}\ \boldsymbol{Fn} = \mathbf{11}\ \boldsymbol{FnF} = \mathbf{144}\ \boldsymbol{Fnv} = \mathbf{44}\ \boldsymbol{rp}\mathbf{1}$.

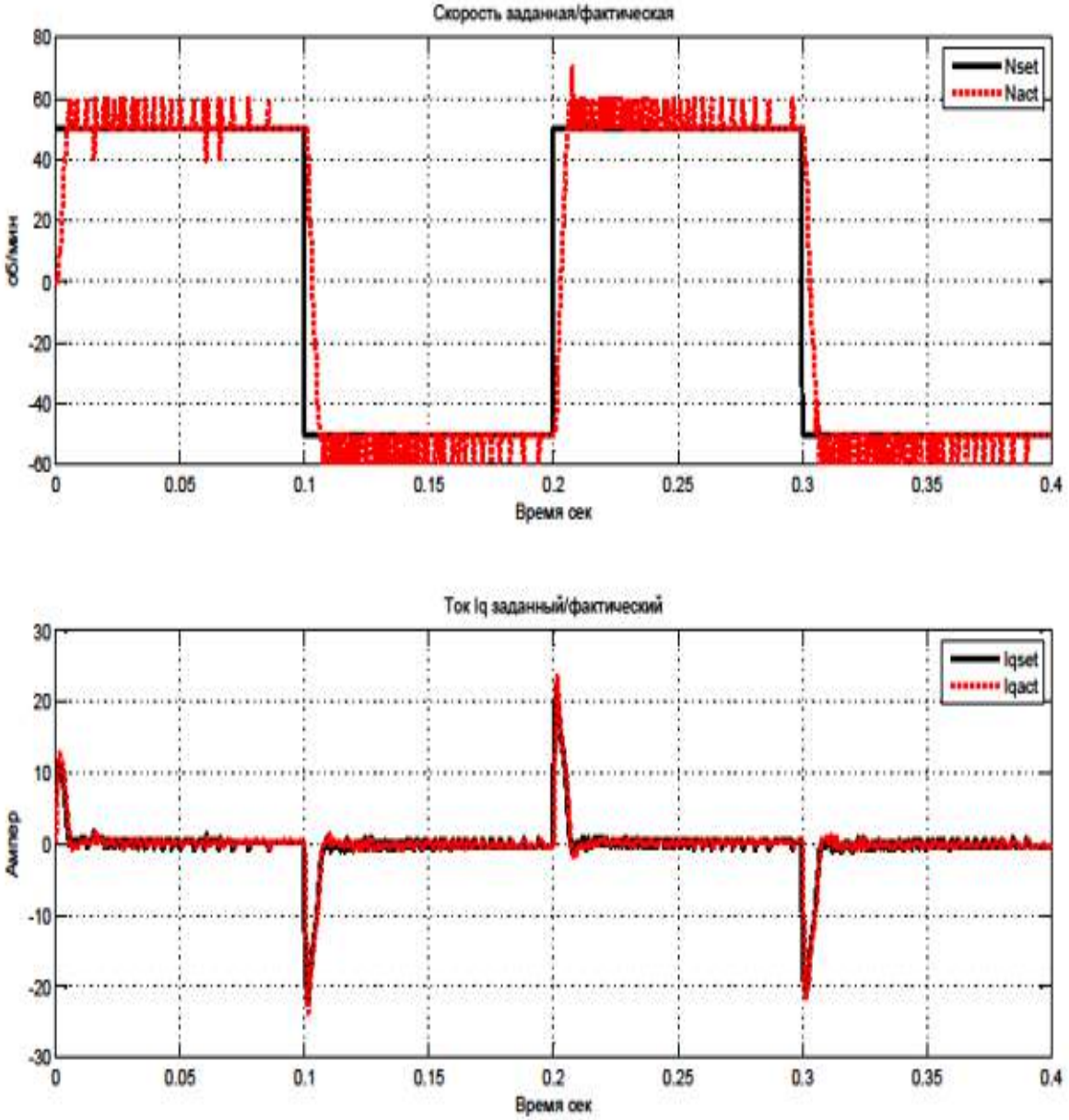


Рис. 3.27. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при $\boldsymbol{k_p}$ = **544** $\boldsymbol{s^{-1}}$ $\boldsymbol{k_i}$ = **541***s* $\boldsymbol{F_n}$ = **11** $\boldsymbol{F_{nF}}$ = **144** $\boldsymbol{F_{nv}}$ = **44** ***rp*1**

4-й шаг. Проверка токоограничения на выходе регулятора скорости.

Установить параметры, как и в 3-м шаге:

k_p = 500 s^{-1}, k_i = 50ms, F_n = 1 F_n = 100 Hz, $Fnlev$ = 40 rpm.

Проконтролировать установленные параметры регулятора тока по умолчанию:

• Iq_lim_cont - ограничение длительной команды тока (p300);

• Iq_lim_peak - ограничение максимальной команды тока (p301);

• T_lim_peak - время ограничения максимальной команды тока (p302);

• Mlim - максимальный момент ЭД (p206);

$Iq\_\text{lim}\ \_cont = 25A$; $Iq\_\text{lim}\ \_peak = 25A$; $T\_\text{lim}\ \_peak = 1s$, $Mlm = 125Nm$.

Контролируемые данные:

• заданное значение скорости на входе регулятора скорости NsetPI, об/мин;

• актуальное значение скорости ЭД NactAF, об/мин;

• выходное значение регулятора скорости (Mset), 0.01 Нм;

• заданное значение на входе регулятора тока (Iq set AF), А.

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости Nset, об/мин;

• величина скорости – 100% от максимальной скорости оси, пересчитанной в об/мин ЭД;

• период наброса заданного значения – 1000 мсек;

• длительность заданного значения – 500 мсек;

• количество повторений – 1.

Период съема данных: 1 мсек.

Результат настройки:

• контролировать время ограничения (насыщения) выходного значения регулятора скорости (Mset) и заданного значения на входе регулятора тока Iq set AF. Для станков с моментом инерции нагрузки, приведенной к валу ЭД, равной 2-5 момента инерции ЭД это время составляет 400-800 мсек. Если момент инерции нагрузки имеет большую величину, необходимо увеличить параметр T_lim_peak;

• величина ограничения момента (Mset) должна бать равна M_lllm, а ограничения тока Iq set AF - $Iq\_\text{lim}\ \_cont * \sqrt{2}$.

Ниже (рис. 3.28) приведены графики при вышеуказанных параметрах.

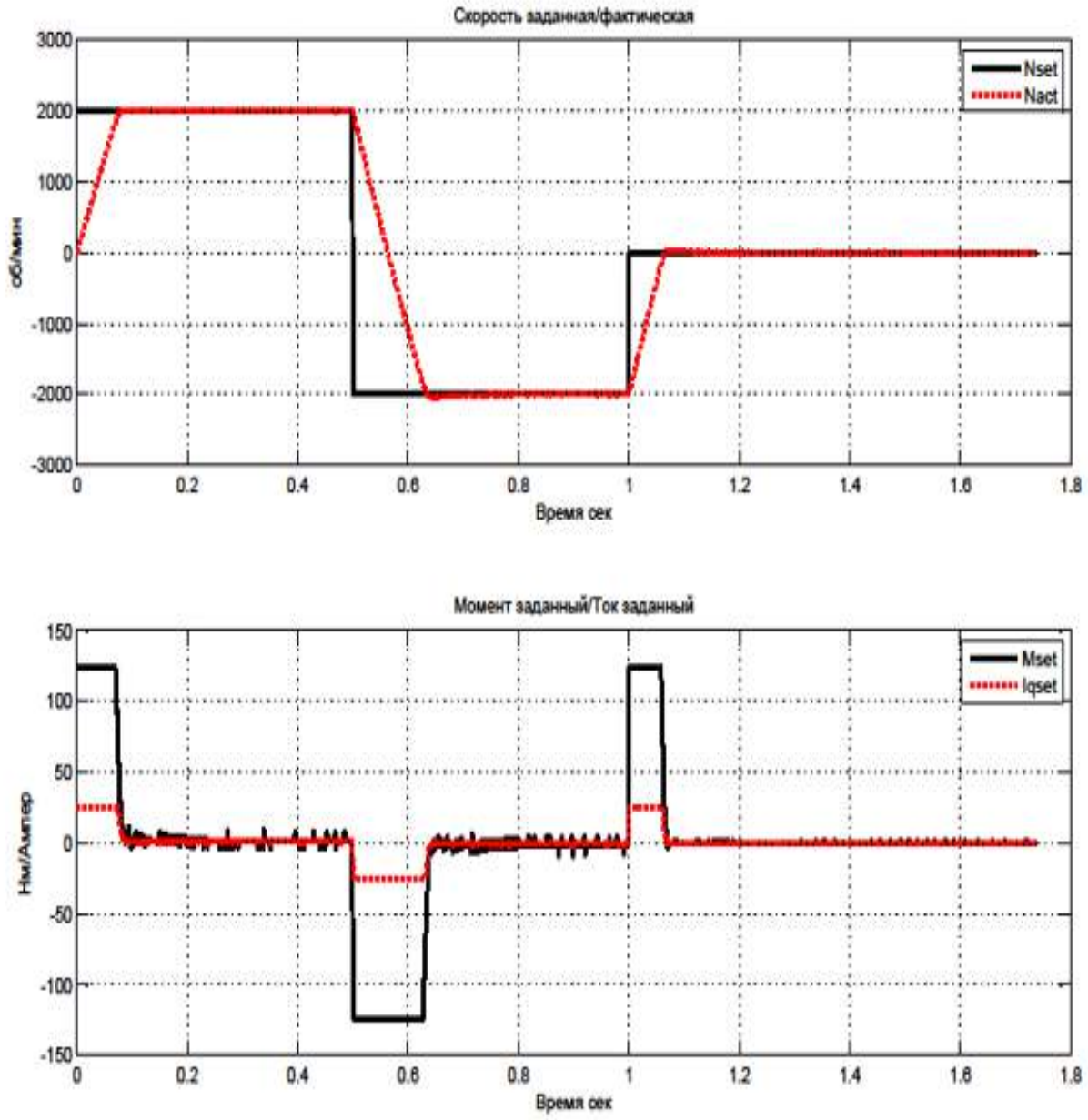


Рис. 3.28. Ступенчатый наброс заданной скорости на входе регулятора скорости NsetPI при проверке токоограничения на выходе регулятора скорости

Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ

После изменения параметров по умолчанию необходимо ещё раз снять ЛАЧХ и ЛФЧХ.

Ниже приведены графики при параметрах регулятора тока:

• k_p = 500 s^{-1} k_{ii} = 50ms F_n = 1 F_{nbnn} = 100 Hz F_{nlev} = 40 rpm.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ, F = 95 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-115˚=65˚.

На рис. 3.29 показана окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора скорости.

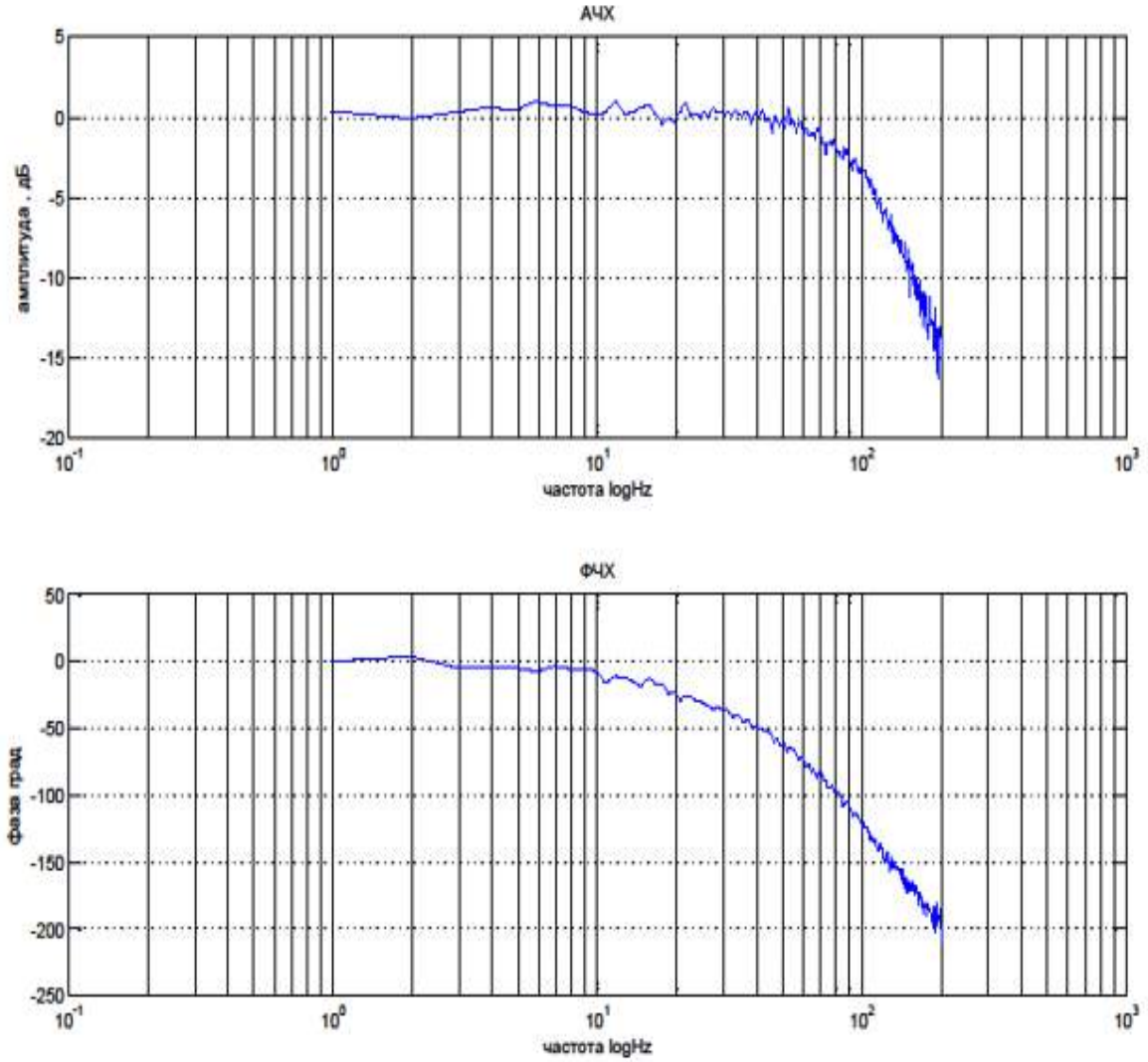


Рис. 3.29. Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора скорости

Настройка регулятора положения ЭП

Регулятор положения ЭП может быть использоваться, например, в случае, если в качестве ЧПУ используется NC-202/220/302 ф. Балт-Систем с цифро-импульсным преобразователем (ЦИП).

При значении 3-го параметра в инструкции CAS=1, параметр p505=1, а при значении 3-го параметра в инструкции CAS=2, параметр p505=2.

Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ

Установить параметры регулятора положения по умолчанию:

• K_v – пропорциональный коэффициент (p502);

• K_i – интегральный коэффициент (p503);

• K_{ffw} - Коэффициент предуправления (p504).

k_v = 30 s^{-1},k_i = 0ms, k_{fn} = 100%.

Контролируемые данные:

• заданное значение входе регулятора положения (CNTSsetPI), cnts/ms;

• актуальное значение положения (CNTSact), cnts/ms;

• актуальное значение тока Iqact, A.

Заданное воздействие:

• заданное значение на регуляторе положения в виде Чирп-сигнала (CNTSset), cnts/ms;

• частота 0-250 Гц;

• амплитуда – 2,5% от номинального значения скорости ЭД.

Время измерения:

• зависит от длины Чирп-сигнала (при длине 2048 точки получаем 2048 мсек);

• период съема данных 1 ms.

Результат настройки:

• контролировать актуальное значение тока Iqact, чтобы он не превышал максимального значения тока ЭД;

• после преобразования Фурье контролируемых данных получаем ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определяем полосу пропускания регулятора по уровню -3дБ и запас по фазе на этой частоте.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ, F = 100 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-140˚=40˚.

Обращаем внимание на то, что имеется подъем ЛАЧХ на +1,7дБ в диапазоне частот 1-40 Гц.

На рис.3.30. изображена предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЭП. Предварительная настройка Kv-фактора без предуправления.

Установить параметры регулятора положения:

• Kv – пропорциональный коэффициент (p502);

• Ki – интегральный коэффициент (p503);

• Kffw - Коэффициент предуправления (p504);

k_v = 30 s^{-1},k_i = 0ms, k_{fn} = 0%.

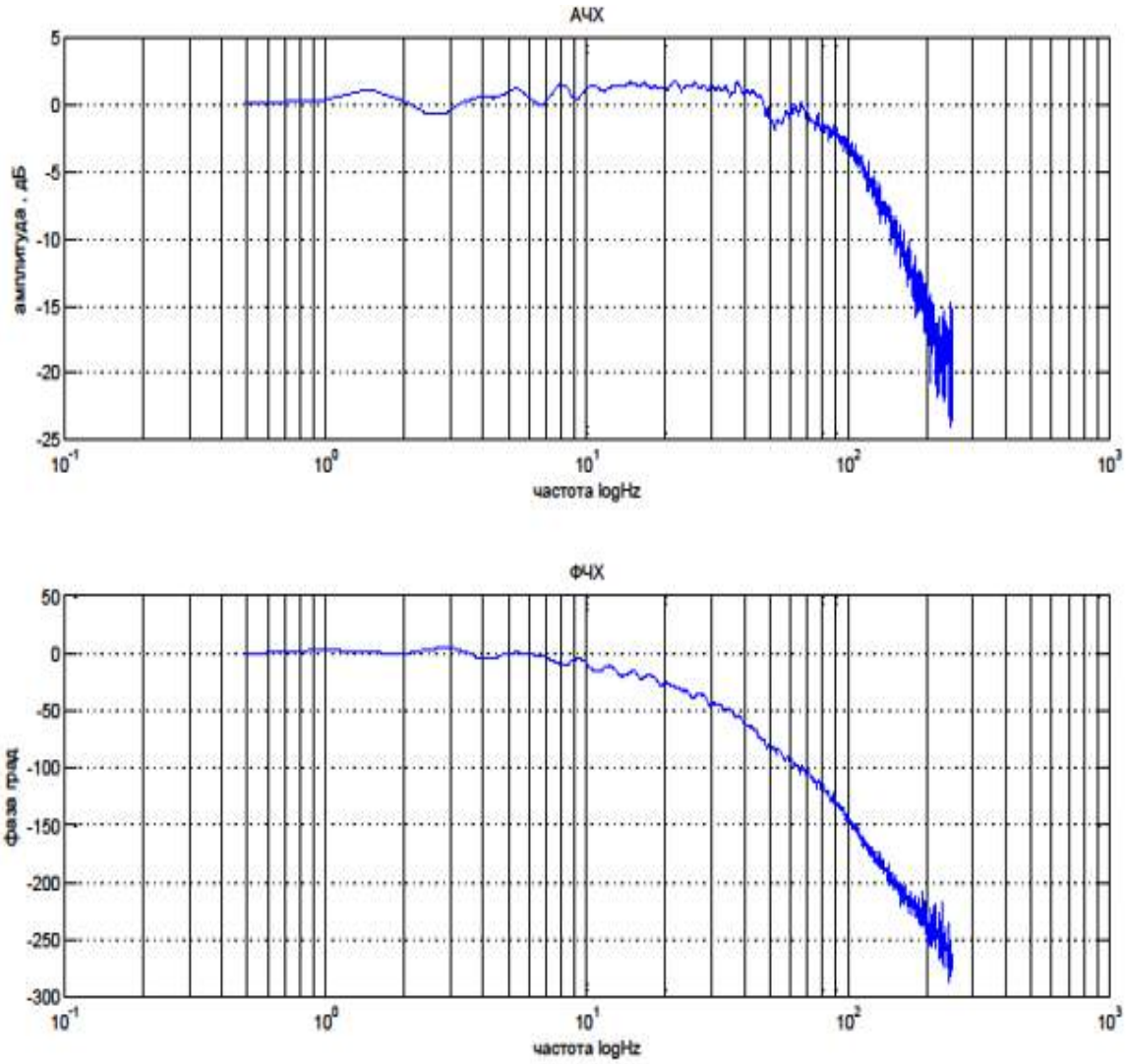


Рис. 3.30. Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЭП

Контролируемые данные:

- заданное значение на регуляторе положения (CNTSsetPI), cnts/ms;
- актуальное значение положения (CNTSact), cnts/ms;
- Рассогласование по положению (FE), cnts;
- актуальное значение тока Iqact, A.

Заданное воздействие:

- ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset), cnts/ms;
- амплитуда – 5% от номинального значения скорости ЭД;
- период наброса заданного значения – 500 мсек;
- длительность заданного значения – 250 мсек;
- количество повторений – 1.

Время измерения:

- период съема данных 1 ms.

Результат настройки:

- увеличивая Kv-фактор, добиться минимального времени переходного процесса без перерегулирования;
- контролировать актуальное значение тока Iqact, чтобы он не превышал номинального значения тока ЭД.

Ниже приведены графики при:

k_v = 30 s^{-1}, k_v = 100s^{-1} , k_v = 133s^{-1}. Выбираем k_v = 100s^{-1}.

На рис. 3.31 представлен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{kv}$ = **34** $\boldsymbol{s^{-1}}$. На рис. 3.32 изображен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{kv}$ = **144** $\boldsymbol{s^{-1}}$. На рис. 3.33 показал ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{kv}$ = **133** $\boldsymbol{s^{-1}}$.

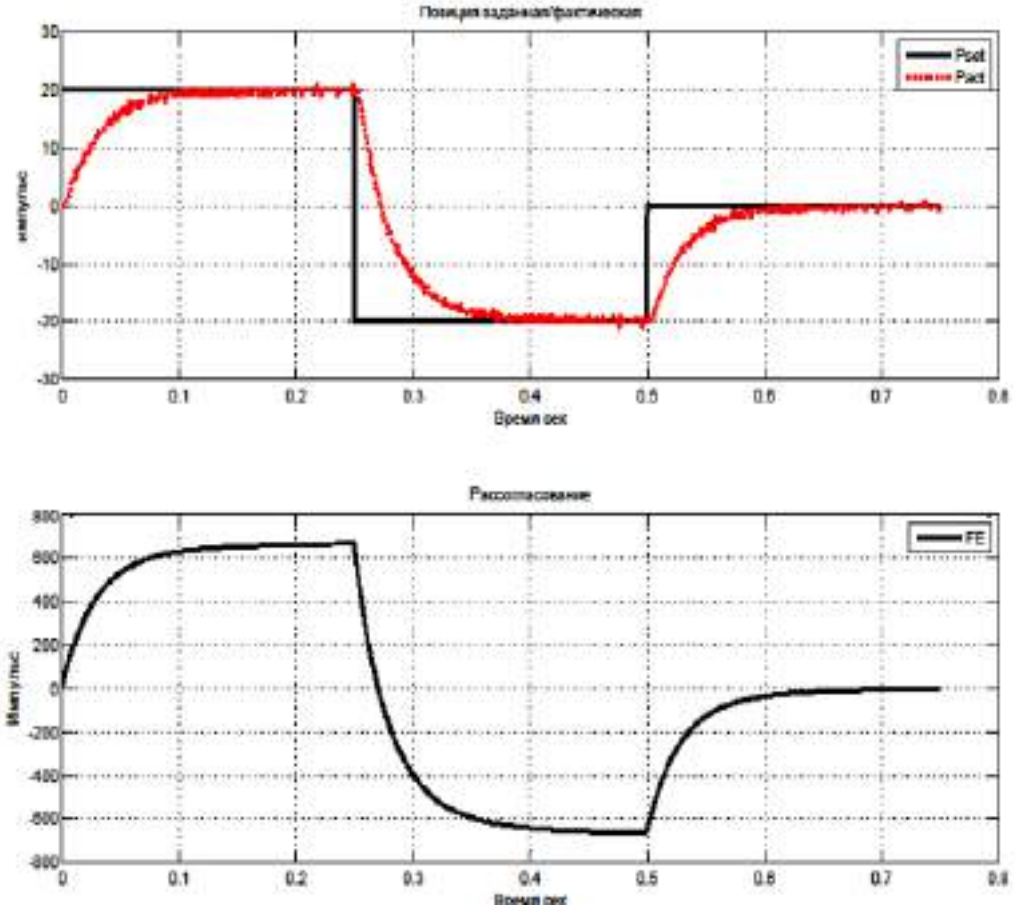


Рис. 3.31. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v}$ = **34** $\boldsymbol{s^{-1}}$

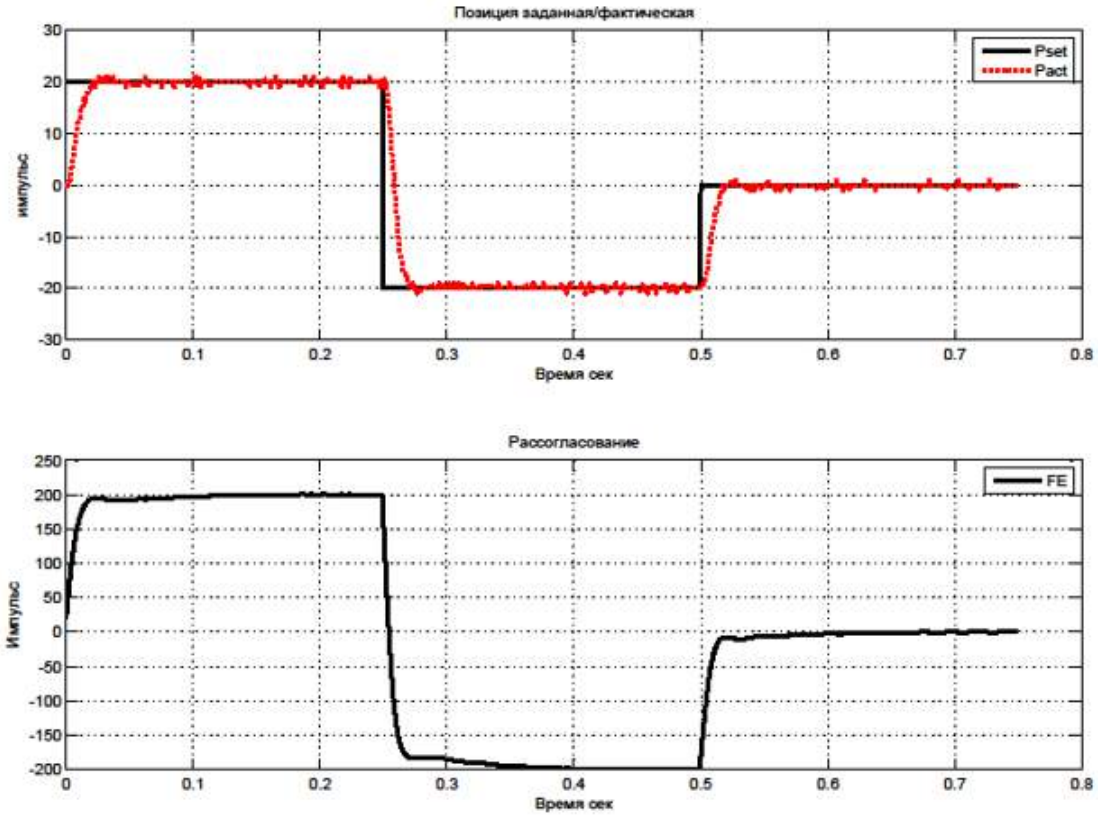


Рис. 3.32. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v}$ = $\mathbf{144\ s^{-1}}$

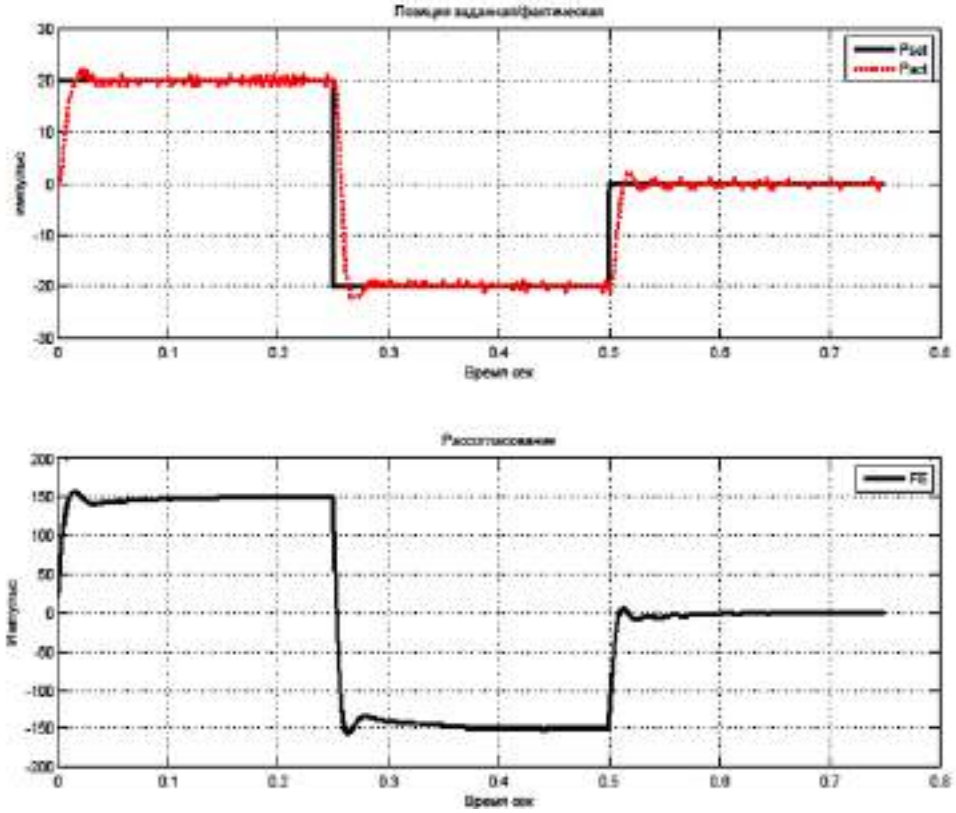


Рис. 3.33. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v}$ = $\mathbf{133\ s^{-1}}$

Установить Kv-фактор=0.

Контролируемые данные:

• заданное значение на регуляторе положения (CNTSsetPI), cnts/ms;

• актуальное значение положения (CNTSact), cnts/ms;

• рассогласование по положению (FE), cnts;

• актуальное значение тока Iqact, A.

Заданное воздействие:

• ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset).

cnts/ms:

• амплитуда – 5% от номинального значения скорости ЭД;

• период наброса заданного значения – 500 мсек;

• длительность заданного значения – 250 мсек;

• количество повторений – 1.

Время измерения:

• период съема данных 1 ms.

Результат настройки:

• увеличивая Kffw, добиться отсутствия перерегулирования при выходе в заданную позицию.

Ниже приведены графики при k_{fn} = 100 %, k_{fn} = 60 %.

Выбираем k_{fn} = 60 %.

На рис. 3.34 представлен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{kfF}$ = **14** %. На рис.3.35. изображен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{kfF}$ = **64** %.

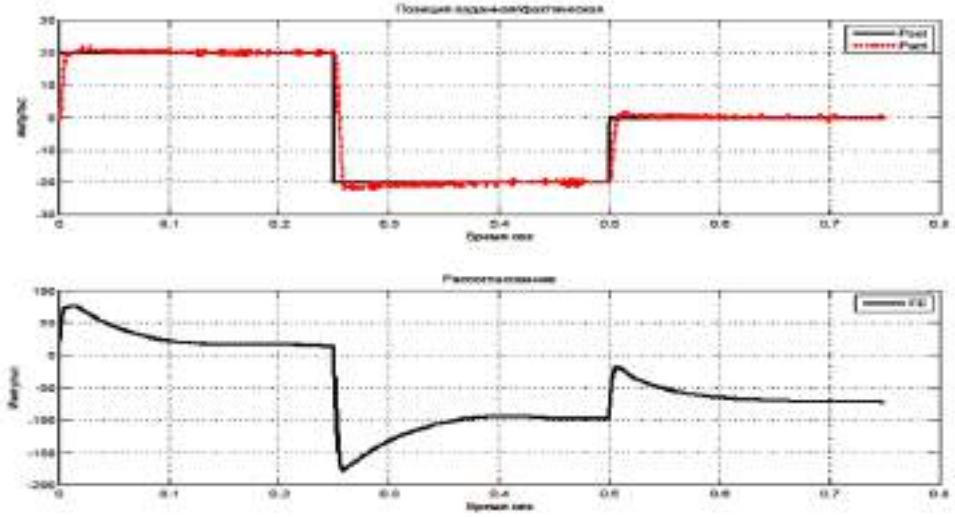


Рис. 3.34. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_{fF}}$ = **14** %

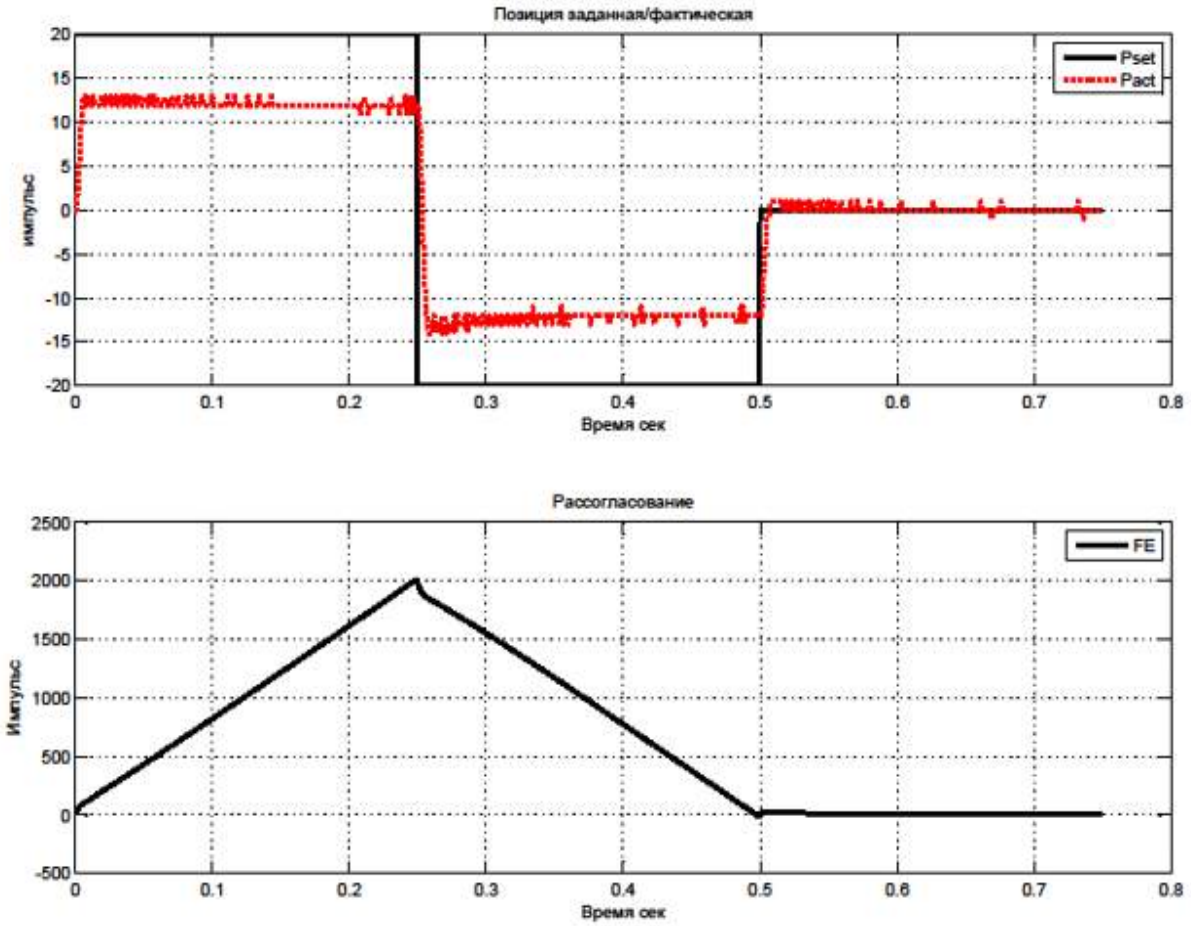


Рис. 3.35. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_{fF}}$ = **64** %

Настройка Kv-фактора с предуправлением

Установить Kv-фактор, определённый в п.2.4.2. и Kffw в п.2.4.3:

k_v = 100 s^{-1} k_{fn} = 60%

Контролируемые данные:

- заданное значение на регуляторе положения (CNTSsetPI), cnts/ms
- актуальное значение положения (CNTSact), cnts/ms
- Рассогласование по положению (FE), cnts
- актуальное значение тока Iqact, A

Заданное воздействие:

- ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset), cnts/ms

- амплитуда – 5% от номинального значения скорости ЭД
- период наброса заданного значения – 500 мсек
- длительность заданного значения – 250 мсек
- количество повторений - 1

Время измерения:

- период съема данных 1 ms

Результат настройки:

- изменяя Kfw, добиться отсутствия перерегулирования при выходе в заданную позицию.

Ниже приведены графики при:

k_v = 100 s^{-1} k_{fn} = 60% и k_v = 100 s^{-1} k_{fn} = 40%

Выбираем

k_v = 100 s^{-1} k_{fn} = 40%

На рис.3.36 изображен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v = 144\ s^{-1}}$ $\boldsymbol{k_F = 64}$%. На рис. 3.37 представлен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v = 144\ s^{-1}}$ $\boldsymbol{k_{fF} = 44}$%.

Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ.

После изменения параметров по умолчанию необходимо ещё раз снять ЛАЧХ и ЛФЧХ.

Ниже приведены графики при параметрах регулятора положения:

k_v = 100 s^{-1} k_{fn} = 40%

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ F= 60 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-110˚=70˚.

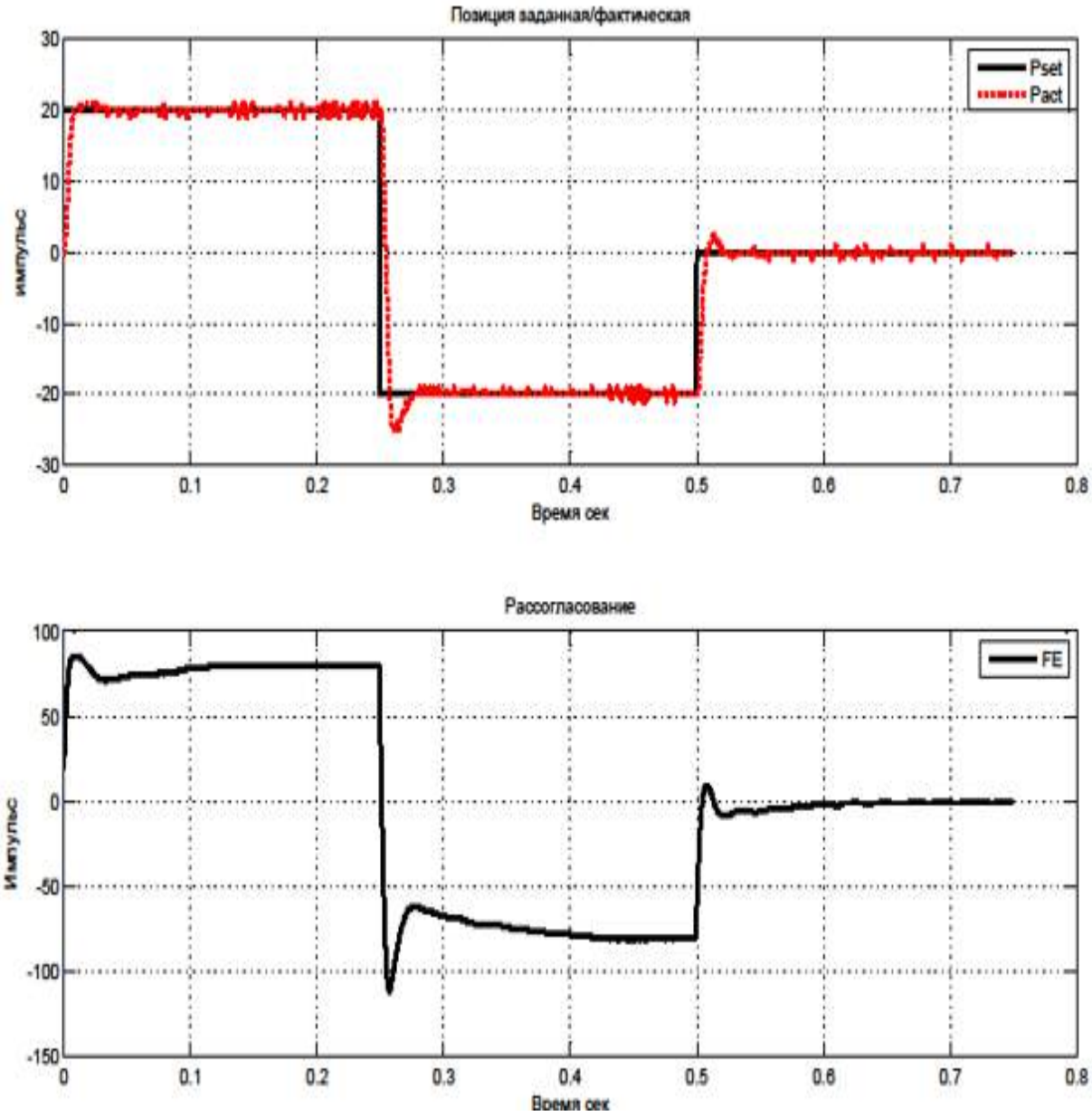


Рис. 3.36. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v} = \mathbf{144}\ \boldsymbol{s^{-1}}$ $\boldsymbol{k_F} = \mathbf{64}\%$

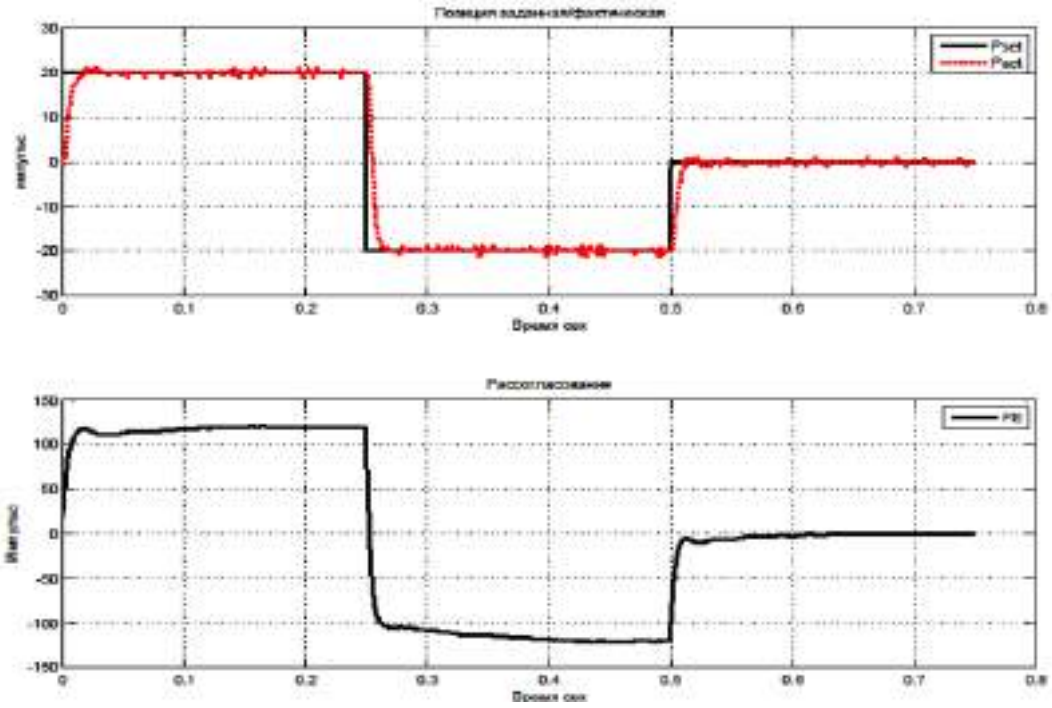


Рис. 3.37. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения (CNTSset) при $\boldsymbol{k_v}$ = $\mathbf{144}$ $\boldsymbol{s^{-1}}$ $\boldsymbol{k_{fF}}$ = $\mathbf{44}$%

На рис.3.38 представлена окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЭП.

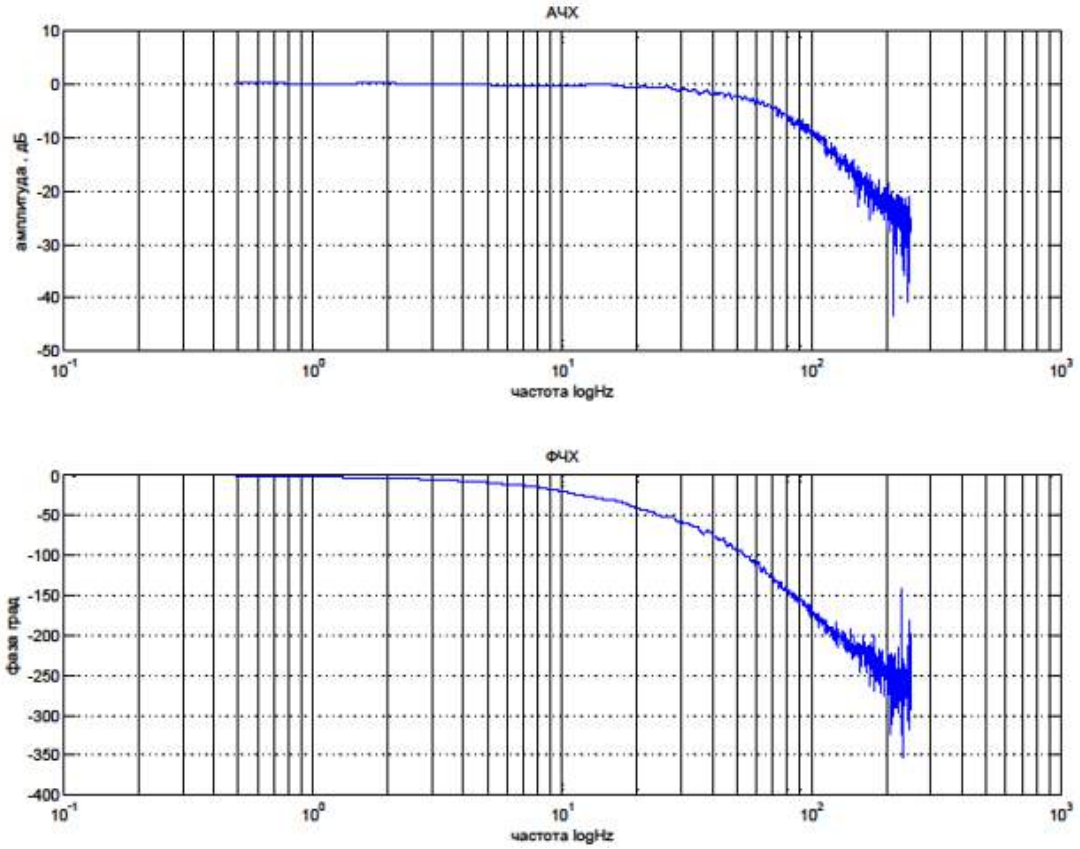


Рис. 3.38. Окончательная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЭП

3.4.3. Настройка регулятора положения при работе от ЧПУ

Предполагается, что в качестве ЧПУ используется NC-XXX ф. Балт-Систем и аналоговым заданием на ЭП. Таким образом, в самом начале необходимо произвести балансировку ЭП и ЧПУ (устранить рассогласование в следящем режиме ЭП при отсутствии задания на движение – параметр ЭП "p58 Смещение аналогового задания").

Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ

Установить параметры регулятора положения по умолчанию:

- K_v – пропорциональный коэффициент (3-й параметр в инструкции GM0 = xx);
- K_i – интегральный коэффициент (8-й параметр в инструкции FRC= xx);
- K_{fw} - Коэффициент предуправления (7-й параметр в инструкции FRC=xx).

k_v = 16.667 s^{-1} k_i = 0ms k_{fn} = 0

Контролируемые данные:

- заданное значение входе регулятора положения, имп;
- актуальное значение положения, имп;
- актуальное значение тока Iqact, А.

Заданное воздействие:

- заданное значение на регуляторе положения в виде Чирп-сигнала, имп;
- частота 0-100 Гц;
- амплитуда – 2,5% от максимального значения рассогласования.

Время измерения:

- зависит от длины Чирп-сигнала (при длине 2048 точки получаем 4096 мсек);
- период съема данных 2 ms (1 tick).

Результат настройки:

- контролировать актуальное значение тока Iqact, чтобы он не превышал максимального значения тока ЭД;
- после преобразования Фурье контролируемых данных получаем ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определяем полосу пропускания регулятора по уровню -3дБ и запас по фазе на этой частоте.

Получаем: полоса пропускания регулятора по уровню -3дБ F = 2,7 Гц и запас по фазе на этой частоте равен 180˚-56˚=124˚.

Частота, на которой фаза равна -180˚, равна 25 Гц и запас по амплитуде на этой частоте 18 дБ.

На рис 3.39 изображена предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЧПУ.

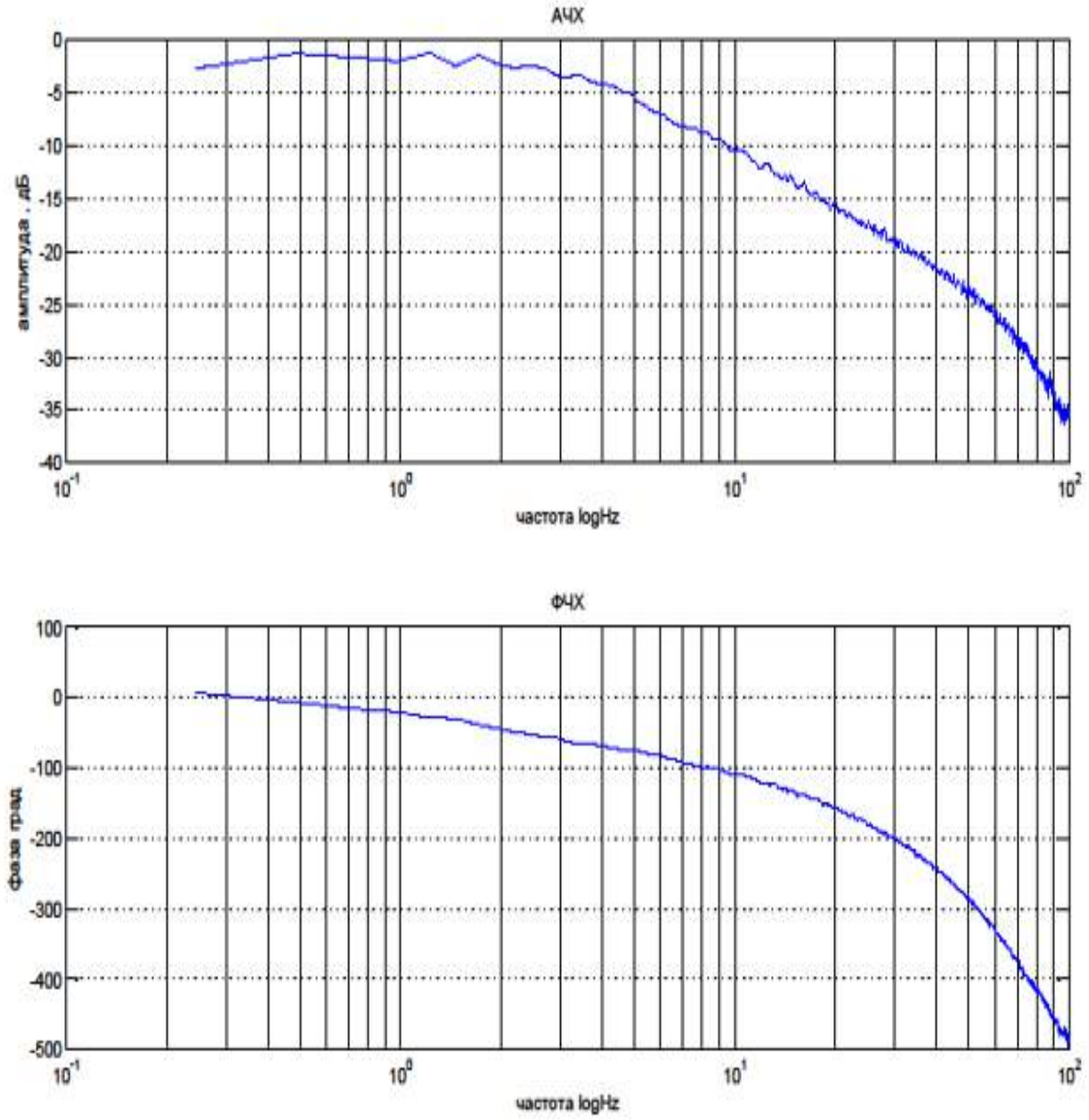


Рис. 3.39. Предварительная ЛАЧХ и ЛФЧХ регулятора положения ЧПУ

Предварительная настройка Kv-фактора без предупреждения

Установить параметры регулятора положения по умолчанию:

- K_v – пропорциональный коэффициент (3-й параметр в инструкции GM0 = xx);
- K_i – интегральный коэффициент (8-й параметр в инструкции FRC = xx);
- Kffw - Коэффициент предупреждения (7-й параметр в инструкции FRC = xx).

k_v = 16.667 s^{-1} $k_i = 0ms$ k_{fn} = 0 (UEP = 1)

Контролируемые данные:

- заданное значение входе регулятора положения, имп;
- актуальное значение положения, имп;
- рассогласование, имп.

Заданное воздействие:

- ступенчатый наброс заданного положения, имп;
- амплитуда заданного положения 2,5% от максимального значения рассогласования;
- длительность заданного положения 250 мсек.

Время измерения:

- 500 мсек

Результат настройки:

- увеличивая Kv-фактор, добиться минимального времени переходного процесса без колебаний.

Ниже приведены графики при:

k_v = 16.667 s^{-1} $k_v = 50s^{-1}$ $k_v = 66.667s^{-1}$

Выбираем $k_v = 50s^{-1}$

На рис. 3.40. изображен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 16.66\ s^{-1}}$.

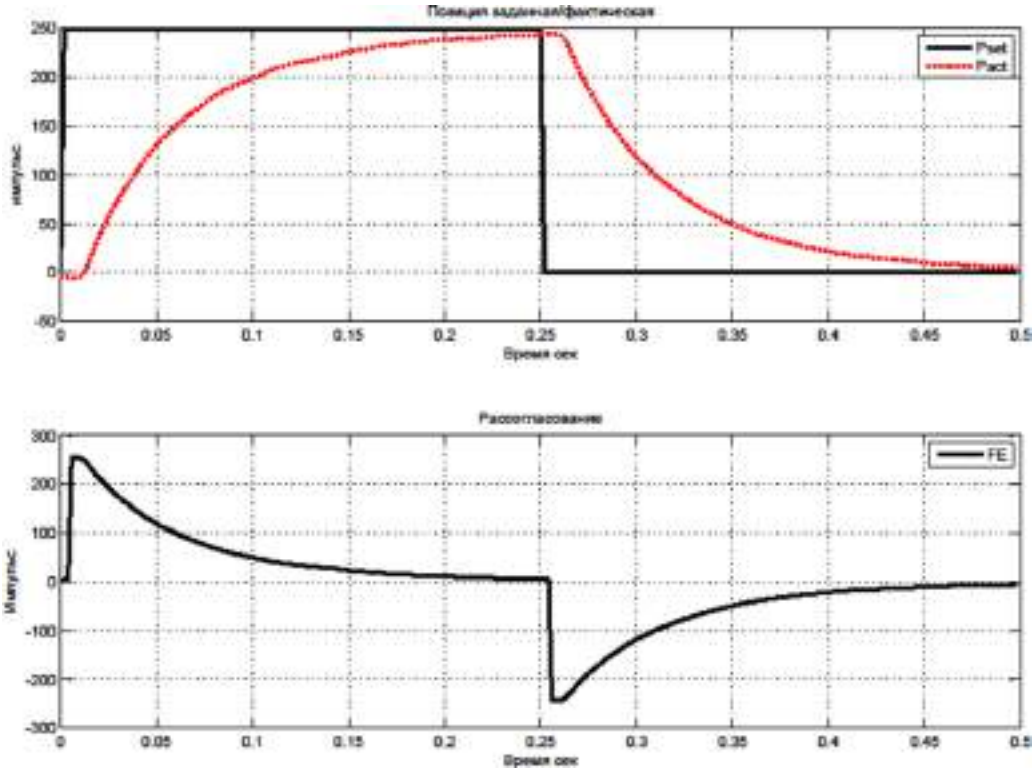


Рис. 3.40. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v}$ = **16.66**6 $\boldsymbol{s^{-1}}$

На рис. 3.41 представлен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 16.666\ s^{-1}}$.

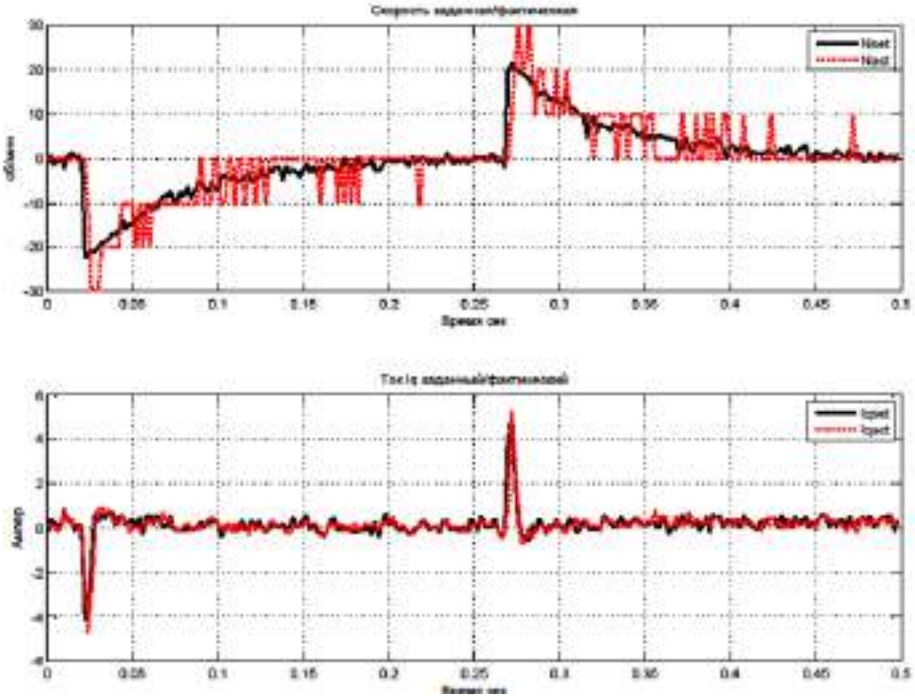


Рис. 3.41. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v}$ = **16.666** $\boldsymbol{s^{-1}}$

На рис. 3.42 показан ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v} = \mathbf{54.44}\ \boldsymbol{s^{-1}}$.

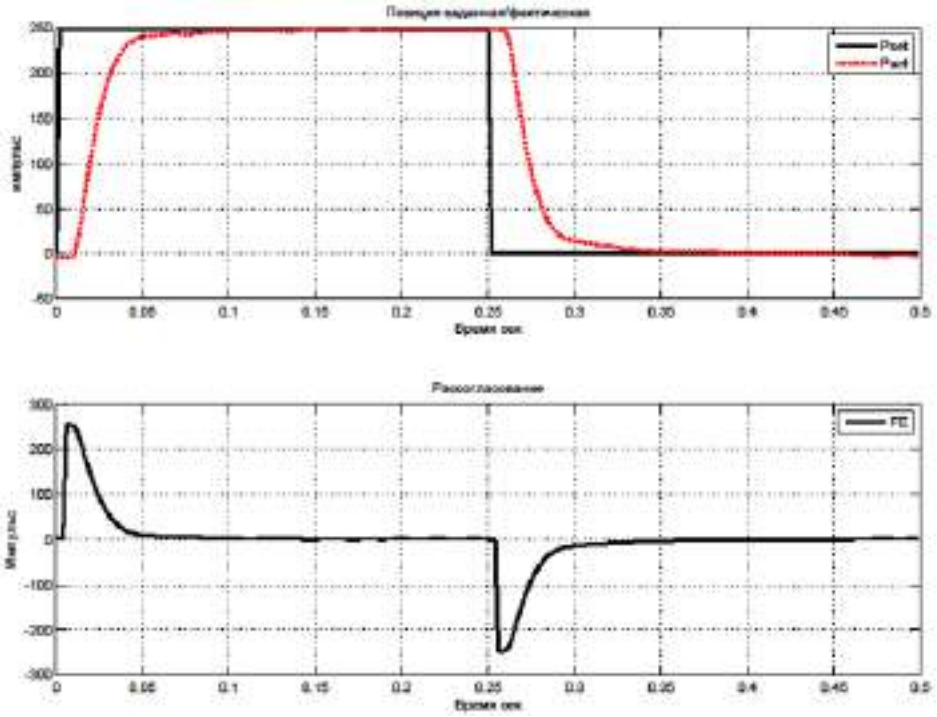


Рис. 3.42. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v} = \mathbf{54.44}\ \boldsymbol{s^{-1}}$

На рис. 3.43 изображен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v} = \mathbf{54}.44\ \boldsymbol{s^{-1}}$.

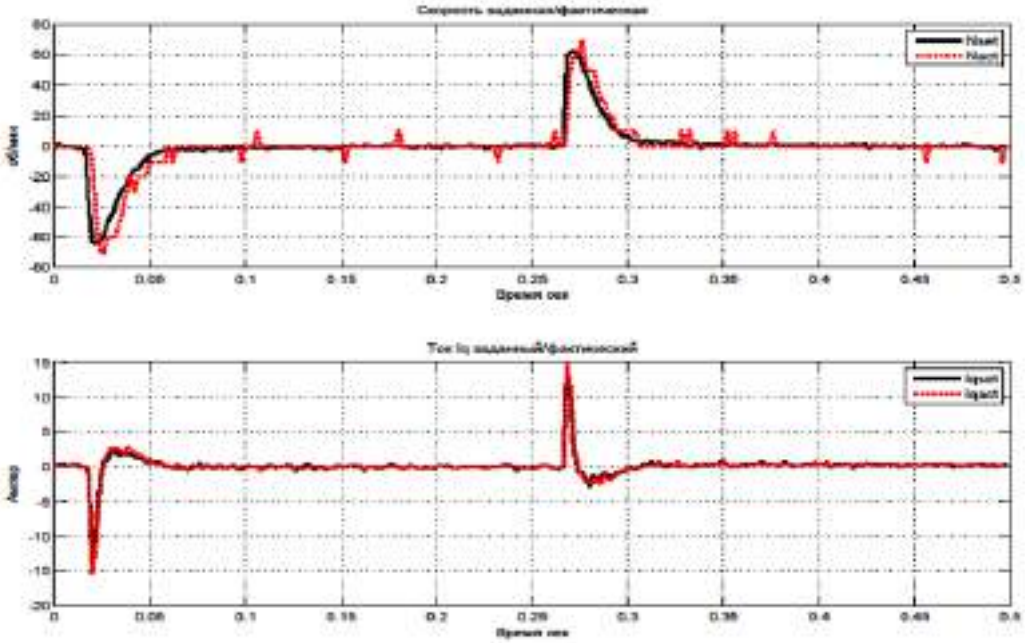


Рис. 3.43. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v} = \mathbf{54.44}\ \boldsymbol{s^{-1}}$

На рис. 3.44 представлен ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 66.66\ s^{-1}}$.

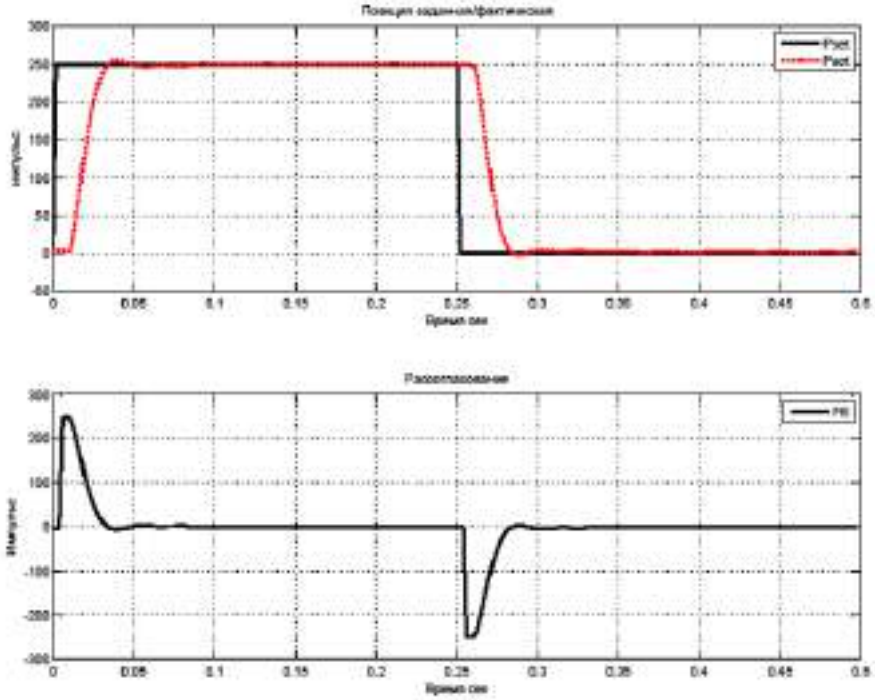


Рис. 3.44. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 66.66\ s^{-}}$

На рис. 3.45. показан ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 66.666\ s^{-1}}$.

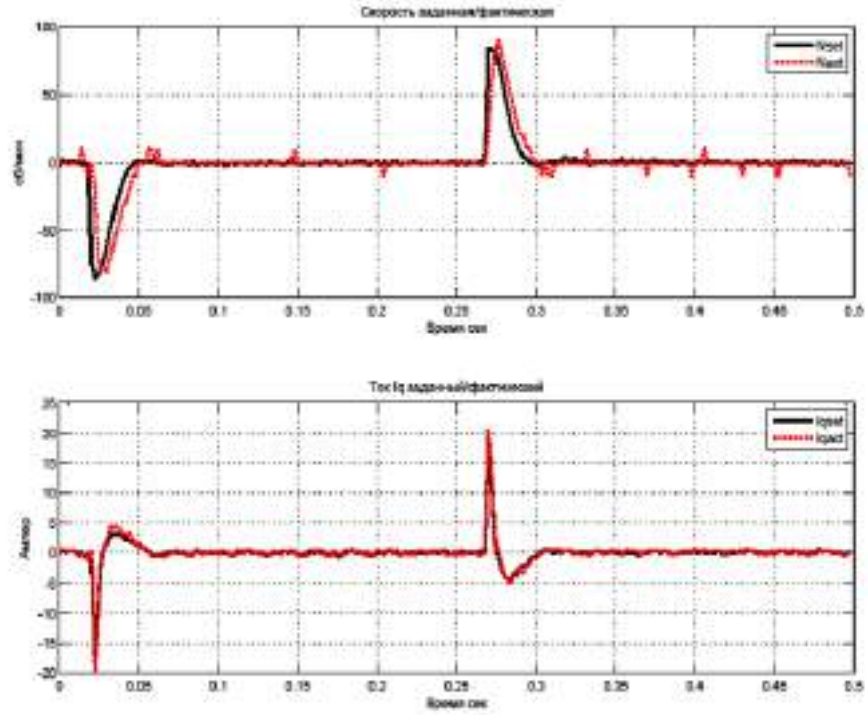


Рис. 3.45. Ступенчатый наброс заданного положения на входе регулятора положения при $\boldsymbol{k_v = 66.666\ s^{-1}}$

Определение максимального ускорения при настройке S-образной характеристики

Активизируем инструкцию ACC=1,05 в секции 1 файла AXCFIL. Устанавливаем параметры:

- Kv – Kv – фактор;
- K_{fw} - коэффициент предуправления;
- A – ускорение на рабочей подаче (по умолчанию).

k_v = 50.0 s^{-1} k_{fn} = 1 A = 1000 $mm * s^{-2}$

Контролируемые данные:

- заданное значение входе регулятора положения, имп;
- актуальное значение положения, имп;
- рассогласование, имп;
- актуальное значение тока Iqact, A.

Заданное воздействие:

- наброс заданного положения по S-образной характеристике, имп;
- величина заданного положения – достаточная для достижения заданной скорости;
- заданная скорость – максимальная скорость подачи (может быть меньше скорости ускоренного хода).

Время измерения:

- 1-3 сек

Результат настройки:

- увеличивая ускорение, добиться достижения актуального значения тока Iqact максимального значения (ограничения), равного полученному в шаге 4 п.2.3.2 (Iq_lim_cont).

Ниже приведены графики при: A = 1000 $mm * s{-}2$ A = 4400 $mm * s{-}2$. Таким образом, максимальное ускорение равно A = 4400 $mm * s{-}2$

На рис.3.46. представлен наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 144\ 11 * s^{-2}}$.

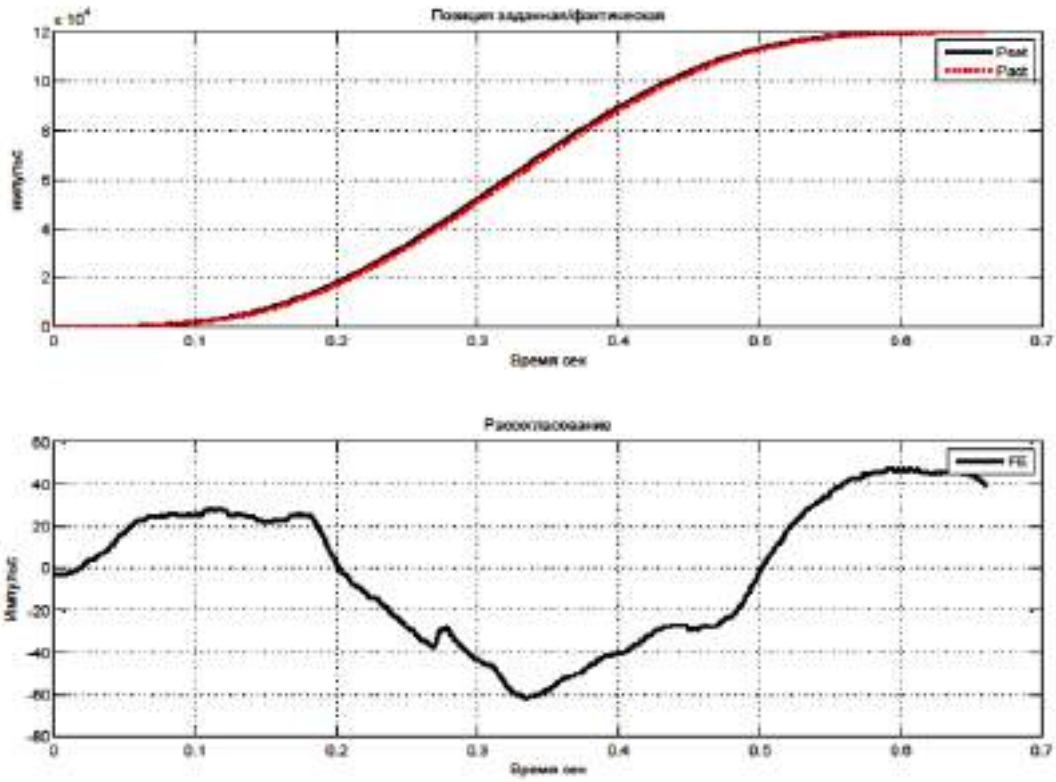


Рис. 3.46. Наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 144\ 11 * s^{-2}}$

На рис. 3.47. изображен наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 444\ 11 * s^{-2}}$.

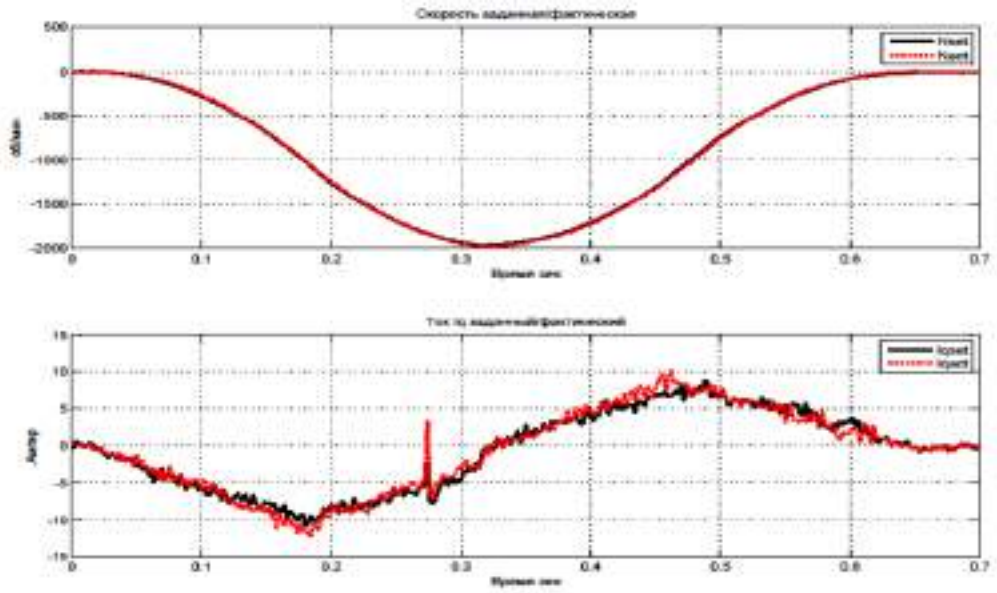


Рис. 3.47. Наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 444\ 11 * s^{-2}}$

На рис.3.48. показан наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 444\ 11 * s^{-2}}$.

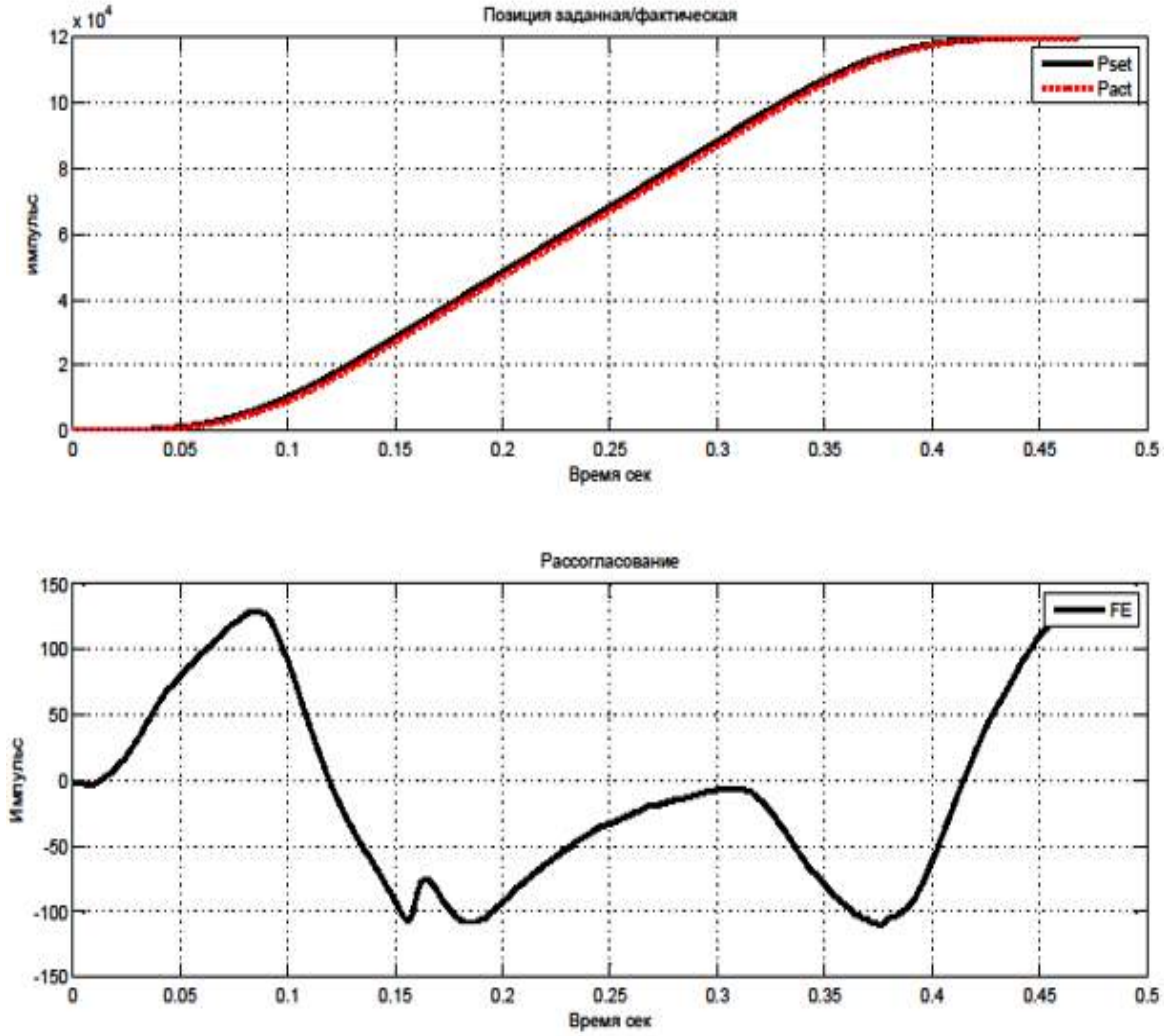


Рис. 3.48. Наброс заданного положения по S-образной характеристике при $\boldsymbol{A = 444\ 11 * s^{-2}}$

3.5. Наладка мехатронной системы металлорежущих станков

Наладка современных металлорежущих станков с ЧПУ как мехатронной системы является одним из ответственных этапов их эксплуатации. Правильная наладка способствует повышению производительности труда, качества продукции и сохранению долговечности оборудования. Наладка станка с ЧПУ включает в себя подготовку режущего инструмента и технологической оснастки, размещение рабочих органов станка в исходном положении, пробную обработки первой

детали, внесение корректив в положение инструмента и режим обработки, исправление погрешностей и недочетов в управляющей программе. Важным этапом наладки является базирование и закрепление заготовок. При определении схемы базирования крайне важно знать конструктивные особенности налаживаемого оборудования в частности элементов, обеспечивающих базирование приспособления или заготовки. Для токарных станков с ЧПУ выбор схемы базирования сводится к выбору используемого приспособления для закрепления заготовок (различные зажимные патроны), а также к выбору наладочных элементов выбранного приспособления (к примеру, обычные или сырые кулачки). Важно заметить, что для станков сверлильно-фрезерно-расточной группы возможны различные схемы базирования:

- непосредственно на столе станка с ЧПУ;
- в приспособлении, которое установлено на столе станка;
- в приспособлении, установленном на координатной плите;
- непосредственно на координатной плите.

Непосредственно на столе станка устанавливают заготовку, имеющую большие размеры, хорошую опорную поверхность и удобные поверхности для закрепления. Вместе с тем, объём выпуска должен быть сравнительно небольшим, а трудоемкость обработки сравнительно высокой (к примеру, обработка малых партий корпусных деталей на фрезерных и многоцелевых станках при высокой концентрации операций). При этом процент времени, затрачиваемого на установку будет незначительным. В случае если деталь имеет небольшие размеры, отсутствуют удобные поверхности для закрепления, повышается объём выпуска, сокращается концентрация операций и как следствие возникает крайне важность сокращения времени на переустановку заготовок, то целесообразно применять приспособления. При этом приспособление должна быть установлено на столе станка или на координатной плите. Координатная плита позволяет повысить точность установки приспособления и его быстросменность. Существует несколько вариантов расположения приспособлений на станках с ЧПУ.

- Приспособление может занять единственно возможное положение. В этом случае не требуется его выверять. Пример – крепление токарного патрона к шпинделю станка, установка вращающегося центра в пиноль задней бабки.

- Произвольное расположение приспособления вдоль осей координат, допускаемое управляющей программой. Характерно для фрезерных, сверлильных и расточных станков в том случае если обработка ведется с одной стороны. Приспособление должно бать выверено в угловом направлении относительно линейных координат.

- Приспособление должно занять относительно рабочих органов единственно допустимое управляющей программой положение. Примером является наладка станка на обработку детали с нескольких сторон при повороте стола станка. Приспособление должно быть выверено в угловом направлении относительно линейных координат, а также в линейном направлении по отношению к оси поворота.

Для правильной установки приспособления имеют соответствующие базовые элемента (шпонки, пальцы), которые соответствуют базовым элементом стола станка (пазы, центральное отверстие). Совмещая указанные базовые элементы добиваются правильного размещения приспособления в координатах станка. В случае если такие элементы отсутствуют или требуется более точная установка приспособления применяют мерные оправки. При этом мерная оправка закрепляется в шпинделе станка, перемещая стол в нужном направлении добиваются касания оправки базовых элементов приспособления, в случае если это крайне важно используют набор мерных плиток. Важно заметить, что для совмещения оси шпинделя и центра детали применяют оптический или индикаторный центроискатели.

Наладка режущего инструмента на размер

В современном производстве возможно определение положения вершины резца при помощи специальных приборов. Такие приборы имеют подставку, имитирующую присоединительные поверхности станка, подвижную каретку, измерительное устройство (микроскоп, проектор, индикатор). Установив режущий инструмента на подставке, при помощи каретки перемещают его до нужного положения, отслеживая все перемещения на измерительном устройстве. Полученную информацию заносят в автоматическом или ручном режиме в УЧПУ станка. Такие устройства позволяют, кроме того, проверить правильность и точность исполнения режущей части. Сегодня существуют системы, позволяющие автоматически распознавать инструмент. Для этого используются модульные инструментальные блоки, которые

оснащают носителем информации виде электронного чипа. В память инструмента заносят код инструмента, а также различную технологическую информацию, кроме того такой чип может использоваться для записи статистической информации и ходе технологического процесса, что обеспечивает обратную связь между технологической службой и непосредственным исполнением техпроцесса. Система имеет специальные устройства, позволяющие считать эту информацию, предать ее в ЭВМ склада, УЧПУ, технологам. Современные устройства ЧПУ позволяют автоматически осуществлять ''привязку'' инструмента к координатной системе станка. Для этого система должна иметь специальный цикл, а также устройство, позволяющее отследить местоположение режущей кромки инструмента. Оператору достаточно установить инструмент и задать соответствующую команду с пульта оператора. В случае отсутствия указанных систем ''привязка'' инструмента осуществляется оператором методом пробных проточек. Для этого оператору крайне важно в ручном режиме осуществить проточку заготовки на небольшую длину, отвести инструмент, от заготовки не перемещая его по фиксируемой координате. Произвести замер, включить режим привязки инструмента, записать измеренную информацию в УЧПУ. Такую процедуру крайне важно провести по всем координатам.

Режимы работы станков с ЧПУ. Станки с ЧПУ могут работать в нескольких режимах: автоматический, полуавтоматический, ручной ввод, ручной, режим привязки инструмента. В автоматическом режиме осуществляется отработка управляющей программы безостановочно до одной из вспомогательных команд. В полуавтоматическом режиме осуществляется покадровая отработка управляющей программы. После чего выполнение программы приостанавливается до нажатия клавиши ''Пуск''. В режиме ручного ввода оператор имеет возможность откорректировать управляющую программу или создать новую, а также ввести константы (параметры) станка. В ручном режиме оператор имеет возможность перемещать рабочее органы, задавать технологические команды (пуск-останов шпинделя, включение охлаждения, смена инструмента, установка рабочее подачи), выполнять простейшие переходы (проточить диаметр, подрезать торец). В режиме привязки инструмента вводится информация о фактическом положении

режущего инструмента в системе координат станка, а также вводится коррекция на износ инструмента.

Органы управления. Для работы оператора в ручном режиме предусмотрены следующие органы управления: кнопки включения и отключения шпинделя, зажима-отжима инструмента и шпинделя, смены инструмента¸ клавиши или манипулятор типа джойстик управления перемещениями рабочих органов вдоль координатных осей на рабочей подаче или ускоренном ходу, штурвал для дискретных перемещений рабочих органов, кнопка возврата рабочих органов в ’’Нуль’’ станка. Почти на всех станках с ЧПУ имеются корректоры рабочей подачи, а на станках с регулируемым приводом и частоты вращения шпинделя в пределах от 0-120%.

Органы сигнализации. Органы сигнализации можно разделить на три группы: оперативные сигнальные группы, оперативные сигнальные лампы, диагностические сигнальные лампы, устройство цифровой индикации.

Оперативные лампы сигнализируют о готовности к выполнению цикла соответствующими агрегатами: включение станка в сеть, включение выбранного режима и др. В качестве диагностических лам, т.е. свидетельствующих о неисправности или некорректной работе обычно используются те же. Современные УЧПУ немыслимы без дисплея, на который выводится полная информация о местоположении рабочих органов, и протекании технологического процесса. Также на экран монитора может выводится управляющая программа.

Управление точностью. Одним из непременных условий, обеспечивающих получение требуемой точности детали при обработке на станках, работающих в автоматическом цикле, является соответствие фактических размеров, размерам, заданным в управляющей программе. Выполнение этого условия зависит от сохранения положения режущих кромок инструмента и баз станка относительно начала отсчета. Для этого крайне важно компенсировать погрешности статической наладки, развивающиеся в результате изнашивания режущего инструмента и температурных деформаций системы СПИД, а также в результате замены инструмента. Для решения этой задачи используются автоматические системы, обеспечивающие коррекцию точности статической наладки в сходном положении. Коррекция точности статической наладки в исходном положении необходима при переналадке

станка непосредственно перед обработкой первой детали очередной партии. Именно на этом этапе погрешность составляет наибольшее значение. Автоматическую коррекцию наладки можно выполнять также непосредственно в процессе обработки партии деталей, после одного или нескольких циклов обработки. Такая коррекция позволяет уменьшить влияние систематически действующих факторов. Современные станки с ЧПУ имеют специальную систему управления точностью.

Рассмотрим систему автоматической коррекции для токарного станка с ЧПУ. Это устройство фиксирует отклонения вершины режущей кромки инструмента вследствие изнашивания, температурных деформаций или замены пластины. Отклонение положения вершины резца измеряется в двух перпендикулярных направлениях, соответствующих образованию линейных и радиальных размеров детали. Процесс измерения осуществляется по определенной программе системы ЧПУ. По команде системы ЧПУ револьверная головка выводится в определенное положение, при котором резец устанавливается в измерительной позиции. Далее происходит установочное перемещение револьверной головки до касания режущей кромкой измерительного наконечника датчика. Далее револьверная головка возвращается, в измерительную позицию, после чего установочное перемещение осуществляется для другой координаты. На основании результатов измерения производится автоматическая коррекция в блоке ЧПУ, позволяющая компенсировать изменение положения режущей кромки инструмента. Такую коррекцию целесообразно производить непосредственно перед чистовым проходом. Проверка и оценка новой управляющей программы. Весьма ответственным этапом работы является отладка новой УП. Этот этап наладки осуществляет чаще всего наладчик или наладчик совместно с технологом программистом. В ходе отладки УП проверяют ее оптимальность по параметрам производительности, качества обработки, отсутствия вибраций, стойкости инструмента, приемлемого схода стружки. По результатам обработки пробной детали УП редактируют. Наиболее высокий результат редактирования УП должна быть достигнут только с использованием теоретических знаний в области металлообработки, а также творческого подхода.

Работа наладчика станка начинается чаще всего с устранения ошибок, не позволяющих начать процесс обработки. Такие ошибке бывают сведены к минимуму при применении современных способов составления УП, который состоит в использовании средств автоматизированного проектирования CAD и CAM. Чаще всего встречаются следующие ошибки первоначальной редакции:

- нуль программы выбран за пределами рабочей зоны;
- использованы технологические команды невыполняемые станком;
- инструменты при холостых перемещениях и сменах задевают за элементы станка, крепежную оснастку или обрабатываемую деталь.

Наибольшего внимания требует проверка вероятности наличия в программе третьего вида ошибок, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации, поломке дорогостоящего инструмента. Новую программу целесообразно отрабатывать в полуавтоматическом режиме, проверяя каждый кадр программ перед его отработкой. Ситуация, связанная с нежелательными столкновениями инструмента с элементами станка могут возникнуть также при неправильном вводе информации о коррекции инструмента. По этой причине при пробной отработке УП следует также перед началом работы нового инструмента проверять правильность его ’’привязки’’. При первой отработке УП целесообразно снижать скорость перемещения рабочих органов, пользуясь регулятором подачи. При незапланированном контакте инструмента с заготовкой или другими элементами крайне важно остановить подачу при помощи соответствующего переключателя. При встрече препятствия инструментами во время его смены следует воспользоваться кнопкой аварийного отключения. В целях экономии материала, в случае больших деталей, отработку УП осуществляют с использованием более дешевого и легкообрабатываемого материала.

Для оценки оптимальности УП руководствуются принципами построения технологических процессов на станках с ЧПУ. Основная характерная черта – интеграция обработки, т.е. последовательное выполнение большого числа переходов, выполняемых различными инструментами. При этом характерен последовательный переход от черновой обработке к чистовой. Следующий этап проверки оптимальности УП – оценка правильного выбора режимов резания. При черновой обработке крайне важно достичь максимальной производительности, при этом

критерием выбора режима резания является экономическая стойкость инструмента. При чистовой обработке определяющую роль играют требования точности и шероховатости обработанной поверхности.

В процессе отладки программы крайне важно проверить соответствие заложенных режимов резания возможностям инструмента и станка, надежности закрепления заготовки. Особое внимание следует уделить возникновению вибраций, т.к. вибрации способствуют разрушению инструмента и повышенному износу узлов станка. Погасить вибрацию можно путем изменения скорости резания, подачи или глубины резания. Наиболее часто вибрации возникают при срезании тонких стружек, в связи с этим самый простой прием гашения вибрации – увеличение подачи на оборот. Возникновению вибраций способствует также очень острая кромка, при ее затуплении вибрации могут прекратится самопроизвольно. Надежно гасит вибрации фаска на режущей кромке, притупляющая лезвие инструмента. Фаску выполняют на передней поверхности режущей части инструмента под углом -15 º. Фаску можно выполнить при помощи алмазного бруска не снимая инструмент со станка.

При токарной обработке и сверлении существенным показателем правильно выбранных режимов резания является характер схода стружки. Сливная стружка представляет угрозу для инструмента т.к. не удаляется самостоятельно из зоны резания. Наилучшей по всем показателям является дробленая стружка. Решить проблему дробления стружки можно тремя способами:

- изменением движения рабочих органов;
- приданием передней поверхности инструмента соответствующей формы;
- режимами резания.

Изменение движения рабочих органов приводит к усложнению УП, а также к увеличению времени обработки. Наиболее перспективным является применение специальной заточки инструмента или применение инструмента с СМП с заложенными функциями стружкодробления. Также дробления стружки можно достичь увеличивая подачу и (или) снижая скорость резания. В ряде случаев, к примеру, при программировании сложного контура детали целесообразно выполнить прорисовку движения режущего инструмента при помощи программных средств.

При наладке станка с ЧПУ выбирают материал для пробной обработки и определяют режимы резания в следующей последовательности:

1. Устанавливают глубину резания (t) с учётом припуска и точности обработки.

2. Выбирают режущий инструмент, устанавливают его тип, размер, материал и геометрию заточки в зависимости от:

· вида обрабатываемых поверхностей;

· характера обработки;

· материала режущей части инструмента.

3. Выбирают рекомендуемую подачу (по справочнику) с учётом метода обработки, глубины резания, мощности станка, материала заготовки и режущей части инструмента, прочности инструмента, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности. Рекомендуемую подачу необходимо уточнить по паспорту станка.

4. Выбирают период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики заготовки и условий работы.

5. Рассчитывают по формулам скорость резания, как функциональную зависимость от ряда факторов:

$$V = F (C_v, T, t, S, D, B, Z, K_v), \quad (3.3)$$

где C_v – коэффициент на скорость резания, учитывающий материал заготовки и режущей части инструмента; T – период стойкости инструмента, t – глубина резания; S – подача; D – диаметр инструмента; B – ширина фрезерования; Z – число зубьев фрезы; K_v – поправочный коэффициент на скорость.

При другом методе скорость резания выбирают по таблицам:

6. Определяют частоту вращения либо заготовки, либо инструмента и сравнивают с имеющейся на станке:

$$n = 1000V/\pi d. \quad (3.4)$$

3. Определив расчётную частоту вращения, принимают действительную частоту вращения по паспорту станка, ближайшее к расчётному:

$$n_{ст} \approx n. \quad (3.5)$$

4. Рассчитывают фактическую скорость резания, соответствующую частоте вращения шпинделя станка:

$$V_ф = \pi\ d\ n_{ст}/1000. \quad (3.6)$$

5. Определяют составляющие силы резания, как функциональную зависимость от ряда факторов:

$$P_{zyx} = F(C_p, t, S, V, K_p). \quad (3.7)$$

6. Определяют крутящий момент, как функциональную зависимость от ряда факторов:

$$M_{кр} = F(C_м, t, S, V, K_м). \quad (3.8)$$

7. Определяют мощность процесса резания (в киловаттах):

$$N = P_z \cdot V/1020 \cdot 60. \quad (3.9)$$

8. Сравнивают рассчитанную мощность процесса резания с мощностью станка. Если мощность станка меньше (недостаточна), то либо изменяют режимы резания, либо выбирают станок большей мощности.

3.6. Наладка мехатронной системы лазерного технологического комплекса

Особенности наладки лазерного технологического комплекса рассмотрим на примере автоматизированного комплекса лазерного термоупрочнения ЛК-5В, вид которого представлен на рис.1.11, а технические характеристики на листе 23. Комплекс предназначен для локального лазерного упрочнения путем перемещения пятна лазерного излучения относительно обрабатываемой детали. Значительные величины перемещений лазерного пятна позволяют производить поверхностное упрочнение быстроизнашивающихся поверхностей крупногабаритных дорогостоящих деталей.

Рабочий стол комплекса грузоподъёмностью до 2000 кг обеспечивает свободную установку и базирование спутников-паллет, а комплект системы ЧПУ Sinumerik 840Di позволяет производить управление пятью осями на станке. Конструкция рабочего стола обеспечивает свободную установку и четкое базирование спутников-паллет, приспособлений и устройств с обрабатываемыми деталями, исключая случайное смещение деталей по координатам X, Y и Z и от горизонтального положения.

Конструкция крепления и юстировки зеркал (СТФИ) исключает возможность произвольной разъюстировки. Конструкция технологического поста, его систем, узлов и элементов обеспечивает эксплуатационную надежность с наработкой на отказ не менее 600 часов машинного времени.

Пульт управления технологическим постом является центральным пультом управления лазерным комплексом. САУ принимает и реагирует на следующие сигналы от системы управления лазером:

– числовое значение мощности излучения;

– числовое значение тока вкладки;

– превышение предельной температуры теплонагруженных узлов лазера (превышение – нет превышения).

– готовность лазера (готов – не готов);

– состояние холодильной машины (включена – не включена);

– состояние включенности накачки лазера (включен – выключен);

– аварийное состояние.

САУ обеспечивает вывод на внешний разъем следующих сигналов для СУ лазером:

– требуемое (задаваемое) числовое значение мощности;

– включение (отключение) излучения (накачки) лазера и автоматический переход в рабочий режим с малой выходной мощностью;

– переключение режима установленной мощности и минимальной мощности;

– включение (отключение) холодильной машины.

Работа устройства может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Ручной режим предполагает управление системой транспортировки и фокусировки излучения (СТФИ) во всех плоскостях и управление устройствами манипулирования деталями (при необходимости), а также установку параметров лазера оператором непосредственно с пульта управления технологического поста.

Автоматический режим предполагает управление манипулятором луча (СТФИ) и устройствами манипулирования деталями (при необходимости), а также параметрами лазера программным путем.

Исходными данными для работы в автоматическом режиме являются заданная траектория обработки и параметры режима технологического процесса обработки (мощность, скорость обработки, точки включения и отключения излучения и т.д.)

Процесс обработки поверхности в автоматическом режиме (фактическая траектория движения пятна излучения) должен наглядно

отображаться на устройстве вывода информации (дисплее). Комплекс выполнен на современной элементной базе, что позволяет достичь высокой точности, высоких динамических показателей, и обеспечивает надежность и долговечность работы. Скорости быстрых перемещений 30 м/мин и ускорения 5 м/с^2 обеспечивают обработку с минимальным машинно-вспомогательным временем.

Сложность процесса лазерной термообработки и его недостаточная изученность в настоящее время не позволяют создать достаточно точные математические модели технологического процесса, которые учитывали бы все многообразие условий обработки. Поэтому при выборе режимов обработки очень часто руководствуются либо экспериментальными данными, либо используют приближенные закономерности, имеющие простую форму.

Максимальная глубина закаленного слоя – Z получается в том случае, если температура на поверхности обрабатываемого металла достигает температуры плавления -Тпл.

Для каждого материала главным фактором, определяющим глубину закаленного слоя, является *время действия лазерного луча - t.*

Если известна требуемая глубина закаленного слоя (например, из условия допустимого износа детали в процессе эксплуатации или с учетом допустимого числа перешлифовок и т.д.), то требуемое время действия лазерного луча - t определяется по формуле:

$$t = \pi \cdot Z^2 \cdot [\, Тпл/ (Тпл - Тзак) \,]^2 / 4 \cdot a, (сек), \quad (3.10)$$

где а - коэффициент температуропроводности материала,см^2/с; Тзак –температура нагрева материала детали под закалку,°С; Тпл -температура плавления материала детали,°С.

Необходимая *эффективная плотность мощности - Qэф* теплового источника определяется из выражения:

$$Qэф = \lambda \cdot Z (Тпл - Тзак)/A, (Вт/см^2), \quad (3.11)$$

где λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/(см·°С); А– коэффициент поглощения энергии лазерного излучения материалом детали.

Для закалки на требуемую глубину *радиус лазерного луча - r* на детали можно определить по формуле:

$$r = [\, \gamma \cdot A \cdot Po \cdot Z/ \pi \cdot \lambda \cdot (Тпл - Тзак)]^{½}, (см), (3.12)$$

где γ – коэффициент, учитывающий долю энергии, распространяющейся вглубь обрабатываемого материала по нормали от его поверхности; Ро – мощность лазерного излучения, Вт.Для определения *необходимой скорости луча* используется зависимость:

$$Vзак = 2\ r/\ t = [8a\cdot (Tпл - Tзак)^{3/2} / \pi\cdot Tпл^2 \cdot Z^{3/2}] \cdot$$

$$(\gamma\cdot A\cdot Po/ \pi\cdot \lambda)^{1/2}, (см/сек). \qquad (3.13)$$

Получаемые значения режимов термоупрочнения носят ориентировочный характер и требуют дополнительного уточнения в конкретных производственных условиях, на конкретных лазерных комплексах. В таблице 3.1 приведены сведения о теплофизических свойствах материалов, используемые при расчетах режимов лазерного термоупрочнения, а в таблице 3.2 – расчетные коэффициенты.

Таблица 3.1

Теплофизические свойства обрабатываемых материалов

Материал	Плотность материала - ρ (г/см³)	$T_{плав}$ (°С)	Коэф. теплопроводности λ Дж/(см·с·°С)	Удельная теплоёмкость - C Дж/(г·°С)	Коэф.температуропроводности - a, (см²/с)
Углеродистые стали	7,86	1530	0,38…0,42	0,75	0,075…0,09
Нержавеющие стали	7,8	1450	0,3	0,65	0,083
Латунь	8,85	1050	1,17	0,4	0,34

Таблица 3.2

Расчетные коэффициенты для различных металлов и сплавов.

Материал	Средняя температура - t, °С	Коэф. теплопроводности - λ, Дж/(см · с · °С)	Объёмная теплоемкость Cp Дж/(см³ · °С)	Коэф. температуропроводности- a, см²/с
Углеродистые и низколегированные стали	500…600	0,38…0,42	4,9…5,2	0,075…0,09
Нержавеющие аустенитные стали	600	0,25…0,33	4,7…4,8	0,053…0,07
Медь	400	3,7…3,8	3,85…4,0	0,95…0,96
Латунь	350…400	1,17	3,45	0,34
Алюминий	300	2,7	2,7	1,0
Технический титан	700	0,17	2,8	0,06

В таблице 3.3 представлены типовые материалы, используемые для назначения теплопоглощающих покрытий.

Таблица 3.3

Свойства водорастворимых полимерных покрытий.

Марка покрытия	***Основа***	***Цвет***	***Коэфф. поглоще-ния- А***	***Упрочняемые материалы***
МЦС- 510	Силикат натрия и метилцеллюлоза	Белый	0,8	Железоуглеродистые сплавы
СГ-504	Силикат натрия	Темно-коричневый	0,9	Железоуглеродистые сплавы
ФС-1М	Алюмохромфосфат	Темно-зеленый	0,9	Алюминиевые сплавы

В таблице 3.4 представлены режимы термического упрочнения без оплавления некоторых сталей, полученные эмпирически на много-канальном CO_2 лазере.

Таблица 3.4

Режимы термического упрочнения

Сталь	Режим	Твердость, HRC	Глубина, мм
40Х	Р3500 V15 D15	60-62	1.1
50ХН	Р3500 V15 D15	55-58	1
38ХН3МФА	Р3000 V12,5 D15	54-56	1.5
ОХН3М	Р3500 V12,5 D15	50-52	1.4
ШХ15	Р3000 V20 D12	60-64	1.4
18ХГТ	Р3500 V14 D12	40-44	1.3

Методика выбора режимов лазерного термического упрочнения, приведенная в предыдущем разделе, сводится к итерационному поиску необходимых параметров на базе алгебраических уравнений (3.10) - (3.13) с многократной проверкой на образце материала. В то же время, термоупрочнение – высоко динамичный процесс, скорость протекания которого и определяет получаемую структуру поверхностного слоя. Исходя из этого, при назначении режимов следует оценивать динамику процесса.

Закалка предполагает не только нагрев металла выше температуры фазового превращения $T_{зак}$, но и достаточно быстрое охлаждение. Для превращения аустенита в мартенсит скорость охлаждения должна быть больше критической скорости закалки, т. е. такой, при которой весь аустенит переохлаждается до температуры начала мартенситного превращения $T_м$. Степень закалки при различных законах изменения температуры металла от времени можно оценить из термокинетических диаграмм превращения аустенита. Из термокинетической диаграммы для данного металла можно найти исключающие распад аустенита значения времени охлаждения в диапазоне от температуры фазового перехода $T_{зак}$ до значений температуры T_i наиболее быстрого распада аустенита. Найденное таким образом время является максимальным временем воздействия лазерного теплового источника, при котором возможна полная самозакалка металла. Большую роль в процессах охлаждения играют форма и масса обрабатываемой детали. Известно, что кинетика превращений переохлажденного аустенита зависит от большого числа разнообразных факторов. Небольшие изменения состава металла, условий выплавки, разливки, раскисления, теплофизических констант, условий нагрева при закалке и т. п. существенно влияют на кинетику его превращения, поэтому диаграммы распада аустенита рассматриваются как ориентировочные. Указанные причины приводят к тому, что оценить используемые в приведенных расчетах значения времени охлаждения и соответственно необходимые для получения максимальной глубины закалки режимы можно только ориентировочно. Скорости нагрева и охлаждения металла определяются следующими уравнениями:

- скорость нагрева по времени и глубине z

$$v = \frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = \frac{A_{ef} \cdot q_S}{\lambda_T} \cdot \left(\sqrt{\frac{\alpha}{t}} \cdot ierfc\left(\frac{z}{2\sqrt{\alpha t}} \right) + \frac{z}{2t} \cdot ierfc\left(\frac{z}{2\sqrt{\alpha t}} \right) \right). \quad (3.14)$$

- скорость нагрева на поверхности (z=0)

$$v = \frac{A_{ef} \cdot q_S}{\lambda_T} \sqrt{\frac{\alpha}{\pi \tau_i}} = \frac{q_S}{\sqrt{\lambda_T \cdot c\rho \cdot \pi \cdot t}}. \quad (3.15)$$

- скорость охлаждения по времени

$$v = \frac{\partial T(0,t)}{\partial t} = \frac{A_{ef} \cdot q_S}{\sqrt{\lambda_T \cdot c\rho \cdot \pi}} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{t}} - \frac{1}{\sqrt{t - \tau_i}} \right). \quad (3.16)$$

Учитывая приближенный характер приведенных зависимостей, выбор параметров термоупрочнения целесообразно выполнять путем параллельных натурного и «машинного» экспериментов.

На рис.3.49 приведен алгоритм выполнения параллельных натурного и «машинного» экспериментов, который может использоваться при наладке комплекса. Для проведения экспериментов необходим датчик измерения температуры нагрева при воздействии лазерного луча на материал и программный продукт моделирования этого воздействия.

В качестве датчика температуры может быть использован оптический инфракрасный пирометр. Принцип действия инфракрасного пирометра основан на измерении абсолютного значения амплитуды электромагнитного излучения от объекта в инфракрасной части спектра и последующем преобразовании измеренного значения в температуру. Для выполнения поставленной задачи можно использовать пирометр фирмы Optris модель Optris CT 1M/2M. ИК термометры Optris CT 1M/2M - двухкомпонентные стационарные пирометры с электронным блоком, имеющим многофункциональный дисплей, кнопки для программирования и управления, предназначены для высокотемпературных измерений и применяются для измерений в спектральном диапазоне 1,0 мкм / 1,6. Миниатюрные размеры датчика (диаметр 14 мм, длина 28 мм) позволяют установку в труднодоступных местах. Работа при температуре окружающей среды до 125°C без охлаждения.

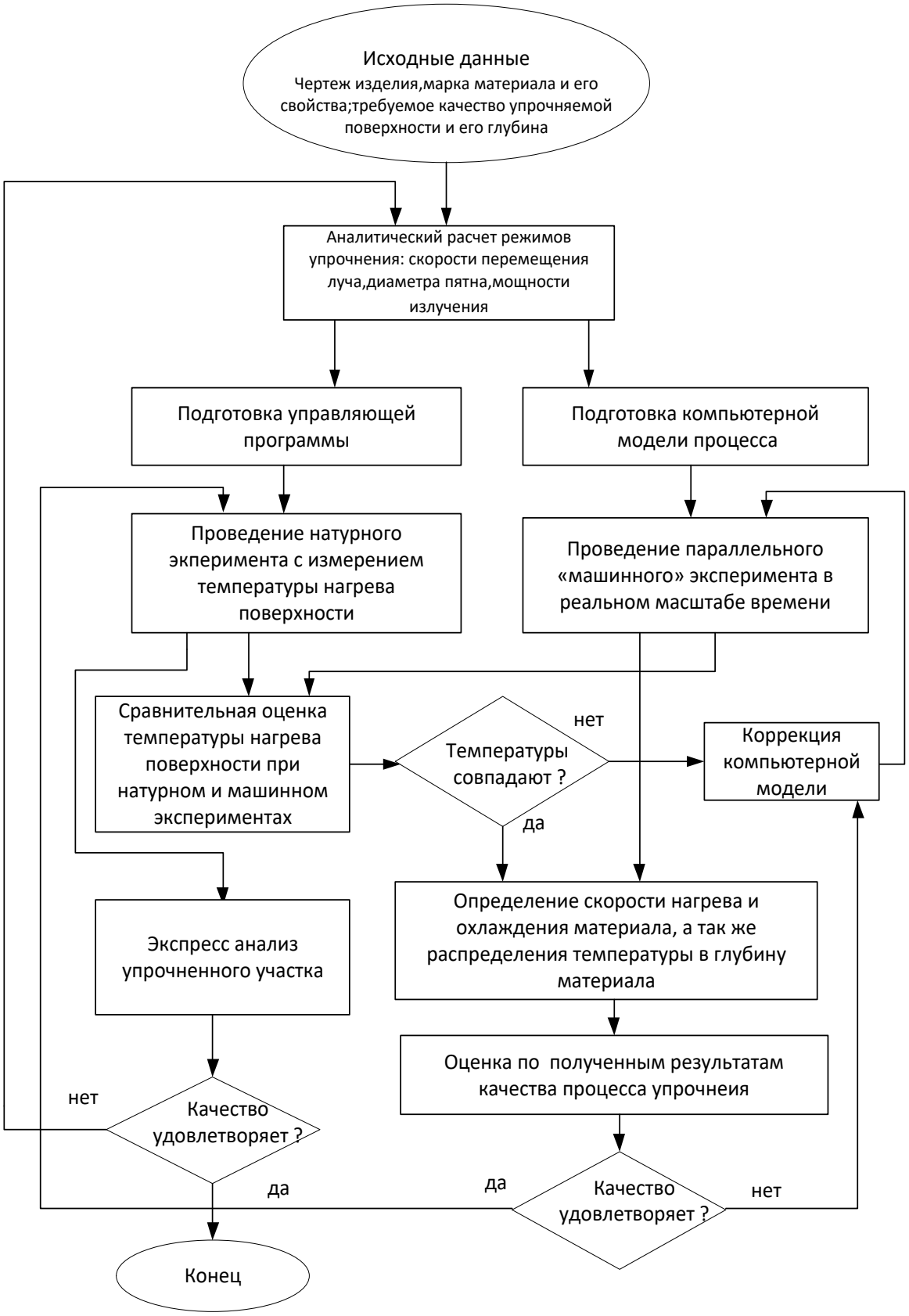


Рис. 3.49. Алгоритм выполнения параллельных натурного и «машинного» экспериментов

В соответствии с алгоритмом на рис. 3.49 и на основании исходных данных по выражениям (3.14) –(3.16) определяются приближенные режимы упрочнения. После этого разрабатываются управляющая программа для комплекса и программа компьютерного моделирования. При подготовке программы моделирования следует отобразить геометрические параметры и массу упрочняемого изделия, используя метод конечных элементов. Проводятся параллельные натурный и «машинный» (симуляция) эксперименты. На рис.3.50 представлена матрица температур нагрева поверхности стали 40Х.

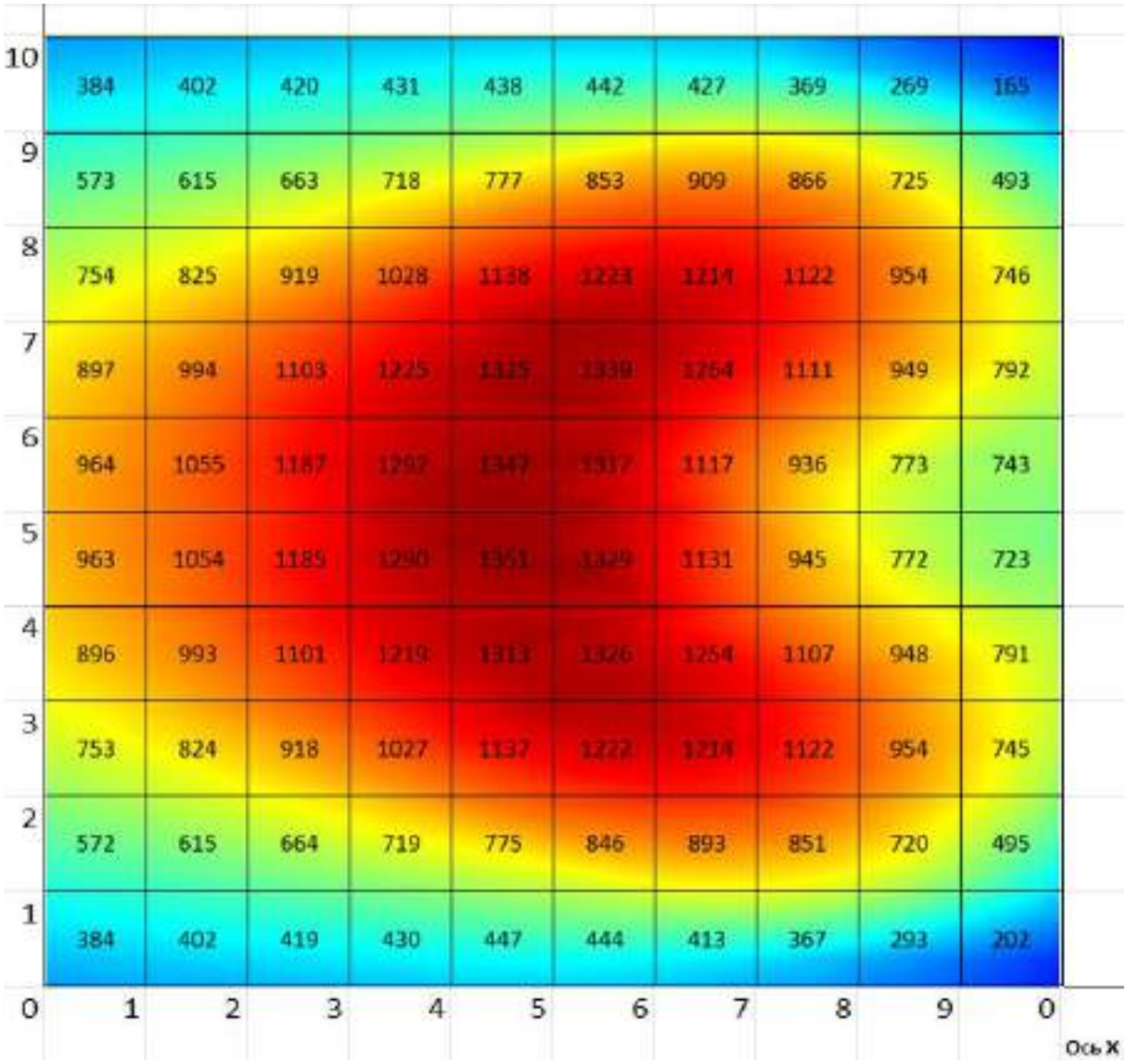


Рис. 3.50. Матрица температур модели нагрева поверхности изделия из стали 40Х

По модели оцениваются тепловые процессы в глубину материала. На рис.3.51 приведена свернутая 3х-мерная матрица температур нагрева указанного выше материала до глубины 4 мм в процессе движения пятна излучения. По этой матрице строятся графики изменения температуры во времени, вид которых до глубины 2мм представлен на рис. 3.52.

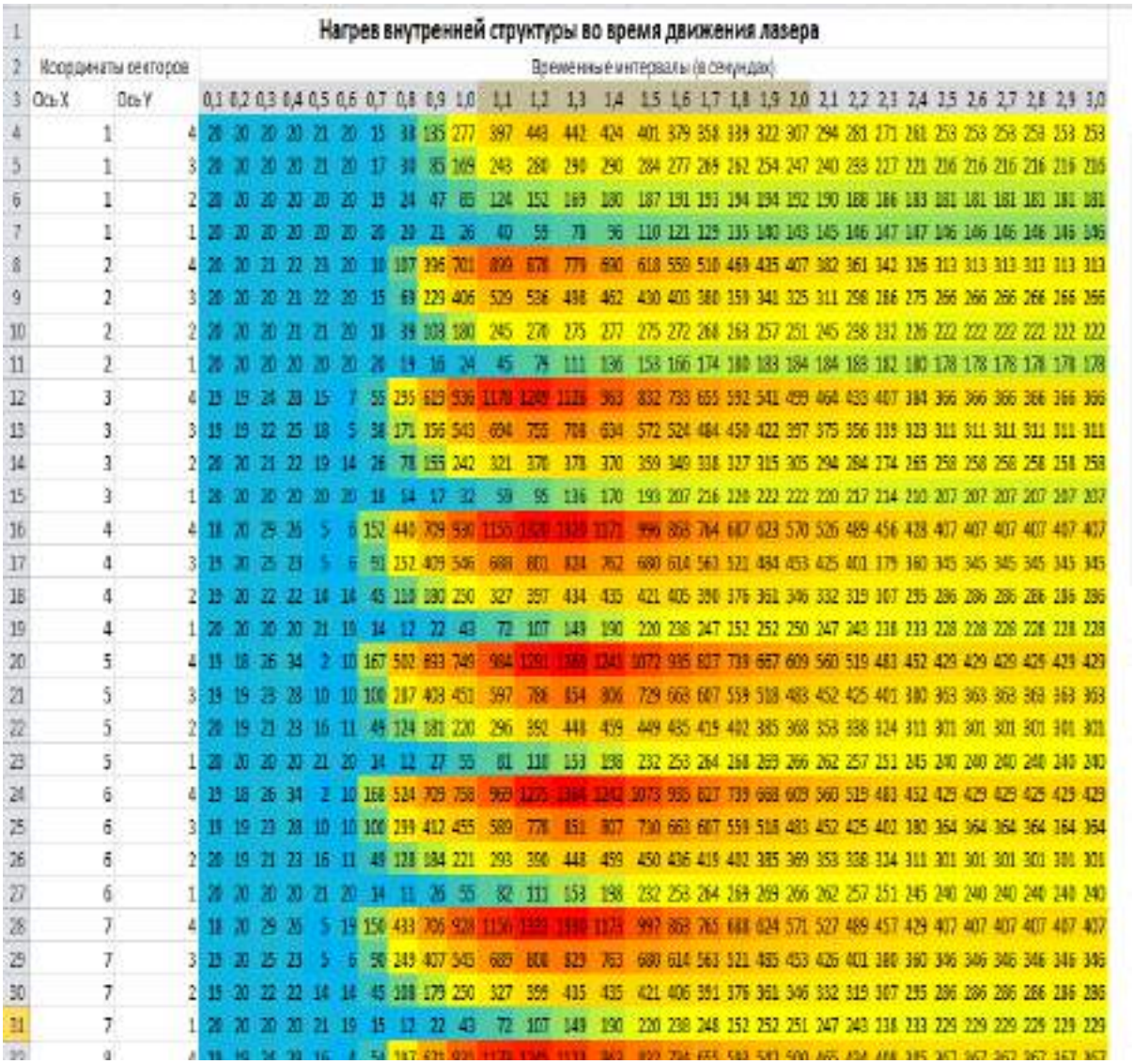


Рис. 3.51. Свернутая 3х-мерная матрица температур нагрева в глубину материала

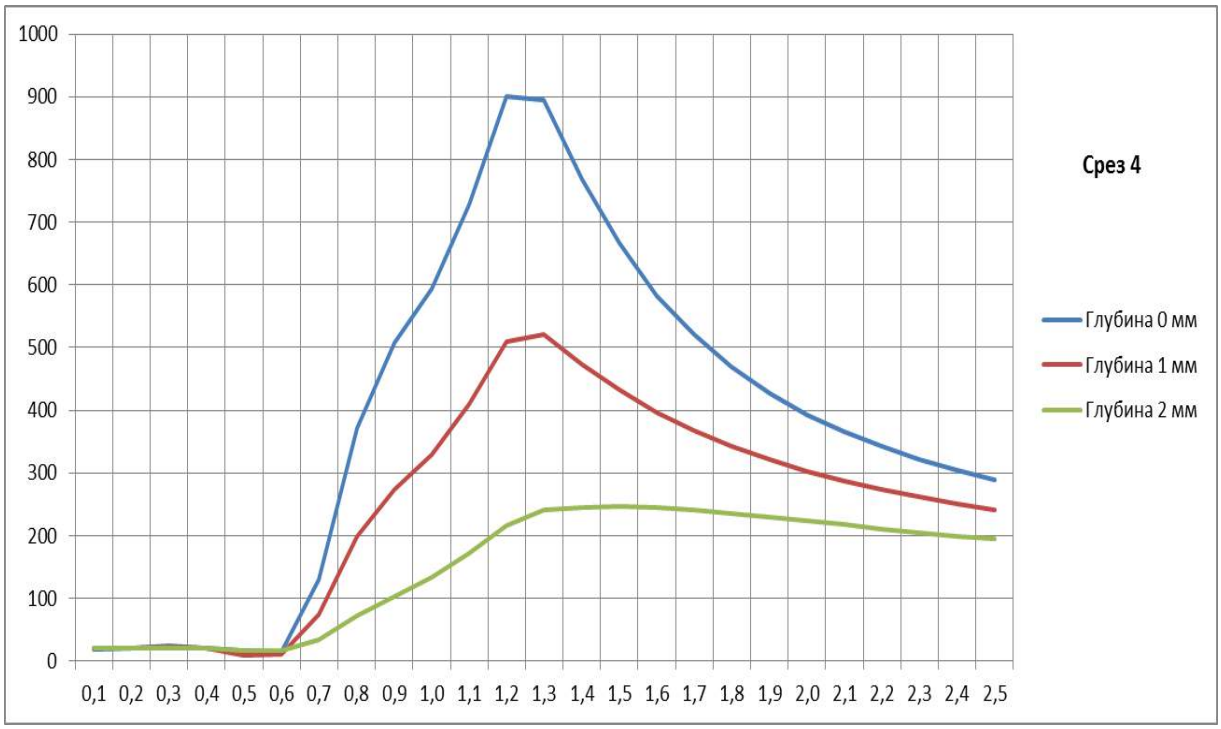


Рис. 3.52. Графики изменения температуры до глубины 2мм

По графикам рис.3.52 не сложно установить средние скорости нагрева и охлаждения материала в глубине и оценить его структурные преобразования. При получении неудовлетворительного результата корректируются режимы упрочнения (скорость движения луча и мощность излучения). Скорректированные параметры режимов вводятся в программу для ЧПУ и проводится натурный эксперимент.

Процесс подготовки программ обработки деталей на лазерном технологическом комплексе обычно включает следующие основные действия:

- оценка возможности проведения лазерной термической обработки на конкретной детали с учётом её формы и материалов, из которых она изготовлена;

- выбор режима лазерной термической обработки с учётом опыта, полученного при обработке изделий схожей формы и материала или опираясь на вновь проведённый эксперимент на отладочном изделии;

- измерение и описание геометрии обрабатываемой детали (при отсутствии ее модели);

- разработка плана обработки детали на лазерном технологическом комплексе;

- разработка управляющей программы лазерного термоупрочнения для лазерного технологического комплекса;

- компиляция программы либо набор с пульта в систему управления.

Ручное программирование возможно использовать при обработке сравнительно простых по конфигурации деталей, когда трудоемкость подготовки программ вручную соизмерима с трудоемкостью подготовки исходных данных для расчетов на ЭВМ. Для автоматизированного программирования с использованием ЭВМ систему автоматизированной подготовки управляющих программ упрочнения изделий лазерный технологический комплекс необходимо оснастить датчиком-измерителем, способным предоставлять для ЭВМ данные, необходимые для составления геометрической матрицы поверхности объекта с требуемой точностью измерения, программой-процессором и программой-постпроцессором для преобразования геометрической матрицы поверхности объекта в его 3-D модель, а так же программный код, воспринимаемым УЧПУ лазерного технологического комплекса. В качестве измерителя предлагается использовать лазерный датчик-дальномер семейства бинокулярных триангуляционных лазерных датчиков серии ЛД2, которые способны работать в режиме в режиме 3-D сканера для построения геометрической матрицы поверхности детали.

Бинокулярные триангуляционные датчики серии ЛД2 поставляются с программным обеспечением для ЭВМ/ПК, которое способно не только строить геометрическую матрицу поверхности сканируемого объекта, но и преобразовывать её для последующей обработки постпроцессором в 3-D модель.

Предлагается процесс подготовки программы в режиме обучения выполнять с следующей последовательности:

1. Сканирование объекта.

2. Составление геометрической матрицы поверхности сканируемого объекта.

3. Построение 3-D модели детали на основе геометрической матрицы поверхности сканируемого объекта.

4. Выбор на 3-D модели поверхностей или участков поверхностей, подлежащих термоупрочнению с использованием ПК.

5. Генерация постпроцессором программного кода.

6. Сохранение созданной управляющей программы упрочнения обрабатываемой детали в памяти УЧПУ и/или ПК.

Задание режимов обработки (требуемой мощности и скорости движения).

Алгоритм работы лазерного технологического комплекса, оснащенного бинокулярным триангуляционным лазерным датчиком ЛД2 в режиме обучения по осям X и Y приведен на рис.3.53.

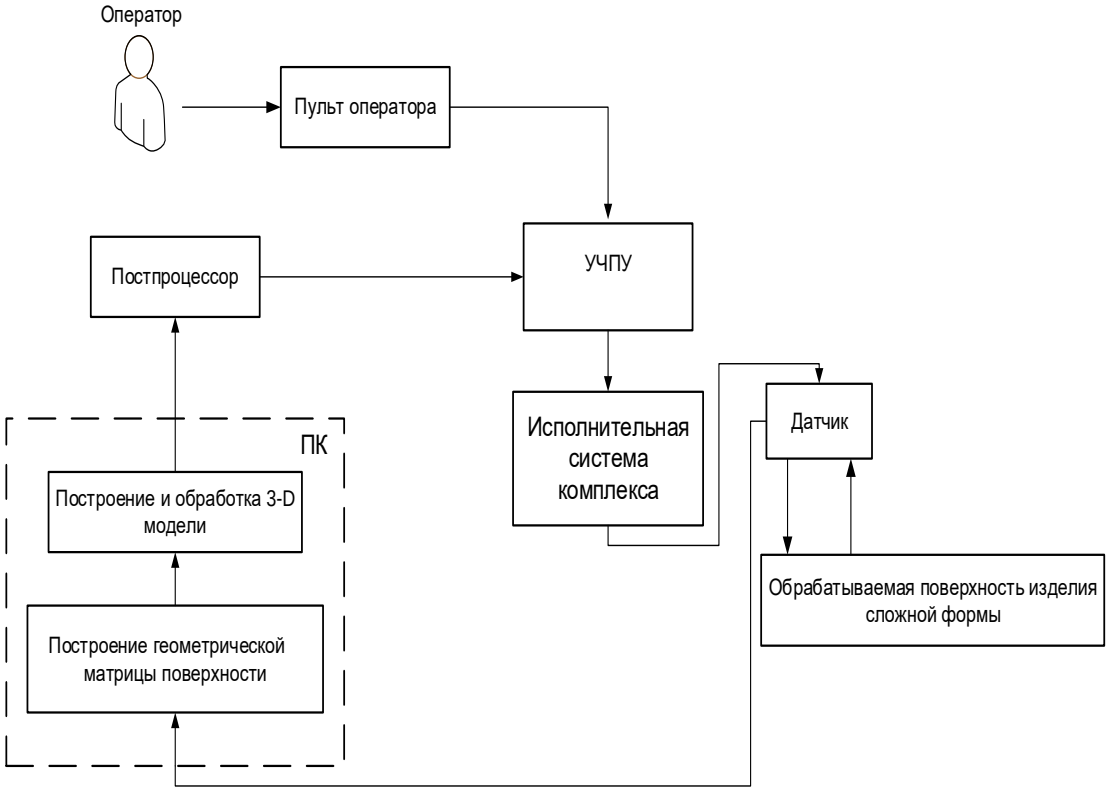


Рис. 3.53. Алгоритм работы лазерного технологического комплекса в режиме обучения

Вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется контрольная наладка мехатронных и робототехнических систем?

2. Как осуществляется выборка зазоров в подшипниковых узлах?

3. Как осуществляется выборка зазоров в зубчатых передачах и механизмах?

4. Как осуществляется выборка зазоров в передачах винт – гайка?

5. Какова последовательность наладки пневмогидрооборудования?

6. Какие работы нужно выполнить перед пуском пневмопривода?

7. Какие работы нужно выполнить перед пуском гидропривода?

8. Как производится настройка давления в пневмо и гидро системах?

9. Как производится наладка гидрораспределителей?

10. Как производится наладка пневмораспределителей?

11. Как производится наладка пневмо и гидро клапанов?

12. Порядок действий при недостаточном усилии на штоке пневмо или гидро цилиндра.

13. Назовите общие методы сокращения времени наладки и выявления неисправностей.

14. В чем заключаются особенности метода обратной последовательности?

15. Какие приборы используются при наладке электрооборудования?

16. Как регулируют выдержку времени в реле времени?

17. Как выполняется контрольная наладка системы управления промышленного робота?

18. Как выполняется наладка робота по тестовой программе?

19. Как выполняется наладка микропроцессорных систем управления?

20. Как выполняется наладка информационных систем?

21. Как выполняется наладка информационных систем восприятия внешней среды?

22. Как выполняется проверка правильности настройки системы светозащиты?

23. Какова роль моделирования в наладке системы программного управления робототехнического устройства или мехатронной системы?

24. Задача настройки электроприводов робототехнического устройства или мехатронной системы.

25. Что настраивается в электроприводах робототехнического устройства или мехатронной системы?

26. Приведите типовую структурную схему регулируемого электропривода.

27. Как производится настройка привода по его модели с использованием пакета Matlab?

28. Приведите порядок практической настройки регулируемого электропривода.

29. Как выполняется практическая настройка параметров регулятора тока в электроприводе?

30. Как выполняется практическая настройка параметров регулятора скорости в электроприводе?

31. Как выполняется практическая настройка параметров регулятора положения в электроприводе?

32. Назовите последовательность галадки мехатронной системы металлорежущего станка.

33. Как производится наладка режущего инструмента в станке по размеру?

34. Назовите режимы работы станков с ЧПУ.

35. Как производится управление точностью металлорежущего станка?

36. Как производится исправление программы ошибок при наладке металлорежущего станка с ЧПУ?

37. Как назначаются режимы резания для металлорежущего станка?

38.Назовите режимы работы лазерного технологического комплекса.

39. Какие параметры задаются при наладке лазерного технологического комплекса?

40. Роль выполнения параллельных натурного и «машинного» экспериментов при наладке лазерного технологического комплекса.

41. Каково содержание процесса подготовки программ обработки деталей на лазерном технологическом комплексе?

42. Охарактеризуйте процесс подготовки управляющей программы для лазерного технологического комплекса в режиме обучения.

Глава 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ И ДИАГНОСТИКИ РОБОТОВ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

4.1. Виды и общие требования к испытаниям промышленных и мобильных роботов

При проведении испытаний промышленных роботов (ПР) следует рассматривать их как машины широкого назначения, отличительными признаками которых являются:

- способность к переналадке для выполнения действий, отличающихся последовательностью, скоростью, величиной и точностью перемещений исполнительных органов;
- способность к взаимодействию с объектами внешней среды, в том числе способность сохранения динамических параметров процесса манипулирования при изменении свойств (например, массы) перемещаемых объектов; адаптация к изменению окружающей среды и т. п.;
- особенности динамики исполнительных органов, являющихся пространственными механизмами со многими степенями подвижности и незамкнутой кинематической цепью;
- небольшая жесткость исполнительных устройств в сравнении с обслуживаемым оборудованием и напряженные динамические режимы работы (скорости до 1,5 м/с при относительно небольших перемещениях, интенсивные разгоны и торможения).
- соответствие функциональных возможностей ПР и его систем технологическому назначению робота, который может относиться к группе производственных, подъемно-транспортных или универсальных ПР;
- соответствие требований техники безопасности предполагаемой области применения.

При проведении любых видов испытаний следует предусматривать проверки, отражающие все перечисленные особенности ПР.

ПР могут подвергаться всем видам испытаний, регламентированных ГОСТ 16504-81.

Вид испытаний обусловливает совокупность определяемых показателей ПР и осуществляемых проверок, метод их определения и проведения, а также необходимые измерительные средства.

Классификация и определение видов технического контроля и испытаний ПР принимаются в соответствии с ГОСТ 16504-81. В зависимости от этапа разработки и стадии освоения производства ПР должны подвергаться различным видам испытаний (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Виды испытаний ПР

Образец для испытаний	Доводочные	Приемо-сдаточные	Исследовательские	Предварительные	Приемочные	Аттестационные	Периодические	Типовые
Опытный	+•	+	+	+	+	+•	—	—
Из установочной (первой промышленной) серии	+•	+	+•	—	—	+•	—	—
При серийном производстве	—	+	+•	—	—	+	+	+

Общие требования к испытаниям ПР

Требования к условиям проведения испытаний. На месте проведения испытаний должны быть исключены резкие колебания температуры, шум, вибрации, помехи, наличие вредных газов, паров и т. п., превышающие нормативные значения и затрудняющие проведение испытаний или влияющие на их результаты. Испытания ПР следует проводить при нормальных значениях факторов внешней среды по ГОСТ 15150-69. Для ПР, рассчитанных на работу в условиях высоких температур, запыленности, загазованности и влажности окружающей среды, испытания следует проводить в эксплуатационных условиях или в климатической камере, обеспечивающей имитацию перечисленных условий. Порядок проведения испытаний регламентируется п. 4 и 5 ГОСТ 15.001-73. При этом приемочные испытания проводят, как правило, на заводе-изготовителе опытного образца ПР. В необходимых случаях испытания проводят в эксплуатационных условиях на заводе-потребителе. По согласованию с заинтересованными организациями и предприятиями допускается проводить приемочные испытания и в других

местах. Место проведения исследовательских и типовых испытаний определяется разработчиком или организацией (предприятием), которые проводят данные испытания.

Требования к испытуемым образцам ПР и их количество устанавливаются согласно ОСТ 2 Н02-3-76.

ПР должны передаваться для испытания в пригодном для эксплуатации состоянии, с полным комплектом принадлежностей, перечень которых оговорен в сопроводительной документации на ПР или изготовление которых предусмотрено техническим заданием (для приемочных испытаний, в том числе с комплектом принадлежностей, поставляемых за отдельную плату). Испытуемые образцы должны быть отрегулированы в соответствии с руководством по эксплуатации до той степени, которая исключала бы возможность изменения их свойств во время испытаний. Требование неизменности свойств образцов во время испытаний не распространяется на испытания на надежность. При одновременном испытании нескольких образцов их установка должна исключать взаимное влияние друг на друга, а также влияние на средства измерения. При проведении приемочных испытаний для проверки исполнения технологических команд, а также с целью контроля всех предусмотренных устройств, обеспечивающих технику безопасности и безаварийную работу, вспомогательные (подъемно-транспортные) ПР должны испытываться с технологическим и вспомогательным оборудованием или со специальными стендами, имитирующими работу оборудования. Технологические (производственные) ПР должны быть оснащены всеми необходимыми устройствами для осуществления технологического процесса (сварки, окраски, сборки и т. д.).

Требования к подготовке ПР к испытаниям. Для проведения испытаний ПР должен быть установлен в помещении, обеспечивающем его нормальную работу. Установка должна производиться в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации. Испытуемый образец должен быть заполнен эксплуатационными жидкостями и подсоединен к источникам энергии. На месте проведения испытаний должно быть обеспечено выполнение правил техники безопасности. Участок для проведения испытаний должен быть огражден, а в проходе установлены предупредительные надписи, запрещающие вход на участок посторонним лицам. На полу красной полосой шири-

ной не менее *100 мм* должна быть отмечена граница рабочего пространства ПР (если указанное пространство не ограничено другими средствами). В рабочем пространстве не должны находиться посторонние лица, предметы и оборудование, препятствующие или ограничивающие движения ПР. Оборудование и приборы, применяемые при испытаниях, должны быть заземлены. Должно быть обеспечено удобство визуального контроля за ПР, а обслуживание и наладка ПР должны производиться только лицами, прошедшими обучение и инструктаж по технике безопасности.

При работе в автоматическом режиме у пульта управления должен находиться оператор. При первых же признаках неполадок и сбоев ПР должен быть немедленно выключен; повторное включение допускается после выявления причин неисправностей и их устранения.

Требования к средствам измерений. Средства измерения, применяемые для проверок и исследований ПР, должны быть аттестованы в установленном порядке и иметь соответствующий паспорт. При установлении результатов измерения должны вноситься поправки, учитывающие погрешность примененных средств измерений в соответствии с паспортными данными. Жесткость оправок, стоек и державок должна быть такой, чтобы деформации их под действием измерительного усилия и веса измерительного прибора были пренебрежимо малы по сравнению с. допуском на проверяемый параметр. Средства измерения, применяемые для проверки точностных свойств ПР, должны соответствовать общим требованиям, изложенным в ГОСТ 8-82. Проверки, выполняемые при приемочных испытаниях, следует осуществлять, по возможности, простейшими измерительными средствами. В качестве регистрирующей аппаратуры рекомендуется использовать аналоговые регистраторы промышленного типа, а также измерительно-вычислительные системы и комплексы. При выборе датчиков рекомендуется принимать уровень максимально допустимой погрешности измерений не более *1-6 %.*

Оформление результатов испытаний. Результаты приемочных испытаний оформляют актом и протоколом приемки по формам, приведенным в ОСТ 2 Н02-3-76. Оценку результатов испытаний производят в соответствии с требованиями, приводимыми в методиках испытаний конкретных моделей ПР. В разделах протокола приводят только основные результаты испытаний. Таблицы, графики, схемы и т. п.

оформляют в виде приложений к протоколу. Протокол должен содержать перечень неполадок и неисправностей, выявленных в процессе испытаний. Результаты исследовательских испытаний оформляют в виде отчетов, утверждаемых руководством организации или предприятия, проводившего испытание. Результаты аттестационных испытаний оформляют в виде документов по формам, приведенным в инструкциях о пордке аттестации продукции предприятий соответствующих отраслей. Результаты периодических испытаний оформляют протоколом по форме, приведенной в ГОСТ 15.001-73. Результаты типовых испытаний оформляют протоколом, утверждаемым руководством предприятия-изготовителя.

Требования к проведению отдельных видов испытаний. Предварительные, приемочные и аттестационные испытания проводят по единым программам и методикам.Приемо-сдаточные испытания проводят по программе, представляющей собой выборку из программы приемочных испытаний. *Объем приемочных испытаний* должен быть минимальным, но достаточным для получения результатов, позволяющих оценить технико-экономический уровень ПР и сделать вывод о его пригодности к серийному производству. Приемочные испытания следует проводить при наиболее неблагоприятном сочетании определяемых параметров, допускаемом технической документацией (максимальные скорости и вылеты исполнительных устройств, номинальная грузоподъемность и т. д.). Основными этапами приемочных испытаний являются проверка соответствия состава и комплектности опытного образца документации и соответствия показателей ПР требованиям стандартов, техническим условиям и руководству по эксплуатации; испытание на холостом ходу; испытание под нагрузкой; проверка соответствия опытного образца нормам точности; проверка качества изготовления базовых деталей, качества сборочно-монтажных работ и внешней отделки; испытание всех принадлежностей и приспособлений; сравнительные испытания на производительность.

Особое внимание следует обращать на действие блокировок и устройств, обеспечивающих безопасную и безаварийную работу, в том числе невозможность присутствия человека в зоне работы ПР; надежность захватывания и удержания объекта манипулирования, в том числе при внезапном отключении источника энергии; правильность взаимодействия ПР с технологическим оборудованием; ограничение

максимальных перемещений исполнительного устройства. Проверку осуществляют не менее чем пятикратным включением блокировок. Грузоподъемность проверяют путем переноса в автоматическом режиме на наибольших скоростях заготовок номинальной массы. Число циклов - не менее 10. Цикл работы должен включать максимальные перемещения по всем координатам при наиболее неблагоприятном сочетании переносных движений. Визуально контролируются возможность осуществления всех движений, отсутствие выпадания и проскальзывания заготовок, отсутствие поломок и неисправностей исполнительного устройства. Средние и максимальные скорости перемещений поверяют при работе в автоматическом режиме путем фиксирования:

• при определении средних скоростей- времени двойного хода (вперед-назад, вверх-вниз, по часовой стрелке - против часовой стрелки) при максимальных перемещениях с заготовкой номинальной массы без выдержек времени в конце ходов. Число двойных ходов по каждой степени подвижности - не менее пяти;

• при определении максимальных скоростей - времени перемещения на отрезке пути после окончания разгона и перед началом торможения.

Исходя из замеренного времени перемещений рассчитывают средние максимальные скорости.

Погрешность позиционирования проверяют одним из следующих методов:

• путем установки вала, удерживаемого захватом, в неподвижную втулку с горизонтальной или вертикальной осью. Разность диаметров вала и втулки должна соответствовать паспортной погрешности позиционирования. На валу и втулке не допускается наличие фасок;

• определением погрешности позиционирования в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с помощью индикаторов часового типа, установленных в точках позиционирования. Погрешность позиционирования в каждой из плоскостей, определяемая по разности показаний индикаторов, не должна превосходить паспортного значения. По обоим из указанных методов погрешность позиционирования должна определяться для одной из точек рабочего пространства. Координаты точки указываются в методиках испытаний конкретных ПР. Проверка осуществляется в автоматическом цикле с заготовкой номинальной массы при наибольших паспортных скоростях. Программа должна

включать движение по всем координатам и остановку в конце цикла на время, необходимое для снятия показаний (для второго метода).

Проверки норм точности следует выполнять после испытания на холостом ходу и в работе в соответствии с внутризаводскими приемо-сдаточными нормами. При указанных проверках отклонения от прямолинейности при осуществлении движений измеряют в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В зависимости от исследуемых показателей программа *исследовательских испытаний ПР* включает: статические испытания, динамические испытания, испытания на надежность, прочие испытания (по усмотрению разработчика). При проведении испытаний на надежность исследуют свойства ПР, предусмотренные ГОСТ 27.002-83 (безотказность, долговечность, ремонтопригодность и др.). *Периодические испытания* проводят с целью сравнения качества серийных образцов, выпущенных в разное время. Периодическим испытаниям подвергают образцы, выдержавшие приемо-сдаточные испытания. Периодические испытания выполняют по программе приемочных испытаний, изложенной выше. Рекомендуемая периодичность испытаний - не реже одного раза в 2-3 года. *Аттестационные испытания* должны, как правило, совпадать с проведением ближайших по сроку периодических испытаний. *Типовые испытания* проводят с целью оценки эффективности изменений, внесенных в серийные образцы. Их проводят по программам и методикам, разработанным в соответствии с требованиями приемочных и исследовательских испытаний в объеме, необходимом для проверки функциональной работоспособности измененной составной части ПР и оценки влияния этой части на работу ПР в целом. Типовые испытания не проводят, если внесенные изменения не меняют функциональной работоспособности ПР (например, изменение конструкции крышки, замена комплектующего изделия на равноценное и т. п.). Общие правила приемки и методы испытаний ПР регламентируются ГОСТ 26053-84.

Испытания мобильных роботов для работы в экстремальных условиях проводятся по проходимости и постоянству скорости перемещения в соответствии ГОСТ Р60.6.3.9 – 2019.

Наземные роботы для работы в экстремальных условиях должны обеспечивать проходимость рельефа местности с разными видами препятствий. Требования по проходимости включают преодоление тре-

щин, барьеров, лестниц, уклонов, перемещение по разным видам поверхностей полов и почвы, а также по ограниченным проходам. Кроме того, к дополнительным требованиям к проходимости роботов относят способность двигаться с максимальной поддерживаемой скоростью и возможность буксировки. Стандартные методы испытаний необходимы для оценки соответствия этим требованиям испытуемых роботов. Испытательный комплект по проходимости обеспечивает количественную оценку рабочих характеристик наземных мобильных роботов, действующих в экстремальных условиях. Заказчики испытаний могут применять весь испытательный комплект или его часть, основываясь на своих технических требованиях. Результаты испытаний должны в совокупности представлять общую оценку проходимости наземного робота для работы в экстремальных условиях. Эти данные могут быть использованы при выборе роботов или при проведении приемочных испытаний роботов, предназначенных для работы в экстремальных условиях. Заданием для данного метода испытаний, состоящего в передвижении мобильного робота с максимальной поддерживаемой скоростью по ровной поверхности с твердым покрытием, является перемещение робота из исходной позиции по заданному маршруту обратно на исходную позицию, обеспечивая при этом возможность последовательного повторения испытательных попыток. По умолчанию маршрут должен иметь форму восьмерки вокруг двух стоек. Робот должен постоянно следовать вдоль заданной линии маршрута, поддерживая постоянно некоторую часть мобильного шасси на этой линии. Выполнение данного задания характеризует способность робота перемещаться по поверхности данного типа с поддерживаемой скоростью. Требуемое число успешных попыток выполнения задания в зависимости от общего числа попыток определяют на основании заданных заказчиком испытаний статистической надежности и доверительной вероятности данной способности робота. Полученная в результате испытаний средняя расчетная скорость считается скоростью, которую способен поддерживать данный робот. Для испытаний робота должно быть использовано телеуправление из указанного руководителем рабочего места оператора с помощью операторского пульта управления. Рабочее место оператора должно быть расположено и оборудовано так, чтобы изолировать оператора от прямого визуального и звукового контакта с испытательным оборудованием и роботом. Оператор

может провести тренировку до начала испытаний. Он также может отказаться от проведения испытаний до их начала. В ходе испытания не должно быть общения между оператором и руководителем испытаний, кроме команды начать испытание и сообщений о неисправностях робота или нарушении мер безопасности. Оператор несет полную ответственность за определение того, завершил ли робот и когда завершил очередную попытку, и за уведомление об этом руководителя. Решение о выполнении очередной попытки принимает только руководитель испытаний. Показателем для данного метода испытаний является полнота отработки заданного маршрута, успешно преодоленного за заданное число последовательных попыток. Кроме того, затраченное время на успешное перемещение по маршруту или расчетная скорость в метрах в минуту является показателем эффективности робота, простоты использования операторского пульта управления и уровня мастерства оператора. Поэтому данный временной аспект является вторым показателем, и его значение должно быть зафиксировано в протоколе испытаний. Средняя расчетная скорость, полученная в результате испытаний, принимается за скорость, которую способен поддерживать данный робот.

4.2. Определение технических характеристик ПР при испытаниях

К основным характеристикам, исследуемым при испытаниях ПР, относятся: грузоподъемность, быстродействие, быстроходность, зона обслуживания, погрешность позиционирования или воспроизведения заданной траектории, инерционные нагрузки. Первые пять из них являются взаимозаменяемыми, что учтено при построении методики. В частности, грузоподъемность робота, которая характеризуется максимальной массой груза, перемещаемого захватным устройством, существенно зависит от заданных точности позиционирования и быстроходности, а также от вылета руки, т.е. геометрии.

Грузоподъемность определяется путем измерения установленной в захватном устройстве массы груза при заданной быстроходности и мощности привода, допустимой нагрузке на детали механизмов и обеспечении требуемой точности позиционирования. Зависимость грузоподъемности от быстроходности часто отражается в паспортных

данных путем указания грузоподъемности при нормальной и пониженной скоростях.

Быстродействие робота, характеризуемое временем движения рабочего органа на заданную величину хода, определяется:

1) по измерениям величин скорости, ускорения и малых перемещений в конце хода;

2) по измерениям непосредственно временных интервалов.

В первом случае характерные участки движения, определяемые по измерениям параметра скорости, уточняются по измерениям величин ускорений и малых перемещений. Быстродействие зависит не только от скорости, задаваемой приводом, но и от величины и направления перемещения, грузоподъемности и сил демпфирования. От величины этих параметров зависит время, затрачиваемое на доведение до заданного уровня колебаний в конце хода. Допустимые амплитуды колебаний определяются требованиями технологического процесса (операции), выполняемого роботом, условиями захватывания перемещаемой детали и т.п. Допустимый уровень ускорений руки при захвате объекта ограничивается в случаях перемещения сосудов с жидкостью и при захвате нежестких деталей, когда возникающие инерционные нагрузки могут привести к повреждению зажимаемых деталей, и в других подобных случаях.

Быстроходность является производной характеристикой. Она рассчитывается по быстродействию с учетом заданной величины перемещения. При оценке этой характеристики необходимо определить допустимый диапазон изменения средних скоростей рабочего органа с учетом факторов, влияющих на него в наибольшей степени. На быстроходность и быстродействие наиболее сложное влияние оказывают характер изменения скорости движения и колебание узла после окончания его перемещения. Сокращение общего времени перемещения приводит не только к повышению быстродействия, но и к понижению точности работы робота и возрастанию динамических нагрузок. Для каждой конструкции при испытаниях необходимо находить наилучшее соотношение составляющих времени, позволяющих не допустить динамических перегрузок и снижения точности.

Зона обслуживания робота характеризуется рабочим объемом, который ограничивается траекторией движения между конечными

точками всех возможных поступательных и вращательных перемещений рабочего органа, всех его длин ходов и углов поворота для региональных движений. При экспериментальном определении обслуживаемого пространства ПР вначале производится оценка паспортного значения допустимой длины хода и угла поворота по. всем степеням подвижности. Величины ходов исполнительных механизмов, предусмотренные конструкцией робота, в ряде случаев не могут быть полностью реализованы при некоторых соотношениях грузоподъемности и быстроходности из-за возникновения сильных колебаний руки, препятствующих выполнению заданной операции. В случае не достижения при максимальных вылетах рабочего органа заданной точности позиционирования следует определить, при каком вылете руки (радиусе поворота) и данной нагрузке погрешности снижаются до допустимых. Таким же образом для нескольких значений нагрузок получают данные для расчета действительного объема зоны обслуживания.

Для предупреждения столкновения с периферийным оборудованием при определении зоны обслуживания необходимо оценить и неиспользованную зону, зависящую от конструктивного исполнения ПР. При этом величина отношения объема зоны обслуживания к объему неиспользуемой зоны может служить показателем, который характеризует эффективность применения испытуемой конструкции ПР для данного техпроцесса.

Погрешность позиционирования является одной из основных характеристик ПР, определяющей их точностные свойства. Под погрешностью позиционирования δ_D понимается отклонение действительного положения исполнительного органа ПР X_i от запрограммированного $X_{прог}$ при его многократном двухстороннем позиционировании в различных точках по пути перемещения по каждому из направлений движения. Погрешность позиционирования формируется всем комплексом - механической частью и системой управления ПР и зависит от погрешности блоков и элементов системы управления, погрешности привода, жесткости руки, жесткости и динамических свойств механизмов позиционирования, сил демпфирования и других факторов. Погрешность позиционирования должна определяться в общем случае для различных положений рабочего органа в зоне обслуживания при заданных соотношениях грузоподъемности и быстроходности (с учетом прогиба руки манипулятора), которые изменяются в зависимости от

значений масс объектов манипулирования и перемещений рабочего органа в радиальном направлении.

В связи с тем, что при расчете погрешности позиционирования приходится иметь дело со случайными величинами, меняющими свое значение при каждом испытании, для оценки погрешности позиционирования необходимо использовать методы статистического анализа. При этом величина δ_D определяется следующими статистическими показателями:

а) алгебраической разностью наибольшего и наименьшего (во всем диапазоне перемещений) средних арифметических значений отклонений фактических положений рабочего органа от запрограммированных $x_{прог}$. Этот показатель характеризует накопленное отклонение;

б) значением рассеяния отклонений Dx при многократном подходе рабочего органа к запрограммированному положению (отклонение рабочего органа от заданного положения). Этот показатель характеризует среднее квадратическое отклонение.

Накопленное отклонение $\Delta\overline{X}$ представляет собой разницу средних значений действительных позиций рабочего органа, образующуюся при подходе его к заданной координате на оси различных направлений (с правого $\overline{X}_{пр}$ и левого $\overline{X}_{л}$ направлений). Данная величина позволяет определить среднее отклонение рабочего органа, проявляющееся при позиционировании запрограммированного положения.

Среднее квадратическое стандартное отклонение DX характеризует диапазон отклонений координат рабочего органа от средней действительной координаты, возникающей при подходе к запрограммированной заданной координате с правой ($DX_{пр}$) или левой ($DX_{л}$) стороны. Эта величина позволяет установить, в каком диапазоне ожидаются отклонения действительных координат рабочего органа от средней действительной координаты, если заданная координата позиционируется в одном направлении.

При сокращенных испытаниях погрешность позиционирования рассчитывают для одной из точек зоны обслуживания. Выбор метода определения погрешности позиционирования зависит от типа системы управления, которой оснащен ПР. Для ПР с позиционной системой управления погрешность позиционирования оценивается по величине

погрешности, подвода захвата в заданную точку при многократном повторении цикла. Для этого в заданную точку рабочего пространства устанавливается измерительный прибор для определения малых перемещений и снимается серия замеров при подходе руки робота к заданной точке. При измерениях применяются контрольные тела, закрепляемые на фланце захватного устройства или в самом захватном устройстве. Используются контрольные тела, имеющие форму шара, куба, цилиндра, призмы, линейки, и сложные тела, позволяющие более точно определить угловые смещения. Число приборов или датчиков перемещения и зависимости от задач измерений изменяется в пределах 1÷6. Измерения проводятся для движений руки по всем программируемым координатам в нескольких точках рабочего пространства. Для последующей статической обработки целесообразно, чтобы каждая серия измерений включала не менее 10 замеров. Обработка результатов измерений производится статистическими методами в предположении, что случайные отклонения от заданного положения подчиняются закону нормального распределения Гаусса. Замеры производятся в автоматическом режиме работы ПР.

Для ПР с контурной системой управления задача контроля точности отличается большей сложностью и заключается в следующем. В процессе обучения ПР задаваемая вручную пространственная траектория воспроизводится автоматически. Требуется определить отклонения заданной траектории от фактической δ_D, воспроизведенной ПР. Данная величина характеризуется:

а) отклонением действительной средней траектории от запрограммированной заданной (погрешность траектории);

б) колебанием (разбросом) действительной траектории вокруг средней (погрешность перемещения).

Оба эти значения объединяются понятием отклонения заданной траектории от фактической.

Используются различные методы и схемы измерительных устройств для решений этой задачи. При использовании метода контроля точности воспроизведения пространственной кривой, основанного на использовании специальной измерительной головки, головка оснащена двумя индуктивными датчиками малых перемещений и крепится к рабочему органу ПР. Во время обучения измерительная головка перемещается на определенном расстоянии вдоль проверяемой

линии. Это перемещение регистрируется системой управления. При автоматическом воспроизведении траектории производят сравнение (с помощью ЭВМ) фактического и запрограммированного перемещений. С целью упрощения метода на практике проверка осуществляется путем перемещения головки вдоль призматического бруска, расположенного диагонально в пространстве. Рассмотренный метод, требующий специального измерительного стенда, может применяться, как правило, при лабораторных испытаниях ПР.

Для измерения значений отклонения заданной траектории от фактической можно использовать и датчик малых перемещений, который устанавливается в рабочем органе и перемещается по проверяемой пространственной траектории.

Для промышленных роботов, выполняющих технологические операции (например, сварочных ПР), важное значение имеет *обеспечение и оценка устойчивости перемещения* их исполнительных механизмов. Поэтому при испытаниях целесообразно определить степень и характер влияния различных факторов и параметров на неравномерность перемещения исполнительных механизмов ПР.

Оценка неравномерности перемещения исполнительных механизмов ПР, выполняющих технологические операции, в период установившегося движения может проводиться с помощью коэффициента неравномерности K_v или K_w. Значение коэффициента K_v или K_w зависит от конструкции, жесткости, качества изготовления, регулировки, смазки механизма, качества обработки и состояния направляющих, определяющих нелинейность характеристик трения. Поэтому при условии получения достаточного количества экспериментальных данных для их статистической обработки коэффициент K_v или K_w может использоваться в качестве критерия как для сравнения различных вариантов конструкции, так и для выявления дефектов изготовления и регулировки механизмов ПР.

Неравномерность движения исполнительных механизмов ПР может быть оценена также о помощью коэффициента неравномерности ускорения k_v^y или k_w^y.

Для исследования указанных выше характеристик достаточна регистрация скорости, ускорения и малых перемещений руки в конце хода. Эти параметры целесообразно регистрировать одновременно при движении по каждой координате в обоих направлениях (вверх-вниз,

вперед-назад, по часовой стрелке, против часовой стрелки). В этом случае время позиционирования связывается с заданным уровнем колебаний. Испытания проводятся в автоматическом режиме работы ПР.

При сокращенных испытаниях варьируются следующие параметры:

1. Масса груза m. Испытания проводятся на холостом ходу ($m = 0$) и при значениях массы груза $m = 0{,}5m_{max}$; $m = m_{max}$, где m_{max} - максимальная грузоподъемность ПР.

2. Величины перемещений по каждой степени подвижности;

а) для механизмов линейного позиционирования руки рекомендуются интервалы $0{,}2L_{max}$; $0{,}6L_{max}$; $1{,}0L_{max}$, где L_{max} - максимальный ход;

б) для механизмов углового позиционирования рекомендуются интервалы $0{,}2\Psi_{max}$; $0{,}6\Psi_{max}$; $1{,}0\Psi_{max}$, где Ψ_{max} - максимальный угол поворота.

3. Скорости перемещений и закон движения - для тех ПР, у которых это предусмотрено конструкцией. При этом величины скоростей перемещений по каждой степени подвижности рекомендуется варьировать в следующих интервалах:

а) для механизмов линейного позиционирования от $0{,}5v_{max}$ до $1{,}0v_{max}$, где v_{max} - максимальная линейная скорость;

б) для механизмов углового позиционирования от $0{,}5w_{max}$ до $1{,}0w_{max}$, где w_{max} - максимальная угловая скорость.

Для повышения достоверности результатов обработки каждое измерение целесообразно проводить не менее трех раз.

Значения временных интервалов, характеризующих длительность составляющих цикла и весь процесс в целом, можно определить, измеряя электрические сигналы в цепи управления (например, в соленоидах, реле и др.), причем наиболее просто найти время циклов. Для измерения других временных интервалов (например, времени разгона и торможения) необходимо получить информацию о моментах прохождения исполнительным устройством робота отдельных точек его хода. С этой целью вводят в схему измерения дополнительные первичные преобразователи, но это усложняет испытания и увеличивает их трудоемкость.

Временные интервалы можно получить и путем измерения скорости v (или w) исполнительного устройства робота. В этом случае характерные точки начала и конца отдельных временных интервалов уточняются по ускорениям *a* (или e) и малым перемещениям D в конце хода исполнительного механизма робота, которые регулируются вместе с его скоростью. При этом определяются:

1. Время разгона $t_р$ (как обычно, интервал времени с момента v = 0 до момента v = 0,95 v_{max}, где v_{max} - максимальная скорость движения).

2. Время установившегося движения $t_{уст}$.

3. Время торможения $t_т$ (интервал времени от конца установившегося движения до момента, когда v = 0).

4. Время успокоения колебаний $t_{усп}$. (интервал времени от конца торможения до момента, когда амплитуда колебаний исполнительного устройства робота уменьшится до заданной величины (например, до паспортного значения погрешности позиционирования).

5. Максимальные линейные v_{max} и угловые w_{max} скорости

$$v_{max} = \frac{L}{L_n} \cdot h;\ w_{max} = \frac{\Psi}{\Psi_n} \cdot h$$

где L и Ψ - заданные линейное и угловое перемещение исполнительного устройства робота; L_n и Ψ_n - линейное и угловое перемещения, определяемые путем интегрирования измеряемой скорости движения исполнительного устройства робота; h - максимальная ордината измеряемой скорости.

6. Наибольшие величины ускорений при разгоне $a_р$ и торможении $a_т$.

7. Амплитуда A и период T колебаний рабочего органа по измерениям параметров малых перемещений в конце исполнительного устройства робота.

С помощью параметров, определяемых экспериментально, рассчитываются:

1. Время движения $t_п$ без учета времени колебаний в конце хода

$$t_п = t_р + t_{уст} + t_т.$$

2. Общее время движения $T_п$ с учетом времени колебаний в конце хода

$$T_п = t_п + t_{уст}.$$

3. Средние линейные и угловые скорости без учета ($v_{ср_0}$, $w_{ср_0}$) и с учетом ($v_{ср}$, $w_{ср}$) колебаний в конце хода

$$v_{cp_0} = \frac{L}{t_n}; v_{cp} = \frac{L}{T_n};$$
$$w_{cp_0} = \frac{\Psi}{t_n}; w_{cp} = \frac{\Psi}{T_n}.$$

4. Угловое ускорение для механизмов углового позиционирования

$$\varepsilon_p = \frac{a_p}{R};\ \varepsilon_T = \frac{a_T}{R}$$

где R - радиус установки линейного датчика ускорения.

5. Инерционные нагрузки по максимальным величинам масс ведомых звеньев M или их моментов инерции j.

$$Рир = Ma_р;\ Рит = Ma_т;\ Мир = je_р;\ Мит = je_т.$$

6. Частота колебаний f по намеренным величинам периода колебаний T

$$f = \frac{1}{T}$$

7. Логарифмический декремент δ затухания колебаний определяется по результатам измерения амплитуд двух последовательных колебаний A_i и A_{i+1}

$$\delta = \ln\frac{A_i}{A_{i+1}}$$

(i = 1, 2, ..., n - номер измерения).

На основании полученных данных строятся графики зависимостей между основными характеристиками ПР: $v_{ср} = f(L)$; $v_{ср} = f(m)$ и др.

8. Значения погрешности позиционирования по измерениям величин отклонения рабочего органа от заданного положения:

а) при одностороннем подходе к запрограммированной позиции (см. рис. 1) и нормальном распределении рассеяния можно определить по формулам

$$\delta_\Delta = (\overline{X}_{пр} - X_{прог}) \pm \Delta X_{пр};$$
$$\delta_\Delta = (\overline{X}_{л} - X_{прог}) \pm \Delta X_{л}$$

где $\Delta\overline{X}_{пр} = (\overline{X}_{пр} - X_{прог})$ и $\Delta\overline{X}_{л} = (\overline{X}_{л} - X_{прог})$ - накопленная погрешность при правом и левом подходе рабочего органа к заданной точке:

$$\overline{X}_{пр} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} X_{iпр} \text{ и } \overline{X}_{л} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} X_{iл}$$

- среднее арифметическое значение действительного положения рабочего органа ПР при многократном одностороннем соответственно правом и левом подходе; m - число измерений; $X_{iпр}$, $X_{iл}$, $X_{прог.}$ - соответственно действительное при правом и левом подходе и запрограммированное положения рабочего органа ПР; $\Delta X_{пр} = \beta S_{пр}$; $\Delta X_{л} = \beta X_{л}$ - границы доверительных интервалов для принятой надежности и числа измерений m при правом и левом подходе рабочего органа:

$$S_{пр} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(X_{iпр} - \overline{X}_{пр})^2}{m-1}};\ S_{л} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(X_{iл} - \overline{X}_{л})^2}{m-1}}$$

- средние квадратические отклонения от средних арифметических значений $\overline{X}_{пр}$ и $\overline{X}_{л}$ при правом и левом подходах; β - соответствующий коэффициент Стьюдента;

б) при подходе к запрограммированной позиции с двух направлений и нормальном распределении рассеяния:

$$\delta_{\Delta} = \left(\overline{X} - X_{прог}\right) \pm \left(X + \frac{\Delta U_x}{2}\right),$$

где $\Delta\overline{X} = (\overline{X} - X_{прог})$ - накопленная погрешность;

$$\overline{X} = \frac{\overline{X}_{пр} - \overline{X}_{л}}{2};\ \overline{X}_{пр} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} X_{iпр} \text{ и } \overline{X}_{л} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} X_{iл}$$

- средние арифметические отклонения при подходе рабочего органа к заданной позиции соответственно с правой и левой стороны, которые учитывают несовпадение центра рассеивания и заданного в режиме обучения исходного положения.

$X_{iпр}$ и $X_{iл}$ - результаты отдельных замеров в серии при подходе рабочего органа к заданной позиции соответственно с правой и левой стороны;

m - число измерений в серии;

$\Delta X = \frac{\Delta X_{пр} + X_{л}}{2}$; $\Delta X_{пр} = \pm\beta S_{пр}$ и $\Delta X_{л} = \pm\beta S_{л}$ - границы доверительных интервалов для принятой надежности и числа измерений m, определяемые при подходе рабочего органа к заданной позиции соответственно с правой и левой стороны;

$S_{пр} = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}(X_{iпр} - \overline{X}_{пр})^2}$ и $S_{л} = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}(X_{iл} - \overline{X}_{л})^2}$ - средние квадратические отклонения, определяемые при подходе рабочего органа к заданной позиции соответственно с правой и левой стороны;

β - соответствующий коэффициент Стьюдента; $\Delta U_x = (\overline{X}_{пр} - \overline{X}_{л})$ - зона нечувствительности, имеющая место при реверсе перемещения рабочего органа ПР.

9. Коэффициент неравномерности перемещения K_v или K_w :

$$K_v = 2\frac{v_{max} - v_{min}}{v_{max} + v_{min}} \text{ или } \frac{K_v}{2} = \frac{v_{max} - v_{min}}{v_{max} + v_{min}} 100\%$$

$$K_w = 2\frac{w_{max} - w_{min}}{w_{max} + w_{min}} \text{ или } \frac{K_w}{2} = \frac{w_{max} - w_{min}}{w_{max} + w_{min}} 100\%$$

где v_{max}, v_{min} и w_{max}, w_{min} - соответственно максимальные и минимальные линейные и угловые скорости движения исследуемого механизма ПР.

10. Коэффициент неравномерности ускорения K_a или K_ε:

$$K_a = \frac{a_{ср}}{a_{max}} \text{ или } K_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{ср}}{\varepsilon_{max}}$$

где $a_{ср}$, a_{max} и $\varepsilon_{ср}$, ε_{max} - средние и максимальные значения соответственно линейных и угловых ускорений испытуемых механизмов ПР.

Конфигурация робота при проведении испытаний должна быть подробно описана в протоколе испытаний, включая все подсистемы и компоненты с их характеристиками и функциональными возможностями. Конфигурация робота, при необходимости, должна быть проверена всеми методами испытаний, установленными заказчиком испытаний, чтобы обеспечить достоверное и всестороннее определение его рабочих характеристик. При любом изменении конфигурации робота необходимо проведение повторных испытаний.

4.3. Особенности испытаний мехатронных систем

Экспериментальные исследования занимают главенствующее место среди всех способов получения информации о внутренних взаимосвязях в мехатронных системах. Под *экспериментом* принято понимать совокупность действий, осуществляемую посредством материальных средств исследования с целью получения новой информации об изучаемом объекте путем построения информационной модели, характеризующей различные его стороны и проявления. Разновидностью экспериментов являются ***испытания***, проводимые с целью контроля нахождения параметров объекта в допустимых пределах.

Испытания мехатронных систем, ярким представителем которых являются мехатронные модули металлорежущего станка с ЧПУ состоят из следующих этапов: испытания на холостом ходу и проверка паспортных данных; испытания под нагрузкой и в работе; испытания на точность; испытания на жесткость и виброустойчивость. Испытания на холостом ходу и проверку паспортных данных начинают включением минимальной скорости движения. Затем устанавливают другие скорости, включают подачу и ускоренный ход. Проверяют безотказность блокировок, действия системы смазывания, охлаждения, гидра и электрооборудования, уровень шума. При испытаниях под нагрузкой и в работе проверяют наибольшие силы (с кратковременной перегрузкой на 25%), наибольшие мощность и крутящий момент, убеждаются в безотказности действия под нагрузкой всех механизмов и систем, предохранительных устройств и тормозов.

Точность работы мехатронного модуля движения оценивают его погрешностью, т.е. разностью между действительным и расчетным положениями выходного звена. Основными причинами возникновения погрешности ММ являются погрешности системы управления и двигателя, кинематические погрешности, мертвый ход и упругие деформации элементов его преобразователей движения.

Погрешность системы управления и двигателя.

Погрешность системы управления и двигателя.

Погрешность системы управления и двигателя, приближенная к выходному звену преобразователя движения, может быть определена в виде:

$$\Delta q = \frac{\Delta \varphi_{дв}}{u}$$

u - передаточное отношение преобразователя движения; $\Delta\varphi_{дв}$ - погрешность угла поворота двигателя.

Погрешность, вызванная податливостью преобразователя движения.

Звенья преобразователя движения ММ не являются абсолютно жесткими. Под действием нагрузок они деформируются. Это приводит к изменению положения выходного звена, т.е. возникновению погрешности ММ.

$$\Delta q' = e_п Q$$

$e_п$ - приведенная податливость преобразователя движения ММ

$$Q = \begin{cases} F - \text{ сила сопротивления(Н), при линейном перемещении выходного звена} \\ T - \text{момент споротивления(Нм), при угловом перемещении выходного звена} \end{cases}$$

Погрешность мехатронного модуля.

Полную погрешность выходного звена ММ определяют в виде:

$$\Delta = \Delta q + \delta_{\Sigma} + J_{\Sigma} + \Delta q'$$

Δq – погрешность системы управления и двигателя

δ_{Σ} - кинематическая погрешность преобразователя движения

J_{Σ} - мертвый ход преобразователя движения

$\Delta q'$ - погрешность, вызванная податливостью преобразователя движения

Ошибки в мехатронных модулях движения могут быть обусловлены следующими причинами и факторами:

1) причины, связанные со схемой погрешностей, которые появляются при изготовлении механизмов (т. е. при применении схемы);

2) технологические причины, которые по линейным, т. е. геометрическим размерам разделяются на:

а) ошибки размера – отклонения размеров элементов у образца и теоретического прототипа от номинальной величины, а также ошибки между элементами, которые появляются при перемещении узлов, составляющих пару (кинематические пары);

б) ошибки формы у рабочих поверхностей тех же пар;

в) ошибки во взаимном расположении рабочих поверхностей узлов;) отклонения в шероховатости и волнистости от номинальных;

3) ошибки, вызванные силами в самом механизме (это силы деформации, трения, вибрации и прочие, а также воздействие динамических факторов (например, ударно-колебательное движение);

4) ошибки, связанные с нарушением температурного режима эксплуатации механизма, из-за изменения сопротивлений и линейных размеров в узлах.

Также выделяют следующие ошибки:

1) ошибка положения механизмов. Имеется в виду следующее: если взять два механизма, которые должны совершить некоторое согласованное действие, то несмотря на полное соответствие параметров ведущих звеньев, обнаруживается разница; эта разница и есть искомая ошибка. Эти механизмы можно себе представить как механизм действительный и его теоретический прототип, то есть под ошибкой имеется в виду несоответствие образца теоретическому прототипу**;**

2) ошибка перемещения механизмов: речь идет о несоответствии параметров ведомых узлов при тех же параметрах ведущих. Только теперь разница в перемещении, а не в положении ведомых узлов;

3) ошибка положения ведомого звена – имеется в виду та же ошибка, что и в (1), только теперь ее причина в неточности ведущих звеньев, последние часто являются последствиями неправильных вводных данных;

4) ошибка перемещения ведомого звена: то же самое, что и ошибка (2), только теперь причина в ведущих звеньях, но по той же причине, что и в (3);

5) ошибка передаточного отношения (имеется в виду разность между действительным (у образца) и теоретическим передаточными отношениями);

6) ошибка линейного передаточного отношения. Аналогично предыдущей ошибке, речь идет о разности между действительным и теоретическим линейными передаточными отношениями.

Методы определения ошибок мехатронного модуля движения

Аналитический метод – самый общий и распространенный метод обнаружения ошибок. Сопоставляются уравнения движения уже имеющегося механизма и его теоретического прототипа. Цель: получить зависимость, которая выражала бы разность движений ведомых узлов в этих механизмах, в зависимости от движения ведущего звена уже произведенного механизма. При этом значительную роль играет компьютерное моделирование с использованием динамических моделей. В итоге получается функция от ошибок схемы. Значение погрешности получают, разделив линейное перемещение нарушенного ΔS_m ведомого звена на чувствительность измерительного устройства R, и находят ошибку схемы, выраженную в:

$$\Delta S_{m\ изм} = \frac{\Delta S_m}{R}$$

Экспериментальный метод применяют в том случае, когда использование предыдущего метода становится проблематичным из-за ряда причин, например, из-за плохого знания прибора, или же когда в приборах имеются упругие узлы, не позволяющие установить линейную зависимость между искомыми величинами. В случае обнаружения дефектов подвергают исследованию группы одинаковых приборов (механизмов). После определения ряда одинаковых параметров, для которых характерны общие по роду отклонения (для этого каждая единица прибора (механизма) исследуется многократно; в одних и тех же точках, где наблюдались отклонения, определяются средние значения

параметров для каждой единицы) находят среднее значение для всей исследуемой партии. После обработки полученных данных удается определить функцию от ошибки схемы прибора (механизма). Достоинством этого метода является следующее: функцию от ошибок схемы находят, например, методом наименьших квадратов, что значит уменьшение влияния ошибок каждого механизма на общую ошибку для всей группы. Если построить кривую для рядов найденных ошибок, то она будет отражать не только искомые ошибки схемы, но и систематические, которые были допущены при изготовлении или сборке приборов.

При проведении испытаний большое значение имеют условия, при которых производят измерения. Проверку необходимо проводить при температуре +20. °С; колебания температуры не должны превышать ±0,5. Объем испытания определяется соответствующими нормами точности, предусмотренными ГОСТом.

4.4. Методы и средства диагностирования роботов и мехатронных систем

Методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем классифицируют по следующим признакам:

- степени информативности;
- видам диагностической информации;
- степени использования технических средств;
- стадиям эксплуатации;
- глубине диагностирования.

По степени информативности выделяют следующие методы:

- метод *временных интервалов,* применяемый для анализа простоев, определения показателей надежности, контроля работы системы управления, получения циклограмм;
- метод *эталонных модулей,* основанный на сравнении экспериментальных данных или рассчитанных значений и показателей качества;
- метод *эталонных зависимостей,* основанный на сравнении измеренных диагностических параметров с эталонными диагностическими параметрами;
- спектральный *метод,* основанный на измерении составляющих сложных вибрационных или акустических сигналов;

• корреляционный *метод,* применяемый для обнаружения отклонений в характере зависимости между диагностическими параметрами (взаимная корреляция) или изменении диагностических параметров во времени (автокорреляция).

По источнику информации выделяют тестовое и функциональное диагностирование.

При тестовом диагностировании на объект подаются тестовые воздействия от средств диагностирования. При функциональном на объект поступают только рабочие воздействия.

Методы диагностирования классифицируются **по типу физических процессов**, происходящих в объекте: механический, электрический, вибрационный, ультразвуковой, ударно-импульсный, тепловой, магнитный, фотометрический и др.

Механический метод заключается в измерении геометрических размеров частей механических объектов. Он используется при определении износа.

Электрический метод заключаются в измерении электрических величин, основан на измерении электрических диагностических параметров: тока, напряжения, сопротивления, мощности.

Вибрационный метод заключается в измерении параметров вибрационных процессов – виброперемещения, виброскорости, виброускорения.

Ультразвуковой метод заключается в измерении отраженных от границ раздела двух сред направленных ультразвуковых колебаний. Он позволяет обнаруживать внутренние дефекты в крупногабаритных объектах с возможностью определения их места и размеров.

Метод ударных импульсов заключается в измерении механических ударных волн, возникающих при соударении твердых тел. Его применяют для определения состояния подшипников качения и смазки.

Тепловой метод заключается в измерении температуры объектов.

Магнитный метод заключается в измерении магнитных полей рассеивания, возникающих над дефектом, и в определении магнитных свойств диагностируемых объектов. Он используется для измерения толщины, для контроля структуры, механических свойств деталей. В

зависимости от способа измерения магнитных полей рассеивания разделяется на магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, магниторезисторный, индукционный.

Фотометрический метод заключается в измерении освещенности. Используется для измерения линейных и угловых люфтов и зазоров в сопряжениях, загрязненности масел.

В настоящее время перспективными направлениями развития методов диагностирования являются приемы искусственного интеллекта, основанные на нечеткой логике, экспертных системах и нейронных сетях. Методы нечеткой логики позволяют значительно упростить описание модели объектов диагностирования, а также являются более простыми для аппаратной реализации. Экспертные системы позволяют принимать решения о состоянии объекта, если оценка состояния или поиска неисправности объекта является трудно формализуемой задачей. Нейронные сети используют для идентификации объектов, распознавания и прогнозирования состояния МС. Преимущества классификатора, построенного на основе нейронных сетей, перед традиционными оценочными методами заключается в следующих факторах: независимость от шумов, самообучаемость, возможность параллельной обработки.

Важным шагом в любом методе диагностирования является построение математической модели, дающей адекватную информацию о функционировании мехатронной и робототехнической системы.

При решении задачи моделирования в робототехнике и мехатронике возможно использование различных прикладных программ, пакетов и библиотек: Maple, Matlab, ProMechanic, AutoCad и других. Достаточно хорошие результаты при моделировании технических систем достигаются с помощью пакета Matlab. Пакет Simulink, входящий в состав системы Matlab, позволяет достаточно оперативно составлять исследуемые модели, изменять их структуру и регистрировать результаты моделирования, не прибегая к сложным программным процедурам. В последние версии пакета Simulink включена библиотека Sim Mechanics second generation, позволяющая выполнять моделирование движения различных механических систем в трехмерном пространстве в векторно-матричном виде, не прибегая к составлению сложных дифференциальных уравнений, а также библиотека Math Operations. Исходя из этого, предлагается использовать пакет Simulink в сочетании с

библиотекой Sim Mechanics second generation и Math Operations. Идеология составления блок - схем в библиотеке Sim Mechanics second generation существенно отличается от идеологии составления функциональных блок-схем библиотеки Simulink. В блок-схеме Sim Mechanics second generation отдельные блоки следует рассматривать как модели, имитирующие механическое движение одной части моделируемого механизма относительно другой. Входы и выходы блока фактически таковыми не являются, а имитируют «посадочное место» соответствующей части механизма. Линии соединения «входов» и «выходов» блоков имитируют жесткие соединения выходной части одного механизма с входной частью другого. Можно утверждать, что это соединение моделирует передачу силового воздействия между частями разных механизмов. Но поскольку в соответствии с третьим законом Ньютона сила действия равна силе противодействия, такую передачу силы нельзя рассматривать как однонаправленное воздействие. Поэтому в блок - схемах на линиях соединений механических блоков нельзя встретить изображений стрелок, указывающих направление воздействия. По той же причине графические изображения «входов» и «выходов» механических блоков имеют вид не стрелок, а квадратов с диагоналями.

«Входы» и «выходы» механических блоков нельзя рассматривать в качестве источников и приёмников, каких бы то ни было сигналов. К их соединительным линиям нельзя подсоединить обычные S-блоки, а потому нельзя и сформировать с помощью последних заданные воздействия или вывести информацию о получаемых в результате движениях механизмов (например, в обзорные окна или непосредственно в среду MATLAB). Но так как любое моделирование механизмов невозможно осуществить без указания нужных исследователю воздействий и без вывода результатов моделирования в среду MATLAB, такая идеология построения блок-схем механизмов требует включения в библиотеку блоков, осуществляющих прямую и обратную связь S-блоков с механическими блоками.

В состав библиотеки входит шесть разделов:

– Body elements (Тела) – содержит блоки, моделирующие твердые тела;

– Joints (Сочленения) – включает блоки имитации механических сочленений, обеспечивающих требуемые степени свободы одной части механизма относительно другой;

– Constraints (Связи) – состоит из блоков имитации ограничений на степени свободы механической системы;

– Frames and Transforms (система координат) – состоит из блоков систем координат;

– Utilities (Утилиты) – включает вспомогательные блоки, которые могут использоваться при создании модели механизма;

– Demos (Демонстрационные программы) – позволяет вызвать на исполнение демонстрационные модели.

При моделировании движения различных механизмов в пакете Sim Mechanics second generation предусмотрены источники сил и моментов сил (блок Extermal Force and Torque), действием которых можно управлять в функции времени или переменных состояния механизма. В то же время исследование движения характерной точки механизма по заданной траектории с использованием указанного блока вызывает значительные затруднения. Исходя из этого, поставим задачу максимального приближения модели исполнительной системы робота к реальному объекту и представим моделируемую систему в виде, изображенном на рис. 4.1.

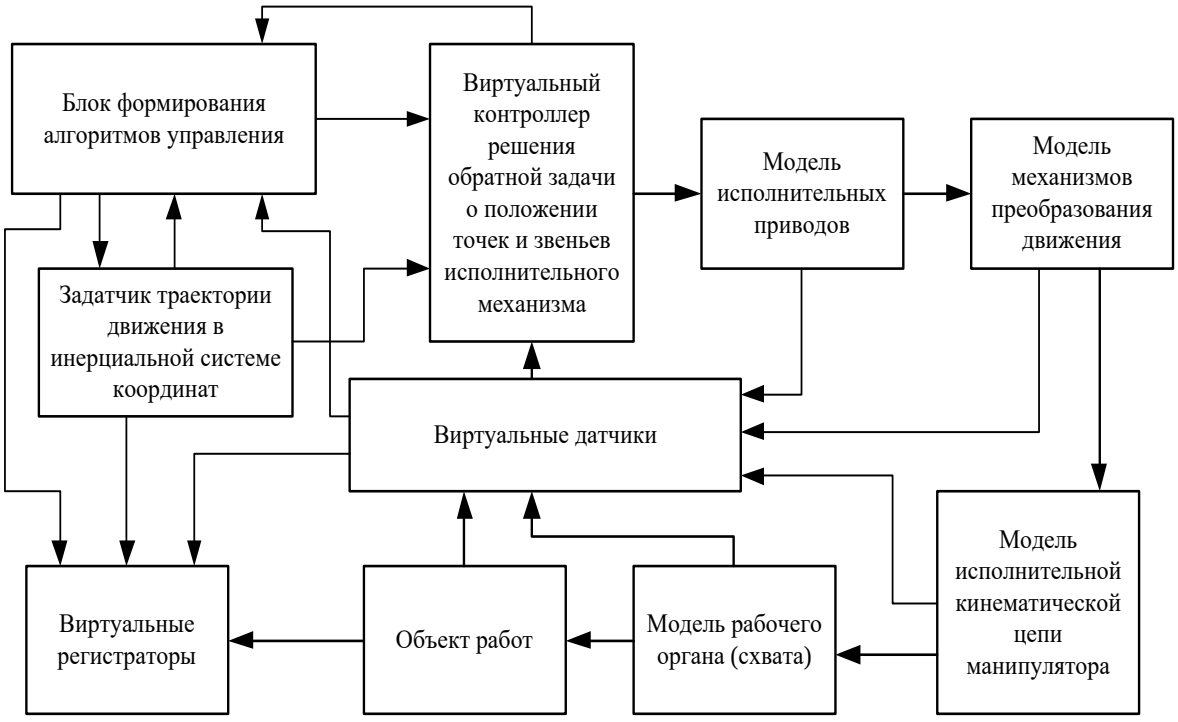


Рис. 4.1. Структурная схема модели исполнительной системы робота

Представленная структура позволит выполнить всесторонний анализ, как исполнительной системы, так и реализации различных алгоритмов управления движением манипуляторов в процессе выполнения рабочих операций. Поскольку на данном этапе выполнения работы многие параметры исполнительной системы выбираются априорно, ограничимся исследованием ее работы при движении по некоторой траектории в процессе перемещения объекта работ с позиции взятия на позицию установки. В качестве примера построения модели используем автономную исполнительную систему манипулятора, кинематическая схема которого приведена на рис.4.2.

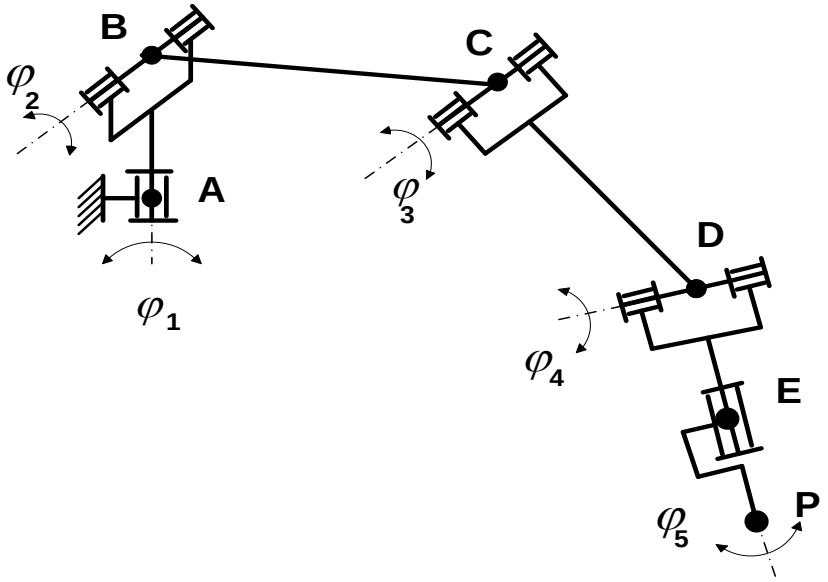


Рис. 4.2. Кинематическая схема манипулятора

При построении модели используем следующие блоки: World Frame, Solver Configuration, Mechanism Configuration, Solid, Revolute, Rigid Transform, Prismatic Joint, Transform Sensor,World Frame, Solver Configuration, Mechanism Configuration, которые являются обязательными при построении модели любого механизма. Они представляют собой неизменные точки основания (земли), неподвижные в абсолютном (инерциальном) пространстве. Движение отдельных частей механизма задаётся или определяется по отношению к системе координат, реализуемой этими блоками. На рис. 4.3. представлен вид подсистемы «Начало координат».

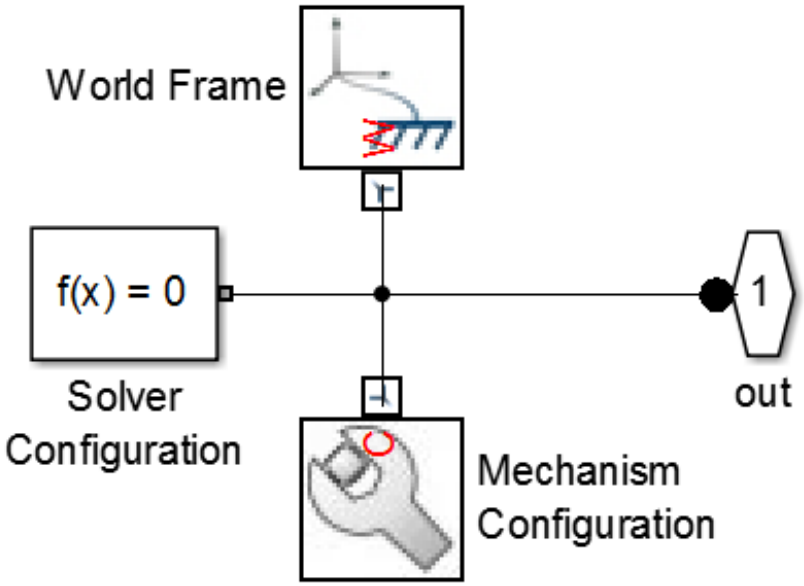


Рис. 4.3. Подсистема «Начало координат»

Блоки Revolute, Prismatic Joint, относящиеся к разделу Joints (сочленения), позволяют обеспечить возможность моделирования относительных движений тел, представленных отдельными блоками Solid, то есть необходимых степеней подвижности. Блок имеет два обязательных порта, с помощью которых он подсоединяется к двум блокам из раздела Body Elements. Порт, отмеченный индексом B (base - основной), предназначен для соединения с блоком Body, представляющим первое (основное) тело, порт с индексом F (follower- следующий) служит для подсоединения к следующему телу в связанной цепи тел, составляющих механизм. Solid - представляет отдельную часть механизма, рассматриваемую как твердое тело, движение которого моделируется. В окне настройки блока задаются масса, инерция, форма, размер и цвет объекта. Модель объекта можно импортировать из другой программы (например, «Компас»).

На рис. 4.4 представлен фрагмент построения модели из выше перечисленных блоков. Построение модели исполнительной кинематической цепи манипулятора производится в пространстве правой инерциальной системы координат XYZ. В состав модели входит 5 звеньев и 5 цилиндрических шарниров, при этом оси шарниров расположены вдоль осей Z относительных систем координат.

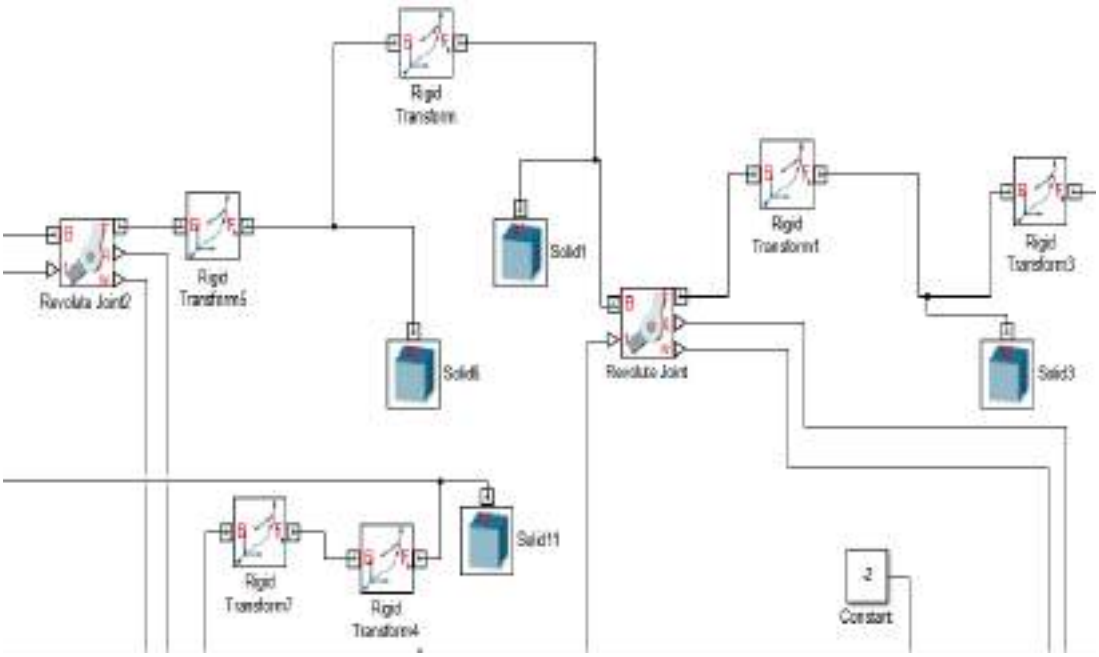


Рис. 4.4. Фрагмент построения модели

Величины масс звеньев примем в соответствии с выражением: $m_i = к \cdot m_г$, где m_i- масса i - го звена, считая от основания; к- коэффициент; $m_г$-грузоподъемность манипулятора. Значения коэффициента к равны 2; 6; 4,5;3 и 2 соответственно. На рис. 4.5 приведена модель обобщенной исполнительной кинематической цепи манипулятора, построенная в соответствии с изложенным выше.

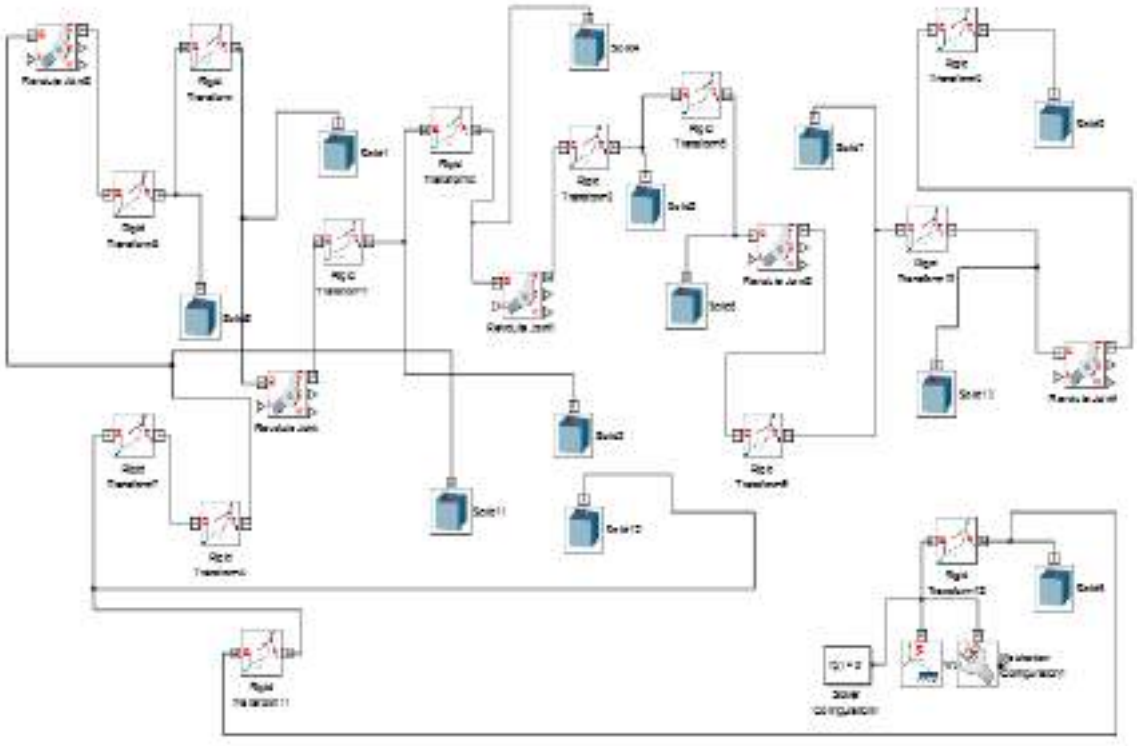


Рис. 4.5. Модель исполнительной кинематической цепи манипулятора

На рис. 4.6 представлена анимация модели обобщенной исполнительной кинематической цепи манипулятора.

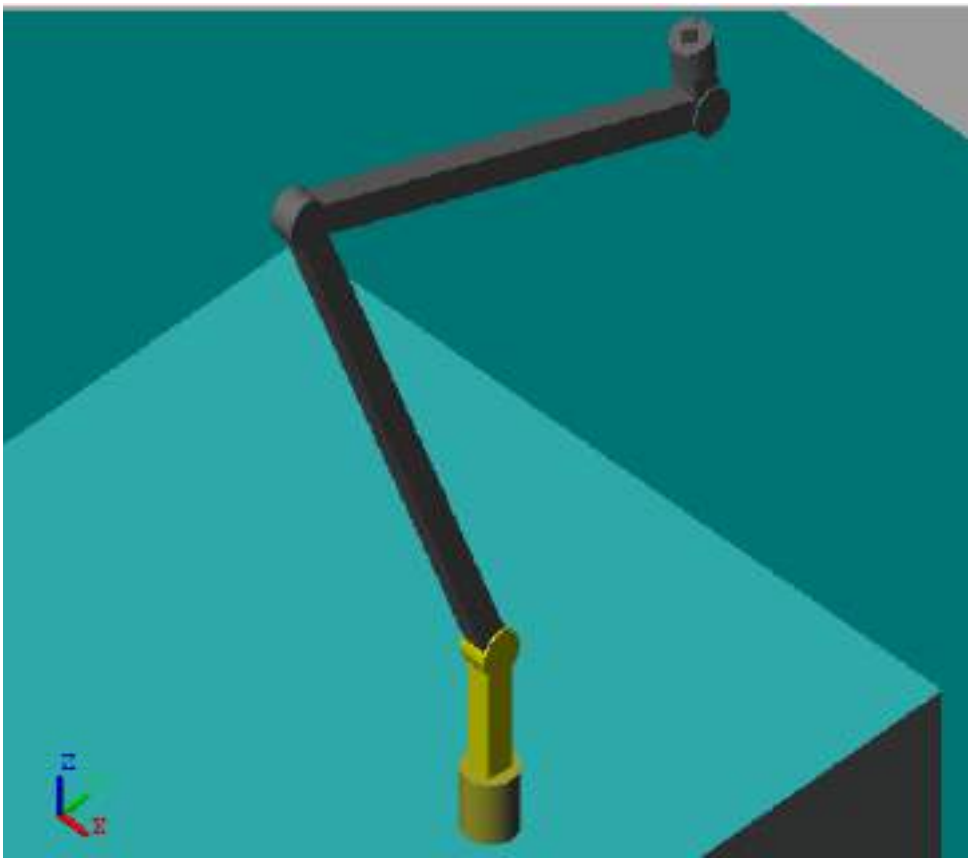


Рис. 4.6. Анимация модели исполнительной кинематической цепи манипулятора

В качестве рабочего органа манипуляторов выберем схват с плоскопараллельным движением губок, схема которого приведена на рис.4.7.

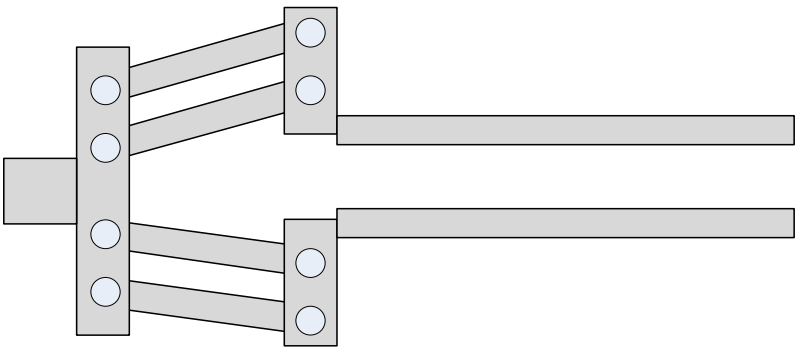


Рис. 4.7. Схема схвата

На рис. 4.8 представлена компьютерная модель механизма схвата, а на рис. 4.9 – ее анимация.

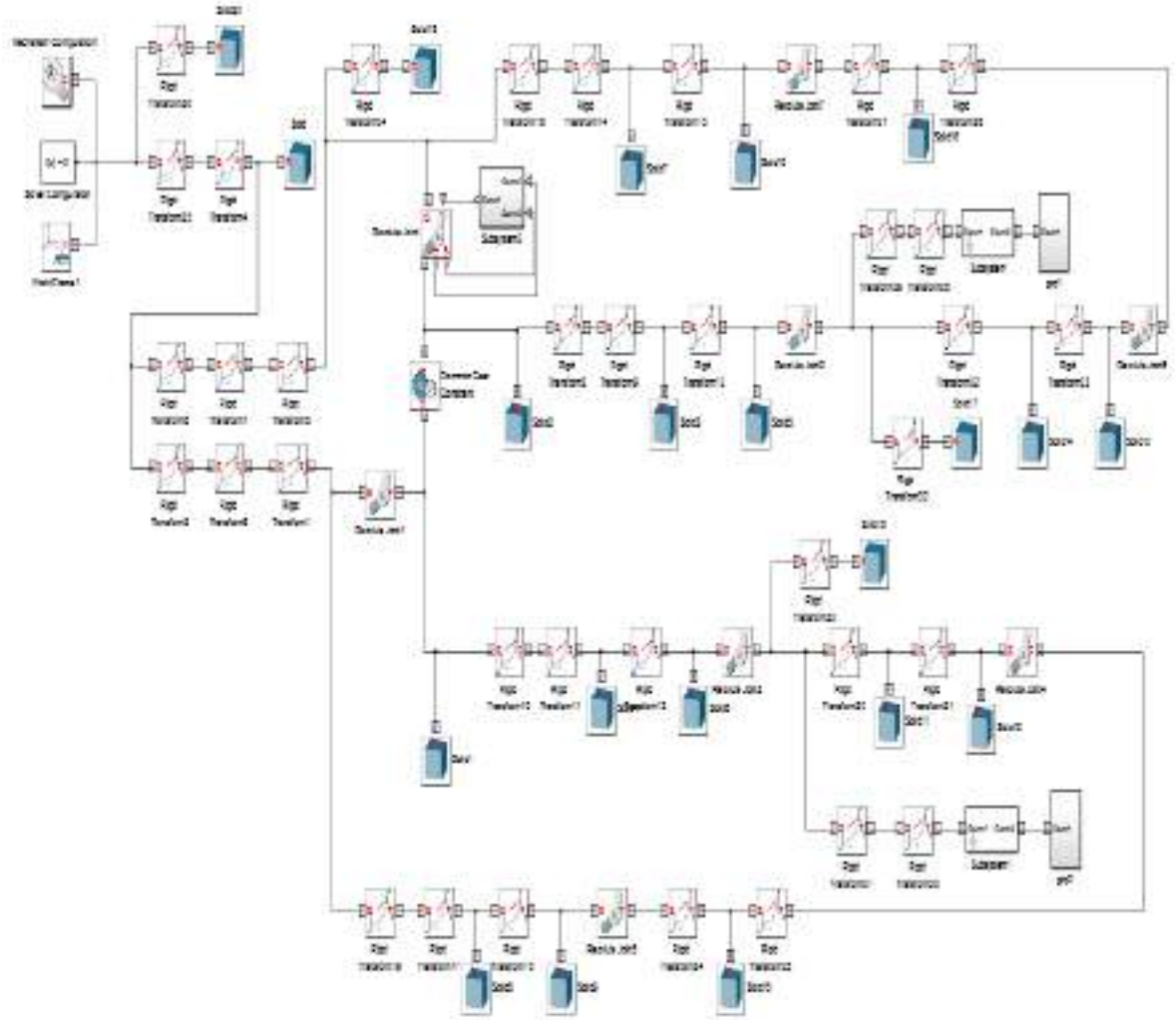


Рис. 4.8. Компьютерная модель механизма схвата

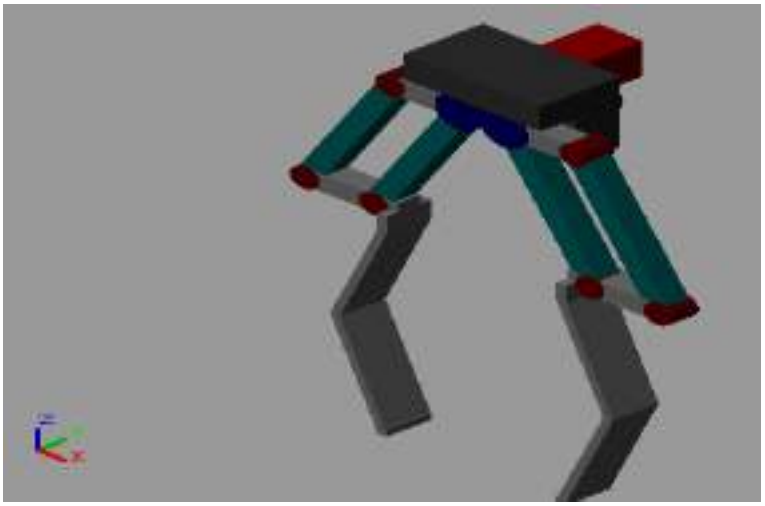


Рис. 4.9. Анимация модели механизма схвата

Процедура диагностирования объекта включает два этапа: проверку его работоспособности и поиск дефекта. Поэтому основной задачей технического диагностирования (ТД) является поддержание работоспособности объекта путем своевременного распознавания отказов и устранения причин их появления. По характеру взаимодействия объекта и технических средств можно выделить два метода ТД:

- функциональное диагностирование;
- тестовое диагностирование.

Первый метод основан на пассивном наблюдении за функционированием объекта и оценке его состояния по диагностическим признакам (например, уровень температуры, шумов или вибрации, величина потребляемой энергии, время выполнения цикла).

Второй метод предусматривает формирование специального воздействия, стимулирующего у объекта ответную реакцию, которая сравнивается с эталонной (активный эксперимент). Роль стимулирующего воздействия выполняют ступенчатые, импульсные, гармонические и другие сигналы.

В качестве диагностических показателей используются параметры динамических звеньев, коэффициенты уравнений, обобщенные параметры.

Типовой алгоритм системы поддержания работоспособности объекта (СПРО) имеет вид:

- сбор информации;
- оценка информации и выявление отклонений показателей от нормы;
- определение причины отклонения:
- принятие решения и выработка корректирующего воздействия (КВ);
- ввод КВ в систему с целью ликвидации отклонения.

Первые два этапа – операции контроля, третий – диагностирование.

Эксплуатируемый объект (система) подвержен как внезапным (случайным), так и постепенным (износ, старение) отказам. Если состояние объекта характеризовать обобщенным выходным параметром Пр, то в случае внезапного отказа $П_Р$ принимает лишь два значения: Пр = Пн (норма) или Пр = Пот (отказ) (рис. 4.10).

Рис. 4.10. Зоны работоспособности технической системы (объекта)

Пр – обобщенный показатель системы; Пэ – эталонное значение Пр; Пэр – то же в зоне риска; Ппр – предельное значение Пр; Пот – значение Пр в зоне отказа.

В качестве параметра Пр используют различные технические характеристики: температуру, размер объекта, величину износа узла (или инструмента), сигнал конечного выключателя и т. п. В случае постепенных отказов можно реализовать мероприятия по предотвращению отказа, если вовремя зафиксирован переход параметра Пр от нормы в зону риска. В информационной структуре системы поддержания работоспособности объекта (рис. 4.11) можно выделить следующие подсистемы:

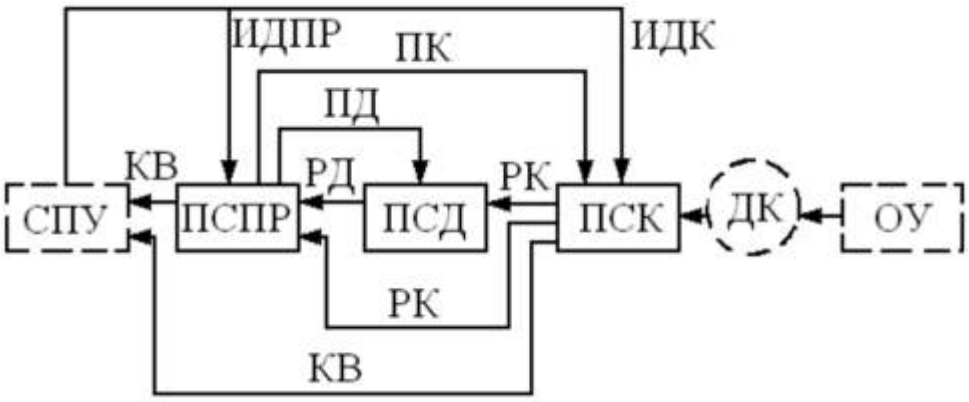


Рис. 4.11. Информационная структура системы поддержания работоспособности объекта

ПК,ПД - программы контроля и диагностирования, соответственно; РК, РД – результаты контроля и диагностирования; ИДК-исходные данные для контроля; ИДПР - исходные данные для принятия решений: контроля ПСК, диагностирования ПСД и принятия решений ПСПР.

Информация об объекте управления ОУ отдатчиков контроля ДК поступает на вход ПСК, которая обрабатывает ее, рассчитывает значения обобщенного параметра $П_Р$ и сравнивает их с эталонным. По результатам сравнения ПСК формирует сигнал об отклонении $П_Р$ от нормы, который подается в зависимости от ситуации в систему программного управления СПУ или в ПСПР. В случае угрозы аварийной ситуации СПУ вырабатывает блокировочный сигнал останова системы для ремонта. При отсутствии угрозы аварии ПСПР вырабатывает корректирующее воздействие КВ, которое передается в СПУ для осуществления подналадки системы.

Средства диагностики технического оборудования служат для фиксирования и измерения величины диагностических признаков (параметров). Для этого применяют приборы, приспособления и стенды сообразно характеру диагностических признаков и методам диагностики. Значительное место среди них занимают электроизмерительные приборы (вольтметры, амперметры, осциллографы и др.). Они широко применяются как для непосредственного измерения электрических величин (например, при диагностике систем зажигания и электрооборудования автомобиля), так и для измерения неэлектрических процессов (колебаний, нагрева, давления), преобразованных при помощи соответствующих датчиков в электрические величины. Для этой цели электрические измерительные приборы снабжают датчиками. При диагностике механизмов наиболее часто используют: датчики сопротивления, концевые, индукционные, оптические и фотоэлектрические датчики, при помощи которых можно измерять зазоры, люфты, относительные перемещения, скорость и частоту вращения проверяемых деталей; термосопротивления, термопары и биметаллические пластины для изме-

рения теплового состояния деталей; пьезоэлектрические и тензометрические датчики для замера колебательных процессов давления, биений, деформаций и др. Одно из положительных качеств электроизмерительных приборов - удобство получения информации, а также в перспективе возможность ее анализа при помощи счетно-решающих устройств. В зависимости от полноты и степени механизации технологических процессов диагностику можно проводить выборочно, только для контроля технического состояния отдельных сборочных единиц, или комплексно для проверки сложных агрегатов, таких как двигатель, и, наконец, комплексно для диагностики машины в целом. В первом случае используются для отдельных измерений такие диагностические приборы как стетоскопы, манометры, тахометры, вольтметры, амперметры, секундомеры, термометры и другие переносные приборы. Во втором случае приборы комбинируют в виде передвижных стендов, в третьем случае – ими комплектуют датчики и пульты управления стационарных стендов. Основными требованиями к средствам диагностики являются: обеспечение достаточной точности замеров, удобство и простота использования при минимальной затрате времени. Помимо различных приборов, индикаторов узкого назначения, в систему диагностических средств включают комплексы электронной аппаратуры. Эти комплексы могут состоять из датчиков – органов восприятия диагностических признаков, блоков измерительных приборов, блоков обработки информации в соответствии с заданными алгоритмами и, наконец, блоков хранения и выдачи информации в виде запоминающих устройств для преобразования информации в удобный для использования вид.

4.5. Испытания мехатронной системы металлорежущего станка

В качестве примера проведения испытаний мехатронных систем приведем фрагменты процесса испытаний вертикально фрезерного станка с ЧПУ, вид которого представлен на рис. 4.12.

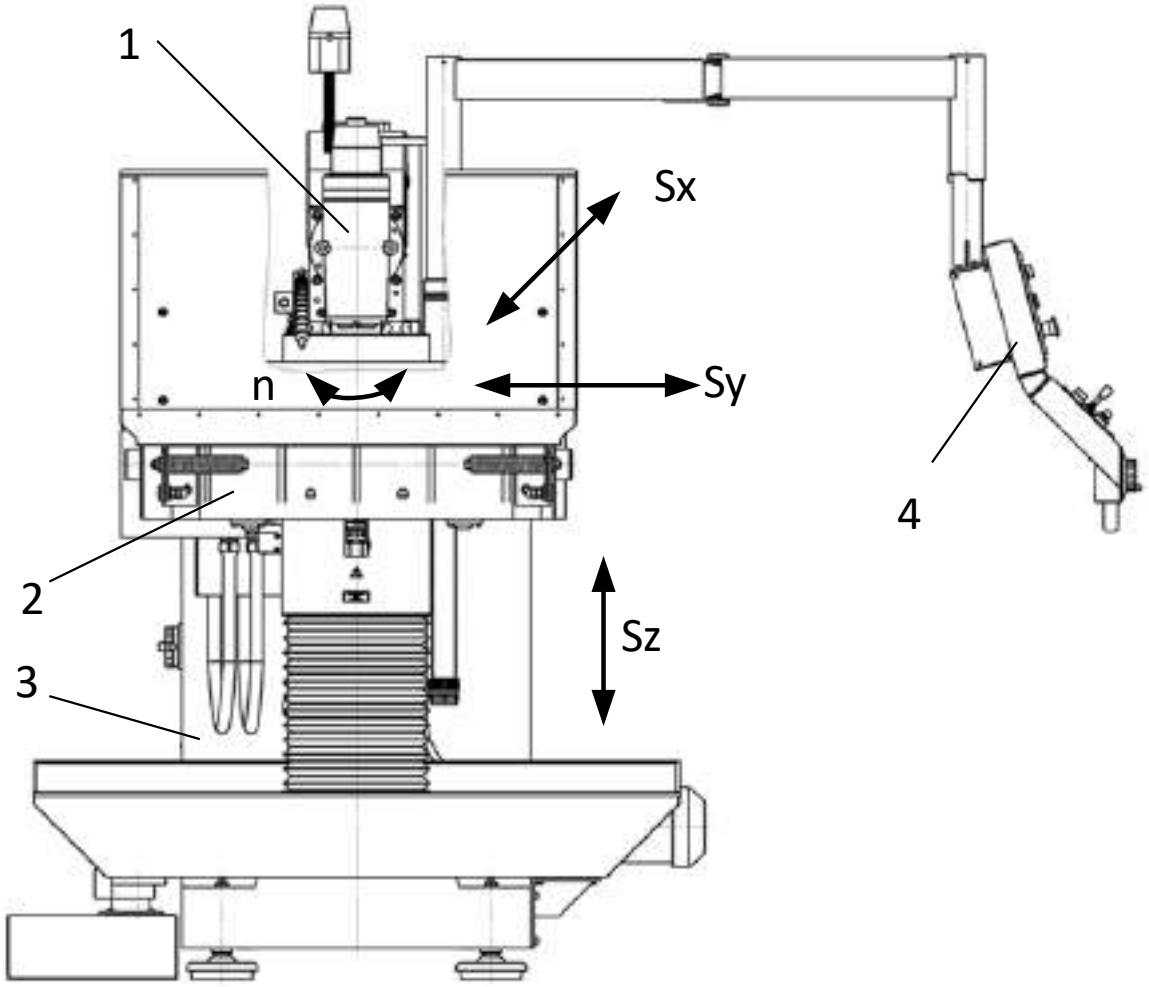


Рис. 4.12. Вид вертикально фрезерного станка с ЧПУ

Здесь обозначено: 1- шпиндельный узел: 2 – стол; 3 – станина; 4 – выносной пульт; n – частота вращения шпинделя; Sx- горизонтальное перемещение шпинделя; Sy – горизонтальное перемещение стола; Sz – вертикальное перемещение стола.

Испытание станка на холостом ходу

Проверку основных технических характеристик и испытание станка на холостом ходу проводится согласно таблице 4.2.

Таблица 4.2

Методы и результаты проверки

Что проверяется	Метод проверки	Результат проверки
1 Соответствие требованиям комплекта конструкторской документации	В процессе изготовления и приемки путем внешнего осмотра станка и его составных частей, сличения их с конструкторской документацией на станок и нормативно-техническими документами, указанными в документации и в настоящих технических условиях, и измерением размеров и других нормируемых параметров средствами и методами, обеспечивающими требуемую точность	Соответствие требованиям конструкторской документации на станок и нормативно-технической документации
2 Установка станка	Измерение проводить уровнем. Уровень рамный 200-0,02 устанавливать на середине стола параллельно и перпендикулярно его перемещению	Отклонение не более 0,04 мм/м
3 Разводка жгутов внутреннего монтажа	Внешним осмотром и сличением со схемой 49ХХХ.000.00.00.000Э3 и чертежом 49ХХХ.090.00.00.000СБ	Установка, закрепление, разводка и заделка соединений жгутов внутреннего и соединительного монтажа должны соответствовать требованиям схемы и чертежа
4 Наличие заземляющих винтов и знаков заземления по ГОСТ 21130	Визуально определить наличие заземляющих винтов и знаков заземления	Винты и знаки должны быть

5 Наличие и исправность цепи заземления	Измерением сопротивления между шиной заземления, находящейся в электрошкафу 49XXX.061.00.00.000, и перечисленными ниже составными частями станка, на которых установлено электрооборудование и которые в результате пробоя изоляции могут оказаться под напряжением 42 В и выше: 1) суппортом; 2) станиной; 3) корпусом горизонтального шпинделя; 4) корпусом насоса центробежного; 5) корпусом гидростанции; 6) пультом управления. Перед началом проверки провода, подключенные к миллиоммметру, замкнуть накоротко и замерить их собственное сопротивление. Полученную величину собственного сопротивления при определении результата вычитать из замеренного. Измерение проводить миллиомметром Е6-18	Сопротивление не должно превышать 0,1 Ом для каждой проверяемой точки
6 Основные	Измерением: 1) штангенциркулем ШЦ III-400-01 – по п.п. 2, 4, 14, 16 и 26 таблицы 1.1; 2) штангенциркулем ШЦ III-800-01 – по п.п. 3, 5 и 14 таблицы 1.1; 3) линейкой 1000 – по п.п. 12, 13, 21 и 22 таблицы 1.1; 4) рулеткой ЗПК-2-5-АНП/1 – по п. 27 таблицы 1.1; 5) динамометром ДОСМ-3-2 – по п.п. 28 и 29 таблицы 1.1	Соответствие данным, указанным в настоящих технических условиях
7 Работа системы смазки	Наблюдением во время обкатки	Все точки смазки должны обеспечивать хороший доступ масла к смазываемым местам. Утечки не допускаются

8 Работа системы охлаждения	Наблюдением во время обкатки	Равномерная подача Течь из соединений не допускается
9 Работа органов управления	Пятикратным включением, переключением органов управления (кнопок, рукояток, переключателей и т.д.) на пульте станка	Утапливание кнопок, их возврат в исходное заданное положение переключателей должны осуществляться без заеданий и задержек, не должна происходить задержка в нажатом положении кнопок, не имеющих фиксации в этом положении
10 Соответствие действия органов управления символам, надписям и назначению	Включением, выключение и переключением органами управления всех движений и состояний станка	Действие органов управления должно соответствовать заданному движению подвижных органов или состоянию станка
11 Проверка частоты вращения шпинделя	В патроне шпинделя станка зажать оправку с центровым отверстием для измерения частоты вращения тахометром часовым специальным ТЧ-10-р. Сравнить показания тахометра с заданными потенциометром величинами частоты вращения в шести произвольных положениях, охватив весь диапазон регулирования	Допустимое отклонение частоты вращения шпинделя – не более 6 % (диапазон регулирования частоты вращения см п.п. 19 и 24 таблицы 1.1)

12 Проверка величин подач горизонтального и вертикального столов и корпуса горизонтального шпинделя	Включением перемещения горизонтального и вертикального столов и корпуса горизонтального шпинделя с заданными потенциометром величинами подач в шести произвольных положениях, охватив весь диапазон регулирования. Измерением секундомером СОПпр-2а-000 и линейкой 1000	Допустимое отклонение величин подач – не более 5 % (диапазон регулирования величин подач см. п.п. 15 и 17 таблицы 1.1)
13 Плавность, отсутствие рывков при перемещении столов и корпуса горизонтального шпинделя	Включением перемещения горизонтального и вертикального столов и корпуса горизонтального шпинделя	Перемещение столов и бабки горизонтального шпинделя должно быть плавным
14 Нагрев подшипников шпинделей	Измерением температуры вольтметром универсальным цифровым В7-27 в зоне передних подшипников шпинделя. Проверка проводится во время обкатки станка на холостом ходу не менее 30 минут на максимальных частотах вращения шпинделя при установившейся температуре	Избыточная температура на наружной поверхности бабки горизонтального шпинделя и корпусе головки вертикальной не должна превышать 55 °С
15 Напряжение радиопомех	По ГОСТ Р 51318.11 и ГОСТ Р 51320 измерителем радиопомех SMV 6,5 класса 1,0 фирмы RFT (Германия)	Не должно превышать значений п. 1.2.1
16 Электрическая прочность изоляции силовых цепей	Проверку проводить до начала отладочных работ с помощью универсальной пробойной установки УПУ-1М (или аналогичной, мощностью не менее 500 ВА) в следующей последовательности: 1) убедиться в наличии надежного заземления корпуса электрошкафа; 2) отключить кабель питающей электросети от вводных клемм ХТ1;	Пробоя и поверхностного перекрытия изоляции не должно быть. Положительные результаты испытания занести в соответствующие графы «Свидетельства о выходном контроле электрооборудования»

	3) соединить перемычками провода A, B и C на вводных клеммах XT1; 4) отключить силовые провода и разъемы управления от блоков питания и преобразователей приводов подач и шпинделя и все разъемы от УЧПУ; 5) отключить провода от двигателей насосов СОЖ и гидростанции; 6) отключить RS-фильтры от двигателей СОЖ и гидростанции; 7) отключить провода от трансформатора TV1; 8) установить перемычки на силовых контактах пускателей и включить автоматические выключатели; 9) подключить испытательное напряжение между корпусом электрошкафа и проводом A на вводной клемме XT1. С помощью универсальной пробойной установки постепенно поднимать напряжение, начиная с нуля, до 1500 В. Выдержать изоляцию при этом напряжении в течении 1 мин, а затем плавно снизить до нуля. Отключить установку. При положительном результате испытания восстановить схему, при отрицательном – отыскать место пробоя, устранить неисправность и повторить испытание. Аналогично проверить кабели двигателей	
17 Сопротивление изоляции	Измерением мегаомметром М4100/3 при напряжении 500 В. Считывание показаний проводить при установившейся стрелки прибора. Измерение проводить в следующей последовательности: 1) подготовить схему по п. 16; 2) установить перемычки в зажимах цепей управления (XT4, XT8);	Не менее 1 МОм Положительные результаты испытания занести в соответствующие графы «Свидетельства о выходном контроле электрооборудования»

	3) отключить общие провода (1, 2, 10) от шины заземления; 4) замерить сопротивление изоляции), подключая выводы мегомметра: – между зажимами силовых цепей и шиной заземления шкафа; – между зажимами цепей управления и шиной заземления шкафа; – между зажимами силовых цепей и зажимами цепей управления. При положительном результате испытания восстановить схему, при отрицательном – отыскать место пробоя, устранить неисправность и повторить испытание.	
18 Наличие специального замка с вынимающимся ключом и предупреждающего знака на двери электрошкафа	Визуально определить наличие замка и знака	Замок и знак должны быть
19 Надежность действия защитных устройств и блокировок	1) Останов станка в аварийных ситуациях: – действие аварийной кнопки «Стоп»; – действие аварийного ограничения хода; – авария преобразователей; – перегрузка электродвигателей; – визуальная проверка токов уставки автоматических выключателей. 2) Блокировка запуска цикла, если оси не отреферированы. 3) Блокировка вращения шпинделя, если инструмент не зажат.	Станок останавливается, самозапуск станка после восстановления не происходит, на экране – соответствующее сообщение. Не действуют кнопки ускоренной подачи и запуска цикла. Разжатый шпиндель не запускается, разжим не действует при вращении шпинделя.

Испытание станка под нагрузкой должно соответствовать таблице 4.3.

Таблица 4.3

Что проверяется	Метод проверки	Результат проверки
1 Испытание станка под нагрузкой	При нагрузке станка образца-изделия в соответствии с режимами, указанными в таблице 4.3, горизонтальным и вертикальными шпинделями. Контроль частоты вращения шпинделя проводится тахометром часовым специальным ТЧ-10-р. Измерение момента проводится персональным компьютером, используя программу «COMBIVIS 5»	Безотказность работы Уменьшение частоты вращения шпинделя под максимальной нагрузкой должно быть не более 10 %. При этом момент на электродвигателе шпинделя не должен превышать его номинального значения
2 Октавные и корректированный уровни звуковой мощности (L_P; L_{PA}), уровень звукового давления (L), уровень звука и эквивалентный уровень звука (L_A)	Точным импульсным шумомером 00024 по методике согласно ГОСТ Р 51402 и ГОСТ ИСО 230-5 при работе станка на типовых режимах в соответствии с таблицей 4.3	Не должны превышать значений, указанных в таблице
3 Уровни вибрации на рабочем месте	По ГОСТ 12.1.012. Проверяются акустическим комплексом ВШВ-003 при работе станка на типовых режимах, приведенных в таблице 4.3	Не должны превышать значений, указанных в таблице

Примечание: 1. Работа станка при силовом испытании должна продолжаться каждым шпинделем не менее 30 мин.

2. При силовых испытаниях режимы резания обеспечивают максимальную нагрузку привода.

Проверка точности станка (некоторые показатели).

Общие требования к условиям испытания станка на точность, методам и средствам измерения точности должны соответствовать ГОСТ 8 и ГОСТ 26016, схемы и способы измерений геометрических параметров – ГОСТ 22267.

Плоскостность рабочей поверхности стола:

1) горизонтального;

2) вертикального.

Средства измерения: линейка поверочная специальная, головка 2 ИГ.

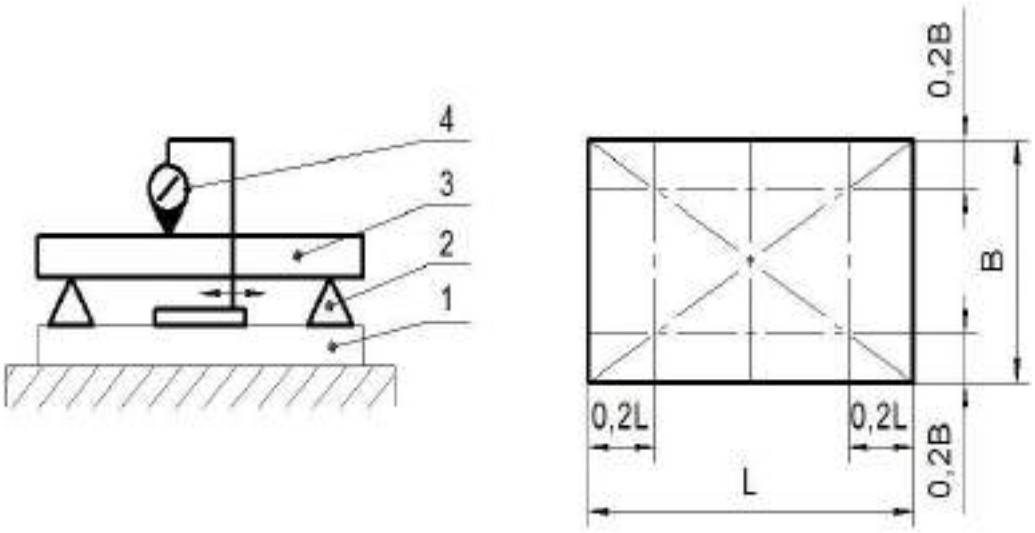


Рис. 4.13. Схема измерения

Допуск:1) 16 мкм на длине 600 мм; 2) 20 мкм. Выпуклость не допускается.

Проведение измерения

На проверяемую поверхность стола 1 в двух точках заданного сечения установить две опоры 2, на которые рабочей поверхностью положить поверочную линейку 3 так, чтобы расстояние от проверяемой поверхности до рабочей поверхности линейки у ее концов были равны.

Головку 4 установить на проверяемую поверхность так, чтобы ее измерительный наконечник касался рабочей поверхности линейки и был перпендикулярен ей. Головку перемещать по проверяемой поверхности вдоль линейки.

Измерения проводить в двух продольных, трех поперечных и двух диагональных сечениях. Отклонение от плоскостности равно наибольшей алгебраической разности показаний головки во всех сечениях.

Параллельность рабочей поверхности вертикального стола траектории его продольного и вертикального перемещений.

Средства измерения: линейка поверочная специальная, головка 2 ИГ.

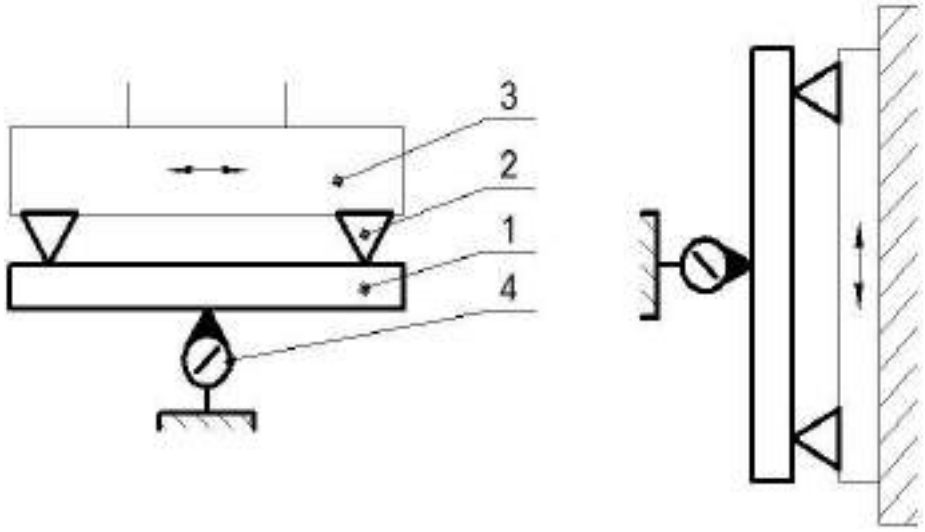


Рис. 4.14. Схема измерения

Допуск:16 мкм на дине 400 мм. Наклон верхней кромки стола в сторону от станины не допускается.

Проведение измерения

Суппорт установить в среднее положение в вертикальной плоскости при проверке параллельности траектории продольного перемещения, и вертикальный стол установить в среднее положение в горизонтальной плоскости при проверке параллельности траектории вертикального перемещения. Поверочную линейку 1 установить на опорах 2 на середине перемещаемого стола 3 вдоль направления его перемещения так, чтобы расстояние от плоскости стола до рабочей поверхности

линейки у ее концов были равны. Головку 4 установить на неподвижной части станка так, чтобы ее измерительный наконечник касался рабочей поверхности линейки и был перпендикулярен ей. Стол с линейкой перемещать на всю длину хода. Отклонение от параллельности проверяемой поверхности вертикального стола траектории его перемещения равно наибольшей алгебраической разности показаний на всей длине хода. В этом случае результаты измерения будут включать в себя отклонение от прямолинейности и параллельности траектории перемещения.

Параллельность рабочей поверхности горизонтального стола траектории его продольного перемещения

Средства измерения: линейка поверочная специальная, головка 2 ИГ.

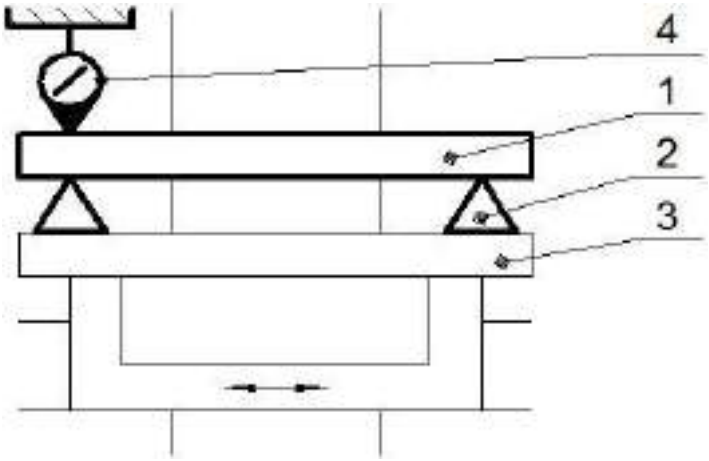


Рис. 4.15. Схема измерения

Допуск:16 мкм на дине 400 мм.

Проведение измерения

Суппорт установить в среднее положение в вертикальной плоскости.

Поверочную линейку 1 установить на опорах 2 на середине перемещаемого стола 3 вдоль направления его перемещения так, чтобы расстояния от плоскости стола до рабочей поверхности линейки у ее концов были равны. Головку 4 установить на неподвижной части станка так, чтобы ее измерительный наконечник касался рабочей поверхности линейки и был перпендикулярен ей. Стол с линейкой перемещать на

заданную длину хода. Отклонение от параллельности проверяемой поверхности горизонтального стола траектории его продольного перемещения равно наибольшей алгебраической разности показаний головки на всей длине хода. В этом случае результаты измерения будут включать в себя отклонение от прямолинейности и параллельности траектории перемещения.

Параллельность рабочей поверхности горизонтального стола траектории перемещения корпуса горизонтального шпинделя

Средства измерения: линейка поверочная ЛЧ-0-320, головка 2 ИГ.

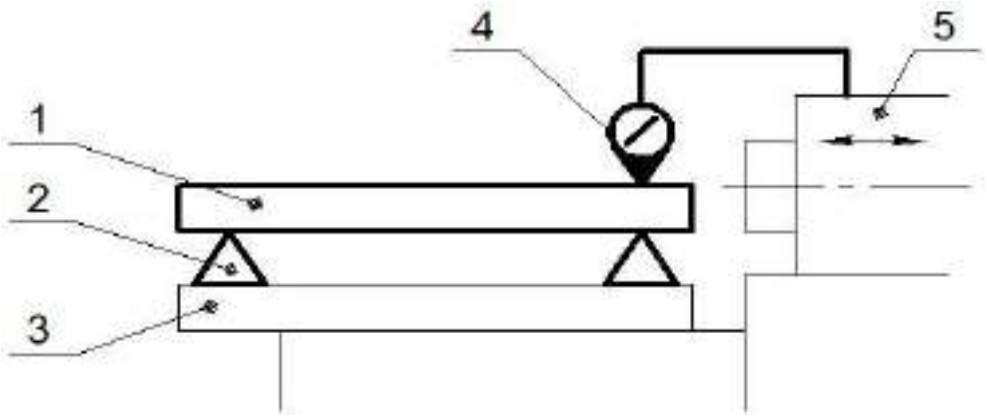


Рис. 4.16. Схема измерения

Допуск:12мкм. Наклон верхней кромки стола в сторону от станины не допускается.

Проведение измерения

Горизонтальный стол установить в среднее положение в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Поверочную линейку 1 установить на опорах 2 на проверяемую поверхность горизонтального стола 3 вдоль направления перемещения корпуса горизонтального шпинделя так, чтобы расстояния от плоскости стола до рабочей поверхности линейки у ее концов были равны. Головку 4 установить на корпус горизонтального шпинделя 5 так, чтобы ее измерительный наконечник касался рабочей поверхности линейки и был перпендикулярен ей.

Корпус горизонтального шпинделя перемещать на всю длину хода. Отклонение от параллельности проверяемой поверхности горизонтального стола траектории перемещения корпуса горизонтального

шпинделя равно наибольшей алгебраической разности показаний головки на длине хода. В этом случае результаты измерения будут включать в себя отклонение от прямолинейности и параллельности траектории перемещения.

Параллельность боковых сторон направляющего паза вертикального стола и горизонтального стола траектории продольного перемещения

Средства измерения: индикатор мод. V253 фирма «TESA» (Швейцария), цена деления 2 мкм.

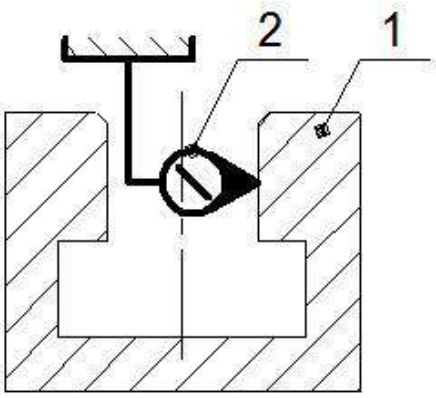


Рис. 4.17. Схема измерения

Допуск:16 мкм на дине 400 мм.

Проведение измерения

Индикатор 2 установить на корпусе горизонтального шпинделя так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности. Стол 1 перемещают на заданную длину. Параллельность измеряют по обеим боковым сторонам направляющего паза стола. Отклонение от параллельности траектории перемещения равно наибольшей алгебраической разности показаний индикатора на всей длине перемещения. Примечание. Для вертикального стола допускается проверять только нижнюю сторону паза.

Радиальное биение конического отверстия шпинделя:

1) горизонтального:

– у торца шпинделя;

– на длине 150 мм от торца шпинделя;

2) вертикального:

– у торца шпинделя;

– на длине 150 мм от торца шпинделя.

Средства измерения: головка 1 ИГ, оправка специальная контрольная цилиндрическая с радиальным биением не более 0,001 мм.

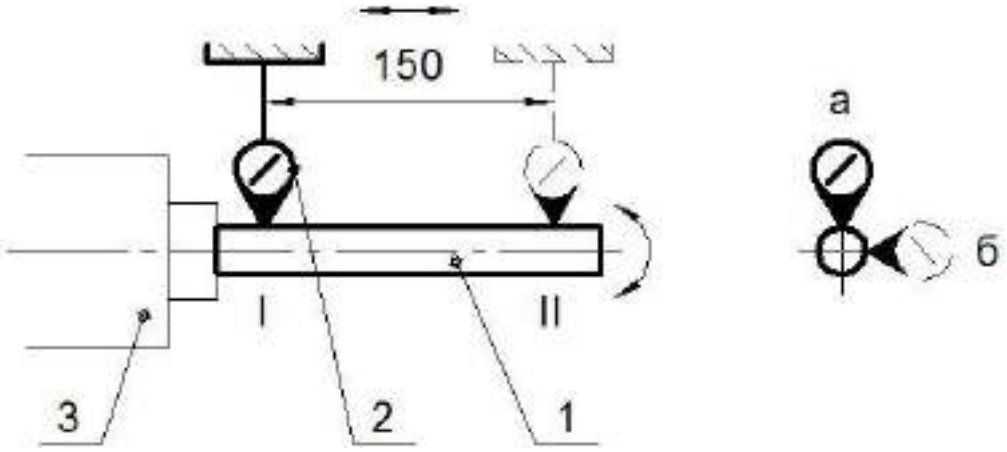


Рис. 4.18. Схема измерения

Допуск: 1) 6 мкм – 10 мкм; 2) 6 мкм – 10 мкм.

Проведение измерения

В коническое отверстие шпинделя 3 установить контрольную оправку 1. Головку 2 установить на неподвижной части станка так, чтобы ее измерительный наконечник касался образующей контрольной оправки и был перпендикулярен ее оси. При измерении шпиндель поворачивать не менее чем на два оборота. Для исключения из результатов измерения влияния неправильной посадки хвостовика контрольной оправки в отверстии шпинделя измерения в сечениях I и II проводить четыре раза. После каждого измерения оправку поворачивать вокруг оси вращения на 90°. При каждом измерении фиксировать показания головки с плоскостью а и б, по которым определяют наибольшую алгебраическую разность.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите виды испытаний промышленных роботов.

2. Какие требования предъявляются к условиям проведения испытаний промышленных роботов?

3. Какие параметры измеряются при проведении испытаний промышленных роботов?

4. Какие параметры измеряются при проведении испытаний мехатронных систем?

5. Какие средства измерения используются при проведении испытаний роботов и мехатронных систем?

6. Как проверяют погрешность позиционирования робота?

7. Как проверяют жесткость конструкции робота?

8. Как проверяют грузоподъемность робота?

9. Как проверяют быстродействие робота?

10. Как проверяют проходимость мобильных роботов?

11. Как оценивается неравномерность движения узлов робота?

12. Как измеряются динамические характеристики робота?

13. Назовите особенности испытаний мехатронных систем.

14. Чем обусловлены ошибки в мехатронных модулях движения?

15. Назовите методы определения ошибок мехатронного модуля движения.

16.Назовите методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем.

17. Какова роль моделирования в диагностике мехатронных и робототехнических систем?

18. Приведите структурную схему модели исполнительной системы робота.

19. Назовите основную задачу технического диагностирования.

20. Приведите информационную структуру системы поддержания работоспособности объекта.

21. Какие датчики используются при диагностировании механизмов?

22. Назовите зоны работоспособности диагностируемой системы.

23. Приведите пример схемы определения параметра точности металлорежущего станка.

Глава 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

5.1. Эксплуатация роботов в производственных системах

Промышленные роботы могут быть эффективно применены в условиях производства с различной серийностью для автоматизации вспомогательных и основных технологических операций.

Массовое производство с постоянным объектом выпуска предполагает применение высокопроизводительного специального основного технологического оборудования, объединенного автоматическими транспортно-загрузочными механизмами периодического действия, что в комплексе представляет собой автоматические линии. При создании таких линий стремятся обеспечить минимальный цикл работы. Жесткие автоматические линии отличаются высокой производительностью и широко применяются в подшипниковой промышленности, автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, производстве изделий бытовой техники и т. д. Так как эти линии нельзя использовать при смене объекта производства, то они должны окупаться за период эксплуатации. Главные требования, предъявляемые к основному и вспомогательному оборудованию, - высокая производительность и надежность при длительной эксплуатации и высокий уровень автоматизации выполняемых операций. Надежность и ресурс основного технологического оборудования, вспомогательных устройств и средств автоматизации ограничены сроком выпуска массовой продукции. Средства автоматизации не обязательно должны быть переналаживаемыми и функционально взаимозаменяемыми, что определяет сравнительную простоту их конструкций.

Однако и в массовом производстве возрастающие темпы технического прогресса обусловливают сравнительно частое изменение конструкций и свойств выпускаемых изделий, что, в свою очередь, вызывает необходимость в переналадке или изменении структуры действующей автоматической линии, замене оборудования и средств автоматизации и т. д. Таким образом, срок эксплуатации жесткой автомати-

ческой линии, ориентированной на выпуск конкретной продукции, сокращается. Это вызывает необходимость широкого применения ПР в массовом производстве.

Применение ПР различного функционального назначения позволяет быстро комплектовать комплексные автоматические линии, в состав которых входит разнородное технологическое оборудование, исключает необходимость создания в каждом конкретном случае специальных транспортных средств, позволяет быстро переналаживать автоматические линии, а также комплектовать и пускать их в эксплуатацию в более сжатые сроки.

Крупносерийное производство характеризуется ограниченным сроком морального старения выпускаемого изделия. Подготовка такого производства должна осуществляться в короткие сроки, так как выпускаемая продукция изготовляется в течение ограниченного времени. Основные требования, предъявляемые к основному и вспомогательному оборудованию, - высокая производительность, надежность, переналаживаемость и возможность перекомпоновки сравнительно легкими способами. Снижение стоимости подготовки производства и себестоимости продукции прямо зависит от соблюдения этих условий.

Перечисленным требованиям вполне удовлетворяет автоматическое и полуавтоматическое обрабатывающее оборудование (прежде всего агрегатные станки и станки с ЧПУ), которое с помощью ПР можно объединить в автоматические линии с гибкой связью. Объединение ПР с высокоавтоматизированным оборудованием в предметные робототехнические комплексы позволит решить задачу создания комплексно-автоматизированных участков и линий с гибкой связью, обеспечить их переналадку, а при необходимости - изменение структуры и переукомплектование.

Среднесерийное многономенклатурное производство характеризуется частой сменой и повторяемостью партий выпускаемых изделий, а также небольшой длительностью выпуска деталей одного типа (от двух-трех смен до нескольких недель). Проблема комплексной автоматизации среднесерийного многономенклатурного производства наибо-

лее эффективно может быть решена на основе создания типовых роботизированных комплексов (РК) различного технологического назначения, в которых ПР осуществляет единичное или групповое обслуживание оборудования (роботизированных позиций). Такие РК должны обеспечивать выполнение наиболее распространенных в машиностроении операций, включая заготовительные и сборочные. Конструктивно-технологические параметры РК должны быть таковы, чтобы можно было объединять их в гибкие производственные системы, построенные на основе методов групповой технологии. Разработка типовых РК для обработки наиболее распространенных деталей машиностроения и выполнения широкой номенклатуры операций позволяет комплектовать автоматизированные участки производства и автоматические линии различных типов, создавая сложные производственные системы, дифференцированные по назначению, составу выполняемых операций и уровню автоматизации процессов обработки и управления.

Мелкосерийное производство, требующее переналадки за время смены, высоких производительности труда и степени автоматизации производственных процессов, находится в настоящее время на наиболее низком уровне. Повышение технико-экономических показателей этого производства предполагается путем широкого применения оборудования с ЧПУ, которое должно быть объединено в участки либо по функциональному признаку (однородные станки), либо по технологическому принципу (обеспечение последовательного технологического маршрута обработки). Перспективно применение РК на основе многооперационных станков с ЧПУ с высоким уровнем концентрации и совмещения операций. Методы групповой технологии позволяют и в мелкосерийном производстве в ряде случаев организовать обработку укрупненных партий однотипных деталей. Основной структурной единицей автоматизированных гибких производственных систем и при мелкосерийном производстве должны стать РК оборудование - робот, программируемые по первой детали методом обучения; такое решение обеспечит рентабельность обработки деталей с партией запуска *5-10 шт.*

Структура. Понятие роботизированная технологическая система (РТС) распространяется на все структурные производственные подразделения, в состав которых в качестве средств автоматизации входят ПР, в том числе на роботизированные комплексы, участки, линии и цехи. Роботизированный комплекс (РК) является основной структурной единицей РТС любой сложности. РК - автономно действующая совокупность технологических средств производства, включающая набор основного технологического и вспомогательного оборудования (в том числе один или несколько ПР, которые выполняют технологические или вспомогательные операции) и обеспечивающая полностью автоматизированный цикл работы внутри комплекса и связь его с входными и выходными потоками остального производства. Необходимо различать роботизированные технологические комплексы (РТК), где ПР выполняет вспомогательные операции типа "взять - перенести - положить", и роботизированные производственные комплексы (РПК), где ПР выполняет основные операции технологического процесса (сборку, сварку, окраску и т. п.). РК может быть образован на основе одного ПР, обеспечивающего индивидуальное или групповое обслуживание состыкованного с ним оборудования или законченный цикл обработки изделия (например, сварки) на одной роботизированной позиции, а также на базе нескольких ПР, выполняющих взаимосвязанные или взаимно дополняющие операции.

Создание гибких производственных систем с применением ПР требует решения комплекса задач, связанных с размещением оборудования и (если это требуется) его модернизации для стыковки с ПР, с выбором ПР и других транспортных средств, а также вспомогательных устройств, с выбором или разработкой средств контроля, информации и управления и т. п. Любая сложная производственная система представляет собой совокупность объектов, связанных причинно-следственной зависимостью так, что их функции, производимые ими действия и выполняемые над ними операции должны приводить к выпуску продукции определенного качества в надлежащем количестве и за установленное время. Оптимальная система отличается максимальной

производительностью при минимальных затратах. В условиях среднесерийного многономенклатурного производства оптимальными могут быть только гибкие производственные системы, обладающие свойством относительной адаптации - способностью приспосабливаться к изменениям внутри и вне системы, сохраняя при этом производительность, близкую к максимальной.

По структуре каждую производственную систему можно представить как совокупность основных компонентов.

Подсистема обработки (формообразования) деталей включает в себя серийные или специально разработанные модели основного технологического оборудования, целесообразность применения которых определяется требованиями конкретного производственного процесса, уровнем концентрации и совмещения операций и требуемой степенью автоматизации переходов обработки. В ряде случаев комплектуется ПР, выполняющими основные технологические операции.

Подсистема потока (транспортирования) деталей осуществляет складирование, внутрицеховое и межстаночное транспортирование деталей и заготовок, а также установку, снятие, переориентацию (если потребуется) и фиксацию деталей при обслуживании основного технологического оборудования.

В состав подсистемы потока деталей (заготовок) входят автоматизированные склады, роботы различных конструкций, конвейеры, тележки и другие средства автоматизации транспортно-складских операций. При выборе или разработке транспортных средств необходимо согласовывать их действия с общезаводскими и цеховыми средствами транспортирования заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей; правильно выбирать тип и емкость накопительных устройств, комплектующих РК, а также способ ориентации, комплектации и фиксации заготовок (деталей) на начальной позиции РК.

Подсистема потока инструмента и приспособлений обеспечивает комплектацию, наладку, доставку и смену вспомогательной оснастки и приспособлений, формообразующего и измерительного инструмента в подсистемах обработки и контроля, а также захватных устройств и инструмента, для ПР. При создании автоматизированных

участков (линий) целесообразно устанавливать на всех РК унифицированные устройства (магазины), допускающие автоматическую смену и закрепление инструментов, приспособлений и захватных устройств (для ПР). Подача инструмента, приспособлений и захватных устройств может осуществляться общей подсистемой потока деталей. При этом становится возможным комплектовать запускаемую партию заготовок набором приспособлений и инструментов, необходимых для ее обработки. Установка инструментов в унифицированных по форме и размерам оправках (блоках) позволяет применять ПР, обслуживающие поток деталей, для выполнения операций смены инструмента на станках.

Подсистема контроля качества продукции предназначена для контроля производства с целью получения заданных показателей качества.

Подсистема управления и информации осуществляет управление и взаимосвязь между основным и вспомогательным оборудованием, транспортно-загрузочными устройствами и складом; контроль и диагностику работы оборудования, в том числе фиксацию отказов и простоев; сбор и распределение информации о местонахождении партий заготовок и деталей, а также о степени укомплектования оснасткой, приспособлениями, формообразующим и мерительным инструментом; расчет последовательности обработки партий деталей на станках; учет изделий, заготовок, полуфабрикатов, материалов, комплектующих изделий и узлов, а также оперативную оценку степени заполнения склада; выдачу информации диспетчеру и прочие операции, связанные с планированием, организацией производства и управлением другими подсистемами.

Вспомогательная подсистема поддерживает работоспособность сложной производственной системы в целом. В ее функции входят обеспечение энергопотока, уборка отходов производства, материальное обеспечение и т. д.

Перечисленные подсистемы взаимосвязаны, поэтому конкретное организационное и конструктивно-технологическое решение по одной из них предъявляет, как правило, определенные требования к остальным. Таким образом, создаются сложные производственные системы,

различающиеся назначением, сложностью структуры, степенью автоматизации основных и вспомогательных операций и управления, дифференцированные по уровню организации причинно-следственных зависимостей внутри подсистем и между ними.

Так как основная цель - экономия рабочей силы и повышение производительности труда, т. е. увеличение объема выпускаемой продукции, приходящейся на одного работника, то характер и степень автоматизации должны быть оправданы экономически и в то же время должна быть продемонстрирована возможность наращивания и совершенствования всего комплекса в целом.

При создании автоматизированных участков и производств для их постепенного превращения в оптимальные гибкие производственные системы, характеризующиеся постоянным снижением участия человека в их работе и управлении, необходимо обеспечить работоспособность и надежность; возможность стыковки оборудования различного технологического назначения и широкого варьирования транспортно-загрузочных схем; гибкость и возможность наращивания функций подсистемы управления и информации; обеспечение адаптации производственного комплекса к изменению условий производства; возможность совершенствования и расширения автоматизированного участка.

Применительно к структуре участка эти показатели могут быть обеспечены агрегатно-модульным построением его основных функциональных подсистем (обработки, транспортирования) и иерархической системой управления и информации. Необходимая гибкость транспортно-загрузочных схем может быть достигнута применением роботизированных комплексов, которые могут рассматриваться как основные структурные единицы при агрегатном построении автоматизированных участков.

Основой агрегатного построения, как известно, является наличие определенных структурных единиц, способных состыковываться между собой с помощью связующих звеньев. Применительно к участкам связующими звеньями таких единиц должны служить подсистема управления и информации, транспортно-складская система, система

автоматической переналадки (если она имеется). Связь между станком и ПР может носить индивидуальный характер ввиду возможного разнообразия обслуживаемого оборудования. Обеспечение индивидуальных связей внутри РК достигается применением ПР. Для возможности стыковки РК между собой требуется унификация их приемных позиций, транспортных тар, спутников, конструктивных элементов устройств непрерывного транспортирования, выходных элементов систем управления и информации.

Состав и структура РТС определяются содержанием производственного процесса, который формируется на основе следующих показателей: конструктивно-технологических параметров детали (или номенклатуры деталей); заданной годовой программы выпуска; состава технологического оборудования; организации подсистем обработки, потока деталей и инструмента, контроля качества продукции, управления и информации, а также вспомогательной подсистемы, включающей службы ремонта и техники безопасности. На рис. 5.1 показан характер внутренних связей между основными составляющими производственного процесса.

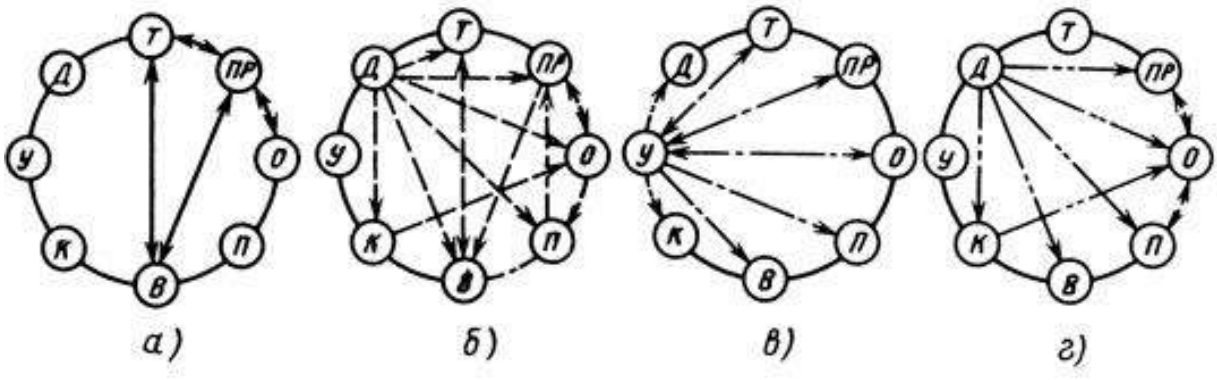


Рис. 5.1. Внутренние связи между основными составляющими элементами производственного процесса в роботизированной производственной системе: *а - планировочные; б - конструктивные; в - информационные; г - технологические; О - технологическое оборудование; ПР - промышленный робот; Д - деталь; П - оснастка технологического оборудования (приспособления и устройства для базирования и закрепления детали); В - вспомогательное оборудование комплекса для подачи деталей и инструмента на загрузочные позиции, ориентации, отвода изделий и т. п (тары, ориентирующие магазины, роликовые конвейеры, питатели); К - средства контроля; У - средства управления; Т - входные и выходные транспортные связи комплекса*

В зависимости от назначения РК, состава комплектующего оборудования и характера организации производства задачи, связанные с созданием комплексов, могут быть различными. На рис. 5.2 приведен пример организации РТК станок - робот.

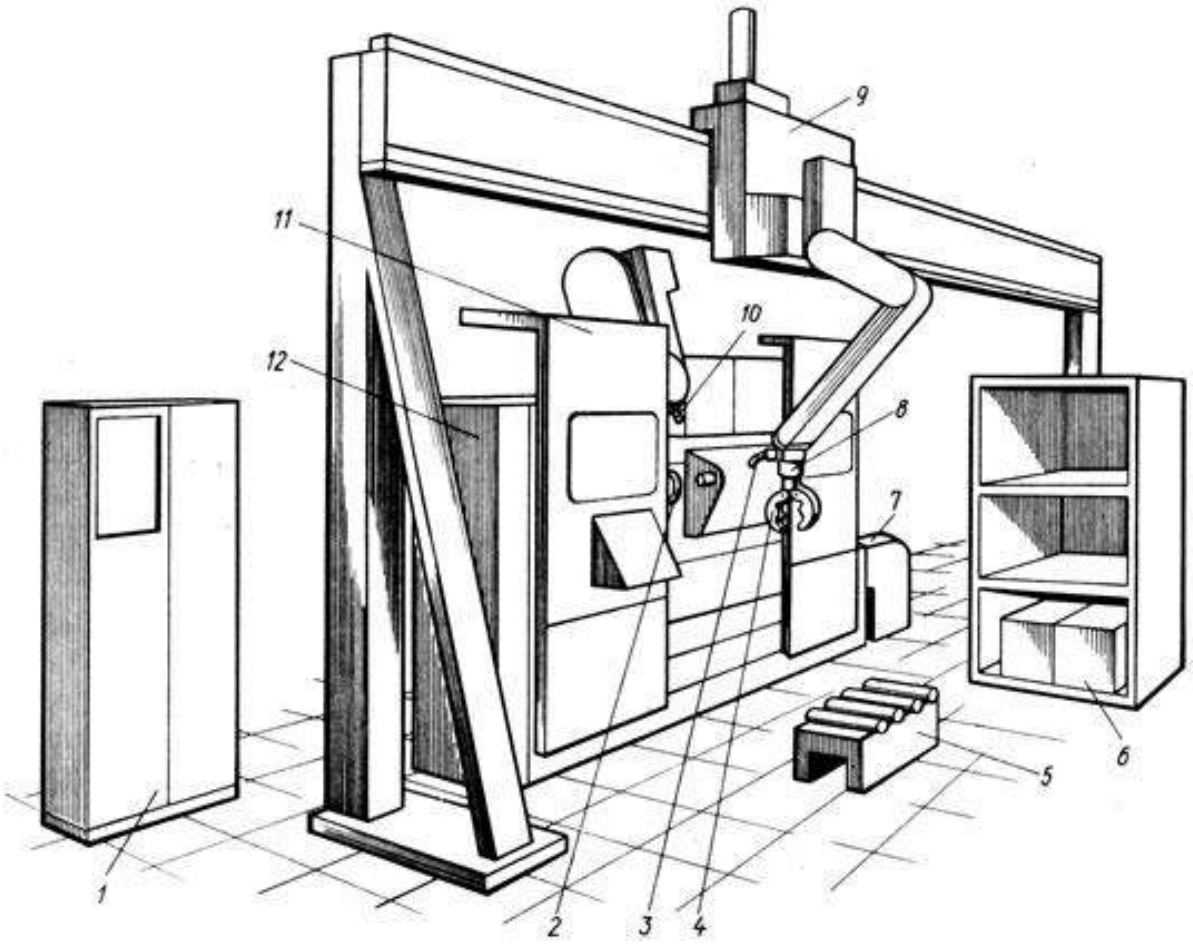


Рис. 5.2. Структура роботизированного технологического комплекса станок робот:
1 - блок управления роботом и станком; 2 - автоматические зажимные и базирующие приспособления станка; 3 - устройство очистки баз деталей и зажимных приспособлений станка от грязи и стружки; 4 - захватное устройство робота, оснащенное средствами опознавания заготовок, контроля их размеров и правильности установки заготовок в рабочей зоне станка; 5 - переналаживаемые -ориентирующие магазины для деталей; 6 - ячейки автоматизированного склада; 7 - конвейер для уборки стружки; 8 - блок автоматической смены захватных устройств; 9 - робот; 10 - головка с режущим инструментом для автоматической смены инструмента, оснащенная устройствами дробления стружки, контроля затупления и поломки инструмента; 11 - автоматизированное ограждение рабочей зоны стенка; 12 – станок

Эффективное использование средств робототехники па промышленных предприятиях в значительной мере определяется четкой организацией эксплуатации ПР. Под эксплуатацией ПР понимают совокупность действий по транспортировке, хранению, подготовке и использованию по назначению ПР, а также их техническому обслуживанию и текущему ремонту.

5.2. Эксплуатация роботов в транспортно-накопительных системах автоматизированных производств

Эффективность производственной системы в целом определяется не только качеством технологического оборудования, но и качеством процессов (подсистем), обеспечивающих производство, в частности – производственной логистикой. Завод может быть оснащен совершенными станками, но несвоевременная доставка к станку заготовок, оснастки, инструмента приведет к срыву производственного задания и снижению эффективности производственной системы.

О роли производственной логистики говорят следующие данные: на крупных европейских производственных предприятиях, в среднем 87% производственного времени затрачивается на внутрицеховую логистику, в которой задействовано 25% производственного персонала и 55% производственных площадей. В 2018 году 17% европейский фабрик уже применяли системы автоматизации внутрицеховой логистики, а к 2023 году таких предприятий будет уже 35%. На текущий момент, наиболее распространенным принципом организации производства остается конвейерная сборка и роботизированные системы внутрицеховой логистики активно внедряются для обеспечения конвейера инструментом, заготовками, сборочными единицами и т.п. Но роботизированные системы внутрицеховой логистики позволяют реализовать и новые принципы организации и управления технологическими процессами – гибкие производственные системы. Именно роботизированные транспортно-накопительные системы позволяют осуществлять прием, накопление, транспортирование, выдачу заготовок, полуфабрикатов, инструмента, технологической оснастки и готовых изделий в ГПС для обеспечения ее наиболее эффективного функционирования.

К роботизированным транспортно-накопительным системам предъявляются следующие требования:

1. *Масштабируемость.* При загрузке производственного оборудования на 35% сразу внедрять логистическую систему, способную обеспечить 100% загрузку экономически не целесообразно. Вы получите еще одну производственную систему, у которой КИМ (коэффициент использования производственных мощностей) будет далек от идеального. Поэтому система должна позволять поэтапное наращивание производительности без существенного изменения топологии цеха и, желательно, без проведения капитальных строительно-монтажных работ.

2. *Логистическая система должна быть автоматической*, т.е. не требовать участия человека-оператора и перенастраиваться под производственные задания по командам от автоматизированных систем управления производством. Адаптация к конкретному технологическому процессу, или производственному оборудованию должна осуществляться заменой оснастки. В системе должны быть предусмотрены сценарии работы как в рамках регулярного технологического процесса, так и в рамках аварийных ситуаций. Т.е. при возникновении аварийной ситуации, система должна попытаться разрешить ее без остановки технологического процесса.

3.*Способность системы строить цифровую модель технологического процесса*, которая будет использоваться вышестоящими системами управления для формирования производственного плана.

Для автоматизации внутрицеховой логистики применяются различные технические решения – от безлюдных складов до транспортных роботов для автоматизации перемещения деталей, материалов, инструмента. Наиболее универсальным решением, обладающим достаточной гибкостью для встраивания в уже существующий технологический процесс, выступат транспортные роботы – мобильные роботы, предназначенные для перемещения на своей платформе физических объектов (определение по ГОСТ Р 60.0.0.2 – 2016). Транспортные роботы можно классифицировать по функциональности:

1. Роботы-тягачи – транспортные роботы, предназначенные для транспортировки различных грузов на тележках и оснащённые специальным зацепом (штоком) для автоматического сцепления с транспортируемой тележкой (рис.5.3)

Рис. 5.3. Роботы-тягачи на линии сборки автомобилей

2. Универсальные мобильные роботы – транспортные роботы, функциональность которых определяется установленной на них оснасткой. Могут оснащаться как роботом-манипулятором, так и различной подъемной, поворотной и подъемно-поворотной оснасткой, адаптированной под определенный технологический процесс (Рис.5.4).

Рис. 5.4. Универсальные мобильные роботы

Типичным представителем этой серии является универсальный мобильный робот M100, способный перевозить 75 кг (оснастка + груз) на платформе или тянуть тележку весом до 200 кг. Типичной оснасткой для данного робота выступает рольганг с электроприводом, позволяющий подавать, или снимать с конвейера различные грузы, но могут применяться и другие виды оснастки, вплоть до установки робота-манипулятора. Особенностью универсальных мобильных роботов Geek+ является навигация SLAM, позволяющая свободно перемещаться в сложной производственной среде и объезжать возникающие препятствия, например, выставленный на маршруте движения поддон.

3. Роботы-погрузчики. Как правило, представляют из себя стандартные форклифтеры и ричтраки, оснащенные автоматической системой управления, но представлены и моделями на специально разработанной мобильной платформе (Рис.5.5). Роботы-погрузчики серии CC представляют из себя стандартные самоходные погрузчики Linde, которые оснащаются системой лазерной навигации. Система управления позволяет роботам-погрузчикам работать в помещениях с людьми, перемещать паллеты и другие грузы, и размещать их на стеллажах с высокой точностью (+10 мм). В модельной линейке представлены как роботы - форклифтеры, так и роботы-ричтраки, грузоподъемностью до 2-х тонн и высотой подъема до 2,9 метра.

4.

Рис. 5.5. Робот-погрузчик

Компания Casun также производит робот-паллетоперевозчик CA-BY1000 на специально разработанной компактной мобильной платформе. Робот оснащен системами лазерной и инерциальной навигации и, несмотря на компактные размеры, сравнимые с ручной гидравлической тележкой, может транспортировать грузы на паллетах весом до 1000 кг.

4. Специализированные роботы – транспортные роботы, специально разработанные под определенный технологический процесс.

Любое производство уникально, поэтому, несмотря на широкую номенклатуру транспортных роботов, производимых серийно, существует потребность в роботах, специально разработанных под определенный технологический процесс. Компания Casun производит специализированные роботы для электронной промышленности (доставка компонентов на линии монтажа печатных плат), автомобильной промышленности (транспортный робот большой грузоподъемности для сборочной линии) и других отраслей промышленности. Для создания специальных транспортных роботов используется модульная платформа, хотя некоторые модели разрабатываются под задачу клиента с нуля. Нужно понимать, что транспортные роботы являются частью роботизированной системы, ее исполнительными устройствами, которая также включает в себя автоматизированную систему управления роботизированной системой (АСУ), подсистему передачи данных, станции заряда АКБ роботов, элементы системы позиционирования (магнитные ленты, QR-code, отражатели для лазерных датчиков).

Внутрицеховые склады являются неотъемлемой частью внутрицеховой логистики и служат для обеспечения производственного технологического процесса комплектующими, инструментом и оснасткой, а также хранения готовой продукции и незавершенного производства. Автоматические склады позволяют осуществлять адресное хранение и выдачу единиц хранения, обеспечивая высокую плотность хранения, скорость и точность загрузки/выгрузки и могут применяться для автоматизации инструментально-раздаточных кладовых, цеховых складов материалов, деталей и сборочных единиц, а также складов готовой продукции. Но важно не только компактно хранить и быстро находить нужную единицу хранения, но и своевременно доставлять ее к соответствующему технологическому оборудованию, поэтому воз-

можность и способ интеграции автоматического склада с внутрицеховой транспортной системой является значимой характеристикой автоматического склада. На рис.5.6 представлен вид горизонтального карусельного склада.

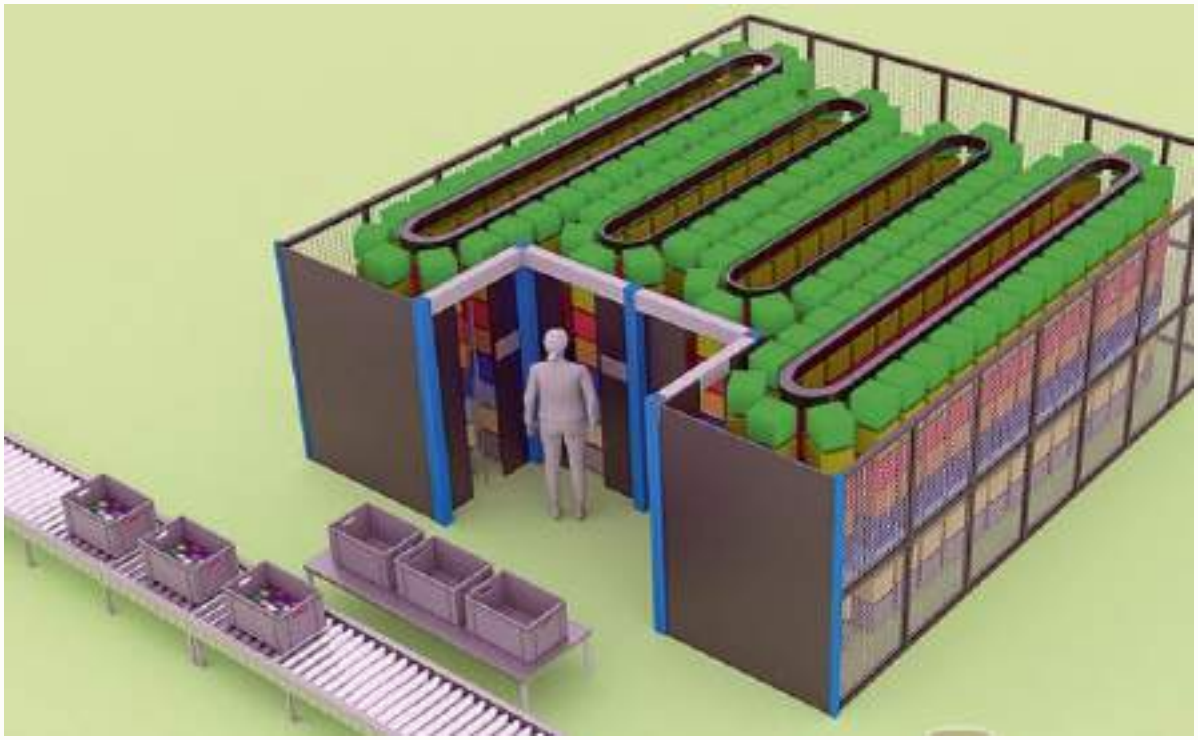


Рис. 5.6. Вид горизонтального карусельного склада

Карусельные системы предназначены для хранения и выдачи мелких единиц хранения – метизов, деталей, инструмента и оснастки и т.п. Хранение в таких системах осуществляется в пластиковых контейнерах, размещенных на полках (вертикальная карусель), либо в ячейках стеллажей (горизонтальная карусель). Полки/стеллажи, в свою очередь закреплены на карусельном механизме, перемещающем полку/стеллаж с нужной единицей хранения к окну выдачи, одновременно перемещая остальные полки/стеллажи, либо по вертикали (вертикальная карусель), либо по горизонтали (горизонтальная карусель). Автоматическая выгрузка единиц хранения в таких системах не предусмотрена, поэтому интеграция с внутрицеховой роботизированной транспортной системой затруднительна, но может осуществляться с участием человека, перекладывающего единицы хранения на транспортный робот.

Лифтовые системы предназначены для хранения и выдачи единиц хранения как в лотках, так и на паллетах и полках (длинномеры и плитные материалы). Единицы хранения размещаются и подаются к окну выдачи на полках стеллажей (несущие полки) с помощью экстрактора - подъемного механизма (лифта), оснащенного специальными захватами для полок. В отличии от карусельных систем хранения нужная полка подается к окну выдачи без перемещения других полок. Лифтовые системы получили широкое распространение на предприятиях машиностроения, для хранения металлических листов, труб, профиля. Хранение длинномеров и плитных материалов осуществляется в кассетах – специальных несущих полках. Некоторые модели лифтовых систем, предназначенных для хранения грузов на поддонах, или хранения плитных материалов, могут оснащаться автоматизированными системами загрузки/выгрузки - таким образом, возможна интеграция лифтовых систем с внутрицеховой роботизированной транспортной системой.

Шаттл-системы предназначены для хранения и выдачи единиц хранения в лотках, коробах или на паллетах. Лотки, или паллеты размещаются на стеллажах, а функцию их загрузки/выгрузки выполняют грузовые автоматические тележки – шаттлы. Шаттлы перемещаются по рельсам, закрепленным на стеллажной системе, а для загрузки/выгрузки лотков (паллет) применяется специальный механизм, закрепленный на шаттле – экстрактор. Шаттл-системы обладают высокой эффективностью – шаттл оперирует одним поддоном, или лотком/коробом, в отличии от карусельных или лифтовых систем, оперирующих полками, или целыми стеллажами, что не требует выполнять дополнительную операцию – отбор с полки/стеллажа нужного груза и обеспечивает хорошую возможность интеграции с транспортными роботами. Кроме того, шаттлы перемещаются с высокой скоростью – до 5 м/с, обеспечивающую высокую производительность системы.

В качестве альтернативы лифтовым и карусельным система хранения может применяться **роботизированный склад**, широко применяемый для комплектации заказов на складах интернет-магазинов. В данном решении, хранение осуществляется в ячейках мобильных стеллажей, а загрузка/выгрузка на станциях комплектации (Рис.5.7).

Рис. 5.7. Склад с роботом-штабелером

Перемещение стеллажей осуществляется мобильными роботами Р-серии. Конфигурация мобильных стеллажей позволяет организовать как мелкоячеистое хранение, так и хранение крупногабаритных грузов на поддонах. Грузоподъемность мобильных роботов – до 1000 кг. Интеграция с транспортной внутрицеховой системой, для грузов, размещаемых в ячейках стеллажей, осуществляется с участием человека, перекладывающего на станции комплектации грузы из ячеек стеллажей на транспортные роботы, а для грузов, размещаемых на поддонах, может осуществляться автоматическая интеграция.

Еще одним решением для организации роботизированного склада являются роботы-погрузчики, описанные в предыдущей статье, посвященной внутрицеховым роботизированным транспортным системам РТНС. Такие роботы могут применяться для размещения на хранение и выдачу с хранения крупногабаритных грузов как на поддонах, так и с применением других видов тары. Стоит отметить, что роботы, применяемые в составе роботизированного склада, могут выполнять и функцию внутрицехового транспорта, доставляя единицы хранения к основному технологическому оборудованию.

5.3. Техническое обслуживание мехатронных и робототехнических систем

Эффективное использование мехатронных и робототехнических в значительной мере определяется четкой организацией их эксплуатации. Под эксплуатацией понимают совокупность действий по транспортировке, хранению, подготовке и использованию по назначению технических средств, а также их техническому обслуживанию и текущему ремонту. Сегодня мехатронные модули и системы находят широкое применение в следующих областях:

- станкостроение и оборудование для автоматизации технологических процессов;
- робототехника (промышленная и специальная);
- авиационная, космическая и военная техника;
- автомобилестроение (например, антиблокировочные системы тормозов, системы стабилизации движения автомобиля и автоматической парковки);
- нетрадиционные транспортные средства (электровелосипеды, грузовые тележки, электророллеры, инвалидные коляски);
- офисная техника (например, копировальные и факсимильные аппараты);
- элементы вычислительной техники (например, принтеры, плоттеры, дисководы);
- медицинское оборудование (реабилитационное, клиническое, сервисное);
- бытовая техника (стиральные, швейные, посудомоечные и другие машины);
- микромашины (для медицины, биотехнологии, средств связи и телекоммуникации);
- контрольно-измерительные устройства и машины;
- фото- и видеотехника;
- тренажеры для подготовки пилотов и операторов;
- шоу-индустрия (системы звукового и светового оформления) и др.

Очевидно, что для каждой из перечисленных областей присуще свои специфические особенности эксплуатации мехатронных модулей и систем. В тоже время можно выделить некоторые общие положения

эксплуатации и обслуживания рассматриваемых мехатронных и робототехнических систем.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих поддержание исправности и работоспособности ПР при подготовке и использовании их по прямому назначению. ТО является одним из этапов технической эксплуатации, главная задача которого–поддержание надежности работы изделия. Эта задача решается путем выбора оптимальной периодичности профилактических работ и быстрого восстановления его работоспособности для обеспечения требуемой вероятности исправной работы в произвольный момент времени. Не менее важной задачей ТО является организация и проведение технических мероприятий, благодаря которым параметры и характеристики изделия в течение всего периода эксплуатации будут находиться в требуемых по техническим условиям (ТУ) пределах. Профилактические работы занимают особое место в системе ТО и направлены на предупреждение преждевременного изнашивания, повреждений и отказов. Отказы предупреждают регулированием параметров элементов в пределах предусмотренного при проектировании диапазона, а также заменой элементов, у которых износ или рабочие характеристики близки к предельно допустимым. Конечная цель профилактики – окончательное исключение ремонта или выполнение его только при повреждениях, полученных в результате аварии.

При проведении профилактических работ с целью уточнения объема ремонта определяют техническое состояние ПР. Для этого производят контрольные замеры параметров и сравнение их с номинальными значениями, указанными в формуляре или в инструкции по эксплуатации. При несоответствии хотя бы одного из параметров номинальному значению ПР считается неисправным. В этом случае определяют причину неисправности и принимают меры для ее устранения. Объем планового ТО определяется при проектировании изделия и уточняется в период эксплуатации. Объем непланового (текущего) ТО определить заранее невозможно. Поэтому сокращение общей трудоемкости ТО достигается более тщательным выполнением профилактических работ и выбором их оптимальной периодичности. Это, в свою очередь, снижает вероятность появления повреждений и отказов, а значит уменьшает трудоемкость непланового ТО и затраты на него. Однако следует помнить, что основные материальные затраты на ТО

определяются необходимостью содержания высококвалифицированных специалистов.

Для сокращения затрат на ТО, составляющих основную часть эксплуатационных расходов, в современных автоматизированных системах предусматривается встроенная система автоматизированного контроля, которая может не только обнаружить отказы, но и выявить их причины. Такая система контроля позволяет оценить правильность функционирования и техническое состояние изделия в любой момент времени при участии менее квалифицированного персонала.

В перечень работ по ТО входят осмотр, контроль технического состояния ПР и системы управления, чистка, промывка и смазка узлов ПР, регулировка его отдельных систем, замена отдельных износившихся деталей и вышедших из строя элементов системы управления, чистка контактов элементов системы управления, проверка и наладка приводов и системы управления, а также работы по устранению неисправностей.

В комплекс работ по ежедневному обслуживанию входят проверки: визуальная; отсутствия вибрации ПР и отдельных его элементов; уровня шума механизмов ПР и мехатронных модулей; отсутствия нагрева подшипников; показаний манометров гидросистем; работы смазочных систем по маслоуказателям; отсутствия ударов в механизмах ПР и системах; плавности перемещения исполнительных механизмов и отсутствия рывков при реверсировании; отсутствия утечки масла; наличия и исправности защитных устройств, предохранительных щитков и кожухов; надежности захватных устройств, индикации и сигнализации системы управления. Помимо проверок оператор ежедневно протирает и очищает ПР, смазывает места и механизмы, требующие ежедневной смазки.

Одним из признаков изношенности подвижных сопрягаемых и вращающихся деталей в мехатронных модулях движения и ПР является наличие в масле продуктов износа. Интенсивность нарастания содержания металла в масле в функции времени характеризует скорость износа сопряженных деталей. Для определения этой зависимости через равные промежутки времени из гидросистемы ПР отбирают пробы масла' и определяют концентрацию металла в них. По данным измерения определяется степень износа. На практике для определения состава масла наиболее часто применяют спектрометр МФС-3, спектрограф

ИСП-30, а также фотоколориметр ФЭК-М. При отсутствии специальной аппаратуры чистота масла проверяется по цвету и форм пятна от капли масла, наносимого на фильтровальную бумагу. Черный цвет пятна указывает на недопустимое количество механических примесей. Измерение давления, расхода и утечек рабочей жидкости наиболее часто выполняется при диагностирований гидропривода ПР. Снижение давления и расхода рабочей жидкости в гидросистеме свидетельствует об износе деталей насоса, повышенных утечках жидкости и неправильной регулировке гидропривода. Признаком нарушения нормальной работы гидропривода может быть и повышенное давление. Давление в гидросистемах контролируется различными типами манометров и преобразователей давления. Серийно выпускаются пьезоэлектрические преобразователи ЛХ600, ЛХ604, ЛХ608 и др. При стендовых испытание их применяют манометры М1М, в которых измеряемое давление рабочей жидкости преобразуется в пропорциональный по величине электрический ток, подводимый к электрическому показывающему или регистрирующему прибору. Для измерения подачи рабочей жидкости применяют расходомеры, основанные на эффекте Кармана, а также струйные, электромагнитные, ультразвуковые, тахометрические и др. Диагностирование систем управления ПР осуществляется по параметрам сигналов в контрольных точках электрических схем либо по периодическим проверкам функционирования с помощью специальных тестовых программ.

В организации технического обслуживания ПР важное место занимает обеспечение техники безопасности. При неправильном использовании и обслуживании роботы могут представлять опасность для работающих в том же помещении людей и оборудования. Установлено, что при регулярном техническом обслуживании роботы отличаются высокой степенью безопасности. Техническое обслуживание позволяет обнаружить незначительные повреждения, которые могут привести к несчастному случаю. Например, при малейшем повреждении гидравлического шланга может произойти утечка рабочей жидкости в виде струи высокого напора, которая может травмировать находящихся поблизости рабочих, если они не защищены в соответствии с требованиями технической безопасности. Могут возникнуть и более серьезные осложнения, приводящие к отказу комплекса, если допуска-

ется корродирование деталей системы управления. Даже при техническом обслуживании не исключается вероятность повреждений. В целях повышения безопасности применяют чувствительный к давлению настил, отключающий робот, если в его рабочую зону входит человек. Иногда вокруг ПР развешиваются тонкие пластиковые ленты, выполняющие роль занавеса и затрудняющие доступ к роботу. Для предотвращения опасных ситуаций используют щиты, ограждения, аварийные сигналы и предусматривают отключение самого робота. С этой же целью роботы оснащаются чувствительными устройствами, обнаруживающими факт нарушения границы зоны обслуживания, после чего следует запрет на любые действия ПР. Иногда рука робота жестко фиксируется в определенном положении механическим приспособлением. Это повышает безопасность в тех случаях, когда рабочий находится в рабочей зоне ПР, выполняя его техническое обслуживание.

5.4. Эксплуатация мехатронных и робототехнических систем

К эксплуатации мехатронных систем, ПР и созданных на их основе РТК может допускаться только персонал, прошедший специальное обучение по безопасному обслуживанию со сдачей экзамена специальной комиссии. Перед допуском на обслуживание РТК персонал должен получить вводный инструктаж, а в процессе работы строго руководствоваться инструкцией по безопасности труда. Вводный инструктаж проводится для ознакомления со специфическими особенностями данного производства, включая потенциально опасные участки, которые могут проявиться при нарушении требований безопасности труда. Обращается особое внимание на возможность появления опасностей при выполнении технологического процесса, на опасные зоны работающего оборудования, оградительные устройства и правила пользования ими, на необходимость перед началом работы убедиться в исправности и нормальном функционировании оборудования. Инструктаж должен сопровождаться показом безопасных методов и приемов работы. При изменении технологического процесса работы оборудования или в других случаях изменения условий труда для обслуживающего персонала должен проводиться внеочередной инструктаж.

Эксплуатация ПР и РТК должна проводиться в строгом соответствии с эксплуатационной документацией. Согласно ГОСТ 2.601–2013 эксплуатационными называются документы, предназначенные для

изучения изделия и правил его эксплуатации. В комплект эксплуатационных документов входят: техническое описание; инструкция по эксплуатации; инструкция по ТО; инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке на месте применения (сокращенно инструкция по монтажу); формуляр или паспорт; ведомости одиночного, ремонтного и группового комплектов ЗИПа; ведомость эксплуатационных документов. Техническое описание и инструкция по эксплуатации объединяются в один документ и предназначаются для следующих целей: изучения конструкции, принципа действия и правил эксплуатации ПР; изучения правил техники безопасности; руководства при обнаружении и устранении неисправностей и отказов; руководства при регулировочных и наладочных работах силами обслуживающего персонала; руководства при проведении ТО в процессе эксплуатации и при длительном бездействии.

В инструкции по ТО указываются меры безопасности, порядок и правила ТО для различных условии эксплуатации. Большое внимание уделяется видам ТО, их периодичности; приводится перечень основных проверок для оценки технического состояния ПР, которые следует выполнять после каждого вида ТО.

Основной раздел инструкции по монтажу содержит требования по монтажу, регулировке, наладке и вводу в действие ПР в период монтажных и наладочных работ, а также в период приемо-сдаточных испытаний. В инструкции излагаются также меры предосторожности и правила пожарной безопасности при выполнении работ, даются указания по проведению технических мероприятий при транспортировании, установке и хранении ПР на месте эксплуатации.

Формуляром называется документ, в котором приводятся гарантированные заводом-изготовителем основные параметры и технические характеристики ПР и отражаются сведения по его техническому использованию, обслуживанию и ремонту за весь период эксплуатации. Например, по мере технического использования ПР в формуляр заносятся сведения о замене и восстановлении деталей, о наработке ПР с начала эксплуатации, о моменте возникновения неисправностей и отказов. В формуляре записываются способы отыскания и устранения неисправностей и затраченное на них время. Формуляр является единственным из эксплуатационных документов, в котором отражаются все

изменения, происходящие с ПР в процессе эксплуатации. По этой причине формуляр всегда хранится совместно с изделием.

Паспорт предназначен для тех же целей, что и формуляр. Он выпускается для мехатронных и робототехнических систем, гидравлических, пневматических и электрических устройств и приборов, поставляемых по ТУ.

Ведомости ЗИПа являются документами, определяющими номенклатуру, необходимое количество, назначение и укладку запасных частей, инструмента, принадлежностей и материалов, необходимых для обеспечения и восстановления работоспособности ПР в течение всего периода эксплуатации, включая заводской средний ремонт с выводом ПР из эксплуатации.

Ведомость эксплуатационных документов содержит перечень документов с указанием мест их укладки.

Перед первоначальным включением устройства в работу обслуживающий персонал должен тщательно изучить основной эксплуатационный документ – техническое описание и инструкцию по эксплуатации. Особо внимательно необходимо изучить разделы, касающиеся пультов управления оператора и мер безопасности при эксплуатации ПР. Основными причинами возникновения аварийных ситуаций могут явиться: неправильные (непредусмотренные) движения ПР; ошибочные действия оператора при обслуживании ПР, работающего в автоматическом режиме (в том числе появление человека в рабочем пространстве ПР, ошибки в программировании и т. п.); отсутствие четкой информации оператору о ситуации в рабочей зоне ПР, параметрах движения ПР и причинах, возникающих на РТК неполадок. Таким образом, для обеспечения безопасности труда при эксплуатации ПР и РТК наряду с использованием специальных технических средств необходимо применять соответствующие приемы и методы проведения работ, а также строго соблюдать регламентированные режимы эксплуатации ПР.

Неполадки и аварийные ситуации, которые возникают в процессе эксплуатации ПР, должны ежемесячно регистрироваться оператором или наладчиком в специальном журнале.

Перед началом работы оператор должен убедиться в исправном состоянии основного и вспомогательного технологического оборудования, средств обеспечения безопасности, в отсутствии посторонних лиц и предметов в рабочем пространстве ПР.

Для обеспечения движений ПР в соответствии с требованиями технологического процесса необходимо произвести ввод программы. Непосредственному программированию предшествует разработка алгоритма функционирования управляющей программы. Этот алгоритм формируется с учетом специфики конкретного технологического процесса и оборудования. В указанном алгоритме определяется последовательность использования всей требуемой для функционирования ПР информации, включая очередность выполнения отдельных операций и длительность их реализации. Помимо этого, в алгоритме предусматривается информация, необходимая для обеспечения взаимодействия ПР с оборудованием. Особенности программирования ПР в значительной степени определяются их назначением. Так, управляющая программа ПР, выполняющего окрасочные, сварочные и другие аналогичные работы, представляет собой не разветвляемую последовательность выполняемых операций, которая запоминается в режиме обучения. Управляющая программа ПР, обслуживающего металлорежущие станки, в значительной степени определяется как его конструкцией, так и числом единиц оборудования. Управляющая программа промышленных роботов набирается непосредственно с пульта оператора путем нажатия соответствующих кнопок. Контроль правильности набора осуществляется по цифровому дисплею. Если программа набрана верно, нажимается кнопка ЗП (запись) и производится загрузка программы в ячейку ОЗУ с выбранным адресом. Ввод последующей команды производится аналогично. В робототехнике широкое используется программирование методом обучения. Процесс обучения подразделяется на следующие виды:

- обучение ПР с целью формирования кадров управляющей программы. Производится путем задания оператором рабочих движений ПР, при которых положение рабочего органа определяется показаниями датчиков положений звеньев ПР;

- обучение ПР адаптивным формам поведения. Осуществляется путем ввода алгоритмов коррекции управляющих программ при изменении внешних условий, либо ввода в память данных о положении и характеристиках объектов внешней среды.

Системы обучения следует подразделять на три класса:

А – простейший, обучение производится путем ввода в память устройства программного управления последовательности состоянии

ПР и технологических команд. Возможно наличие линейной интерполяции, средства организации адаптивной работы ПР отсутствуют. Точность рабочих движений ПР соответствует точности движения в процессе обучения. При изменении размеров или ориентации рабочего органа ПР требуется переобучение ПР;

В – расширенный, средства класса А дополняются средствами редактирования исходной формы управляющей программы, линейной, круговой (и возможно других типов) интерполяции и средствами обратного преобразования координат для ПР непрямоугольной кинематической схемы. Обучение производится путем организации движений в системе координат объектов внешней среды с использованием обратного преобразования координат. Допускается использование средств трансляции исходной формы управляющей программы в рабочую форму вне режима реального времени после окончания процесса обучения и до включения рабочего режима. Изменение размеров или ориентации рабочего органа ПР не требует переобучения ПР;

С –высший, обучение производится комбинированным методом и обеспечивает получение адаптивной управляющей программы в виде последовательности операторов и команд условных переходов в системе команд ЭВМ устройства программного управления и соответствующих структур данных, содержащих все необходимые числовые параметры и операции для выполнения рабочих движений и контрольных действий ПР с адаптацией к неизвестным параметрам рабочего процесса. Точность рабочих движений ПР соответствует точности работы его системы управления, определяемой ТУ на ПР. Использование специальных видов интерполяции, преобразований координат и трансляции обеспечивает повышение производительности обучения по сравнению с системой класса А.

Обучение с целью последующего воспроизведения роботом рабочей программы является наиболее распространенным методом управления промышленными роботами. Программирование обучением выполняется за несколько шагов:

– обучение робота в медленном режиме при ручном управлении для выполнения технологической операции и запись углов суставов робота с целью повторного воспроизведения движения;

– корректировка и воспроизведение обученного движения;

– если обученное движение правильно, робот приступает к выполнению повторяющихся операций с заданной скоростью.

Обучение робота может проводиться в системе координат сочленений **joint,** мировой системы координат **world** или координат рабочего органа **tool**, путем непосредственного ввода численных значений координат обученной точки либо с использованием режима пульта.

В последнем случае робот выводится в нужную позицию и текущие координаты запоминаются. Для обычной точки запоминаются координаты **X,Y,Z, o, a, t,** а для прецизионной точки- $\mathbf{q^1}$, $\mathbf{q^2}$, $\mathbf{q^3}$, $\mathbf{q^4}$, $\mathbf{q^5}$, $\mathbf{q^6}$.

При обучении робота следует помнить, что в случаях, когда требуется сохранить ориентацию инструмента относительно рабочей поверхности, необходимо применять обучение в системе координат **world** или **tool.** Обучение в системе **world** можно применить, если, рабочая поверхность параллельна плоскости XY мировой системы координат. При этом следует учитывать, что положение системы **world** может быть перемещено на эту плоскость с помощью инструкции BASE. При обучении схват манипулятора движется вдоль осей повернутой базовой системы координат, относительно которой будут запоминаться координаты обученной точки. При использовании точек, запомненных относительно смещенной базовой системы координат, в управляющей программе необходимо указать величину смещения базовой системы координат с помощью инструкции BASE X,Y,Z.

При обучении в системе координат инструмента необходимо обеспечить желаемую ориентацию системы **tool** относительно рабочей плоскости, после чего схват манипулятора будет двигаться вдоль осей системы **tool,** а координаты точки будут запоминаться в мировой системе координат **world.** Данный метод применяется в случае более сложного расположения рабочей поверхности либо, когда требуется сохранить ориентацию инструмента на всей траектории движения. В более общих случаях используется одновременно обучение во всех трех системах координат. Если при обучении использовалась инструкция BASE, то данная инструкция должна быть также применена и в управляющей программе.

В процессе эксплуатации в мехатронных и робототехнических устройствах периодически возникают различного рода неисправности. Многие современные модели имеют весьма сложное схемное построение, и зачастую процесс отыскания в них неисправностей бывает таким же сложным и очень трудоемким, что требует от специалиста,

осуществляющего ремонт, хороших знаний и навыков работы. Ремонт изделий в основном осуществляется в соответствии с общими принципами ремонта модулей, блоков и самого оборудования, но следует иметь в виду, что есть и характерные отличия, связанные с технологией изготовления, спецификой использования, условиями эксплуатации мехатронных составляющих. Процедура ремонта любого технического объекта может быть представлена в виде последовательности мероприятий, основными из которых являются:

• установление факта неработоспособности;

• определение отказавшего блока (модуля);

• выявление неисправных элементов в вышедшем из строя блоке (модуле);

• восстановление вышедших из строя блоков (модулей);

• контроль работоспособности устройства;

• регулировка устройства.

Неисправности могут быть вызваны различными факторами. Их можно разделить на механические и электрические.

Механические неисправности связаны с поломкой или повреждением элементов различных кинематических схем привода, загрузки носителей информации, галетных или кнопочных переключателей, механизмов настройки и многих других.

Электрические неисправности вызываются выходом из строя тех или иных элементов электрической принципиальной схемы, а также дефектами монтажа. Большинство механических неисправностей и в ряде случаев – электрических выявляются при проведении визуального осмотра аппаратуры. Визуальным осмотром определяют качество монтажа, отсутствие обрывов в печатных дорожках и проводниках, качество паек (холодные пайки), а также контролируют соответствие номиналов резисторов и емкостей конденсаторов (рабочих напряжений) требованиям принципиальных схем. Часто при визуальном осмотре выявляются обуглившиеся резисторы, вздутые электролитические конденсаторы, наличие подтеков пропиточного материала в трансформаторах, механические повреждения в керамических конденсаторах и др. О наличии электрических неисправностей в аппаратуре могут свидетельствовать запахи от перегретых обмоток трансформаторов, дросселей, резисторов, изменение тона звуковых колебаний, вызванных работой трансформатора (гул с частотой 50 Гц). При проведении визу-

ального осмотра необходимо вручную проверять качество крепления механических узлов (трансформаторов, дросселей, переключателей электрических конденсаторов, переменных и полупеременных резисторов и др.).

После проведения ремонта проводится контроль работоспособности оборудования, который заключается в проверке нескольких технических параметров (например, проверяется, регулируется резкость и яркость изображения телевизионного приемника устройства видеоконтрольного и т. д.). Если контроль работоспособности объекта дал положительные результаты, то проводится регулировка. Практика показывает, что найти причину неисправности в современном оборудовании, комплексе часто бывает значительно сложнее, чем устранить ее. Знание наиболее распространенных практических методов поиска места отказа позволит провести ремонт с наименьшими затратами времени и средств.

Описание моделей объектов ремонта. Процесс поиска неисправностей в устройствах представляет собой совокупность элементарных проверок, т. е. физических экспериментов над ремонтируемым устройством, целью которых является изучение его реакции на некоторое воздействие. Выявить неисправность можно только в том случае если существует такое тестовое воздействие, реакция на которое у работоспособного и неработоспособного устройств различна. В общем случае может существовать несколько элементарных проверок, позволяющих выявить определенное техническое состояние устройства. Они различаются множеством контрольных точек, видом и последовательностью выходных тестовых воздействий. Разнообразие перечисленных возможностей вызывает необходимость разработки процесса поиска неисправностей в устройстве. Первый этап предполагает наличие некоторого описания ремонтируемого устройства и его поведения в работоспособном и неработоспособном состояниях. Описание в аналитической, векторной, графической или табличной форме называют *математической моделью ремонтируемого устройства.* Любое электронное устройство характеризуется зависимостью множества выходных параметров Y – {Y^ от множества входных X = $\{X_k\}$ и внутренних A = $\{A_J\}$ переменных. Поведение модели устройства в общем случае зависит от времени *t.*

$$Y= F (X, A). \quad (5.1)$$

Такая запись представляет собой систему передаточных функций работоспособного устройства. Неисправность, возникшая в устройстве, приводит к искажению передаточных функций, характеризуемых множеством моделей неработоспособного объекта:

$$Y = F(X, A^i > т), \quad (5.2)$$

где $i = 1, 2, 3, ..., m$ – номера неисправных состояний.

Часто в явном виде задается только модель (1) работоспособного устройства, а модели (2) подлежат разработке. Для большинства сложных устройств обычно не удается составить модель (2), используя только внешние узлы – основные входы и выходы. Поэтому эта система уравнений должна включать описание внутренних, электрических и временных зависимостей, выявленных на расширенном множестве функциональных узлов. Обозначим множество всех допустимых элементарных проверок ремонтируемого устройства P = {P}. Допустимыми будем считать все физически осуществимые элементарные проверки при поиске неисправностей. Каждая проверка характеризуется значением *X* воздействия, подаваемого на ремонтируемое устройство, составом контрольных точек и значением реакций устройства на эти воздействия. Число возможных результатов проверки определяется числом контрольных точек в устройстве и числом воздействий на него. Ответные реакции на входные воздействия Xj соответственно для работоспособного и неработоспособного устройств определяются следующими уравнениями:

$$R = F(A). \quad (5.3)$$

Элементарные проверки позволяют обнаруживать любое состояние из множества неработоспособных состояний устройства, если найдется хотя бы одна проверка P, для которой ответные реакции у работоспособного R и неработоспособного P. устройств различны, т. е. P не равно R. Для разработки процедуры поиска неисправностей необходимо получить множество реакций для всех допустимых элементарных проверок P и выбрать те проверки из множества {P}, которые позволяют различить все состояния из множества технических состояний устройства S. Процесс поиска неисправности при этом требует глубокого анализа результатов измерений большого числа вычислительных операций и многократного сравнения их результатов. Ввиду сложности аналитические методы разработки этого процесса нашли применение в тех случаях, когда устройства по схемным решениям просты и мощность

множества технических состояний ограничена (например, только с одиночными неисправностями), а элементарные проверки проводятся с помощью однотипных входных воздействий. Более проста, наглядна и удобна при анализе и разработке процедуры поиска неисправностей табличная модель устройства. Очевидно, что достоверно обнаруживать неисправности в устройствах помогает множество элементарных проверок. Одна из задач оптимизации этого процесса состоит в сокращении числа элементарных проверок, обеспечивающих требуемую глубину поиска неисправностей.

Требования безопасности при обслуживании и эксплуатации мехатронных и робототехнических систем изложены в ГОСТ Р 60.1.2.2-2016/ИСО 10218-2:2011. При разработке ПР и средств защиты лиц и обслуживающего персонала должны учитываться специфические свойства ПР, связанные с особенностями конструкции, выполняемых функций, динамики и алгоритмов управления перемещением рабочих органов. Средства защиты должны быть разработаны с учетом необходимости нахождения обслуживающего персонала в рабочем пространстве ПР при его включении, программировании, контроле и обслуживании, при этом должна быть учтена возможность возникновения опасной ситуации, связанной с несогласованностью работы ПР и сопряженного с ним оборудования. Способ защиты лиц и обслуживающего персонала должен быть выбран с учетом анализа конструкции ПР, методов его программирования и обслуживания. Перед выбором способа защиты должны быть определены вредные производственные факторы и оценен риск (степень риска) возникновения опасной ситуации.

Обеспечение безопасности лиц и обслуживающего персонала должно основываться на следующих принципах:

- во время производственного процесса не допускается нахождение лиц и обслуживающего персонала в рабочем пространстве;

- во время программирования, контроля, обслуживания и в других случаях, требующих нахождения обслуживающего персонала в рабочем пространстве ПР, вероятность возникновения опасной ситуации должна быть минимальной.

Для обеспечения выполнения этих принципов могут быть реализованы следующие мероприятия:

- ограничение рабочего пространства с помощью физических барьеров, защитных ограждений, в том числе с блокировками, а также использование устройств обнаружения;

- организация рабочих мест обслуживающего персонала таким образом, чтобы все работы по наладке и обслуживанию ПР производились вне рабочего пространства;

- внедрение дополнительных мер защиты обслуживающего персонала, разрабатываемых в зависимости от конструктивных особенностей ПР и необходимых для обеспечения безопасности в случаях, когда нахождение обслуживающего персонала в рабочем пространстве не может быть полностью исключено.

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте структуры автоматизированных производств в зависимости от серийности выпускаемой продукции.
2. Объясните структуру роботизированных комплексов.
3. Охарактеризуйте структуру гибкой производственной системы.
4. Какие требования предъявляются к роботизированным транспортно-накопительным системам?
5. Приведите примеры устройства роботизированных складов.
6. В чем заключается техническое обслуживание роботов и мехатронных систем?
7. То входит в перечень работ по ТО?
8. Виды организации эксплуатации оборудования.
9. Назовите признаки изношенности деталей.
10. Назовите признаки изношенности элементов пневмо и гидропривода.
11. Назовите признаки изношенности элементов электропривода.
12. Назовите признаки изношенности системы управления.
13. Назовите состав эксплуатационных документов.
14. Регламент работ перед пуском оборудования.
15. Как формируется управляющая программа для робота и мехатронной системы?
16. Как осуществляется обучение робота?
17. Назовите классы систем обучения роботов.
18. Что является моделью ремонтируемого изделия?
19. Назовите основные требования безопасного обслуживания мехатронных и робототехнических систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены вопросы построения исполнительных устройств роботов и мехатронных модулей, их информационных и управляющих устройств; структура роботизированных технологических центров. Проанализированы организация и проведение монтажных работ робототехнических и мехатронных систем, включая механическую часть, устройств пневмо- и гидросистем, устройств управления и электрооборудования, роботизированных технологических комплексов. Представлены основы наладки механических устройств промышленных роботов и мехатронных систем и их компонентов, параметрическая настройка регуляторов тока, скорости и положения в электроприводах роботов и мехатронных систем, в том числе по компьютерным моделям, пример наладки мехатронной системы металлорежущего станка и мехатронной системы лазерного технологического комплекса. Описаны также методы и средства испытаний и диагностики роботов и мехатронных систем, основы их эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт промышленных роботов. Малахов М. В., Нейбергер Н. А., Сидорин Г. Н. – М.: Металлургия, 1989. 224 с.

2. Введение в мехатронику: Уч. пособие / Грабченко А.И., Клепиков В.Б., Доброскок В.Л., Крыжный Г.К., Анищенко Н.В., Кутовой Ю.Н., Пшеничников Д.А., Гаращенко Я.Н. – Х.: НТУ "ХПИ", 2014. – 274 с. 3. Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике: учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2016. – 524 с.

4. Бастрон, А.В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учеб. пособие. Часть 1. – 2-е изд., испр. и доп. / А.В. Бастрон, А.В. Чебодаев, А.Г. Черных; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 291 с.

5. Таугер В. М. Конструирование мехатронных модулей : учеб. пособие. - Екатеринбург : УрГУПС, 2009. – 336 с.

6. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки : учебник М. : ФОРУМ, 2017. - 448 с.

7. Феофанов, А.Н. Техническое обслуживание, ремонт и испытание мехатронных систем [Текст] : учебник : для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальности "Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)" / А. Н. Феофанов, Т. Г. Гришина. - Москва: Академия, 2018. – 302с.

8. Науменко, А. П. Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль : учеб. пособие / А. П. Науменко ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 152 с. : ил.

9. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : URSS, 2019. – 240 с.

10. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Введ. 1982-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 24 с.

11. ГОСТ20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. Введ. 1991-01-01. – М. : Стандартинформ, 2010. – 11 с.

12. Глебов, Н. А. Надежность и диагностика устройств управления робототехническими и мехатронными системами : учеб. пособие для студентов специальностей "Роботы и робототехн. системы" и "Мехатроника" направления "Мехатроника и робототехника" / Н. А. Глебов ; М-во образования Рос. Федерации, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т). - Новочеркасск : ЮРГТУ, 2004. - 91 с.

13. Схиртладзе А. Г., Новиков В. Ю. Технологическое оборудование машиностроительных производств. – М.: Высш. шк., 2009.

14. ГОСТ Р 60.1.2.2-2016/ИСО 10218-2:2011 Роботы и робототехнические устройства. Часть 2. Робототехнические системы и их интеграция. Требования по безопасности для промышленных роботов. М. : Стандартинформ, 2020. – 70 с.

15. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник в 3-х т. Т.3: Проектирование станочных систем /Под общей ред. А.С. Проникова – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Изд-во МГТУ «Станкин», 2000.

16. М.А. Босинзон. Автоматизированные мехатронные модули линейных и вращательных перемещений./ Журнал «Приводная техника» №1,2002.с.10-19.

17. Умнов, В.П. Построение и моделирование манипуляционных исполнительных систем многофункциональных роботизированных технологических центров: учебное пособие / В. П. Умнов - Владимир: ВлГУ, 2016. – 118с.

18. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Подураев Ю.В.. – Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 256 с.

19. Приводы серии CSD-DH/ Инструкция по эксплуатации БТКУ. 435121-001.001ИМ1. – С. Петербург, 2014. - 88с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПРИВОДЫ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Специальность -

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24 -

Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Оглавление

1. Понятие «электропривод». Уравнение движения электропривода. Электродвигатели постоянного тока и их характеристики. Режимы работы электропривода 4
2. Электродвигатели переменного тока и их характеристики. Многодвигательный электропривод 15
3. Переходные процессы в электрических приводах. Пусковой режим работы электрических приводов различного типа 20
4. Регулирование скорости электроприводов постоянного тока с различным видом возбуждения 26
5. Регулирование скорости электропривода изменением питающего напряжения 32
6. Импульсное регулирование скорости привода постоянного тока 39
7. Электрический привод по системе «генератор-двигатель» 45
8. Регулирование скорости приводов на двигателях переменного тока 48
9. Регулирование скорости асинхронных двигателей в каскадных схемах 52
10. Электропривод на шаговом двигателе. Конструкция шагового двигателя и принцип работы. Управление шаговым приводом 59
11. Управление приводом в разомкнутых системах. Автоматическое управление пуском и торможением 64
12. Автоматическое управление приводом в замкнутых системах 71

1. Понятие «электропривод». Уравнение движения электропривода. Электродвигатели постоянного тока и их характеристики. Режимы работы электропривода

Основные понятия и определения. Управление представляет собой организацию того или иного процесса, которая обеспечивает достижение определенных целей.

Система управления — совокупность всех устройств, обеспечивающих управление каким-либо объектом или процессом. Если управление осуществляется без непосредственного участия человека, то система управления называется автоматической. Систему автоматического управления (САУ) образуют устройство украшения и объект управления.

Если отдельные операции управления осуществляет человек или группа людей, то такие системы управления называются автоматизированными. Для выполнения этих операций человек должен получать информацию о процессе управления и иметь в своем распоряжении соответствующие органы управления объектом или процессом.

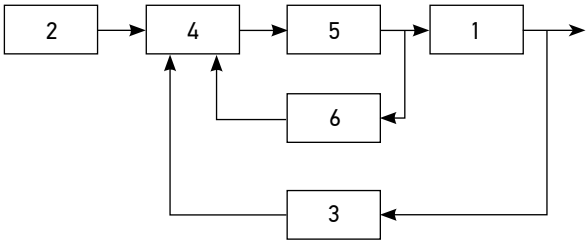


Рис. 1.1. Схема системы автоматического управления

Обобщенная схема САУ показана на рис. 1.1. На ней обозначены: *1*– объект управления; *2* — источник информации о задачах управления; *3* — устройства информации о ходе и результатах управления; *4* — устройство обработки информации и выработки сигнала управления; *5* — исполнительное устройство; *6* — устройства информации о функционировании исполнительного устройства.

В отдельных случаях задачей управления является обеспечение постоянства некоторой физической переменной: температуры, скорости вращения, давления — или ее изменение во времени по определенному закону. Такой частный вид управления обычно называется *регулированием*.

Система автоматического регулирования (САР) по аналогии с системой автоматического *управления* состоит из *регулируемого объекта* и *регулятора*. В состав систем автоматического регулирования кроме регулятора входят и другие необходимые для их функционирования устройства. К ним относятся:

- датчики регулируемых переменных, с помощью которых получают информацию об их текущих значениях;
- задатчики регулируемых переменных, с помощью которых системе задается требуемый уровень регулируемой переменной;
- измерительные устройства, с помощью которых определяется отклонение текущего (фактического) значения регулируемой переменной от ее заданного значения;
- устройства сопряжения, позволяющие соединить все элементы и устройства системы регулирования в единый комплекс.

В систему регулирования входят элементы и устройства, обеспечивающие защиту, блокировку и сигнализацию при ее работе, а в современных системах регулирования — дополнительно тестирование, диагностику и резервирование.

Различают следующие виды САР:

- *системы автоматической стабилизации,* обеспечивающие поддержание регулируемой величины на заданном уровне с требуемой точностью. К таким системам относятся, например, системы поддержания температуры в нагревательной печи, система регулирования скорости вращения двигателей и многие другие. Системы стабилизации делятся на астатические и статические. *Астатические системы стабилизации* обеспечивают поддержание регулируемой переменной в статическом режиме на неизменном уровне при изменениях возмущающего воздействия. *Статическими*

системами называются такие, в которых в установившемся режиме происходит изменение регулируемой переменной при изменении возмущающего воздействия. Другими словами, астатические САР обеспечивают регулирование переменных в установившемся режиме без ошибки, т.е. осуществляют регулирование переменной строго с заданным уровнем, а статические САР — с некоторой ошибкой;

— следящие системы, которые осуществляют изменение регулируемой величины во времени по произвольному закону. Примерами такой системы могут служить системы слежения локатором за целью или система радиоантенны, обеспечивающая связь с космическими объектами;
— системы программного регулирования, которые обеспечивают изменение регулируемой переменной во времени по определенной программе, например, системы числового программного управления станками;
— системы адаптации, обеспечивающие оптимальное регулирование переменной по заданному показателю качества при изменяющихся условиях работы объекта регулирования. К таким системам относятся самонастраивающиеся, самоорганизующиеся и самообучающиеся системы.

Системы с одним входным каналом и одной регулируемой (выходной) переменной носят название одномерных, а с несколькими входными и несколькими выходными — многомерными.

Объект управления (регулирования) при его функционировании подвергается различным воздействиям. Со стороны системы управления на него действует управляющее (регулирующее) воздействие, обеспечивающее требуемое регулирование заданной переменной.

Со стороны окружающей среды и сопредельных объектов и систем объект подвергается различным возмущающим воздействиям, которые могут иметь как определенный, так и случайный характер. К возмущающим воздействиям обычно относят и различные аварийные ситуации: исчезновение или колебания питающего напряжения, поломку в рабочей машине, выход из строя элемента системы управления и т.д. Основная задача систем управления состоит именно в том, чтобы при всех возможных возмущающих воздействиях, действующих на объект управления, обеспечить должным образом его управление.

Понятие о регулировании координат электропривода. Для управления движением исполнительных органов рабочих машин и производственных механизмов и обеспечения требуемых режимов самого ЭП необходимо регулирование ряда переменных, например скорости, ускорения и положения исполнительного органа рабочей машины, токов в цепях двигателей, момента на их валу, магнитного потока электрических машин и т.д.

Типичным примером регулирования переменных, которые в ЭП часто называют координатами, может служить ЭП пассажирского лифта. При пуске и остановке кабины лифта для обеспечения комфортности пассажиров ускорение и замедление ее движения не должны быть выше допустимого уровня. Перед остановкой скорость кабины должна снижаться, т.е. она должна регулироваться. Пониженная скорость движения кабины требуется и для осуществления наладки или ревизии электрооборудования лифта. Кабина с заданной точностью должна останавливаться на требуемом этаже, т.е. необходимо обеспечивать заданное положение кабины лифта. Такое управление движением кабины лифта обеспечивается за счет регулирования соответствующих координат (переменных) ЭП лифта.

При изготовлении бумаги, тканей, кабельных изделий, различных пленок, прокатке металлов требуется обеспечение определенного натяжения материалов, что также осуществляется с помощью ЭП. Регулирования координат требуют и многие другие рабочие машины и механизмы: подъемные краны, металлообрабатывающие станки, транспортеры, насосные агрегаты, роботы и манипуляторы и т.д.

Кроме того, при работе самого ЭП необходимо обеспечить определенные допустимые режимы работы его элементов. Так, например, при пуске, реверсе или торможении двигателей часто требуется ограничивать их токи до допустимых уровней.

Процесс регулирования этих и других координат всегда связан с целенаправленным воздействием на двигатель, что и должна обеспечивать его система управления.

Регулирование скорости движения исполнительных органов рабочих машин и механизмов может осуществляться с помощью ЭП в виде стабилизации скорости, изменения скорости в соответствии с произвольно меняющимся задающим сигналом (слежение) или по заранее заданной программе (программное движение).

Регулирование положения характеризуется процессом перемещения исполнительных органов рабочих машин и механизмов в заданную точку пространства или плоскости и их установку там

(фиксирование) с заданной точностью. Такое их перемещение из одной точки плоскости или пространства (позиции) в другую называется позиционированием и обеспечивается соответствующим регулированием положения вала двигателя.

Регулирование момента и тока двигателей производится в тех случаях, когда ЭП должен обеспечивать требуемое ускорение или замедление движения исполнительных органов или создавать необходимое натяжение в обрабатываемом материале или изделии.

Сюда же относятся и случаи, когда требуется ограничивать момент ЭП для предотвращения поломки рабочей машины или механизма при внезапном стопорении движения исполнительного органа (например, при копании грунта, бурении скважин, заклинивании механической передачи и т.д.).

Регулирование (ограничение) тока и момента двигателей требуется также для обеспечения нормальных условий работы самих двигателей. Так, при пуске двигателей постоянного тока обычного исполнения по соображениям нормальной работы их коллекторно-щеточного узла ток должен быть ограничен на уровне 2...3 $I_{ном}$. Необходимость ограничения тока возникает и при пуске мощных двигателей постоянного и переменного тока, когда большие пусковые токи двигателей могут привести к недопустимому снижению напряжения питающей сети.

Структуры и принципы построения систем управления электроприводом. Система управления ЭП является его составной частью. В соответствии со структурной схемой ЭП, представленной на рис. 1.2, и содержащимся в ГОСТ 50869-92 определением в состав ЭП *6* входит электрический двигатель *1*, который вырабатывает механическую энергию МЭ за счет потребляемой от источника *3* электрической энергии ЭЭ. Параметры и объемы поступающей на двигатель энергии регулируются силовым преобразователем электроэнергии *2*, за счет чего обеспечивается управление двигателем.

Сигнал управления $U_у$ силовым преобразователем вырабатывается устройством управления *4*, в состав которого в общем случае входят устройства получения, преобразования, хранения, распределения и выдачи информации, блоки сопряжения, регуляторы переменных (координат), различные функциональные блоки управления и т.д. Устройство управления *4* и преобразователь *2* образуют систему управления электропривода *5*.

Устройство управления *4* вырабатывает сигнал управления $U_у$ с помощью сигнала задания (уставки) $U_з$, задающего характер дви-

жения исполнительного органа *7* рабочей машины *8*, и ряда дополнительных сигналов $U_{дс}$, дающих информацию о реализации технологического процесса рабочей машины, характере движения исполнительного органа, работе отдельных элементов ЭП, возникновении аварийных ситуаций и т.д. Эти сигналы поступают на устройство управления от различных датчиков, которые на рис. 1.2 не показаны.

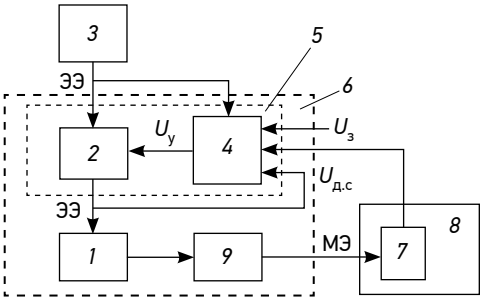


Рис. 1.2. Схема управления электроприводом

Сигнал задания (уставки) $U_з$ электропривод получает от внешней по отношению к нему системы управления более высокого уровня, например автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Тем самым следует различать систему управления электропривода как его составную часть и систему управления электроприводом (электроприводами), являющуюся внешней для ЭП системой и поставляющую электроприводу необходимую для его функционирования информацию.

В некоторых ЭП функции регулирования координат (обычно скорости вращения) ЭП выполняет механическая передача *9,* которая в этом случае может представлять собой электромагнитную или гидравлическую управляемые муфты, вариатор скорости, коробку передач.

В зависимости от выполняемых функций, вида и количества регулируемых координат и степени автоматизации технологических процессов реализация ЭП может быть самой разнообразной (рис. 1.3).

Все ЭП делятся на две группы: неавтоматизированные и автоматизированные.

Неавтоматизированные — это такие ЭП, управление которыми выполняет человек (оператор) с помощью простых средств.

Он осуществляет пуск и остановку ЭП, изменение скорости и ее реверсирование в соответствии с заданным технологическим циклом. Для помощи оператору ЭП снабжен необходимыми элементами защиты, блокировок и сигнализации.

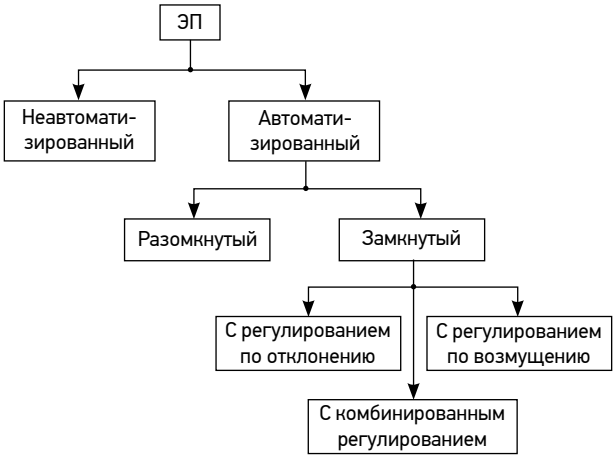


Рис. 1.3. Виды электроприводов

В автоматизированном ЭП операции управления в соответствии с требованиями технологического процесса выполняются системой управления (см. рис. 1.2). На оператора возлагаются функции по включению и отключению ЭП, наладке и контролю за его работой (отметим еще раз, что при работе ЭП в общем комплексе автоматизированного производства внешние команды поступают от управляющих устройств более высокого уровня, например АСУ производством).

Все автоматизированные ЭП делятся, в свою очередь, еще на две группы: разомкнутые и замкнутые. Рассмотрим характерные признаки работы этих ЭП на примере регулирования скорости ЭП.

Работа разомкнутого ЭП характеризуется тем, что все внешние возмущения — в рассматриваемом примере момент нагрузки — влияют на выходную координату ЭП — его скорость. Другими словами, разомкнутый ЭП не отстроен от влияния внешних возмущений, все изменения которых отражаются на его работе. Разомкнутый ЭП по этой причине не обеспечивает высокого качества регулирования координат, хотя и отличается в то же время простой схемой.

Разомкнутые ЭП обычно применяются для обеспечения пуска, торможения или реверса двигателей. В схемах управления таких ЭП используется информация о текущих скорости, времени, тока (момента) или пути, что позволяет автоматизировать указанные процессы.

Замкнутый ЭП, как и любая система автоматического регулирования, может быть реализован по принципу отклонения с использованием обратных связей или по принципу компенсации внешнего возмущения. Основным отличительным признаком замкнутых систем является полное или частичное устранение влияния внешнего возмущения на регулируемую координату ЭП. В силу этого обстоятельства замкнутый ЭП обеспечивает более качественное управление движением исполнительного органа рабочей машины, хотя его схемы оказываются более сложными.

Принцип компенсации иллюстрирует рис. 1.4, *а*. Основным признаком такой замкнутой структуры ЭП является наличие цепи, по которой на вход ЭП вместе с задающим сигналом скорости $U_{з.с}$ подается сигнал $U_м = k_м M_с$, содержащий информацию о моменте сопротивления (нагрузке) $M_с$. В результате этого управление ЭП осуществляется сигналом $U_Δ$, который автоматически изменяется в нужную сторону при колебаниях момента нагрузки, обеспечивая с помощью системы управления поддержание скорости вращения ω ЭП на заданном уровне.

Электроприводы по схеме рис. 1.4, *а* выполняются относительно редко из-за отсутствия простых и надежных датчиков момента нагрузки $M_с$ и других возмущающих воздействий и необходимости вводить соответствующие каналы информации по всем возможным возмущениям.

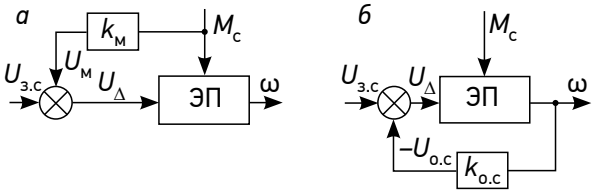


Рис. 1.4. Замкнутые структуры электропривода:
а — схема с компенсацией внешнего возмущения;
б — схема с обратной связью

В связи с этим подавляющее большинство замкнутых структур ЭП используют принцип отклонения (обратной связи). Он

характеризуется наличием цепи обратной связи, соединяющей выход ЭП с его входом, откуда и пошло название замкнутых схем. Применительно к рассматриваемому примеру регулирования скорости признаком этой замкнутой структуры является цепь обратной связи (рис. 1.4, *б*), по которой информация о текущем значении скорости, сигнал обратной связи $U_{\text{о.с}} = k_{\text{о.с}}\omega$, подается на вход ЭП, где он вычитается из сигнала задания скорости $U_{\text{з.с}}$ Управление осуществляется сигналом отклонения $U_{\Delta} = U_{\text{з.с}} - U_{\text{о.с}}$ (его также называют сигналом рассогласования или ошибки). Этот сигнал при отличии фактической скорости от заданного уровня автоматически изменяется необходимым образом и устраняет (частично или полностью) с помощью системы управления ЭП эти отклонения. Тем самым управление скоростью осуществляется с учетом результата управления.

В общем случае состояние ЭП определяется набором переменных, к числу которых относятся токи и момент двигателя, скорости и положение элементов ЭП и исполнительного органа рабочей машины и ряд других. Эти переменные в ЭП обычно называются переменными состояния. Наилучшее качество управления в ЭП получается в том случае, когда осуществляется регулирование каждой переменной по заданному критерию.

Если требуется регулирование других координат ЭП или технологического процесса, то используются обратные связи по этим координатам. В дальнейшем изложении именно таким замкнутым системам уделено основное внимание.

Все виды применяемых в замкнутом ЭП обратных связей делятся на положительные и отрицательные, линейное и нелинейные, жесткие и гибкие. Положительной называется такая обратная связь, сигнал которой направлен согласно (складывается) с задающим сигналом, в то время как сигнал отрицательной связи направлен ему встречно (знак «минус» на рис. 1.4, *б*).

Жесткая обратная связь характеризуется тем, что она действует как в установившемся, так и переходном (динамическом) режиме ЭП. Сигнал гибкой обратной связи вырабатывается только в переходных режимах ЭП и служит для обеспечения требуемого их качества, например устойчивости движения, допустимого перерегулирования и т.д.

Линейная обратная связь характеризуется пропорциональной зависимостью между регулируемой координатой и сигналом обратной связи, в то время как при реализации нелинейной связи эта зависимость нелинейная.

В зависимости от вида регулируемой координаты ЭП используются все названные выше связи по скорости, положению, току, напряжению, магнитному потоку, ЭДС.

Однако на пути реализации такого управления часто возникают технические и экономические трудности, связанные с необходимостью установки большого числа датчиков переменных, что усложняет ЭП и удорожает его стоимость. Поэтому в современных ЭП часто отказываются от прямого измерения переменных состояния с помощью различных датчиков и переходят к их вычислению с помощью специального устройства, получившего название наблюдателя.

Основу наблюдателя образует совокупность моделей звеньев ЭП — двигателя, преобразователя, механической передачи, устройств управления — и исполнительного органа рабочей машины, выполненных на базе операционных усилителей или средств микропроцессорной техники. Выходные сигналы (напряжения) этих моделей отражают приближенные значения переменных или, как говорят, дают оценку реальных значений переменных, поскольку модели не учитывают реальных возмущений, действующих на ЭП и рабочую машину, нестабильности параметров ЭП и влияния других факторов функционирования ЭП.

Для повышения точности получаемых оценок переменных состояния значение выходной регулируемой переменной ЭП сравнивают с помощью обратной связи с ее оценкой по полной модели ЭП и исполнительного органа и затем в функции выявленной разницы (ошибки) корректируют показания отдельных моделей. Совокупность полной модели и обратной связи по выходной регулируемой переменной ЭП образует наблюдающее устройство.

Рассмотренные выше схемы отражают структуру системы управления отдельного ЭП. Многие технологические процессы предусматривают объединение в единый комплекс нескольких рабочих машин и механизмов, должным образом между собой взаимодействующих. Наилучший результат работы такого единого технологического комплекса достигается только при его автоматизации, в чем ЭП принадлежит основная роль. За счет соответствующего управления ЭП обеспечивается требуемая последовательность всех технологических операций, достигаются наилучшие (оптимальные) режимы работы промышленного оборудования и самого ЭП, осуществляются необходимые блокировки и защиты.

Для управления технологическими комплексами все шире используются ЭВМ. Они позволяют быстро проводить обработку

большого объема информации о ходе технологического процесса, вырабатывать управляющие воздействия на ЭП рабочих машин и механизмов в соответствии с заданной программой. Особенно широкие возможности открываются при осуществлении автоматизации сложных технологических процессов в использовании микропроцессорной техники управления.

Контрольные вопросы

1. Дайте математическое выражение скоростной и механической характеристики двигателя постоянного тока.
2. Как влияет величина сопротивления якорной цепи на механическую характеристику двигателя?
3. Чем характерен режим рекуперативного торможения двигателя?
4. Как осуществляется режим динамического торможения?
5. Как осуществляется реверс двигателя постоянного тока?
6. Как осуществляется пуск двигателей постоянного тока с различными видами возбуждения?
7. Дайте математическое выражение переходной характеристики привода постоянного тока.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

2. Электродвигатели переменного тока и их характеристики. Многодвигательный электропривод

Типовые узлы и схемы релейно-контакторного управления асинхронными двигателями строятся по тем же принципам, что и схемы управления двигателями постоянного тока.

Типовые схемы управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Двигатели этого типа малой и средней мощности обычно пускаются прямым подключением к сети без ограничения пусковых токов. В этих случаях они управляются с помощью магнитных пускателей, которые одновременно обеспечивают и некоторые виды их защиты.

Схема управления асинхронным двигателем с использованием магнитного пускателя (рис. 2.1) включает в себя магнитный пускатель, состоящий из контактора *KM* и трех встроенных в него тепловых реле защиты *KK*. Схема обеспечивает прямой (без ограничения тока и момента) пуск двигателя, отключение его от сети, а также защиту от коротких замыканий (предохранители *FA*) и перегрузки (тепловые реле *KK*).

Для пуска двигателя замыкают выключатель *QF* и нажимают кнопку пуска *SB*1. Получает питание катушка контактора *KM*, который включившись, своими главными силовыми контактами в цепи статора двигателя подключает его к источнику питания, а вспомогательным контактом шунтирует кнопку *SB*1. Происходит разбег двигателя по его естественной характеристике. Для отключения двигателя нажимается кнопка остановки *SB*2, контактор *KM* теряет питание и отключает двигатель от сети. Начинается процесс торможения двигателя выбегом под действием момента нагрузки на валу.

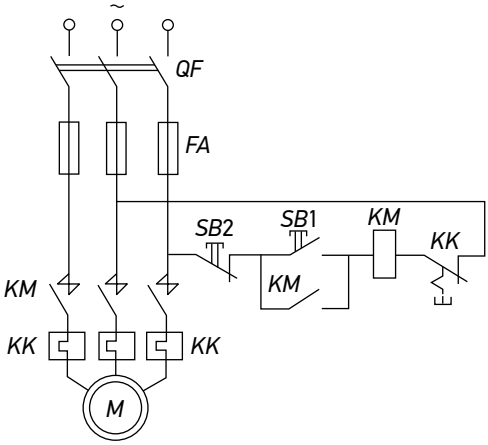


Рис. 2.1. Схема управления асинхронным двигателем с использованием нереверсивного магнитного пускателя

Реверсивная схема управления асинхронным двигателем. Основным элементом схемы является реверсивный магнитный пускатель, который включает в себя два линейных контактора *KM*1 и *KM*2 и два тепловых реле защиты *KK* (рис. 2.2). Схема обеспечивает прямой пуск и реверс двигателя, а также торможение противовключением при ручном (неавтоматическом) управлении.

В схеме предусмотрена защита от перегрузок двигателя (реле *KK*) и коротких замыканий в цепи статора (автоматический выключатель *QF*) и управления (предохранители *FA*). Кроме того, схема управления обеспечивает и нулевую защиту от исчезновения (снижения) напряжения сети (контакторы *KM*1 и *KM*2).

Пуск двигателя при включенном автоматическом выключателе *QF* в условных направлениях «Вперед» или «Назад» осуществляется нажатием соответственно кнопок *SB*1 или *SB*2. Это приводит к срабатыванию контактора *KM*1 или *KM*2, подключению двигателя к сети и его разбегу.

Для реверса или торможения двигателя нажимается кнопка *SB*3, что приводит к отключению включенного до сих пор контактора (например, *KMT*), после чего нажимается кнопка *SB*2. Это приводит к включению контактора *KM*2 и подаче на АД напряжения источника питания с другим порядком чередования фаз. Магнитное поле двигателя изменяет свое направление вращения на противоположное, и начинается процесс реверса, состоящий из двух этапов: торможения противовключением и разбега в противоположную сторону.

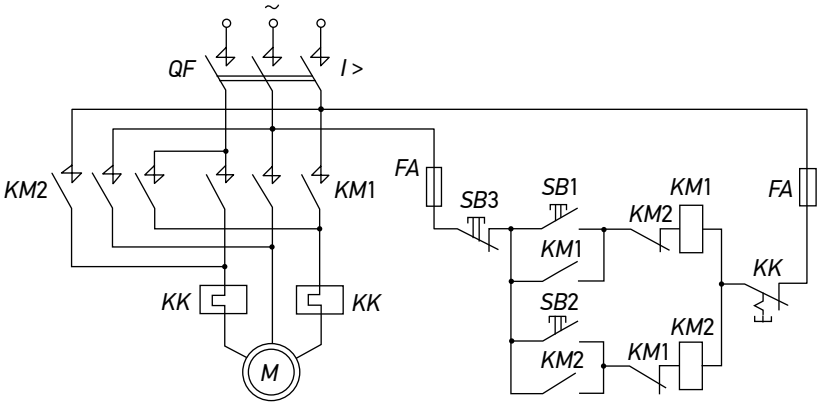


Рис. 2.2. Схема управления асинхронным двигателем с использованием реверсивного магнитного пускателя

В случае необходимости только торможения двигателя при достижении им нулевой скорости должна быть вновь нажата кнопка *SB*3, что приведет к отключению двигателя от сети и возвращению схемы в исходное положение. Если кнопка *SB*3 нажата не будет, то это приведет к разбегу двигателя в другую сторону, т.е. к его реверсу.

Во избежание короткого замыкания в цепи статора, которое может возникнуть в результате одновременного ошибочного нажатия кнопок *SB*1 и *SB*2, в реверсивных магнитных пускателях иногда предусматривается специальная механическая блокировка. Она представляет собой рычажную систему, которая предотвращает втягивание одного контактора, если включен другой. В дополнение к механической блокировке в схеме используется типовая электрическая блокировка, применяемая в реверсивных схемах управления. Она предусматривает перекрестное включение размыкающих контактов аппарата *KM*1 в цепь катушки аппарата *KM*2, и наоборот.

Отметим, что повышению надежности и удобства в эксплуатации способствует использование в схеме воздушного автоматического выключателя *QF*. Его наличие исключает возможность работы привода при обрыве одной фазы, при однофазном коротком замыкании, как это может иметь место при установке предохранителей, а также он не требует замены элементов (как в предохранителях при сгорании их плавкой вставки).

Схема управления многоскоростным асинхронным двигателем. Эта схема (рис. 2.3) обеспечивает получение двух скоростей двигателя путем соединения секций (полуобмоток) обмотки статора в треугольник или двойную звезду, а также его реверсирование. Защита электропривода осуществляется тепловыми реле *KK*1 и *KK*2 и предохранителями *FA*.

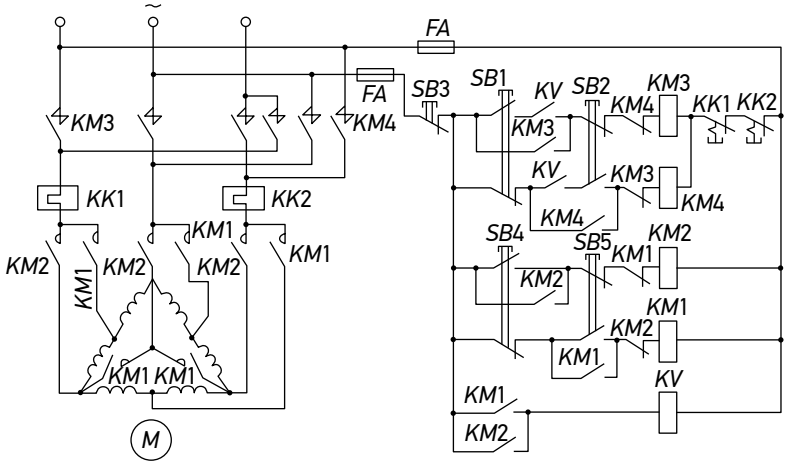


Рис. 2.3. Схема управления двухскоростным асинхронным двигателем

Для пуска двигателя на низкую скорость вращения нажимается кнопка *SB*4, после чего срабатывает контактор *KM*2 и блокировочное реле *KV*. Статор двигателя оказывается включенным по схеме треугольника, а реле *KV*, замкнув свои контакты в цепях катушек аппаратов *KM*3 и *KM*4, подготавливает подключение двигателя к источнику питания. Нажатие кнопки *SB*1 или *SB*2 приводит к включению соответственно в направлении «Вперед» или «Назад».

После разбега двигателя до низкой скорости может быть осуществлен его разгон до высокой скорости. Для этого нажимается кнопка *SB*5, что приведет к отключению контактора *KM*2, включению контактора *KM*1 и пересоединению тем самым секций обмоток статора с треугольника на двойную звезду.

Остановка двигателя производится нажатием кнопки *SB*3, что вызовет отключение всех контакторов от сети и торможение двигателя выбегом.

Применение в схеме двухцепных кнопок управления не допускает одновременного включения контакторов *KM*1 и *KM*2, *KM*3 и *KM*4. Этой же цели служит перекрестное включение размыкающих блок-контактов контакторов *KM*1 и *KM*2, *KM*3 и *KM*4 в цепи их катушек.

Контрольные вопросы

1. Что такое критическое скольжение и критический момент двигателя?
2. Как осуществляется динамическое торможение асинхронного двигателя?
3. Дайте характеристики режима торможения противовключением.
4. Как осуществляется реверс асинхронного двигателя?
5. Особенности двухдвигательного привода с общим механическим валом.
6. Свойства двухдвигательного привода с общим электрическим валом.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

3. Переходные процессы в электрических приводах. Пусковой режим работы электрических приводов различного типа

Переходный процесс или переходный режим в электрическом приводе характеризуется переходом от одного установившегося состояния к другому, когда изменяются ток, момент сопротивления и скорость двигателя. Типичными переходными режимами работы электропривода являются пусковой режим и режим торможения.

Схема пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением по принципу времени. Эта схема (рис. 3.1, *а*) содержит кнопки управления *SB*1 (пуск) и *SB*2 (останов) двигателя, линейный контактор *KM*1, обеспечивающий подключение двигателя к сети, и контактор ускорения *KM*2 для выключения (шунтирования) пускового резистора $R_д$. В качестве датчика времени в схеме использовано электромагнитное реле времени *KT*. При подключении схемы к источнику питания напряжением *U* происходит возбуждение двигателя и срабатывает реле *KT*, размыкая свой размыкающий контакт в цепи катушки контактора *KM*2 и подготавливая двигатель к пуску.

Пуск двигателя начинается после нажатия кнопки *SB*, в результате чего получает питание контактор *KM*1, который своим главным силовым контактом подключает двигатель к источнику питания. Двигатель начинает разбег с резистором $R_д$ в цепи якоря, с помощью которого ограничивается пусковой ток двигателя. Одновременно замыкающий блок-контакт контактора *KM*1 шунтирует кнопку *SB*1, и она может быть отпущена, а размыкающий блок-контакт *KM*1 разрывает цепь питания катушки реле време-

ни *КТ*. Через интервал времени $\Delta t_{к.т}$ после прекращения питания катушки реле времени, называемый выдержкой времени, размыкающий контакт *КТ* замкнется в цепи катушки контактора *КМ*2, последний включится и главным контактом закоротит пусковой резистор $R_д$, в цепи якоря. Таким образом, при пуске двигатель в течение времени $\Delta t_{к.т}$ разгоняется по искусственной характеристике *1* (рис. 3.1, *б*), а после шунтирования резистора $R_д$ — по естественной *2*. Величина сопротивления резистора $R_д$ выбрана таким образом, что в момент включения двигателя ток I_1 в цепи и соответственно момент M_1 не превосходят допустимого уровня.

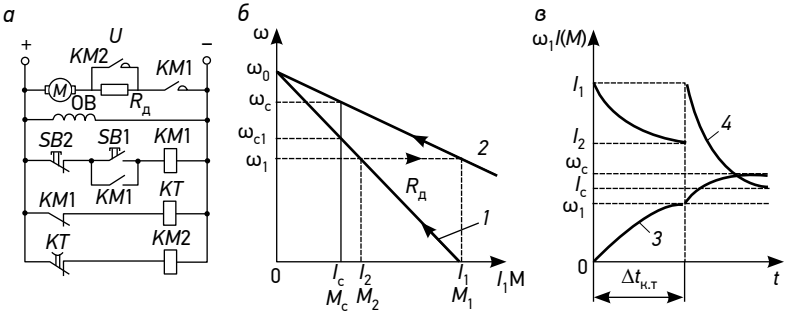


Рис. 3.1. Схема пуска двигателя:
а — по принципу времени, *б* — характеристики двигателя,
в — кривые переходного процесса

За время $\Delta t_{к.т}$ после начала пуска скорость вращения двигателя достигает величины ω_1, а ток в цепи якоря снижается до уровня I_2 (рис. 3.1, *в*). После шунтирования Д происходит бросок тока в цепи якоря от I_2 до I_1, который не превышает допустимого уровня. Изменение скорости, тока и момента во времени происходит по экспоненте.

Останов двигателя осуществляется нажатием кнопки *SB*2, что приведет к отключению якоря двигателя от источника питания и его торможению под действием момента сопротивления на его валу. Такой способ останова двигателя получил название «торможение выбегом».

Схема пуска двигателя в две ступени по принципу ЭДС и динамического торможения по принципу времени. В этой схеме (рис. 3.2, *а*) в качестве датчика ЭДС использован якорь двигателя, к которому подключены катушки контакторов ускорения *КМ*1 и *КМ*2,

обеспечивающих шунтирование пусковых резисторов $R_{у1}$ и $R_{у2}$. С помощью регулировочных резисторов $R_{у1}$ и $R_{у2}$ эти контакторы могут быть настроены на срабатывание при определенных скоростях двигателя.

Для осуществления торможения в схеме предусмотрен резистор $R_{д3}$, подключение и отключение которого осуществляется контактором торможения *KM*3. Для обеспечения выдержки времени используется электромагнитное реле времени *KT*, размыкающий контакт которого включен в цепь катушки контактора торможения *KM*2.

После подключения схемы к источнику питания происходит возбуждение двигателя, а аппараты схемы остаются в исходном положении. Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки *SB*1, что приводит к срабатыванию линейного контактора *KM* и подключению двигателя к источнику питания. Двигатель начинает разбег с включенными резисторами $R_{Д1} + R_{Д2}$ в цепи якоря по характеристике *1* (рис. 3.2, *б*). По мере увеличения скорости двигателя растет его ЭДС и соответственно напряжение на катушках контакторов *KM*1 и *KM*2. При скорости ω_1 срабатывает контактор *KM*1, закорачивая своим контактом первую ступень пускового резистора $R_{Д2}$, и двигатель переходит на характеристику *2*. При скорости ω_2 срабатывает контактор *KM*2, шунтируя вторую ступень пускового резистора $R_{Д2}$. Двигатель выходит на естественную характеристику *3* и заканчивает свой разбег в точке установившегося режима с координатами $\omega_с - M_с$, определяемой пересечением естественной характеристики *3* двигателя и характеристики нагрузки.

Для перехода к режиму торможения нажимается кнопка *SB*2. Катушка контактора *KM* теряет питание, размыкается замыкающий силовой контакт *KM* в цепи якоря двигателя, и он отключается от источника питания. Размыкающий блок-контакт *KM* в цепи катушки контактора торможения *KM*3 замыкается, последний срабатывает и своим главным контактом подключает резистор $R_{Д3}$ к якорю *M*, переводя двигатель в режим динамического торможения по характеристике *4* (рис. 3.2, *б*). Одновременно размыкается замыкающий контакт контактора *KM* в цепи реле времени *KT*, оно теряет питание и начинает отсчет времени. Через интервал времени, который соответствует снижению скорости двигателя до нуля, реле времени отключается и своим контактом разрывает цепь питания контактора *KM*3. Резистор $R_{Д3}$ отключается от якоря *M* двигателя, торможение заканчивается, и схема возвращается в свое исходное положение.

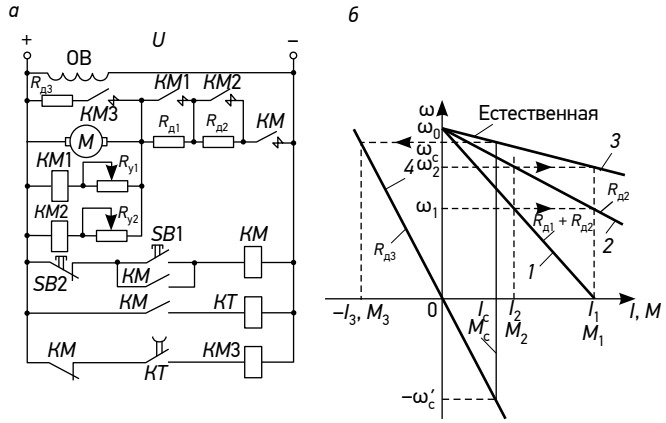


Рис. 3.2. Схема пуска двигателя по принципу ЭДС и динамического торможения:
а — по принципу времени, *б* — характеристики двигателя

Применение динамического торможения обеспечивает более быстрый останов двигателя и тем самым быстрое прекращение движения исполнительного органа рабочей машины.

Схема управления пуском двигателя по принципу времени, реверсом и торможением противовключением по принципу ЭДС. В этой схеме (рис. 3.3, *а*) предусмотрено два линейных контактора *КМ*1 и *КМ*2, обеспечивающих его вращение в условных направлениях «Вперед» и «Назад». Главные контакты этих аппаратов образуют реверсивный контактный мостик, с помощью которого можно изменить полярность напряжения на якоре *М* и тем самым осуществлять торможение противовключением и реверс (изменение направления вращения) двигателя. В якорной цепи помимо пускового резистора $R_{Д1}$ включен резистор противовключения $R_{Д2}$, который управляется контактором противовключения *КМ*3.

Управление двигателем при торможении противовключением и реверсе осуществляется с помощью двух реле противовключения *KV*1 и *KV*2. Их назначение в том, чтобы в режиме противовключения для ограничения тока в якоре до допустимого уровня обеспечить ввод в цепь якоря в дополнение к пусковому резистору $R_{Д1}$ резистор противовключения $R_{Д2}$, что достигается выбором точки присоединения катушек реле *KV*1 и *KV*2 к резистору ($R_{Д1} + R_{Д2}$).

Пуск двигателя в любом направлении осуществляется в одну ступень в функции времени. При нажатии, например кнопки *SB*1,

срабатывает контактор *КМ*1 и подключает якорь *М* к источнику питания. За счет падения напряжения на резисторе $R_{Д1}$ от пускового тока срабатывает реле времени *КТ*, размыкающее свой контакт в цепи контактора *КМ*4.

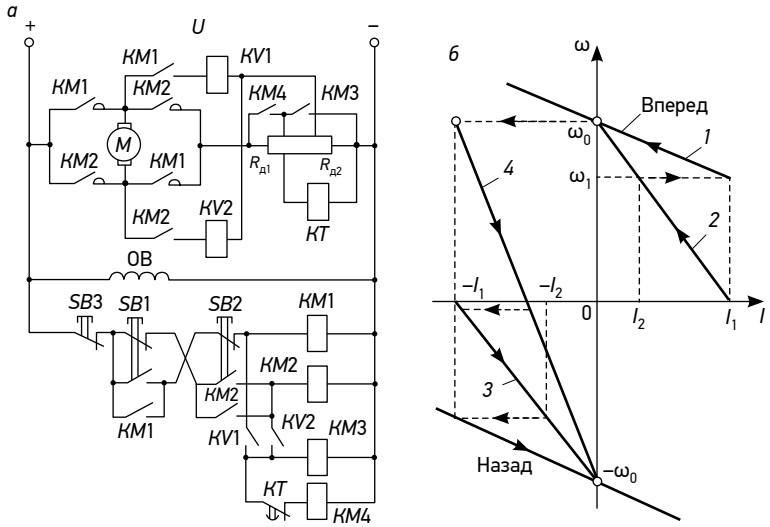


Рис. 3.3. Схема управления:
а — пуском и реверсом двигателя, *б* — характеристики двигателя

Включение *КМ*1 приведет также к срабатыванию реле *KV*1, которое замкнет свой замыкающий контакт в цепи контактора противовключения *КМ*3. Это вызовет включение *КМ*3, что приведет к закорачиванию ненужного при пуске резистора противовключения $R_{Д2}$ и одновременно катушки реле времени *КТ*. Двигатель начнет разбег по характеристике *2* (рис. 3.3, *б*), а реле времени *КТ*– отсчет выдержки времени.

По истечении выдержки времени реле *КТ* замкнет свой контакт в цепи катушки контактора *КМ*, он включится, закоротит пусковой резистор $R_{Д1}$, и двигатель выйдет на свою естественную характеристику *1*.

Для осуществления торможения нажимается кнопка *SB*2, в результате чего отключаются контактор *КМ*1, реле *KV*1, контакторы *КМ*3 и *КМ*4 и включается контактор *КМ*2. Напряжение на якоре двигателя изменяет свою полярность, и двигатель переходит в режим торможения противовключением с двумя резисторами в цепи

якоря $R_{Д1}$ и $R_{Д2}$. Несмотря на замыкание контакта *KM*2 в цепи реле *KV*2, оно в результате оговоренной выше настройки не включается и тем самым не дает включиться аппаратам *KM*3 и *KM*4 и зашунтировать резисторы $R_{Д1}$ и $R_{Д2}$.

Перевод двигателя в режим противовключения соответствует его переходу с естественной характеристики *1* на искусственную характеристику *4* (рис. 3.3, *б*). Во всем диапазоне скоростей $0<\omega<\omega_0$ на этой характеристике двигатель работает в режиме противовключения.

По мере снижения скорости двигателя растет напряжение на катушке реле *KV*2, и при скорости, близкой к нулю, оно достигнет напряжения срабатывания. Если к этому моменту времени кнопка *SB*2 будет отпущена, то отключается контактор *KM*2, схема возвращается в исходное положение, и на этом процесс торможения заканчивается.

Если же при достижении малой скорости кнопка *SB*2 остается нажатой, то включается реле *KV*2 и процесс пуска двигателя повторяется, но уже в противоположную сторону. Таким образом, реверсирование двигателя включает в себя два этапа: торможение противовключением и пуск в противоположном направлении. Второй этап реверса изображен на рис. 3.3 переходом двигателя с характеристики *4* на характеристику *3*, соответствующую обратной полярности напряжения на якоре двигателя и наличию в якоре добавочного резистора $R_{Д1}$.

Контрольные вопросы

1. Дайте переходную характеристику скорости и момента двигателя.
2. Характер пусковых диаграмм двигателей постоянного тока.
3. Особенности получения пусковых диаграмм асинхронных двигателей.
4. Переходный процесс в системе «*управляемый преобразователь — двигатель*».

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.

4. Регулирование скорости электроприводов постоянного тока с различным видом возбуждения

Регулирование скорости электроприводов осуществляется в тех случаях, когда требуется обеспечить движение исполнительных органов рабочих машин с высокими показателями качества — большим диапазоном регулирования координат и точностью их поддержания, заданным качеством переходных процессов, а также высокой экономичностью или оптимальным (наилучшим) функционированием технологического оборудования и самого электропривода.

Для обеспечения такого управления в структуру электропривода входит силовой управляемый полупроводниковый преобразователь электроэнергии -выпрямитель, регулятор напряжения, преобразователь частоты, а схема управления строится с использованием обратных связей по регулируемым координатам (переменным). Другими словами, силовая часть такого электропривода имеет структуру «*преобразователь — двигатель*», в которой двигатель питается от управляемого преобразователя.

Важной характеристикой большинства современных замкнутых систем управления является возможность гибкой настройки их параметров, программирования и перепрограммирования алгоритмов управления электропривода, что обеспечивается применением микропроцессорных средств управления. Использование микропроцессорных средств позволяет также повышать надежность функционирования электроприводов и технологического оборудования за счет диагностики при их работе, резервирования каналов управления и т.д.

Характеристики разомкнутых электроприводов, построенных по системе «*преобразователь — двигатель*» (П-Д), могут имеют относительно невысокую жесткость из-за наличия внутреннего со-

противления преобразователя и самого двигателя. Для получения значительных диапазонов и высокой точности регулирования скорости требуется иметь более жесткие характеристики, которые можно подучить лишь в замкнутой системе П-Д. Кроме того, характеристики разомкнутой системы не обеспечивают точного регулирования (или ограничения) тока и момента, что также требует перехода к замкнутой системе П-Д. Рассмотрим принципы построения и действия замкнутых схем регулирования скорости, тока, момента и положения с использованием различных обратных связей.

Замкнутая система П-Д с отрицательной обратной связью по скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Основу системы составляет разомкнутая схема П-Д. На валу двигателя находится датчик скорости — тахогенератор ТГ (рис. 4.1, *а*), выходное напряжение которого $U_{ТГ} = \gamma a$, пропорциональное скорости двигателя, является сигналом обратной связи. Коэффициент пропорциональности γ носит название коэффициента обратной связи по скорости и может регулироваться за счет изменения тока возбуждения тахогенератора $I_{ТГ.}$

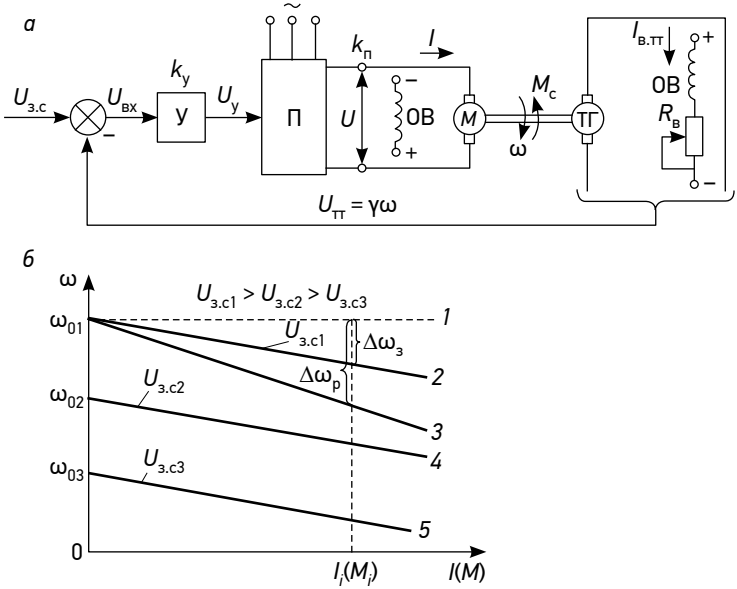


Рис. 4.1. Замкнутая система с обратной связью по скорости:
а — схема; *б* — характеристики

Сигнал обратной связи $U_{ТГ}$ сравнивается с задающим сигналом скорости $U_{з.с}$, и их разность в виде сигнала рассогласования (ошибки) $U_{вх}$ подается на вход усилителя *У*, который с коэффициентом $k_у$, усиливает сигнал рассогласования $U_{вх}$ и подает его в виде сигнала управления $U_у$ на вход преобразователя П, в качестве которого используется управляемый выпрямитель. Усилитель в этой схеме является пропорциональным регулятором скорости.

Для получения формул характеристик двигателя в замкнутой системе воспользуемся выражениями для электромеханической ω (*M*) и механической ω (*I*) характеристик двигателя в разомкнутой схеме и соотношениями, следующими из рассмотрения рис. 4.1, *а*

$$\omega(I) = \frac{E_п}{k_Ф} = \frac{I(R_я + R_п)}{k_Ф};$$

$$\omega(M) = \frac{E_П}{k_Ф} = \frac{M(R_я + R_п)}{k_Ф};$$

$$U_{вх} = U_{з.с} - \gamma\omega;$$

$$U_у = k_у U_{вх};$$

$$E_п = k_п U_у;$$

где $E_п$ — ЭДС преобразователя; k — конструктивный коэффициент двигателя; Ф — магнитный поток двигателя; I — ток якоря двигателя; $R_я$, $R_п$ — соответственно сопротивление якоря двигателя и преобразователя: M — момент двигателя.

Заменяя последовательно $E_п$ на ее выражение $U_у$ и $U_{вх}$, и далее, после несложных преобразований получаем следующие формулы для характеристик двигателя в замкнутой системе:

$$\omega = \frac{k_у k_п U_{з.с}}{c(1 + k_с)} - \frac{I(R_я + R_п)}{c(1 + k_с)};$$

$$\omega = \frac{k_у k_п U_{з.с}}{c(1 + k_с)} - \frac{M(R_я + R_п)}{c^2(1 + k_с)};$$

где $c = k_Ф$; $k_с = \gamma k_у k_п / c$ — общий коэффициент усиления замкнутой системы П-Д.

Для анализа жесткости получаемых характеристик сопоставим перепады скорости в разомкнутой $\Delta\omega_p$ и замкнутой $\Delta\omega_з$ системах при одном и том же токе или моменте:

$$\Delta\omega_р = \frac{I_у(R_я + R_п)}{c};$$

$$\Delta\omega_з = \frac{I_у(R_я + R_п)}{c(1+k_с)} = \Delta\omega_р(1+k_с).$$

Так как всегда $k_с > 0$, то $\Delta\omega_з < \Delta\omega_р$, т.е. жесткость получаемых характеристик в замкнутой системе больше жесткости характеристик в разомкнутой системе. Сами характеристики, показанные на рис. 4.1, *б*, представляют собой прямые параллельные линии *2*, *4* и *5*, расположение которых определяется уровнем задающего сигнала по скорости $U_{з.с}$ и соответственно скоростью холостого хода ω_0. Здесь же для сравнения приведена характеристика двигателя в разомкнутой (прямая *3*) системе.

Для нахождения предельной по жесткости характеристики устремим коэффициент усиления системы $к_с$ в бесконечность. Видно, что при $k_c \to \infty \Delta w_з \to 0$, т.е. в пределе в данной замкнутой системе может быть получена абсолютно жесткая характеристика, которая изображена на рис. 4.1, *б* в виде штриховой линии *1*.

Рассмотрим физическую сторону процесса регулирования скорости в данной системе. Предположим, что двигатель работает под нагрузкой в установившемся режиме и по каким-то причинам увеличился момент нагрузки M_c. Так как развиваемый двигателем момент стал меньше момента нагрузки, его скорость начнет снижаться, и соответственно будет снижаться сигнал обратной связи по скорости $U_{ТГ} = \gamma\omega$. Это, в свою очередь, вызовет увеличение сигналов рассогласования U_m и управления U_y и приведет к повышению ЭДС преобразователя, а следовательно, напряжения и скорости двигателя.

При уменьшении момента нагрузки обратная связь действует в другом направлении, приводя к снижению ЭДС преобразователя. Таким образом, благодаря наличию обратной связи осуществляется автоматическое регулирование ЭДС преобразователя и тем самым подводимого к двигателю напряжения, за счет чего получаются более жесткие характеристики электропривода. В разомкнутой системе, напротив, при изменении момента нагрузки ЭДС

преобразователя не изменяется, в результате чего жесткость характеристик электропривода оказывается меньше.

Для получения жестких характеристик в системе П-Д кроме обратной связи по скорости используются также отрицательная обратная связь по напряжению и положительная обратная связь по току двигателя и их сочетания.

Схема управления, обеспечивающая ограничение тока и момента двигателя постоянного тока с помощью нелинейной отрицательной обратной связи по току. В качестве датчика тока в этой схеме (рис. 4.2, *а*) используется шунт с сопротивлением $R_ш$, падение напряжения на котором пропорционально току якоря I. В результате сигнал обратной связи по току

$$U_{о.т} = \beta I;$$

где β — коэффициент обратной связи по току, Ом.

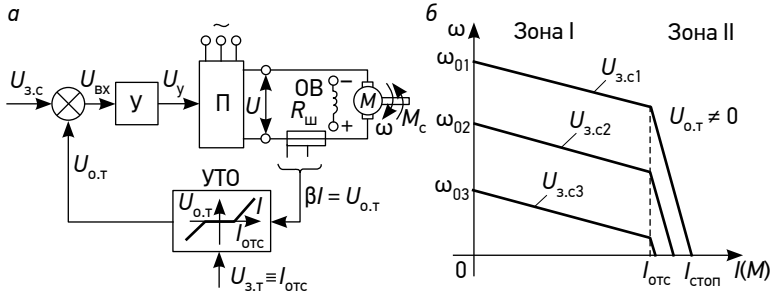


Рис. 4.2. Замкнутая система с обратной связью по току:
а — схема; *б* — характеристики

Отметим, что в качестве шунта $R_ш$ часто используется обмотка дополнительных полюсов или компенсационная обмотка двигателя.

Сигнал обратной связи U_{BJ} поступает на узел токоограничения УТО, называемый также узлом токовой отсечки, вместе с сигналом задания тока $U_{з.т}$. Этот сигнал определяет уровень тока отсечки $I_{отс}$, с которого начинается регулирование (ограничение) тока.

Работа УТО в соответствии с его характеристикой $U_{о.т}(I)$ (рис. 4.2, *а*) происходит следующим образом. При токе в якоре, меньшем заданного тока отсечки, т.е. пока $I \le I_{отс}$, сигнал обратной связи на выходе УТО равен нулю. Другими словами, схема в диапазоне

тока $0...I_{отс}$ является разомкнутой и двигатель имеет характеристики, изображенные на рис. 4.2, *б* в зоне I.

При $I > I_{отс}$ на выходе УТО появляется сигнал отрицательной обратной связи $U_{о.т} = \beta I$. Электропривод становится замкнутым и начинает работать в зоне II (рис. 4.2, *б*). Для пояснения вида характеристик электропривода в этой зоне запишем выражение для сигнала рассогласования

$$U_{вх} = U_{з.с} - \beta I;$$

При увеличении тока I сигнал $R_{ш}$ уменьшается, что вызовет уменьшение сигнала $U_{у}$ и $E_{п}$. Это приведет к уменьшению напряжения на двигателе U и соответствующему снижению тока в якоре двигателя. Характеристики двигателя становятся крутопадающими (мягкими), что и отражает эффект регулирования (ограничения) тока и соответственно момента. При увеличении коэффициента усиления системы характеристики в зоне II все ближе приближаются к вертикальным линиям. Уровень ограничения тока определяется задающим сигналом (уставкой) $U_{з.т}$. Ток при нулевой скорости двигателя получил название тока стопорения $I_{стоп}$.

Контрольные вопросы

1. В чем принцип реостатного регулирования скорости?
2. Приведите математическую зависимость скорости от сопротивления якорной цепи.
3. Дайте реостатные характеристики двигателя.
4. Как осуществляется регулирование скорости изменением потока возбуждения?
5. Какие бывают схемные решения регулирования скорости шунтированием обмотки якоря?

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

5. Регулирование скорости электропривода изменением питающего напряжения

Замкнутая схема электропривода с двигателем постоянного тока и обратными связями по скорости и току. Эта схема обеспечивает получение характеристик двигателя, имеющих различную жесткость участков, — высокую для точного поддержания скорости на заданном уровне, и малую, что требуется для ограничения тока и момента двигателя в переходных процессах. Это определяется использованием в схеме двух нелинейных обратных связей по скорости и току (рис. 5.1, *а*). Для создания нелинейности цепей обратных связей использованы рассмотренный ранее узел УТО и узел ограничения скорости УСО, характеристики которых показаны внутри соответствующих условных изображений. Нелинейность обратных связей приводит к разделению области механических характеристик (рис. 5.1, *б*) на три зоны: I, II и III.

В зоне I в диапазоне токов 0... $I_{отс}$ действует только обратная связь по скорости, обеспечивая жесткие характеристики электропривода. В зоне II при $I > I_{отс}$ вступает в действие обратная связь по току и характеристики становятся мягче. При дальнейшем увеличении тока и уменьшении скорости ниже скорости отсечки $\omega_{отс}$ перестает действовать обратная связь по скорости и за счет действия обратной связи по току характеристики становятся еще мягче (зона III), обеспечивая требуемое ограничение тока и момента.

Схема управления с подчиненным регулированием координат. Эффективное и качественное регулирование координат в системе П-Д обеспечивает принцип подчиненного регулирования. Напомним, что этот принцип предусматривает регулирование каждой координаты с помощью своего отдельного регулятора и соответствующей обратной связи. Тем самым регулирование каждой координаты происходит в своем замкнутом контуре, и требуемые

характеристики электропривода в статике и динамике могут быть получены за счет выбора схемы и параметров регулятора этой координаты и цепи ее обратной связи.

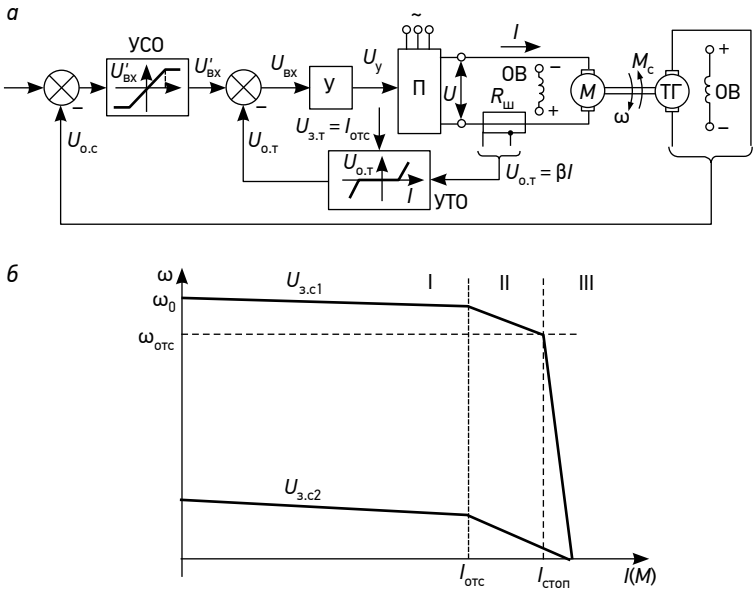


Рис. 5.1. Замкнутая система
с обратными связями по скорости и току:
а — схема, *б* — характеристики

Управление внутренним контуром с помощью выходного сигнала внешнего контура определяет еще одно ценное свойство таких систем. Оно заключается в возможности простыми средствами ограничивать любую регулируемую координату, например ток и момент, на заданном уровне. Для этого требуется всего лишь ограничить сигнал, поступающий с внешнего контура.

Рассмотрим схему электропривода (рис. 5.2, *а*) с подчиненным регулированием, выходной регулируемой координатой которого является скорость. Управляющая часть схемы состоит из двух замкнутых контуров регулирования: тока (момента), содержащего регулятор тока РТ и датчик тока ДТ, и скорости, содержащего регулятор скорости РС и датчик скорости (тахогенератор) ТГ.

Регуляторы тока и скорости в большинстве схем электропривода этого типа выполняются на базе операционных усилителей (ОУ).

Включение в цепи РС задающего сигнала скорости $U_{з.с}$ и его обратной связи — резисторов $R1$ и $R_{о.с.1}$ — обеспечивает изменение (усиление или ослабление) этого сигнала с коэффициентом $k_2 = R_{о.с.1}/R1$. Аналогично изменение сигнала обратной связи по скорости $U_{о.с}$ происходит с коэффициентом $k_1 = R_{о.с.1}/R2$. Такой регулятор получил название пропорционального (П) регулятора скорости.

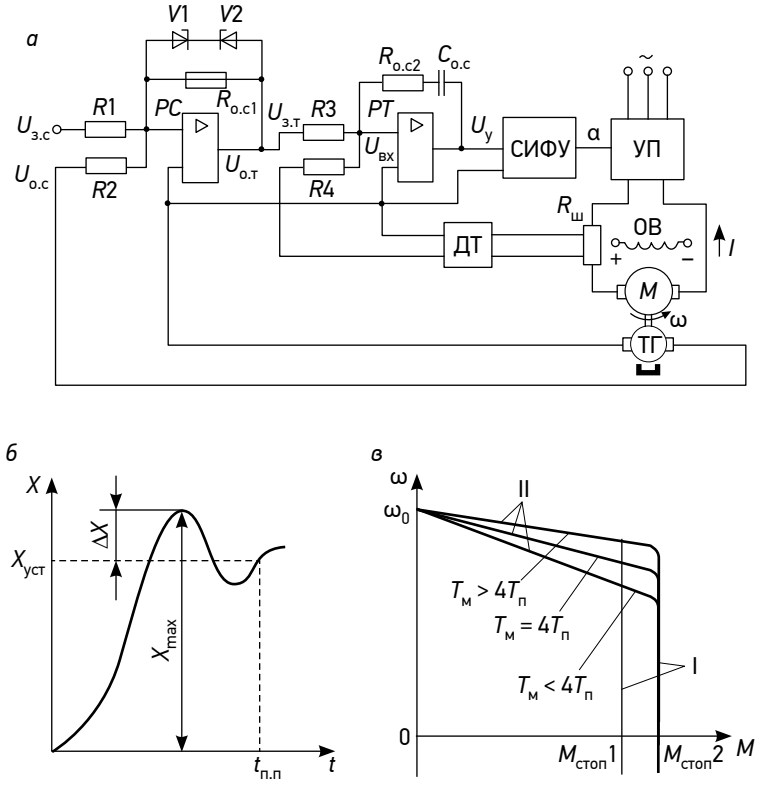


Рис. 5.2. Электропривод с подчиненным регулированием координат: *а* — схема, *б* — динамические характеристики, *в* — статические характеристики

При включении в цепи ОУ конденсаторов (реактивных электрических элементов) его функциональные возможности по преобразованию электрических сигналов становятся шире. Так, схема *PT* с включением в цепь обратной связи конденсатора $C_{о.с}$ последовательно с резистором $R_{о.с.2}$ позволяет получить сигнал U_y на выходе *PT* в виде суммы двух составляющих

$$U_{\text{у}} = k_{\text{з}} U_{\text{вх}} + \frac{1}{T} \int U_{\text{вх}} dt.$$

Сигнал U_y содержит пропорциональную и интегральную составляющие входного сигнала $U_{\text{вх}}$, т.е. *РТ* является в этом случае пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором. По каким же критериям и условиям выбираются схема и параметры цепей того или иного регулятора? Основным условием здесь является желаемый (заданный) характер переходных процессов при регулировании координат. Из всех возможных видов обычно выбирают график с затухающими колебаниями. Такой график является оптимальным в том смысле, что он позволяет обеспечить устойчивые переходные процессы при небольших длительностях и перерегулированиях. Распространенной настройкой регуляторов такого вида является так называемый технический оптимум, при котором перерегулирование $\Delta X = X_{\max} - X_{\text{уст}}$ составляет 4,3 % установившегося уровня, а время переходного процесса $t_{\text{п.п}} = 4{,}1\ T_{\text{п}}$, где $T_{\text{п}}$ — электромагнитная постоянная времени тиристорного преобразователя, принимаемая обычно равной 0,01 с. В теории электропривода разработаны методы расчета параметров цепей *РС* и *РТ*, обеспечивающих такой характер регулирования координат электропривода.

Как уже отмечалось, схема подчиненного регулирования координат позволяет простыми средствами ограничивать координаты электропривода на заданном уровне. В схеме для ограничения тока и момента в цепь обратной связи *РС* включены стабилитроны *VD*1 и *VD*2. В результате этого выходное напряжение *РС*, являющееся входным задающим сигналом (уставкой) тока $U_{\text{з.т}}$, ограничивается, тем самым ток и момент двигателя не могут превзойти заданного уровня.

На рис. 5.2, *в* приведены статические характеристики электропривода с подчиненным регулированием координат и настройкой на «технический оптимум». Их особенность — наличие вертикального участка I, обеспечивающего ограничение тока и момента, и участка II с высокой жесткостью характеристики, определяемой соотношениями двух постоянных времени — электромеханической двигателя $T_{\text{м}}$ и электромагнитной $T_{\text{п}}$ преобразователя.

В схемах подчиненного регулирования используется и другой критерий настройки регуляторов по так называемому симметричному оптимуму, который позволяет получить абсолютно жесткие статические характеристики на участке II (рис. 5.2, *в*), но переходные процессы в этом случае характеризуются большим

перерегулированием, доходящим до 55%. При настройке на «симметричный оптимум» *РС* выполняется как ПИ-регулятор. При необходимости регулирования положения вала двигателя схема на рис. 5.2, *а* дополняется контуром положения, включающим в себя регулятор положения и датчик положения вала двигателя.

Отметим в заключение, что в силу своих больших функциональных возможностей схемы с подчиненным регулированием координат нашли очень широкое распространение в регулируемом электроприводе как постоянного, так и переменного тока.

Замкнутая схема управления электроприводом по системе «*источник тока — двигатель постоянного тока*». В электроприводах с двигателями постоянного тока нашли применение источники питания двигателей со свойствами источника тока. Такие электроприводы в разомкнутой структуре обладают свойствами источника момента, регулируемого по цепи возбуждения, а при введении обратной связи по скорости позволяют получать характеристики, пригодные и для целей регулирования скорости.

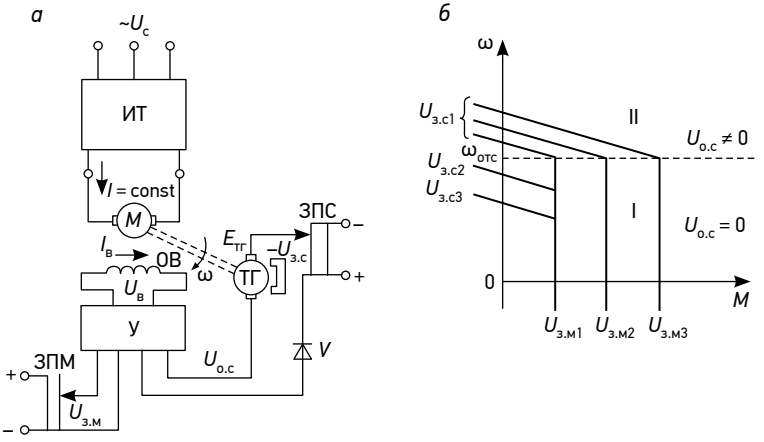


Рис. 5.3. Замкнутая система
при питании двигателя от источника тока:
а — схема, *б* — характеристики

Силовую часть этой схемы (рис. 5.3, *а*) образуют источник тока ИТ и якорь двигателя *М*, обмотка возбуждения которого ОВ подключена к усилителю У, имеющему два входа. По первому входу на усилитель с потенциометра ЗПМ поступает задающий сиг-

нал момента U_{3M}, уровень которого определяет величину момента на вертикальном участке механической характеристики (рис. 5.3, *б)*.

На второй вход У по цепи, состоящей из тахогенератора ТГ, диода *V* задающего потенциометра скорости ЗПС, подается сигнал нелинейной отрицательной обратной связи по скорости $U_{о.с}$. Цепь обратной связи собрана и настроена таким образом, что диод *V* начнет пропускать ток по ней только тогда, когда ЭДС тахогенератора превышает задающий сигнал по скорости $U_{з.с}$, что произойдет при скоростях, больших $\omega_{отс}$. При скоростях $\omega < \omega_{отс}$ диод *V* закрыт и обратная связь по скорости не действует ($U_{о.с} = 0$). Нелинейный характер обратной связи по скорости определяет наличие двух зон на плоскости механических характеристик рис. 5.3, *б*. При $\omega < \omega_{отс}$ (зона I) $U_{о.с} = 0$ и на вход У подается неизменный по величине сигнал задания момента $U_{з.м}$. Напряжение возбуждения на его выходе $U_в$, ток возбуждения $I_в$ и определяемый им момент *M* постоянны, что и определяет вертикальные участки характеристик на рис. 5.3, *б*.

При $\omega > \omega_{отс}$ (зона II на рис. 5.3, *б*) открывается диод *V* и на входе *У* появляется сигнал обратной связи по скорости, противоположный по знаку сигналу $U_{з.м}$. Суммарный сигнал U_y на входе *У* станет равным

$$U_у = U_{з.м} - U_{о.с} = U_{з.м} - \gamma\omega.$$

Как видно, при увеличении скорости сигнал U_y на входе *У* будет снижаться, пропорционально ему будут уменьшаться напряжение $U_в$ на выходе У, ток возбуждения $I_в$ двигателя и тем самым его момент. Механические характеристики приобретают вид наклонных прямых, показанных на рис. 5.3, *б*. Таким образом, рассматриваемая схема электропривода обеспечивает регулирование двух координат — скорости и момента. Величина сигнала $U_{3М}$ определяет уровень момента двигателя в зоне I характеристик, а величина сигнала $U_{3С}$ — уровень скорости двигателя. Жесткость механических характеристик в зоне II определяется общим коэффициентом усиления электропривода.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип действия электромашинного усилителя?
2. Дайте схему транзисторного и магнитного усилителей управления скоростью.

3. В чем принцип тиристорного регулирования скорости двигателей?
4. Приведите схемы нереверсивного и реверсивного способов тиристорного управления скоростью электроприводом.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод: учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И., Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

6. Импульсное регулирование скорости привода постоянного тока

В качестве примера рассмотрим схему реализации реального замкнутого электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Схема управления серийного электропривода типа ЭТЗР. Для привода механизмов различных металлообрабатывающих станков, требующих регулирования скорости при мощности до 11 кВт, используется серийный комплектный электропривод типа ЭТЗР (рис. 6.1) с двигателями серий ПБСТ, 2П или ПГТ. Электропривод этого типа выполнен в виде замкнутой системы регулирования скорости с отрицательной обратной связью по скорости, которая в зависимости от настройки обеспечивает относительный перепад скорости в пределах 0,5–10 % при изменении момента нагрузки от $0,1M_{\text{ном}}$, до $M_{\text{ном}}$. В электроприводе обеспечивается также регулирование (ограничение) тока с помощью устройства токоограничения УТО. Для обеспечения устойчивости и требуемого качества переходных процессов электропривода в схеме применены гибкие обратные связи по скорости двигателя и результирующему сигналу управления $U_{\text{у}2}$.

Якорь двигателя, имеющего встроенный тахогенератор *BR*, получает питание от реверсивного тиристорного преобразователя с двумя комплектами тиристоров *VS*1–*VS*6, составляющих выпрямительную и инверторную группы. Управление этими группами осуществляется с использованием согласованного совместного принципа.

Для уменьшения переменной составляющей уравнительного тока, протекающей между выпрямительной и инверторной группами, в схеме используются ограничительные реакторы *L*1 и *L*2. Включение в цепь якоря сглаживающего реактора *L*3 позволяет исключить режим прерывистого тока и повысить использование двигателя по току.

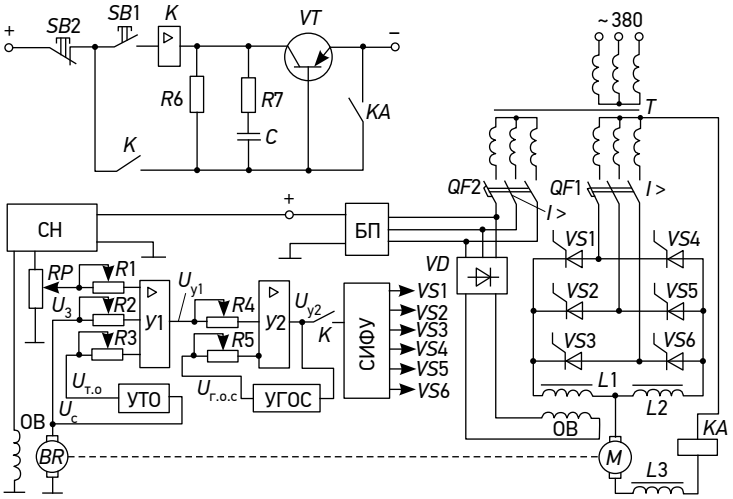


Рис. 6.1. Схема серийного электропривода типа ЭТЗР

Управление тиристорами *VS*1–*VS*6 обеспечивается транзисторной схемой импульсно-фазового управления СИФУ, работающей по вертикальному принципу. Она имеет три канала, каждый из которых работает на два тиристора, включенных в одну фазу.

Питание электропривода осуществляется от трехфазного трансформатора *T* с двумя вторичными обмотками. К одной из них, имеющей нулевой вывод, подключена силовая часть привода, а ко второй — обмотка возбуждения ОВ (через выпрямитель *VD*) и блок питания БП, от которого питается схема управления. Обмотка ОВ тахогенератора получает питание от стабилизатора напряжения СН.

В состав схемы управления электропривода входят промежуточный усилитель У1, усилитель мощности (эмитгерный повторитель) У 2, узел токоограничения УТО, узел гибкой обратной связи УГОС, задающий потенциометр *RP*, кнопки управления *SB*1 и *SB*2 и пусковое реле *K*.

Сигнал управления U_{y1} формируется как алгебраическая сумма сигналов задающего $U_з$, обратной связи по скорости $U_с$ и токоограничения $U_{т.о}$, для выработки которого используется нелинейная положительная обратная связь по скорости двигателя. При токе якоря, меньшем тока отсечки, работает только контур регулирования скорости. При токе якоря, превышающем ток отсечки, за счет нелинейности цепи токоограничения отрицательная обратная связь по скорости ДПТ отключается и начинает действовать положи-

тельная обратная связь, обеспечивая ограничение тока и момента на заданном уровне.

Для обеспечения необходимого качества переходных процессов электропривода в схеме используется гибкая обратная связь, действующая только в переходных процессах. Сигнал корректирующей гибкой обратной связи $U_{г.о.с}$ вместе с сигналом управления $U_{у1}$ поступает на вход усилителя мощности *У*2 и после усиления в виде результирующего сигнала $U_{у2}$ подается на вход СИФУ через замыкающий контакт пускового реле *K*. Управление реле осуществляется с помощью кнопок управления: *SB*1 при пуске двигателя *SB*2 и при его остановке. Реверсирование двигателя осуществляется путем изменения полярности задающего сигнала $U_з$.

В электроприводе типа ЭТЗР реализуется ряд защит, блокировок и сигнализаций. Токовое реле *KA*, катушка которого включена в цепь якоря двигателя, а контакт — в цепь питания реле *K*, обеспечивает максимальную токовую защиту электропривода. При его срабатывании отключается реле *K*, с тиристоров снимаются сигналы управления и двигатель отключается от источника питания.

Автоматические выключатели *QF*1 и *QF*2 осуществляют максимальную токовую защиту силовой части тиристорного преобразователя, обмотки возбуждения двигателя и схемы управления.

Схема электропривода с микропроцессорным управлением. Рассмотрим схему электропривода с двигателем постоянного тока для регулирования положения исполнительного органа робототехнического устройства с микропроцессорным управлением (рис. 6.2, *а*). Электропривод должен обеспечивать перемещение и точное позиционирование исполнительного органа робота, для чего в нем используется обратная связь по положению. Для обеспечения высокой точности позиционирования в ЭП осуществляется также регулирование тока (момента) и скорости.

Рисунок (6.2, *а*) иллюстрирует характерный пример выполнения схем, когда в них применяются как аналоговые, так и цифровые узлы и устройства управления. Такие схемы, получившие название цифроаналоговых, сочетают в себе лучшие свойства тех и других устройств.

Силовая часть электропривода образована трехфазным мостовым реверсивным тиристорным преобразователем ТП, питаемым от трансформатора ТР.

Схема управления построена по принципу подчиненного регулирования координат. Регулирование тока производится аналоговым

пропорционально-интегральным регулятором тока РТ, на вход которого поступают сигналы обратной связи по току от датчика тока ДТ и задания тока $U_{з.т}$, с выхода регулятора скорости.

Аналоговый П-регулятор скорости РС формирует сигнал задания тока $U_{з.т.}$ на основе своего задающего сигнала $U_{з.с.}$, поступающего на него с внешнего по отношению к нему контура положения, и сигнала обратной связи по скорости, вырабатываемой тахогенератором ТГ. Стабилитроны *VD*1 и *VD*2 ограничивают сигнал на выходе РС, чем обеспечивается ограничение тока и момента двигателя.

Регулирование положения осуществляется с помощью микропроцессорной системы, включающей в себя микропроцессор МП, устройства памяти ОЗУ и ПЗУ, устройства сопряжения УС1–УС3, цифровой датчик положения ДП, цифроаналоговый преобразователь ЦАП. Сигнал задания положения $S_{з.п.}$ поступает (задается) с терминала Т, подключаемого к микропроцессорной системе через УС3. Тем самым микропроцессорная система выполняет роль регулятора положения РП.

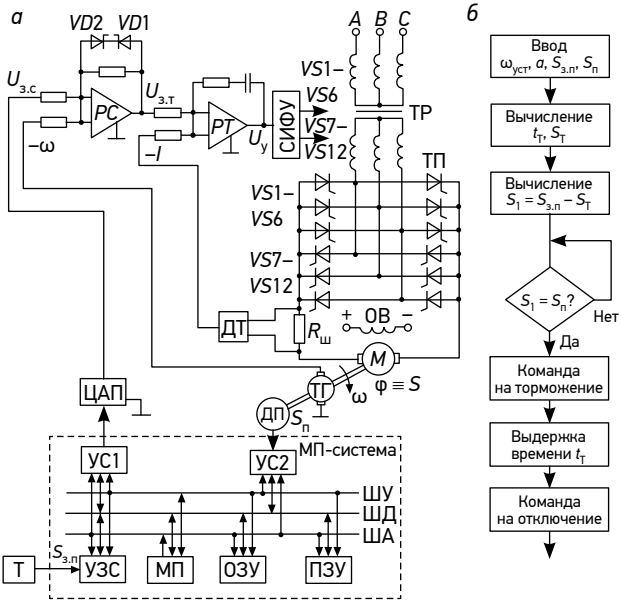


Рис. 6.2. Электропривод с микропроцессорным управлением:
а — схема, *б* — фрагмент программы

Работа цифрового регулятора положения в микропроцессорной системе может основываться на одном из двух принципов. Первый из них предусматривает реализацию статической характеристики РП в виде параболы, которая обеспечивает оптимальный график движения электропривода. Такой регулятор можно реализовать программным путем, записав в ПЗУ эту нелинейную характеристику РП.

Второй принцип работы РП основан на вычислении момента начала торможения электропривода, что также позволяет получить требуемую точность регулирования положения. Рассмотрим данный способ подробнее.

Реализация способа основана на том, что при известных скорости $\omega_{уст}$ и ускорении

$$a = \frac{M - M_c}{J}$$

могут быть рассчитаны время $t_Т$ и путь $S_Т$, на участке торможения электропривода в конце отработки заданного перемещения $S_{з.п}$ по следующим формулам:

$$t_Т = \frac{\omega_{уст}}{a};$$

$$S_Т = \frac{\omega_{уст}^2}{2a}.$$

Алгоритм работы микропроцессорной системы при выработке сигнала на торможение приведен на рис. 6.2, *б*. Для его реализации в микропроцессорную систему вводятся данные по величинам $\omega_{уст}$, α, $S_{з.п}$ и сигнал $S_п$ датчика положения ДП, пропорциональный текущему положению вала двигателя и исполнительного органа. Микропроцессорная система производит вычисление $t_Т$ и $S_Т$ и разности $S_1 = S_{з.п} - S_з$. Затем сопоставляются величины разности S_1 с сигналом датчика положения $S_п$. Как только S_1 станет равной $S_п$, от микропроцессорной системы выдается команда на торможение электропривода, начинается отсчет выдержки времени $t_Т$, по истечении этого интервала выработается команда на отключение электропривода.

Контрольные вопросы

1. В чем принцип импульсного изменения параметров схемы управления?
2. Дайте схемное решение реализации способа импульсного изменения параметров.
3. Приведите математические зависимости и временные диаграммы импульсного способа регулировки скорости.
4. Объясните характер использования логических функций для управления скоростью электропривода.
5. Принцип регулирования скорости привода импульсным изменением параметров.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

7. Электрический привод по системе «генератор — двигатель»

В зависимости от вида регулируемой координаты ЭП используются связи по скорости, положению, току, напряжению, магнитному потоку, ЭДС.

Во многих случаях требуется обеспечивать регулирование скольких координат ЭП, например тока (момента) и скорости двигателя. При этом для регулирования требуется источник питающего напряжения большой мощности, который бы позволял изменять скорость привода в широком диапазоне. Для решения такой задачи нашел применение привод постоянного тока, работающий по системе «*генератор — двигатель* (Г–Д)».

В этом случае система управления ЭП выполняется по одной из следующих структурных схем.

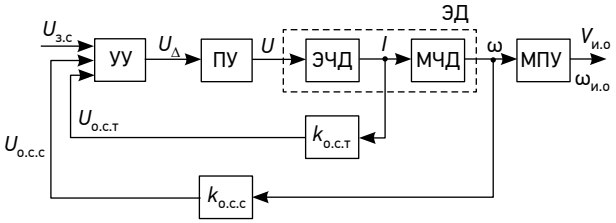


Рис. 7.1. Схема с общим усилителем

Схема с общим усилителем (рис. 7. 1). Для удобства описания работы схемы двигатель ЭД условно представлен двумя частями: электрической ЭЧД и механической МЧД. Схема предназначена для регулирования двух координат: тока I и скорости двигателя ω, а тем самым и скорости движения исполнительного органа $\omega_{и.о}$ или $V_{и.о}$. В этой схеме сигналы обратных связей по току $U_{о.м.т}$

и скорости $U_{о.с.с}$ подаются на вход управляющего устройства УУ, где вместе с задающим сигналом скорости $U_{з.с}$ алгебраически суммируются. Сигнал ошибки U_{Δ} далее подается на вход преобразователя ПУ, который своим выходным напряжением U управляет двигателем ЭД. Схема отличается простотой реализации, но не позволяет регулировать координаты ЭП независимо друг от друга.

В этой схеме за счет использования нелинейных обратных связей, называемых в теории ЭП отсечками, удается в некотором диапазоне изменения координат осуществлять их независимое регулирование, что частично устраняет указанный недостаток.

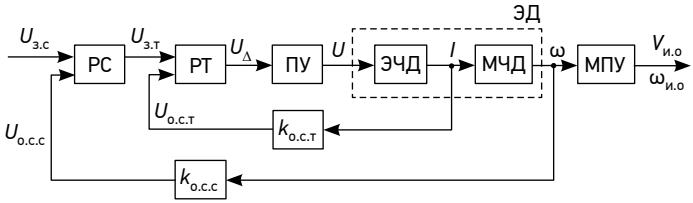


Рис. 7.2. Схема с подчиненным регулированием координат

Схема с подчиненным регулированием координат (рис.7.2). Схема отличается от предыдущей тем, что в ней регулирование каждой координаты осуществляется своими регуляторами тока РТ скорости РС, которые вместе с соответствующими обратными связями образуют замкнутые контуры. Они располагаются таким образом, что входным, задающим сигналом для внутреннего контура тока $U_{з.т.}$ является выходной сигнал внешнего по отношению к нему контура скорости. Таким образом, внутренний контур тока подчинен внешнему контуру скорости — основной регулируемой координаты ЭП.

Достоинство такой схемы заключается в возможности оптимальной настройки регулирования каждой координаты, в силу чего она находит в настоящее время основное применение в ЭП. Кроме того, подчинение контура тока контуру скорости позволяет простыми средствами осуществлять ограничение тока и момента, для чего необходимо лишь ограничить на соответствующем уровне сигнал на выходе регулятора скорости.

При необходимости регулировать положение вала двигателя в схемы рис. 7.1 и 7.2 вводится соответствующая обратная связь по положению вала двигателя или исполнительного органа.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику режимам работы системы «Г-Д».
2. Объясните пусковой режим в системе «Г-Д».
3. Назовите способы регулирования скорости в системе «Г-Д».
4. Дайте схемное решение и приведите механические характеристики регулировки скорости в системе «Г-Д».

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

8. Регулирование скорости приводов на двигателях переменного тока

Типовые схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором. Схемы управления двигателя с фазным ротором, которые рассчитаны в основном на среднюю и большую мощность, должны предусматривать ограничение токов при их пуске, реверсе и торможении с помощью добавочных резисторов в цепи ротора. За счет включения резисторов в цепь ротора можно также увеличить момент при пуске, вплоть до уровня критического (максимального).

Обычно системы автоматического управления приводов на асинхронных двигателях решают задачу автоматического пуска, регулирования скорости и автоматического торможения, представляя собой единое схемное решение. Рассмотрим некоторые типовые схемы управления асинхронными двигателями.

Схема одноступенчатого пуска асинхронного двигателя в функции тока и динамического торможения в функции скорости. Схема (рис. 8.1) включает в себя контакторы *KM*1, *KM*2 и *KM*3; реле тока *KA*; реле контроля скорости *SR*, промежуточное реле *KV*; понижающий трансформатор для динамического торможения *T*; выпрямитель *VD*. Максимальная токовая защита осуществляется предохранителями *FA*1 и *FA*2, защита от перегрузки двигателя — тепловыми реле *KK*1 и *KK*2.

Схема работает следующим образом. После подачи с помощью автоматического выключателя *QF* напряжения для пуска двигателя нажимается кнопка *SB*1, включается контактор *KM*1, силовыми контактами которого статор двигателя подключается к сети. Бросок тока в цепи ротора вызовет включение реле тока *KA* и размыкание цепи контактора ускорения *KM*2. Тем самым разбег двигателя начнется с пусковым резистором $R_{Д2}$ в цепи ротора.

Включение контактора *KM*1 приводит также к шунтированию кнопки *SB*1, размыканию цепи катушки контактора торможения

*KM*3 к включению промежуточного реле напряжения *KV*, что, тем не менее, не приведет к включению контактора *KM*2, так как до этого в данной цепи разомкнулся контакт реле *KA*.

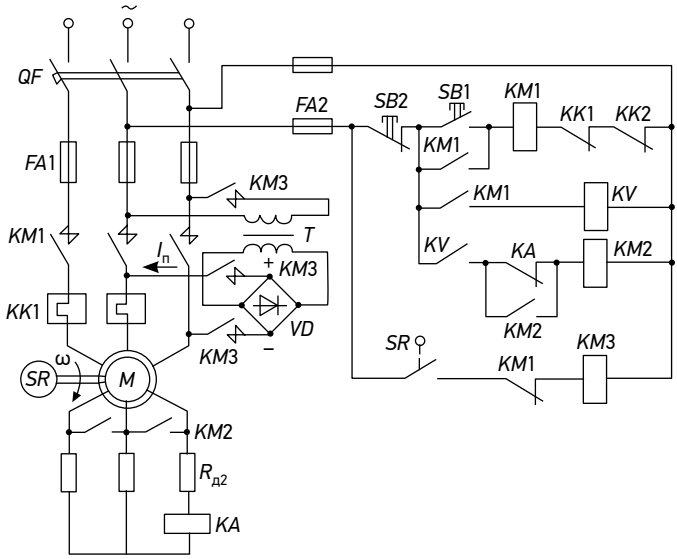


Рис. 8.1. Схема управления пуском
и динамическим торможением
асинхронного двигателя с фазным ротором

По мере увеличения скорости двигателя уменьшаются ЭДС и ток в роторе. При некотором значении тока в роторе, равном току отпускания реле *KA*, оно отключится и своим размыкающим контактом замкнет цепь питания контактора *KM*2. Ток включится, зашунтирует пусковой резистор R&, и двигатель выйдет на свою естественную характеристику.

Отметим, что вращение двигателя вызовет замыкание контакта реле скорости *SR* в цепи контактора *KM*3, однако он не сработает, так как до этого разомкнулся контакт контактора *KM*1.

Для перевода двигателя в тормозной режим нажимается кнопка *SB*2. Контактор *KM*1 теряет питание и отключает *АД* от сети переменного тока. Благодаря замыканию контактов *KM*1 включится контактор торможения *KM*3, контакты которого замкнут цепь питания обмотки статора от выпрямителя *VD*, подключенного к трансформатору *T*, и тем самым двигатель переводится в режим

динамического торможения. Одновременно с этим потеряют питание аппараты *KV* и *KM*2, что приведет к вводу в цепь ротора резистора *RД*2. Двигатель начинает тормозиться.

При скорости двигателя, близкой к нулю, реле контроля скорости *SR* разомкнет свой контакт в цепи катушки контактора *KM*3. Он отключится и прекратит торможение двигателя. Схема придет в исходное положение и будет готова к последующей работе.

Принцип действия схемы не изменится, если катушку реле тока *KA* включить в фазу статора, а не ротора.

Панель типа ПДУ6220. Эта панель входит в состав нормализованной серии панелей управления двигателей с фазным и короткозамкнутым ротором и обеспечивает пуск двигателей в две ступени и динамическое торможение по принципу времени (рис. 8.2).

При подаче на схему напряжений постоянного 220 В и переменного 380 В тока (замыкание рубильников *Ql*, *Q*2 и автомата *QF*) включается реле времени *KT*1, чем подготавливается двигатель к пуску с полным пусковым резистором в цепи ротора. Одновременно с этим, если рукоятка командоконтроллера находится в нулевой (средней) позиции и максимально-токовые реле *FA*1—*FA*3 не включены, включится реле защиты *KV* от понижения питающего напряжения и подготовит схему к работе.

Пуск двигателя осуществляется по любой из двух искусственных характеристик или естественной характеристике, для чего рукоятка *SA* должна устанавливаться соответственно в положение 1, 2 или 3. При переводе рукоятки в любое из указанных положений *SA* включаются линейный контактор *KM*2, подключающий двигатель к сети, контактор управления тормозом *KM*5, подключающий к сети катушку *YA* электромагнитного тормоза, который при этом растормаживает двигатель, и реле времени *KT*3, управляющее процессом динамического торможения. При переводе *SA* в положение 2 или 3 включаются контакторы ускорения *KM*3 и *KM*4 и двигатель начинает разгоняться.

Торможение двигателя происходит при переводе рукоятки *SA* в нулевое (среднее) положение. При этом отключатся контакторы *KM*2 и *KM*5 и включится контактор динамического торможения *KM*1, который подключит двигатель к источнику постоянного тока. В результате этого будет идти интенсивный процесс комбинированного (механического и динамического) торможения двигателя, которое закончится после отсчета реле *KT3* своей выдержки времени, соответствующей времени торможения.

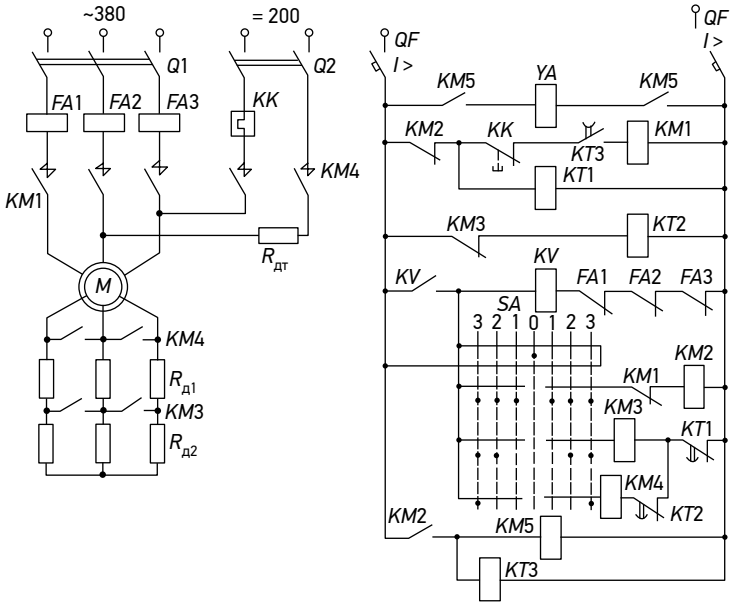


Рис. 8.2. Схема асинхронного электропривода с использованием типовой панели управления

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется регулирование скорости изменением активного и индуктивного сопротивлений?
2. Дайте схему автотрансформаторного способа регулировки скорости.
3. В чем принцип тиристорного способа регулирования скорости?
4. В чем состоит способ регулирования скорости изменением частоты питающего напряжения?

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

9. Регулирование скорости асинхронных двигателей в каскадных схемах

Схемы управления двигателя с использованием тиристорных пусковых устройств. Эффективным методом формирования желаемых графиков изменения тока и момента двигателя в переходных режимах является регулирование напряжения на его статоре с помощью тиристорных пусковых устройств (ТПУ). Чаще всего это делается для ограничения тока и момента двигателя при пуске («мягкий» способ пуска), хотя с помощью этих устройств можно обеспечить и повышение момента двигателя при пуске («жесткий» способ пуска).

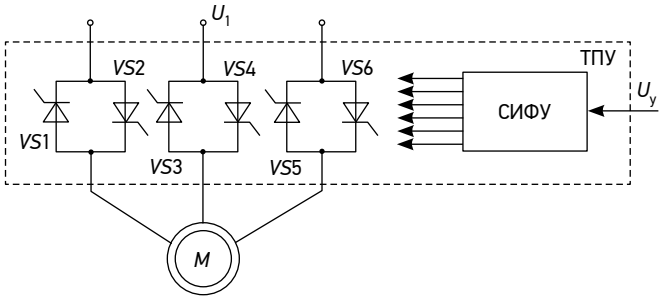


Рис. 9.1. Схема асинхронного электропривода с тиристорным пусковым устройством

Упрощенная схема электропривода, иллюстрирующая этот метод, приведена на рис. 9.1. Тиристорное пусковое устройство включается между источником питания (сетью переменного тока) с напряжением U_1, и статором двигателя. В нереверсивном ТПУ его силовую часть образуют три пары встречно-параллельно включенных тиристоров $VS1-VS6$, управление которыми осуществляется

импульсами напряжения, поступающими на них от системы импульсно-фазового управления СИФУ. Ограничение тока и момента осуществляется за счет снижения подводимого к двигателю напряжения, что достигается соответствующим изменением во времени угла управления тиристорами. Напряжение при пуске может изменяться по различным законам — линейно нарастать от нуля до сетевого, быть пониженным в течение всего времени пуска или изменяться по так называемому бустерному варианту, при котором для облегчения пуска двигателя на него вначале подается скачком некоторое напряжение, которое затем продолжает нарастать уже по линейному закону. В замкнутой системе может быть обеспечено и поддержание тока статора на заданном уровне.

Добавление в схему рис. 9.2 еще двух пар тиристоров позволяет получить реверсивную схему управления двигателем, обеспечивающую возможность вращения двигателя в двух направлениях. На базе схемы ТПУ может быть обеспечено и динамическое торможение двигателя.

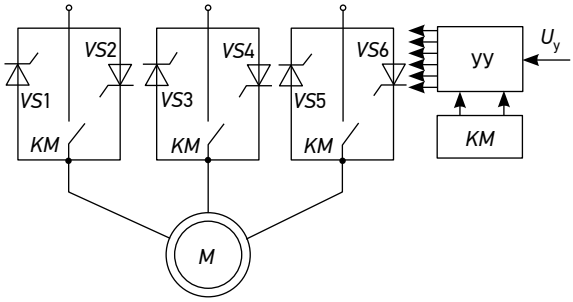


Рис. 9.2. Схема асинхронного электропривода
с гибридным тиристорным пусковым устройством

Дополнительными положительными свойствами обладают *гибридные* ТПУ, которые получаются добавлением в схему рис. 9.1 электромагнитного контактора, как это показано на рис. 9.2. В такой схеме тиристорная часть обеспечивает регулирование напряжения при пуске, а после его завершения включается контактор *КМ* и подключает двигатель к сети напрямую. Это повышает экономичность и надежность работы электропривода. В схеме тиристоры не имеют охладителей, а контактор — дугогасительных камер, что обусловливает их небольшие массу и габаритные размеры.

Схема квазичастотного регулирования скорости двигателя. На базе схемы рис. 9.1 может быть реализовано так называемое квазичастотное регулирование скорости двигателя. Схема, иллюстрирующая такое регулирование, показана на рис. 9.3. В ее состав входит блок квазичастотного управления БКЧУ, который с помощью схемы управления СИФУ обеспечивает периодическое подключение двигателя к источнику питания и его отключение. За счет изменения частоты и длительности интервалов включения и отключения двигателя могут быть получены механические характеристики, позволяющие регулировать скорость двигателя или его момент при пуске. Особенностью квазичастотного управления являются вибрации и шум при работе двигателя, а также повышенные потери мощности, что вызывает дополнительный нагрев двигателя и требует определенного завышения его мощности в случае регулирования скорости.

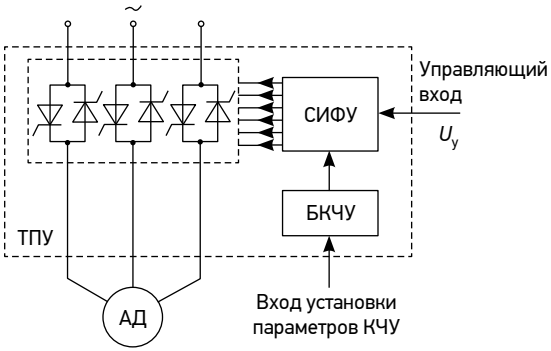


Рис. 9.3. Схема асинхронного электропривода
с квазичастотным управлением

Типовые узлы и схемы управления электроприводов с синхронными двигателями. Релейно-контакторные схемы управления синхронными двигателями, кроме обычных операций по включению и отключению (торможению) двигателя и ограничению пусковых токов, должны обеспечивать управление током возбуждения двигателей, имеющих обмотку возбуждения. При пуске применяются два способа такого управления: с «глухоподключенной» (постоянно включенной) обмоткой возбуждения и с подключением обмотки в конце пуска перед синхронизацией двигателя с сетью. Первый вариант характеризуется более простой схемой и исполь-

зуется при легких условиях пуска двигателя — небольших моментах и инерционных массах нагрузки электропривода. Второй вариант реализуется с помощью более сложной схемы управления, но зато может обеспечивать пуск двигателя при значительных моментах сопротивления и инерционности нагрузки электропривода.

Типовой узел управления током возбуждением двигателя в функции скорости. В этой схеме подключение обмотки возбуждения к источнику питания $U_В$ осуществляется контактором *KM*2 (рис. 9.4, *а*), который управляется реле скорости *KR*. Катушка реле связана с частью разрядного резистора $R_р$ через диод *VD*.

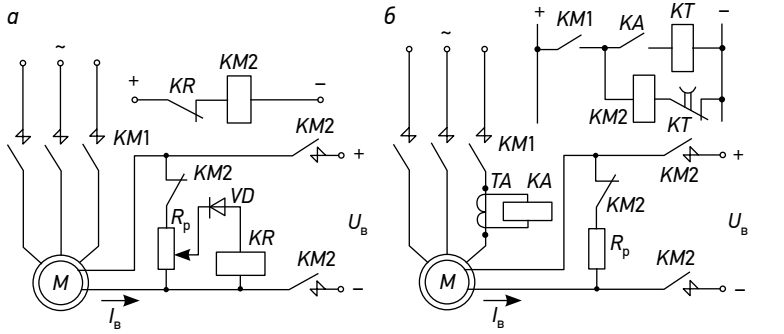


Рис. 9.4. Узлы схем управлением возбуждением синхронного двигателя:
а — с использованием принципа скорости, *б* — тока

При включении контактора *KM*1 (его цепи управления на рисунке не показаны) обмотка статора двигателя подключается к сети переменного тока и образует вращающееся магнитное поле, которое вызовет появление момента двигателя, под действием его он начнет разбег и наведет ЭДС в обмотке возбуждения двигателя. Под действием ЭДС по катушке реле *KR* начнет протекать выпрямленный ток, оно включится и разомкнет цепь питания контактора *KM*2. Тем самым разбег двигателя будет происходить без тока возбуждения с закороченной на разрядный резистор $R_р$ обмоткой возбуждения.

При подсинхронной скорости ток в катушке реле *KR* станет меньше тока отпускания, оно отключится и вызовет тем самым включение контактора *KM*2. Контактор *KM*2 подключит обмотку возбуждения к источнику питания, далее происходит процесс синхронизации двигателя с сетью.

Схема управления возбуждением двигателя в функции тока. Эта схема (рис. 9.4, *б*) содержит реле тока *KA*, обмотка которого питается от трансформатора тока *TA*, и реле времени *KT*. При подключении двигателя к сети контактором *KM*1 в цепи обмотки статора возникает бросок пускового тока, что приводит к срабатыванию реле *KA*. Контакт этого реле замыкает цепь питания реле времени *KT*, что вызовет отключение контактора возбуждения *KM*2. Разбег двигателя, как и в предыдущем случае, осуществляется с закороченной на разрядный резистор $R_р$ обмоткой возбуждения.

В конце пуска при подсинхронной скорости двигателя и уменьшении тока в статоре реле *KA* отключается и катушка реле времени *KT* теряет питание. Через заданную выдержку времени включается контактор *KM*2, через его контакты обмотка возбуждения подключается к источнику питания $U_В$, после чего двигатель втягивается в синхронизм.

Отметим, что в рассмотренных схемах после срабатывания контактора возбуждения *KM*2 разрывается цепь разрядного резистора $U_р$, что облегчает тепловой режим его работы и повышает экономичность схемы.

Электротехническая промышленность выпускает типовые панели и шкафы управления двигателя разных типов. Рассмотрим в качестве примера схему одной из таких панелей.

Схема панели типа ПУ 7502 управления двигателем низкого напряжения. Панель (рис. 9.5) обеспечивает прямой (без токоограничения) пуск с глухоподключенным источником питания обмотки возбуждения (возбудителем) *G* и форсировку возбуждения при снижении уровня питающего напряжения. В схеме предусмотрены также защиты: тепловая (реле *KK* и трансформаторы тока *TA*1 и *TA*2), токовая (автоматы *QF*1 и *QF*2), от снижения напряжения сети переменного тока (реле *KV*2, *KVJ*) и постоянного тока (реле *KV*1).

Пуск двигателя может быть осуществлен только при нормальных уровнях питающих схему напряжений постоянного и переменного тока. В этом случае, если рукоятка командоконтроллера *SA* находится в среднем положении и включены автоматы *QF*1 и *QF*2, срабатывают реле напряжения *KV*2, *KV*3 и реле времени *KT*, что подготавливает схему к пуску двигателя.

При переводе рукоятки *SA* в положение «Включено» срабатывает реле *KV*1 и катушка линейного контактора *KM*1 подключается к источнику питания, к обмотке статора двигателя подводится напряжение переменного тока, и тот начинает разбег. При под-

синхронной скорости происходит возбуждение возбудителя *G*, имеющего независимую (НОВ) и последовательную (ПОВ) обмотки возбуждения, и соответственно двигателя, который втягивается в синхронизм.

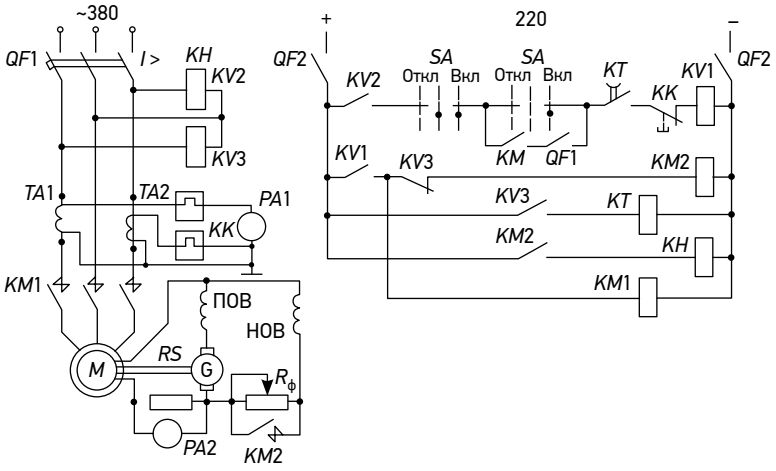


Рис. 9.5. Схема синхронного электропривода с использованием типовой панели управления

Схема управления обеспечивает увеличение (форсирование) тока возбуждения двигателя при резком снижении питающего напряжения, что позволяет сохранять максимальный момент двигателя и тем самым его перегрузочную способность. При нормальном уровне питающего напряжения реле напряжения *KV*3 включено, цепь катушки контактора *KM*2 разомкнута и резистор форсировки $R_ф$ введен в цепь тока возбуждения двигателя.

При резком снижении напряжения реле *KV*3 отключается, замыкает цепь катушки контактора форсировки *KM*2, который включается и своим контактом шунтирует резистор $R_ф$, вызывая тем самым увеличение тока возбуждения двигателя. О включении *KM*2 сигнализирует указательное реле *KH*.

Для контроля тока статора двигателя в схеме предусмотрен амперметр *PA*1, а тока возбуждения двигателя — амперметр *PA*2, питаемый от шунта *RS*.

Контрольные вопросы

1. Назначение каскадных схем.
2. Дайте схемные решения и объясните принцип функционирования каскадных схем.
3. Приведите механические характеристики регулировки скорости в каскадных схемах.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

10. Электропривод на шаговом двигателе. Конструкция шагового двигателя и принцип работы. Управление шаговым приводом

Исполнительные органы некоторых рабочих машин и механизмов должны совершать строго дозированные перемещения с фиксацией своего положения в конце движения. В электроприводах таких машин и механизмов успешно применяются шаговые двигатели (ШД) различных типов, образующие основу дискретного электропривода. Дискретный электропривод используется для металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением (ЧПУ), роботов и манипуляторов, в гибком автоматизированном производстве, электронной и часовой промышленности, газорезательных и сварочных автоматах, приборах времени, нажимных устройствах прокатных станов, лентопротяжных и регистрирующих устройствах, в медицинской технике, в производстве элементов микроэлектроники и т.д.

Распространение дискретного электропривода определяется еще и тем, что он естественным образом сочетается с микропроцессорными средствами управления, которые все шире применяются во всех отраслях техники.

Электропривод с ШД в настоящее время используется на мощности от долей ватта до нескольких киловатт, что определяется мощностью серийно выпускаемых ШД. Расширение шкалы мощности дискретного ЭП может быть достигнуто использованием в нем серийных АД, которые за счет соответствующего управления могут работать в шаговом режиме.

Шаговый двигатель по принципу своего действия является синхронным двигателем. Однако в отличие от последнего магнитное поле ШД перемещается (вращается) не непрерывно, а дискретно,

шагами. Это достигается за счет импульсного возбуждения обмоток ШД с помощью электронного коммутатора, который преобразует одноканальую последовательность управляющих импульсов в многофазную систему напряжений, прикладываемых к обмоткам (фазам) ШД.

Дискретному характеру напряжения на фазах ШД соответствует дискретное вращение (перемещение) электромагнитного поля в воздушном зазоре, вследствие чего движение ротора состоит из последовательных элементарных поворотов, или шагов.

Угловое перемещение α ШД в общем случае определяется выражением $\alpha = 2\pi(pn)$, где p — число пар полюсов ротора; n — число переключений (тактов) в цикле, равное числу фаз ШД при симметричной и удвоенному числу фаз при несимметричной коммутации.

Как видно, шаговое перемещение ротора соответствует последовательности управляющих импульсов, при этом каждому импульсу соответствует одно переключение обмотки ШД (один такт коммутации) и один шаг ротора. Суммарный угол поворота ШД пропорционален числу импульсов, а его скорость — частоте коммутации обмоток f_k: $\omega = \alpha f_k$.

Для реверса ШД при симметричной схеме коммутации необходимо изменить полярность напряжения обмотки, которая была отключена на данном такте коммутации. Тогда ротор ШД совершит шаг в противоположном направлении.

Основным режимом работы шагового привода является динамический. В отличие от обычного синхронного двигателя, ШД рассчитаны на вхождение в синхронизм из состояния покоя и принудительное электрическое торможение. Благодаря этому в шаговом электроприводе обеспечивается пуск, торможение, реверс и переход с одной частоты управляющих импульсов на другую. Пуск ШД осуществляется скачкообразным или постепенным увеличением частоты входного сигнала от нуля до рабочей, торможение — снижением ее до нуля, а реверс — изменением последовательности коммутации обмоток ШД.

Обеспечение заданного характера переходных процессов является для электропривода с ШД основной и наиболее сложной задачей, так как вследствие электромагнитной инерции обмоток ТТТД, механической инерции его ротора и момента нагрузки на валу при резких изменениях частоты следования импульсов управления ротор ШД может не успеть отработать полностью все импульсы. Максимальная частота управляющих импульсов, при которой возможен пуск ШД из неподвижного состояния без выпадения из син-

хронизма (пропуска шагов), называется частотой приемистости. Чем выше электромагнитная и механическая инерция ШД и больше момент его нагрузки, тем меньше частота приемистости.

Современные ШД различны по конструктивному исполнению. В зависимости от числа фаз и устройства магнитной системы ШД бывают одно-, двух- и многофазными с активным или пассивным ротором.

Развитие дискретного электропривода привело к созданию специальных видов ШД — линейных, волновых, с малоинерционным и катящимся роторами.

На базе цилиндрических линейных ШД созданы двухкоординатные линейно-поворотные ТТТД, суммирующие на своем валу два независимых движения — вращательное и поступательное.

Важным достижением в области дискретного электропривода является создание так называемых многокоординатных ШД, осуществляющих перемещение исполнительных органов по трем координатам в пространстве. Двигатели такого рода, отличаясь высокой точностью позиционирования и скоростью, используются в приводах манипуляторов, роботов и автоматических линиях станков.

Обобщенная функциональная схема регулируемого электропривода с ШД показана на рис. 10.1. Основная ее часть, обычно называемая разомкнутой схемой, выделена штриховой линией.

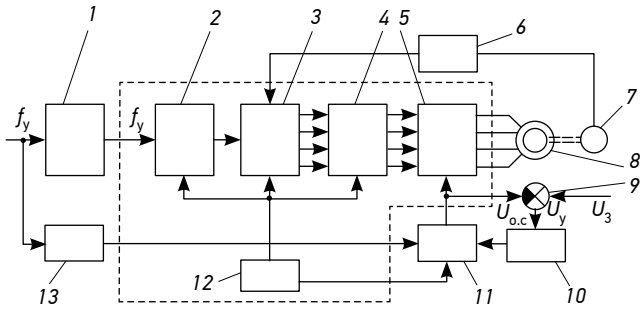


Рис. 10.1. Схема электропривода с шаговым двигателем

Сигнал управления f_y в виде импульсов напряжения поступает на вход блока *2* от программного или другого внешнего командного устройства. Блок *2* видоизменяет эти импульсы, формируя их по длительности и амплитуде, как необходимо для нормальной работы последующих блоков схемы управления. Распределитель импульсов *3* преобразует последовательность сформированных

импульсов, например, в четырехфазную систему однополярных импульсов напряжения, соответствующую числу фаз (обмоток) двигателя.

Импульсы с выхода распределителя *3* усиливаются с помощью промежуточного усилителя *4* и поступают на коммутатор *5*, питающий обмотки ШД *8*. Обычно коммутатор питается от источника *12* постоянного тока (выпрямителя) и обеспечивает в обмотках ШД пульсирующий ток одного направления.

Рассмотренная разомкнутая схема управления ШД не всегда обеспечивает высокие динамические свойства, точность и энергетические показатели электропривода. Поэтому современные схемы управления ШД содержат дополнительные узлы, с помощью которых характеристики электропривода улучшаются. К таким узлам (рис. 4.14) относятся частотно-импульсный регулятор напряжения *11*, усилитель обратной связи по току *10*, блок электронного дробления шага *13*, блок плавного разгона и торможения (задатчик интенсивности) *1*, датчик положения ротора и скорости 7 и цифровой регулятор *6*.

Регулятор *11* и усилитель *10*, связанные с узлом сравнения *9*, служат для автоматической стабилизации тока в обмотках ШД и поддержания момента ШД, что существенно улучшает энергетические показатели его работы. Стабилизация тока осуществляется введением отрицательной обратной связи по току, с помощью которой за счет регулирования частоты переключения регулятора *11* (частотно-импульсная модуляция) изменяется среднее значение напряжения питания и тем самым регулируется ток в обмотках ШД.

Та же задача формирования тока в обмотках ШД решается при использовании коммутатора *5*, обладающего свойствами источника тока. В этом случае отпадает надобность в обратной связи по току и блоках *10* и *11*.

Для улучшения качества движения ШД при низких частотах и повышения точности отработки входных импульсов управления с помощью блока *13* уменьшается единичный шаг ШД.

Улучшение динамических свойств дискретного ШД, в частности увеличение диапазона рабочих частот входного сигнала, значительно превышающих частоту приемистости ШД, может быть достигнуто введением в схему блока *1*, обеспечивающего разгон и торможение ШД с заданным темпом, при котором еще не происходит пропуска управляющих импульсов. При использовании блока *1* область рабочих частот шагового электропривода может быть увеличена в 2–3 раза.

Возможности дискретного электропривода расширяются при создании замкнутых схем управления, выполняемых с помощью датчика *7* и регулятора *6.* В таком дискретном приводе информация о действительном положении вала и скорости ШД поступает на вход цифрового регулятора *6*, который обеспечивает заданный характер движения привода.

Перспективы дальнейшего развития электропривода с ШД связаны с использованием микропроцессорных средств управления. В этом случае функции всех показанных на рис. 10.1 блоков управления, за исключением силового коммутатора, датчиков скорости и положения, выполняет микропроцессор по соответствующей программе.

Контрольные вопросы

1. Конструктивные особенности шагового двигателя.
2. Принцип работы шагового двигателя.
3. Дайте функциональную схему системы управления приводом на шаговом двигателе.
4. Фазоимпульсные и шагоимпульсные системы управления.
5. Особенности структурных решений системы управления шаговым приводом.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.

11. Управление приводом в разомкнутых системах. Автоматическое управление пуском и торможением

К разомкнутым относятся схемы управления электропривода, в которых не используются обратные связи по его координатам или технологическим параметрам. Тем самым управление в таких схемах осуществляется без контроля за фактическим изменением регулируемых координат, т.е. без учета результатов управления. Эти схемы, отличаясь простотой реализации, используются в тех случаях, когда не требуется высокое качество управления движением электроприводов, в частности для пуска, реверса и торможения двигателей и при невысоких требованиях к точности и диапазону регулирования переменных (координат) двигателей.

В таких схемах управления в основном используются релейно-контакторная аппаратура и полупроводниковые коммутационные аппараты (бесконтактные пускатели).

Автоматизация работы этих схем осуществляется за счет использования информации о времени, токе, скорости или ЭДС двигателей и положении их вала, которая получается от соответствующих датчиков или самого двигателя. Тот или иной вид используемой при автоматизации работы схемы информации определяет *принципы управления,* к которым относятся принципы времени, тока, скорости, ЭДС и положения (пути). Часто в разомкнутых схемах используется сочетание принципов управления: например, пуск двигателя осуществляется по принципу времени, а его торможение — по принципу ЭДС или скорости.

Разомкнутые схемы применяются и для регулирования скорости при невысоких требованиях к качеству регулирования. Силовая часть таких электроприводов строится по структуре «управляемый

преобразователь — двигатель», а задача регулирования (ограничения) тока и момента двигателей в переходных процессах решается за счет включения в схему управления дополнительного устройства, называемого задатчиком интенсивности. Это устройство, обеспечивая плавное изменение в переходных процессах управляющего воздействия на двигатель (напряжения, его частоты или того и другого) по линейному или экспоненциальному законам, обеспечивает формирование требуемых графиков координат (переменных) электропривода.

Разомкнутые схемы, кроме функций управления, обеспечивают защиту электроприводов, питающей сети и технологического оборудования при возникновении различных аномальных режимов — коротких замыканиях, перегрузке двигателей, исчезновении питающего напряжения или обрыве фазы питающей сети, а также соответствующую сигнализацию. Для этого они содержат аппараты и устройства, находящиеся во взаимодействии с устройствами управления двигателями. Такие схемы управления, защиты и сигнализации серийно выпускаются электротехнической промышленностью в виде панелей, шкафов и блоков управления и других подобных комплектных устройств.

Схема управления асинхронным двигателем, обеспечивающая прямой пуск в функции времени. Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки *SB*1 (рис. 11.1), после чего срабатывает линейный контактор *KM*, подключающий двигатель к источнику питания. Одновременно с этим замыкание контакта *KM* в цепи реле времени *KT* вызовет его срабатывание и замыкание его контакта в цепи контактора торможения *KM*1. Однако последний не срабатывает, так как перед этим разомкнулся в этой цепи размыкающий контакт *KM*.

Для остановки двигателя нажимается кнопка *SB*3. Контактор *KM* отключается, размыкая свои контакты в цепи статора двигателя и отключая тем самым его от сети переменного тока. Одновременно с этим замыкается контакт *KM* в цепи аппарата *KM*1 и размыкается контакт *KM* в цепи реле *KT*. Это приводит к включению контактора торможения *KM*, подаче в обмотки статора постоянного тока от выпрямителя *V* через резистор $R_{\text{Т}}$ и переводу двигателя в режим динамического торможения.

Реле времени *KT*, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени. Через интервал времени, соответствующий времени останова двигателя, реле *KT* размыкает свой контакт в цепи кон-

тактора *KM*1, тот отключается, прекращая подачу постоянного тока в цепь статора. Схема возвращается в исходное положение.

Интенсивность динамического торможения регулируется резистором $R_т$, с помощью которого устанавливается необходимый постоянный ток в статоре двигателя.

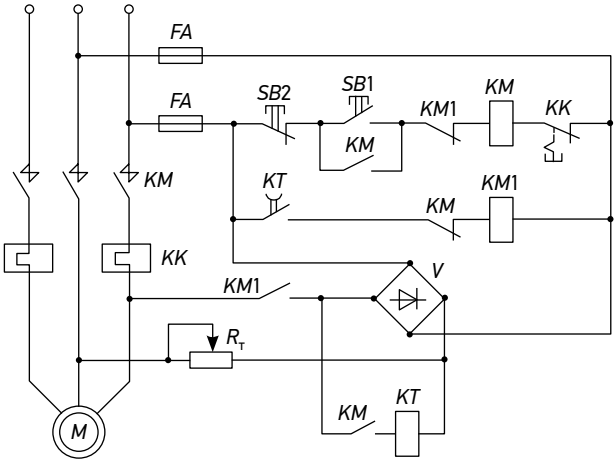


Рис. 11.1. Схема управления пуском асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Для исключения возможности одновременного подключения статора к источникам переменного и постоянного тока в схеме использована типовая блокировка с помощью размыкающих контактов *KM* и *KM*1, включенных перекрестно в цепи катушек этих аппаратов.

Схема пуска двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением по принципу тока. В схеме (рис. 11.2) используется реле тока *KA*, катушка которого включена в цепь якоря *M*, а размыкающий контакт — в цепь питания контактора ускорения *KM*2. Реле тока настраивается таким образом, чтобы его ток отпускания соответствовал току T_2. В схеме используется также дополнительное блокировочное реле $KV_с$ временем срабатывания большим, чем у реле *KA*.

Работа схемы при пуске происходит следующим образом. После нажатия на кнопку *SB*1 срабатывает контактор *KM*1, двигатель подключается к источнику питания и начинает свой разбег. Бро-

сок тока в якорной цепи после замыкания главного контакта контактора *КМ*1 вызовет срабатывание реле тока *КА,* которое разомкнет свой размыкающий контакт в цепи контактора *КМ*2. Через некоторое время после этого срабатывает *КУ* и замыкает свой замыкающий контакт в цепи контактора *КМ*2, подготавливая его к включению.

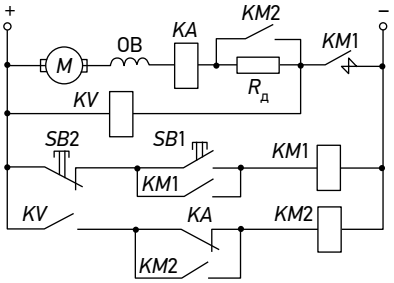


Рис. 11.2. Схема пуска двигателя по принципу тока

По мере разбега двигателя ток якоря снижается до значения тока переключения I_2. При этом токе отключается реле тока и замыкает свой размыкающий контакт в цепи катушки контактора *КМ*2. Последний срабатывает, его главный контакт закорачивает пусковой резистор $R_Д$ в цепи якоря, а вспомогательный контакт шунтирует контакт реле тока *КА*. Поэтому вторичное включение реле тока *КА* после закорачивания $R_Д$ и броска тока не вызовет отключения контактора *КМ*2; двигатель продолжит разбег по своей естественной характеристике.

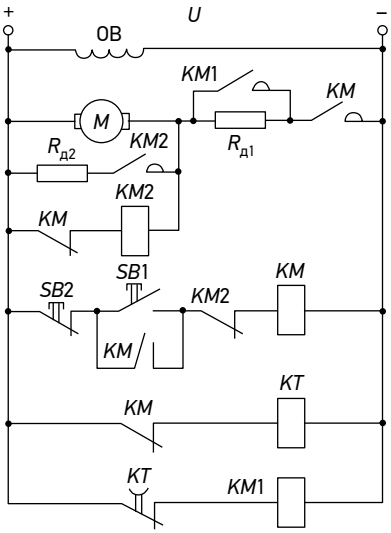


Рис. 11.3. Схема пуска двигателя по принципу времени и динамического торможения по принципу ЭДС

Схема пуска двигателя в одну ступень по принципу времени и динамического торможения по принципу ЭДС. Управление двигателем при пуске происходит по аналогии со схемой рис. 11.1. При включении двигателя в этой схеме (рис. 11.3) и работе от источника питания размыкающий контакт линейного контактора *KM* в цепи контактора торможения *KM*2 разомкнут, что предотвращает перевод двигателя в режим торможения.

Торможение осуществляется нажатием кнопки *SB*2. Контактор *KM*, потеряв питание, отключает якорь двигателя от источника питания и замыкает своим контактом цепь питания катушки контактора *KM*2. Последний от действия наведенной в якоре ЭДС срабатывает и замыкает якорь *M* на резистор торможения $R_{Д2}$. Процесс динамического торможения происходит до тех пор, пока при небольшой скорости двигателя его ЭДС не станет меньше напряжения отпускания контактора *KM*2. Тот отключится, и схема вернется в исходное положение.

Схема одноступенчатого пуска асинхронного двигателя в функции времени и торможения противовключением в функции ЭДС. После подачи напряжения включается реле времени *KT* (рис. 11.4), которое своим размыкающим контактом разрывает цепь питания контактора *KM*3, предотвращая тем самым его включение и преждевременное закорачивание пусковых резисторов в цепи ротора.

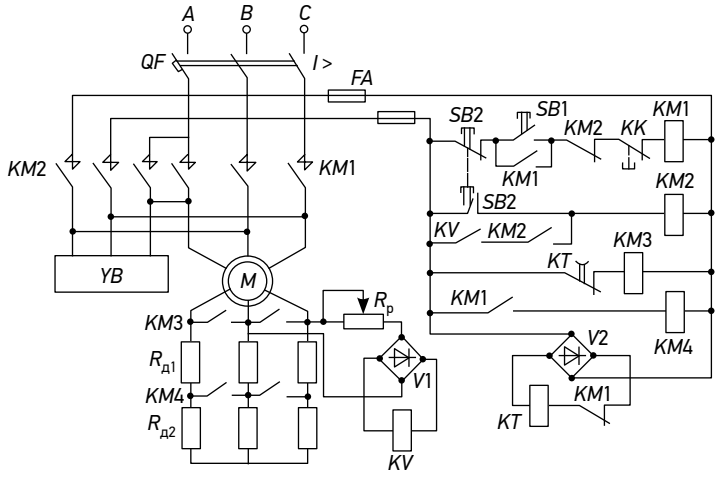


Рис. 11.4. Схема управления пуском и торможением противовключением асинхронного двигателя с фазным ротором

Включение двигателя производится нажатием кнопки *SB*1, после чего включается контактор *KM*1. Статор двигателя подсоединяется к сети, электромагнитный тормоз *YB* растормаживается, и начинается разбег двигателя. Включение *KM*1 одновременно приводит к срабатыванию контактора *KM*4, который своим контактом шунтирует ненужный при пуске резистор противовключения $R_{Д2}$, а также разрывает цепь катушки реле времени *KT*. Последнее, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени, после чего замыкает свой контакт в цепи катушки контактора *KM*3, который срабатывает и шунтирует пусковой резистор $R_{Д1}$ в цепи ротора, и двигатель выходит на свою естественную характеристику.

Управление торможением обеспечивает реле торможения *KV*, контролирующее уровень ЭДС (скорости) ротора. С помощью резистора $R_р$ оно отрегулировано таким образом, что при пуске, когда скольжение двигателя $0 < s < 1$, наводимая в роторе ЭДС будет недостаточна для включения, а в режиме противовключения, когда $1 < s < 2$, уровень ЭДС достаточен для его включения.

Для осуществления торможения двигателя нажимается сдвоенная кнопка *SB*2, размыкающий контакт которой разрывает цепь питания катушки контактора *KM*1. После этого двигатель отключается от сети и разрывается цепь питания контактора *KM*4 и замыкается цепь питания реле *KT*. В результате этого контакторы *KM*3 и *KM*4 отключаются и в цепь ротора двигателя вводится сопротивление $R_{Д1} + R_{Д2}$.

Нажатие кнопки *SB*2 приводит одновременно к замыканию цепи питания катушки контактора *KM*2, который, включившись, вновь подключает двигатель к сети, но уже с другим чередованием фаз сетевого напряжения на статоре. Двигатель переходит в режим торможения противовключением. Реле *KV* срабатывает и после отпускания кнопки *SB*2 будет обеспечивать питание контактора *KM*2 через свой контакт и замыкающий контакт этого аппарата.

В конце торможения, когда скорость будет близка к нулю и ЭДС ротора уменьшится, реле ЛТК отключится и своим размыкающим контактом разомкнет цепь катушки контактора *KM*2. Последний, потеряв питание, отключит двигатель от сети, и схема придет в исходное положение. После отключения *KM*2 тормоз *YB*, потеряв питание, обеспечит фиксацию (торможение) вала двигателя.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип пуска двигателя в функции скорости?
2. Дайте схему автоматического пуска двигателя в функции тока.
3. Как осуществляется автоматический пуск двигателя в функции времени?
4. Контактные и бесконтактные способы автоматического управления пуском.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

12. Автоматическое управление приводом в замкнутых системах

Замкнутая схема «*тиристорный регулятор напряжения — асинхронный двигатель*» (ТРН-АД) с использованием обратной связи по его скорости (рис. 12.1, *а*). Силовую часть ТРИ образуют три пары встречно-параллельно соединенных тиристоров *VS*1–*VS*6.

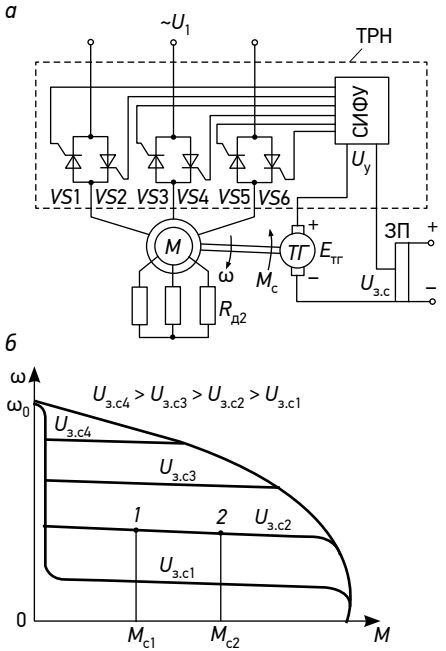


Рис. 12.1. Замкнутая система асинхронного электропривода с использованием тиристорного регулятора напряжения:
а — схема, *б* — характеристики

Управляющие электроды тиристоров подсоединены к выходам СИФУ ТРН, которая распределяет управляющие импульсы на все тиристоры и осуществляет их сдвиг в зависимости от входного сигнала управления $U_{\text{у}}$. К валу двигателя, который в этой схеме имеет фазный ротор, для реализации обратной связи по скорости подсоединен тахогенератор ТГ. Его ЭДС $E_{\text{ТГ}}$ сравнивается с задающим напряжением скорости $U_{\text{з.с}}$, снимаемым с задающего потенциометра ЗП, причем эти напряжения действуют навстречу друг другу, а их разность образует сигнал управления

$$U_{\text{у}} = U_{\text{з.с}} - E_{\text{ТГ}} = U_{\text{з.с}} - \gamma\omega,$$

который поступает на вход СИФУ. При увеличении сигнала угол управления тиристорами уменьшается, подаваемое на двигатель напряжение увеличивается, и наоборот. Важно отметить, что при снижении скорости двигателя в цепи ротора увеличиваются потери мощности (потери скольжения), которые вызывают дополнительный нагрев двигателя, снижая экономичность работы электропривода. Для облегчения теплового режима двигателя при его работе на пониженных скоростях в цепь ротора двигателя включен добавочный резистор $R_{\text{Д2}}$, наличие которого позволяет также расширить диапазон регулирования скорости.

Рассмотрим работу электропривода при изменении момента нагрузки $M_{\text{с}}$ на валу двигателя и постоянном задании скорости $U_{\text{з.с.2}}$. Допустим, что в исходном положении двигатель работал в т. *1* при моменте нагрузки $M_{\text{с1}}$ (рис. 12.1, *б*), а затем произошло его увеличение до значения $M_{\text{с2}}$.

При увеличении нагрузки на валу двигателя его скорость начнет снижаться, соответственно начнет уменьшаться и ЭДС тахогенератора $E_{\text{ТГ}}$. Уменьшение $E_{\text{ТГ}}$ вызывает увеличение напряжения управления $U_{\text{у}}$, что приведет к уменьшению угла управления тиристорами α и увеличению тем самым подаваемого на двигатель напряжения. Момент двигателя будет увеличиваться и в т. *2* сравняется с $M_{\text{с2}}$. Таким образом, увеличение момента нагрузки привело к небольшому снижению скорости двигателя.

При уменьшении момента нагрузки $M_{\text{с}}$ будет автоматически снижаться напряжение на двигателе и тем самым поддерживаться его скорость вращения на заданном уровне.

Изменяя с помощью потенциометра ЗП значение задающего напряжения $U_{\text{з.с.}}$, можно получить ряд механических характери-

стик электропривода с относительно высокой жесткостью и необходимой перегрузочной способностью двигателя.

Используя уравнения связи выходного U_1 и входного управляющего $U_у$ напряжений ТРН

$$U_1 = k_{т.р.н} U_у,$$

а также момента двигателя и приложенного к нему напряжения в относительной форме

$$M^* = \frac{M}{M_{ном}} = U_1^* = \frac{U_1}{U_{1ном}},$$

получаем после несложных преобразований

$$\gamma = \frac{U_{1ном}(\sqrt{M_{с2}^*} - \sqrt{M_{с1}^*})}{k_{т.р.н}\Delta\omega};$$

где перепад скорости $\Delta\omega$ соответствует изменению момента нагрузки в пределах $M_{с2}$—$M_{с1}$.

Если в схеме рис. 12.1, *а* используется усилитель сигнала $U_у$ (пропорциональный регулятор скорости) с коэффициентом усиления $k_у$, то последняя формула принимает следующий вид:

$$\gamma = \frac{U_{1ном}(\sqrt{M_{с2}^*} - \sqrt{M_{с1}^*})}{k_{т.р.н} k_у \Delta\omega}.$$

Замкнутая схема импульсного регулирования скорости АД с помощью резистора в цепи ротора. В схеме электропривода (рис. 12.2, *а*) с импульсным регулированием сопротивления в цепи выпрямленного тока ротора для получения жестких характеристик использована отрицательная обратная связь по скорости двигателя.

В роторную цепь двигателя включен неуправляемый трехфазный выпрямитель В, к выходу которого подключен резистор $R_{Д2}$. Параллельно резистору включен управляемый ключ, выполняемый, как правило, на основе полупроводниковых приборов.

Управление ключом происходит от широтно-импульсного модулятора ШИМ, на вход которого поступают сигналы задания $U_{з.с}$ и обратной связи $U_{о.с}$ по скорости. При поступлении на вход блока ШИМ сигнала ошибки $U_у = U_{з.с} - U_{о.с}$ он начинает генерировать импульсы управления. Эти импульсы с помощью схемы

управления ключом *СУК* распределяются по полупроводниковым приборам ключа и вызывают периодическое включение и закорачивание резистора $R_{Д2}$.

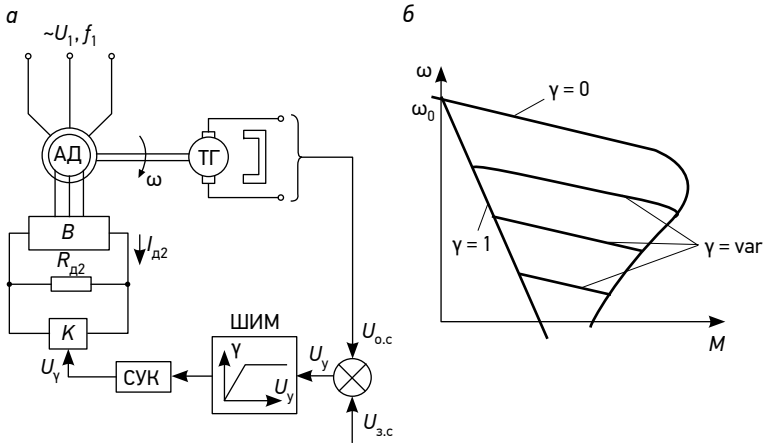


Рис. 12.2. Замкнутая система асинхронного электропривода с импульсным регулированием сопротивления в роторной цепи: *а* — схема, *б* — характеристики

Принцип получения жестких характеристик ЭП соответствует рассмотренному выше механизму действия обратной связи по скорости и состоит в следующем. Допустим, что двигатель работает в установившемся режиме при каком-то заполнении (скважности) ключа *K* и соответствующем эквивалентном сопротивлении цепи ротора. Пусть по каким-то причинам произошло увеличение момента нагрузки двигателя, в результате чего начнет снижаться его скорость. Тогда для сигнала управления $U_у$ он начнет повышаться, что вызовет увеличение заполнения работы ключа *K* и уменьшение тем самым эквивалентного сопротивления в цепи ротора $R_2 = (1 - \gamma)R_{Д2}$. Это, в свою очередь, приведет к увеличению тока в роторе и момента двигателя и прекращению снижения скорости, что соответствует жестким характеристикам электропривода, показанным на рис. 12.2, *б*. В схеме может быть достигнуто регулирование (ограничение) тока и момента, для чего она должна быть дополнена контуром регулирования тока. В этом случае механические характеристики имеют вертикальный участок, соответствующий заданному уровню ограничения тока и момента.

Следует отметить, что работа этого электропривода, как и в случае использования ТРН, характеризуется при регулировании скорости двигателя увеличением в цепи ротора потерь мощности, пропорциональных скольжению, что должно учитываться при выборе двигателя и добавочного резистора.

Замкнутые ЭП с использованием преобразователей частоты. В общем случае частотное управление двигателя, реализуемое с помощью преобразователей частоты, может быть осуществлено по трем вариантам:

— параметрическое управление, при котором управляющим воздействием на двигатель являются частота и действующее значение подаваемого на двигатель напряжения;
— частотно-токовое управление, при котором управляющим воздействием на двигатель являются частота и действующее значение тока двигателя;
— векторное управление, связанное с регулированием мгновенных значений питающих напряжений и токов с целью формирования электромагнитного момента двигателя нужной величины.

Замкнутый электропривод с параметрическим частотным управлением. С использованием этого принципа построены многие частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. В них за счет различных обратных связей и функциональных блоков формируются жесткие рабочие участки механических характеристик двигателя для качественного регулирования его скорости, ограничиваются ток и момент и обеспечивается требуемое соотношение между регулируемыми частотой и напряжением.

Обобщенная схема такого электропривода представлена на рис. 12.3, *а*.

В качестве силового преобразователя применяется преобразователь частоты со звеном постоянного тока, состоящий из неуправляемого выпрямителя В и инвертора напряжения, выполненного на шести силовых модулях, состоящих из транзистора и диода. Между выпрямителем и инвертором включен фильтр, состоящий из реактора L и конденсатора C, обеспечивающий сглаживание выходного напряжения выпрямителя и необходимую циркуляцию реактивной энергии в силовой части схемы.

Инвертор работает в режиме широтно-импульсной модуляции и преобразует нерегулируемое напряжение постоянного тока

на выходе фильтра в регулируемое по частоте и амплитуде напряжение на статоре двигателя *М*. Силовая схема электропривода нереверсивная и не предусматривает электрического торможения.

Управление инвертором осуществляется сигналами f_y и U_y, определяющими значения выходных частоты и напряжения преобразователя частоты. Формирование этих сигналов осуществляется схемой управления, в состав которой входят регулятор скорости РС, регулятор тока РТ, датчики скорости ТГ и тока ДТ, суммирующие усилители (пропорциональные регуляторы) $\sum_1$ и $\sum_2$; блок ограничения БО сигнала РС, функциональный преобразователь ФП, задатчик интенсивности ЗИ.

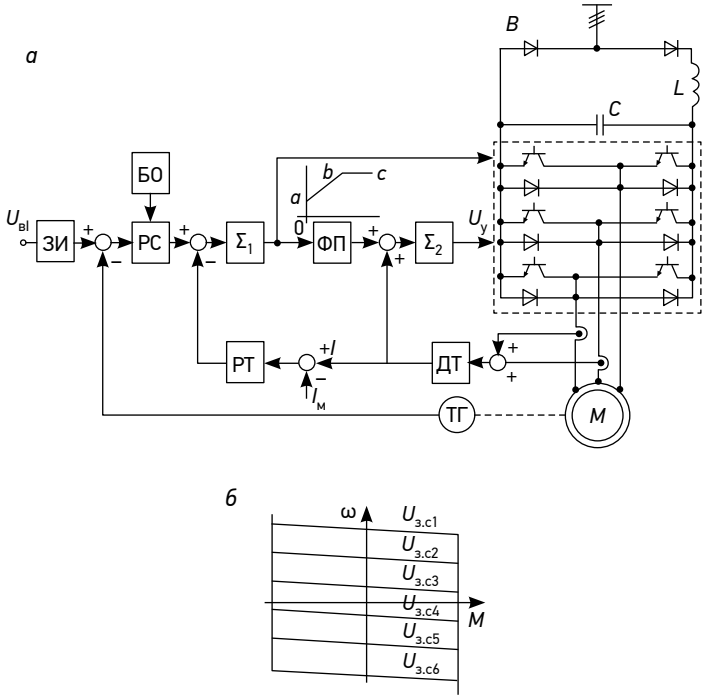


Рис. 12.3. Асинхронный электропривод при частотном управлении: *а* — схема, *б* — характеристики

Регулятор скорости РС в совокупности с задатчиком интенсивности ЗИ и сумматором $\sum_1$ обеспечивают требуемое регулирование скорости и ускорения двигателя в установившемся и переходных режимах работы электропривода с помощью сигнала f_y.

Ограничение тока статора и момента двигателя производится регулятором тока РТ, когда ток статора двигателя меньше тока уставки $I_м$, сигнал на выходе РГ равен нулю и схема управления обеспечивает режим поддержания заданной скорости. Когда ток статора превысит уставку тока $I_м$, резко увеличивается сигнал на выходе РТ, из-за чего резко снижается и сигнал на выходе сумматора $\sum_1$. Это приводит к уменьшению частоты и напряжения на статоре двигателя и тем самым к ограничению тока статора и момента двигателя.

Функциональный преобразователь ФП, характеристика которого в виде ломаной линии 0*abc* показана над его условным изображением на рис. 12.3, *а*, обеспечивает требуемое соотношение между частотой и выходным напряжением преобразователя частоты. Отрезком 0*a* создается начальное напряжение на выходе преобразователя, необходимое для преодоления падения напряжения на обмотке статора двигателя при малых частотах напряжения. Участок *ab* обеспечивает пропорциональное изменение частоты и напряжения (закон частотного управления $U/f = \text{const}$), при котором магнитный поток двигателя поддерживается постоянным. На участке *bc* величина напряжения на статоре остается неизменной, хотя при этом его частота может увеличиваться.

Для уменьшения влияния падения напряжения в цепи статора на величину магнитного потока двигателя и тем самым на его момент в схеме предусмотрена положительная обратная связь по току (так называемая *IR*-компенсация), сигнал которой поступает на вход сумматора $\sum_2$. При увеличении нагрузки двигателя возрастает его ток и увеличивается сигнал $U_у$, за счет чего возрастает выходное напряжение преобразователя, тем самым компенсируется падение напряжения в обмотке статора.

В современных электроприводах этого типа реализация блоков управления схемы рис. 12.3, *а* осуществляется с использованием микропроцессорных средств, а настройка их параметров и характеристик производится программным путем. Получаемые в этой схеме механические характеристики двигателя при различных сигналах задания скорости $U_{з.с}$ показаны на рис. 12.3, *б*.

В ряде случаев требуемое регулирование скорости может быть получено и в разомкнутой схеме без обратной связи по скорости. В этом случае в схеме отсутствуют РС и ТГ, а сигнал с выхода ЗИ непосредственно поступает на вход сумматора $\sum_1$; во всем остальном схема остается без изменения.

Схема частотно-токового управления АД. Схема электропривода представлена на рис. 12.4. Тиристоры *VS*1—*VS*6 образуют схему управляемого выпрямителя УВ, а тиристоры *VS*7–*VS*12 — схему автономного инвертора тока АИТ. Между этими блоками включен реактор *L* большой индуктивности с тем, чтобы придать инвертору свойства источника тока. Конденсаторы *C*1–*C*6 с диодами *VD*1–*VD*6 образуют цепи искусственной коммутации тиристоров *VS*7–*VS*12. Остальные элементы схемы имеют следующее назначение: СУВ и СУИ — схемы управления тиристорами выпрямителя и инвертора; РТ, ДТ — соответственно регулятор и датчик тока статора; ДС — датчик скорости; УО — усилитель-ограничитель; ФП — функциональный преобразователь. Схема работает следующим образом.

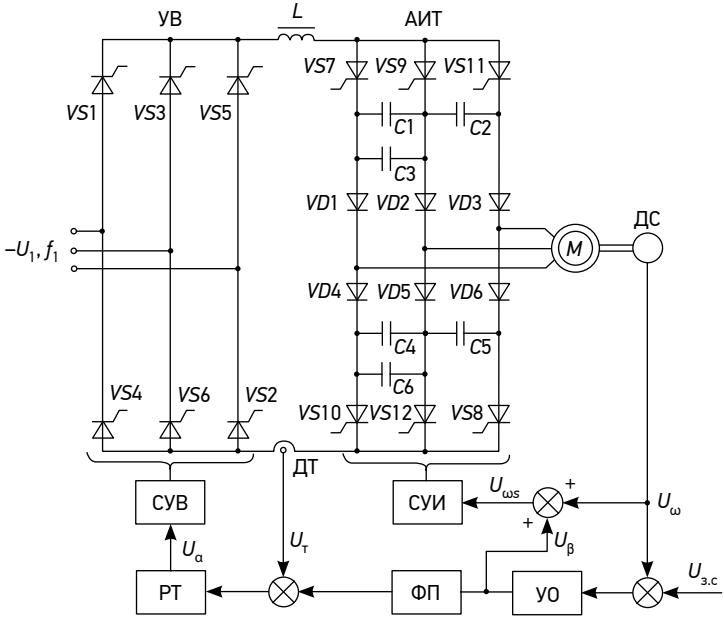


Рис. 12.4. Схема асинхронного электропривода при частотно-токовом управлении

Задающий сигнал $U_{з.с}$ задает частоту переключения тиристоров инвертора и тем самым частоту тока статора двигателя *M*. После вычитания из сигнала $U_{з.с}$ сигнала обратной связи по скорости U_{ω} получается сигнал U_{β}, пропорциональный относительной ча-

стоте ротора $\beta = f_1/f1_{ном}$ (величину β называют также абсолютным скольжением двигателя). Она связана со скольжением *s* двигателя следующим соотношением: $\beta = \alpha s$, где $\alpha = f_1/f1_{ном}$.

Сигнал U_β, пройдя через УО, вместе с сигналом U_ω поступает на вход СУИ. Частота на выходе инвертора определяется сигналом $U_{\omega s} = U_\omega + U_\beta$; СУИ настроена таким образом, что пока УО работает в линейной зоне, частота на выходе инвертора будет постоянной и независимой от нагрузки. Двигатель при этом имеет жесткие механические характеристики.

Сигнал U_β после прохождения через ФП является также сигналом для контура регулирования тока. Так как этот сигнал пропорционален абсолютному скольжению, то и ток двигателя при всех частотах будет ему пропорционален.

При резких изменениях задающего сигнала или при значительных перегрузках двигателя УО входит в зону ограничения (постоянства) своего выходного сигнала U_β, ограничивая тем самым на требуемом уровне и задание для тока. Двигатель при этом работает при любой скорости с постоянными значениями абсолютного скольжения и тока, т.е. механическая характеристика становится абсолютно мягкой.

В результате двигатель имеет характеристики, аналогичные показанным на рис. 12.4, *б*.

Схема позволяет осуществлять торможение двигателя с рекуперацией (отдачей) энергии в сеть, для чего инвертор переводится в режим выпрямления, и выпрямитель — в режим инвертирования тока.

Схемы векторного управления асинхронными двигателями. При необходимости получения высокого качества и диапазонов регулирования переменных асинхронного электропривода в установившемся и переходных режимах применяются так называемые схемы векторного управления, в которых решение этих задач обеспечивается за счет формирования электромагнитного момента двигателя. Принцип формирования момента может быть показан следующим образом.

Уравнение электромагнитного момента асинхронного двигателя может иметь различные формы записи в зависимости от используемых в этих уравнениях переменных и выбранной системы координат для их представления. При построении систем векторного управления процессы в двигателе удобно рассматривать в системе координат $X - Y$, в которой ось X совпадает по направлению

с потокосцеплением ротора ψ_2 и вращается с его скоростью. В этом случае уравнение электромагнитного момента трехфазного асинхронного двигателя имеет вид:

$$M = \frac{3pL_{12}\psi_2 i_{1y}}{2L_2};$$

где p — число пар полюсов двигателя; L_{12} — взаимоиндуктивность между статором и ротором; i_{1y} — составляющая тока статора по оси Y; L_2 — полная индуктивность ротора.

Так как составляющая тока статора i_{1y} по оси X определяет потокосцепление ротора ψ_2, то отсюда следует, что за счет регулирования i_{1x} и i_{ly} можно обеспечивать формирование момента двигателя. Составляющая i_{1x} может рассматриваться как намагничивающая реактивная составляющая тока статора двигателя, а i_{1y} — его активная составляющая, идущая на создание момента двигателя.

Отметим, что приведенное уравнение по своему виду аналогично формуле момента двигателя постоянного тока. В нем ψ_2 отражает магнитный поток двигателя постоянного тока, а i_{2y} — ток его якоря.

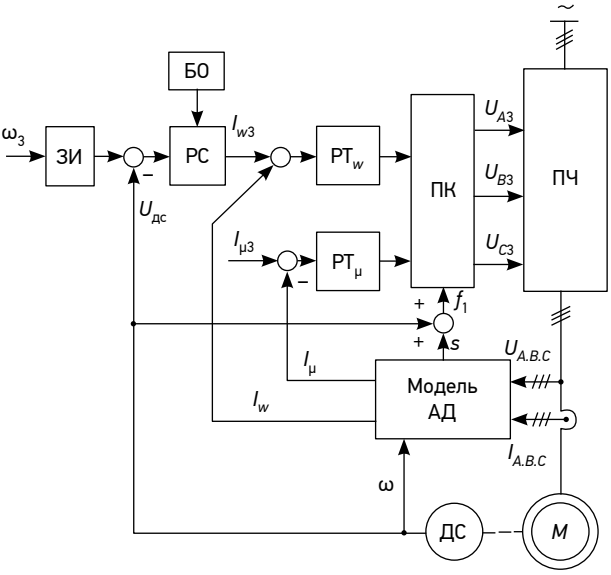


Рис. 12.5. Схема асинхронного электропривода при частотном векторном управлении

Принцип построения схемы векторного управления иллюстрирует рис. 12.5. Асинхронный двигатель *M*, на валу которого установлен датчик скорости (тахогенератор) ДС, получает питание от преобразователя частоты ПЧ. Регулирование момента производится регуляторами $РТ_w$ активной I_w и $РТ_\mu$, реактивной I_μ составляющих тока. Значения этих переменных получаются косвенным путем с помощью модели асинхронного двигателя «модель АД», на вход которой подаются сигналы фазных токов I_A, I_B, I_C, напряжений U_A, U_B, U_C и угловой скорости двигателя. Модель двигателя выдает информацию о скольжении двигателя *s* и составляющих токов I_w и I_μ.

Регулирование скорости производится по принципу подчиненного регулирования координат с использованием ПИ-регулятора скорости РС, задатчика интенсивности ЗИ и блока токоограничения БО. Управление ПЧ осуществляется системой трехфазных напряжений U_{A3}, U_{B3}, U_{C3}, которые формируются преобразователем координат ПК на основе сигналов регуляторов $РТ_W$ и $РТ_\mu$ и сигнала, пропорционального частоте f_1.

Векторное регулирование момента асинхронного двигателя обеспечивает его точное поддержание во всем диапазоне регулирования скорости, включая режимы работы электропривода на упор и его очень низкие «ползучие» скорости, что выгодно отличает его от параметрического (скалярного) регулирования.

Контрольные вопросы

1. Дайте схемы контактного и бесконтактного способов динамического торможения в функции скорости и времени.
2. Как осуществляется управление торможением противовключением и реверс двигателя?
3. Приведите схемное решение бесконтактного способа автоматического управления торможением.

Литература

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. — М. : Академия, 2004.
2. Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. — М. : Академия, 2007.
3. Зимин Е. Н., Яковлев В. И. Автоматическое управление электроприводами. — М. : Высш. шк., 1999.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Абрамов С.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов 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 студентов, 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 студентов 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 студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

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.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят 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 «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

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

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения

Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.

36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.
37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.

80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.
81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.

124. Ошибку может исправить, если его успокоить.
125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№		S
1	1			23	67		
	2				68		
	3				69		
2	4			24	70		
	5				71		
	6				72		
3	7			25	73		
	8				74		
	9				75		
4	10			26	76		
	11				77		
	12				78		
5	13			27	79		
	14				80		
	15				81		
6	16			28	82		
	17				83		
	18				84		
7	19			29	85		
	20				86		
	21				87		
8	22			30	88		
	23				89		
	24				90		
9	25			31	91		
	26				92		

	27				93	
10	28			32	94	
	29				95	
	30				96	
11	31			33	97	
	32				98	
	33				99	
12	34			34	100	
	35				101	
	36				102	
13	37			35	103	
	38				104	
	39				105	
14	40			36	106	
	41				107	
	42				108	
15	43			37	109	
	44				ПО	
	45				111	
16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	

	60				126	
21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки.	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без по-	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляет-

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		сторонней помощи.			ся плохо.
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечани-	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недос-

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		ям.				татки.
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.		37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.		38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.		39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.		40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.		41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.		42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) регуляции усилий	Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия.		43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. 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 «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
Управления персоналом
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Абрамов С.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 10.09.2023
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
Горно-механического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов 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 студентов, 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 студентов 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 студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

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.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

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

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

Тема 3. Эффективное общение

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации

Конфликт
Барьер речи

Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации

Самопрезенгация
Публичное выступление

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли

автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболеесложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

Методические указания:

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://twitter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).

Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того, можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.

Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать

имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

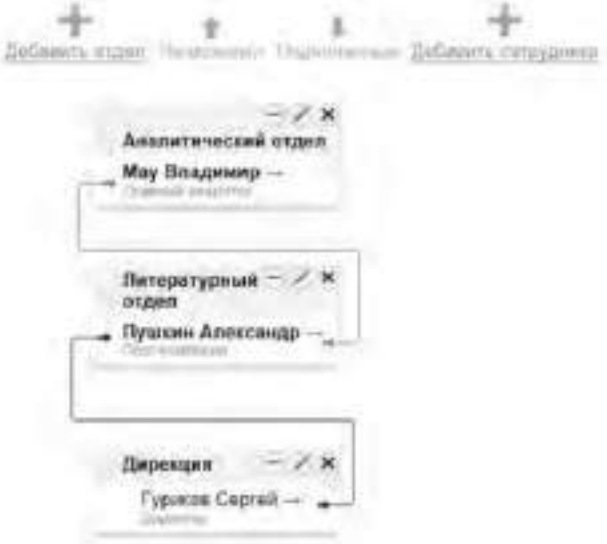


Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

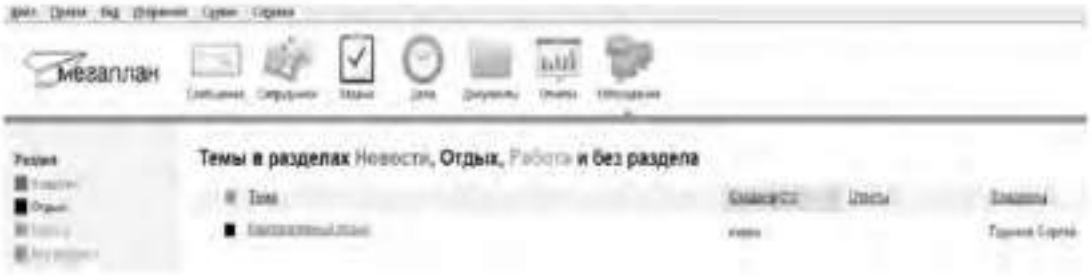


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

Задания:

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

Методические указания

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

Форум — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.

Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).

Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.

Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.

Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке

автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.

Рис. 10 Создание новой темы

Рис. 11. Создана тема для дискуссии

Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

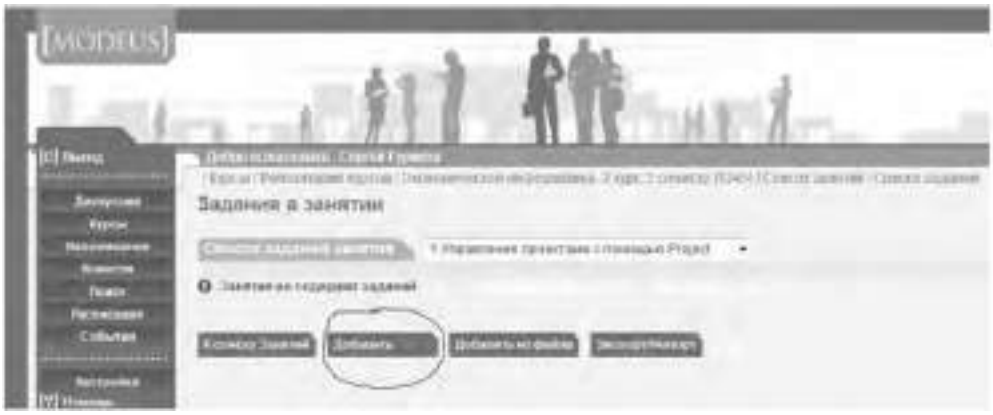


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип). Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку

Добавить ответ ;

- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку Обзор... и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

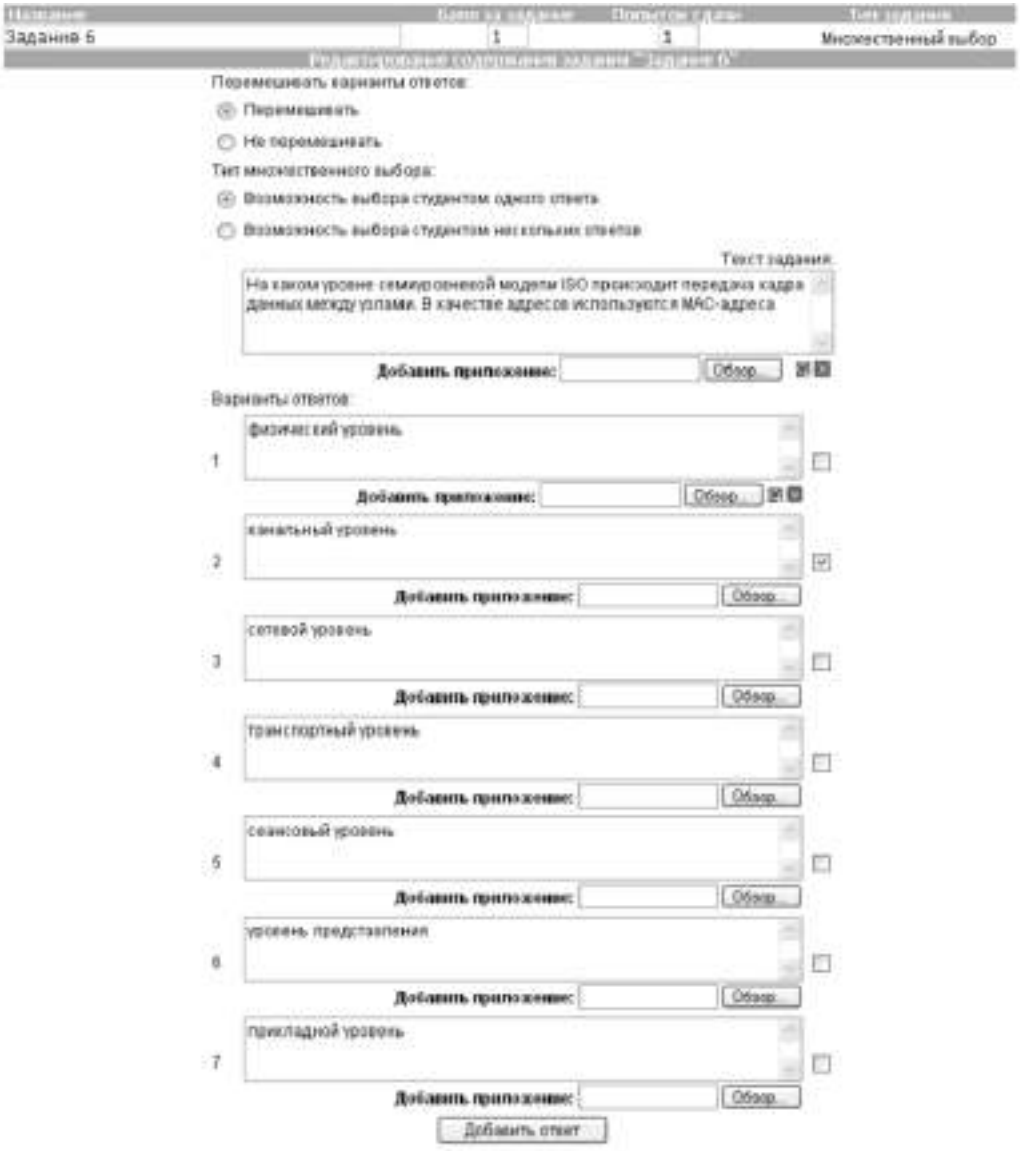


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип). Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор..., находящуюся под полем **Текст задания,** и
укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

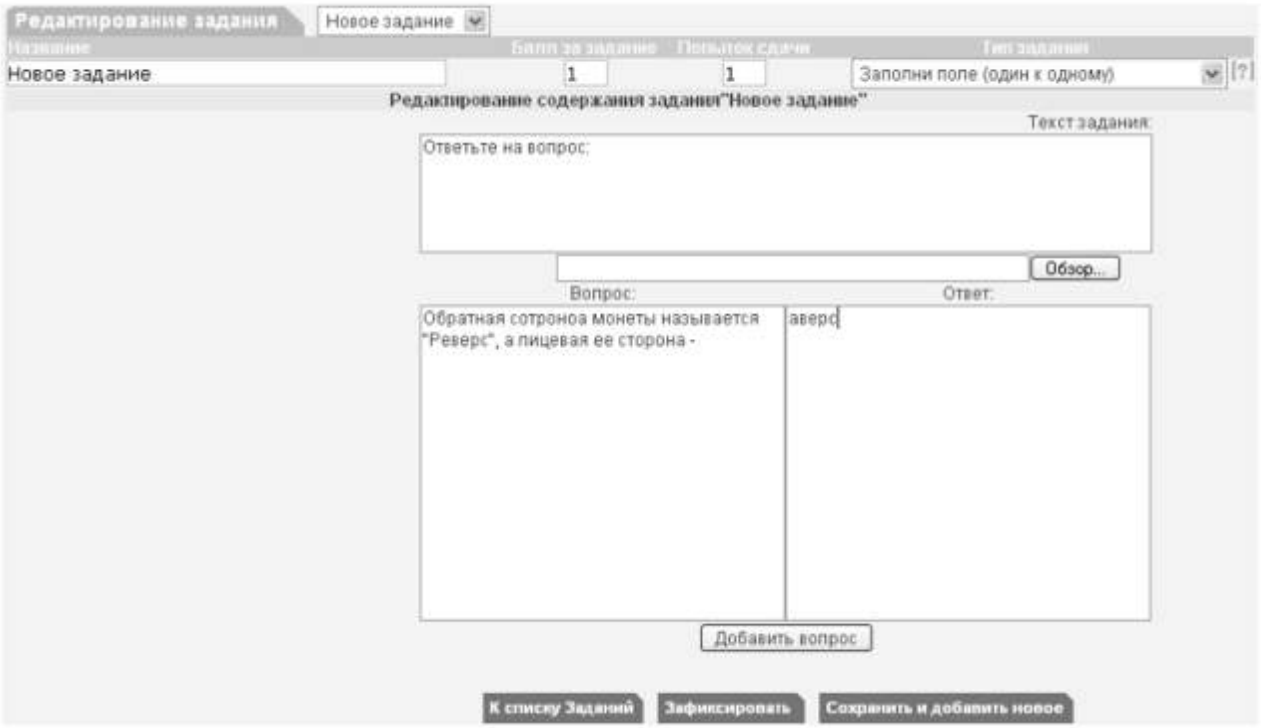


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

Верно - неверно. Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

Группировка. В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

Заполни поле (проверка с диапазоном). Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

Сопоставление. Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

Эссе. Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

Настройка видео web-сессий

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

2. Видеотелефония — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).

Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

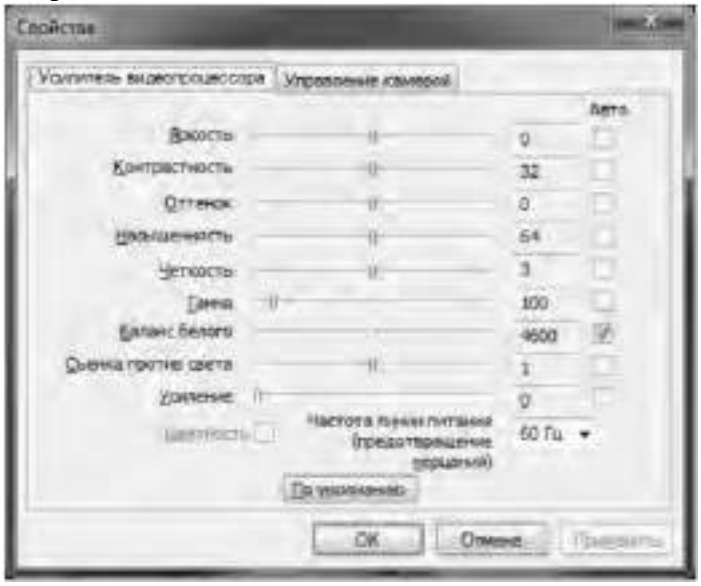


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.

Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

Задания:

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

2. Проведите диагностику стиля делового общения.

Инструкция. С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.
9. Я против откладываний и проволочек.

10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.
57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.

58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

Обработка результатов.

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

Ключ

Стиль 1: 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
Стиль 2: 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
Стиль 3: 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
Стиль 4: 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

Интерпретация результатов

Стиль 1 — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

Стиль 2 — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

Стиль 3 ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

Стиль 4 — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения
б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения

полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Иохин В. Я. Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы магистранту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Абрамов С.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачетов	14
	Заключение	17
	Список использованных источников	18

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, 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 студентовonline 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 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 алгоритмизации[1]. Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс 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.

---

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

5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают 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 эффектна, 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 групповая и индивидуальная. 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, имеющихся 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.

2. Методические указанияпо 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 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.

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 дляосвещения 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[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (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. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]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)[3].

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.

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

3. 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 помощь 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.

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.

4. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на

то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачетов

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

Во-первых, готовясь к зачету, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, 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 зачете 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 зачету 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 зачета.

При подготовке к зачету 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 зачетам 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, зачеты принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется.

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

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.

Подготовку к зачету 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 зачета, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на зачете. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в зачетный 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 зачетных 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. 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 преподавателя студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период 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 сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к зачетам 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 зачетом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

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

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

- лучшая подготовка к зачетам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- 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;

- 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 коллектива;

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. – 368с.

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: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.04 ОСНОВЫ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ

Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация № 24
Проектирование технологических машин и комплексов

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Стороженко Л.А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 11.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ……....5

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ДИСЦИПЛИНЫ ……..…5

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОПРОСУ……...9

4. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ……...10

5. ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ…….....28

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ……31

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, 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 студентов 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 студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов 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 студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям.

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.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Основы военной подготовки*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят 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 «*Основы военной подготовки*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практических заданий);

- подготовка к зачету.

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В современных условиях подготовка граждан Российской Федерации к военной службе является приоритетным направлением государственной политики. Важнейшими вопросами образования на всех уровнях является воспитание любви к Родине, чувства патриотизма, готовности к защите Отечества.

Образовательная дисциплина «Основы военной подготовки» (далее – дисциплина) реализуется исходя из базовых принципов и направлений военной подготовки, дисциплина состоит из основных разделов военной подготовки, тем военно-политической и правовой подготовки.

Основной целью освоения дисциплины является получение знаний, умений и навыков, необходимых для становления обучающихся образовательных организаций высшего образования (далее – вуз) в качестве граждан способных и готовых к выполнению воинского долга и обязанности по защите своей Родины в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Задачами дисциплины «Основы военной подготовки» являются:

1) формирование у обучающихся понимания главных положений военной доктрины Российской Федерации, а также основ военного строительства и структуры Вооруженных Сил Российской Федерации (далее - ВС РФ);

2) формирование у обучающихся высокого общественного сознания и воинского долга;

3) воспитание дисциплинированности, высоких морально-психологических качеств личности гражданина – патриота;

4) освоение базовых знаний и формирование ключевых навыков военного дела;

5) раскрытие специфики деятельности различных категорий военнослужащих ВС РФ;

6) ознакомление с нормативными документами в области обеспечения обороны государства и прохождения военной службы;

7) формирование строевой подтянутости, уважительного отношения к воинским ритуалам и традициям, военной форме одежды;

8) изучение и принятие правил воинской вежливости;

9) овладение знаниями уставных норм и правил поведения военнослужащих.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации

Тема 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации, их основные требования и содержание.

Структура, требования и основное содержание общевоинских уставов. Права военнослужащих. Общие обязанности военнослужащих. Воинские звания. Единоначалие. Начальники и подчиненные. Старшие и младшие. Приказ и приказание. Порядок отдачи и выполнение приказа. Воинская вежливость и воинская дисциплина военнослужащих.

Тема 2. Внутренний порядок и суточный наряд.

Размещение военнослужащих. Распределение времени и внутренний порядок. Суточный наряд роты, его предназначение, состав.

Дневальный, дежурный по роте. Развод суточного наряда.

Тема 3. Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.

Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.

Обязанности разводящего, часового.

Раздел 2. Строевая подготовка

Тема 4. Строевые приемы и движение без оружия.

Строй и его элементы. Виды строя. Сигналы для управления строем. Команды и порядок их подачи. Обязанности командиров, военнослужащих перед построением и в строю. Строевой расчет. Строевая стойка. Выполнение команд: «Становись», «Равняйсь», «Смирно», «Вольно», «Заправиться». Повороты на месте. Строевой шаг. Движение строевым шагом. Движение строевым шагом в составе подразделения. Повороты в движении. Движение в составе взвода. Управление подразделением в движении.

Раздел 3. Огневая подготовка из стрелкового оружия

Тема 5. Основы, приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия.

Требования безопасности при обращении со стрелковым оружием.

Требования безопасности при проведении занятий по огневой подготовке.

Приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия.

Тема 6. Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат.

Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки АК-74 и РПК-74.

Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки пистолета ПМ.

Назначение, состав, боевые свойства РПГ-7.

Назначение, боевые свойства и материальная часть ручных гранат.

Сборка разборка пистолета ПМ и подготовка его к боевому применению.

Сборка разборка АК-74, РПК-74 и подготовка их к боевому применению.

Снаряжение магазинов и подготовка ручных гранат к боевому применению.

Тема 7. Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия.
Требования безопасности при организации и проведении стрельб из стрелкового оружия. Порядок выполнения упражнения учебных стрельб. Меры безопасности при проведении стрельб и проверка усвоения знаний и мер безопасности при обращении со стрелковым оружием. Выполнение норматива №1 курса стрельб из стрелкового оружия.

Раздел 4. Основы тактики общевойсковых подразделений

Тема 8. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи.
Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи. Назначение, структура мотострелковых и танковых подразделений сухопутных войск, их задачи в бою. Боевое предназначение входящих в них подразделений.
Тактико-технические характеристики основных образцов вооружения и техники ВС РФ.
Тема 9. Основы общевойскового боя.
Сущность современного общевойскового боя, его характеристики и виды. Способы ведения современного общевойскового боя и средства вооруженной борьбы.
Тема 10. Основы инженерного обеспечения.
Цели и основные задачи инженерного обеспечения частей и подразделений. Назначение, классификация инженерных боеприпасов, инженерных заграждений и их характеристики.
Полевые фортификационные сооружения: окоп, траншея, ход сообщения, укрытия, убежища.
Тема 11. Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника.
Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии США.
Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии Германии.

Раздел 5. Радиационная, химическая и биологическая защита

Тема 12. Ядерное, химическое, биологическое, зажигательное оружие.
Ядерное оружие. Средства их применения. Поражающие факторы ядерного взрыва и их воздействие на организм человека, вооружение, технику и фортификационные сооружения.
Химическое оружие. Отравляющие вещества (ОВ), их назначение, классификация и воздействие на организм человека. Боевые состояния, средства применения, признаки применения ОВ, их стойкость на местности.
Биологическое оружие. Основные виды и поражающее действие.
Средства применения, внешние признаки применения.

Зажигательное оружие. Поражающие действия зажигательного оружия на личный состав, вооружение и военную технику, средства и способы защиты от него.

Тема 13. Радиационная, химическая и биологическая защита.

Цель, задачи и мероприятия РХБ защиты.

Мероприятия специальной обработки:

дегазация, дезактивация, дезинфекция, санитарная обработка.

Цели и порядок проведения частичной и полной специальной обработки.

Технические средства и приборы радиационной, химической и биологической защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования.

Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты.

Раздел 6. Военная топография

Тема 14. Местность как элемент боевой обстановки.

Измерения и ориентирование на местности без карты, движение по азимутам.

Местность как элемент боевой обстановки.

Способы ориентирования на местности без карты.

Способы измерения расстояний. Движение по азимутам.

Тема 15. Топографические карты и их чтение, подготовка к работе.

Определение координат объектов и целеуказания по карте.

Геометрическая сущность, классификация и назначение топографических карт.

Определение географических и прямоугольных координат объектов по карте.

Целеуказание по карте.

Раздел 7. Основы медицинского обеспечения

Тема 16. Медицинское обеспечение войск (сил), первая медицинская помощь при ранениях, травмах и особых случаях.

Медицинское обеспечение – как вид всестороннего обеспечения войск.

Обязанности и оснащение должностных лиц медицинской службы тактического звена в бою. Общие правила оказания самопомощи и взаимопомощи.

Первая помощь при ранениях и травмах.

Первая помощь при поражении отравляющими веществами, бактериологическими средствами. Содержание мероприятия доврачебной помощи.

Раздел 8. Военно-политическая подготовка

Тема 17. Россия в современном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны.

Новые тенденции и особенности развития современных международных отношений.

Место и роль России в многополярном мире.

Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития Российской Федерации.
Цели, задачи, направления и формы военно-политической работы в подразделении, требования руководящих документов.

Раздел 9. Правовая подготовка

Тема 18. Военная доктрина Российской Федерации. Законодательство Российской Федерации о прохождении военной службы.
Основные положения Военной доктрины Российской Федерации.
Правовая основа воинской обязанности и военной службы.
Понятие военной службы, ее виды и их характеристики.
Обязанности граждан по воинскому учету.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОПРОСУ

Раздел 3. Огневая подготовка из стрелкового оружия

1. Каковы виды стрелкового оружия
2. Какие бывают боеприпасы
3. Марки ручных гранат.

Раздел 4. Основы тактики общевойсковых подразделений

1. Из чего состоит организационно-штатная структура общевойсковых подразделений
2. Перечислите Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ
3. Каковы основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя
4. Перечислите основные инженерно-технических мероприятия.
5. Какие знаете защитные сооружения.
6. Виды заграждений
7. На чем основывается полевое водоснабжение.
8. Каковы емкости РДВ
9. Назначение ТУФ-200
10. Назначение МТК
11. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии США
12. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии Германии

Раздел 5. Радиационная, химическая и биологическая защита

1. Общие сведения о ядерном оружии
2. Общие сведения о химическом оружии
3. Общие сведения о биологическом оружии
4. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях радиоактивного заражения
5. Каковы правила поведения и меры профилактики при применении отравляющих веществ

6. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях применения бактериальных средств
7. Какие знаете индивидуальные средства РХБ защиты
8. Каковы мероприятия радиационной, химической и биологической защиты?

Раздел 6. Военная топография

1. Каковы тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке
2. Назначение, номенклатура и условные знаки топографических карт
3. Способы ориентирования на местности по карте и без карты
4. Что такое номенклатура топографических карт
5. Как задается координаты объекта
6. Уточнение координат по "улитке"

Раздел 8. Военно-политическая подготовка

1. Каковы тенденции и особенности развития современных международных отношений, место и роль России в многополярном мире, основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны, основные положения Военной доктрины РФ
2. Правовое положение и порядок прохождения военной службы.

Раздел 9. Правовая подготовка

1. Что значит нормативно-правовой акт
2. Чем определяется порядок прохождения военной службы

4. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Кем утверждаются ОВУ?
- Вариант ответа
Государственной Думой
- Вариант ответа
Правительством РФ
- Вариант ответа
Федеральным собранием РФ
- Вариант ответа
Президентом РФ

2. Кем присваивается первое офицерское звание?
- Вариант ответа
Мин. Обороны РФ
- Вариант ответа
Президентом РФ
- Вариант ответа
Правительством РФ
- Вариант ответа
Командующим ВВО

- Вариант ответа
Командиром в/ч

3. К какому виду ответственности могут быть привлечены офицеры запаса за уклонение от призыва на действительную в/службу?
- Вариант ответа
моральной
- Вариант ответа
нравственной
- Вариант ответа
административной
- Вариант ответа
уголовной
- Вариант ответа
общественной

4. На чем основываются взаимоотношения между военнослужащими?
- Вариант ответа
на дружбе
- Вариант ответа
на чувстве взаимного уважения
- Вариант ответа
на товариществе
- Вариант ответа
на любви
- Вариант ответа
на вере в силу армии РФ

5. Какое минимальное количество часов отдыха разрешено военнослужащим согласно распорядку дня?
- Вариант ответа
не > 10
- Вариант ответа
не < 8
- Вариант ответа
не > 8
- Вариант ответа
не > 6
- Вариант ответа
не < 6

6. Какое минимальное количество унитазов (очек) должно быть в подразделении (роте)?
- Вариант ответа

не < 15 шт
- Вариант ответа
1 на 30 чел
- Вариант ответа
не > 20 шт
- Вариант ответа
1 на 20 чел
- Вариант ответа
1 на 10-12 чел

7. Сколько должно быть умывальников для умывания в подразделении (роте)?
- Вариант ответа
1 на 5-7 чел
- Вариант ответа
не > 10 шт
- Вариант ответа
не < 10 шт
- Вариант ответа
1 на 10 чел
- Вариант ответа
1 на 8-9 чел

8. Сколько форм одежды для проведения утренней физзарядки?
- Вариант ответа
1
- Вариант ответа
2
- Вариант ответа
3
- Вариант ответа
6
- Вариант ответа
5

9. На чем основывается воинская дисциплина?
- Вариант ответа
на чувстве ответственности за порученное дело
- Вариант ответа
на страхе перед командиром
- Вариант ответа
на осознании каждым в/с воинского долга и личной ответственности за защиту своего Отечества, на его беззаветной преданности своему народу
- Вариант ответа
на взаимном уважении военнослужащих

- Вариант ответа
на чувстве преданности Родине

10. Какие поощрения могут применяться к младшим офицерам?
- Вариант ответа
внеочередной отпуск до 10 суток
- Вариант ответа
увольнение
- Вариант ответа
благодарность, награждение грамотой, присвоение внеочередного воинского звания
- Вариант ответа
фотографированием у развернутого б/знамени части
- Вариант ответа
награждение путевкой в санаторий

11. Какие взыскания могут накладываться на мл. офицеров?
- Вариант ответа
до 3 нарядов вне очереди на службу
- Вариант ответа
лишение увольнения
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте
- Вариант ответа
отлучение от офицерского собрания
- Вариант ответа
выговор, строгий выговор, снятие с должности, понижение в в/звании

12. Каким взысканием может подвергнуться солдат, проходящий военную службу по призыву, за нарушение воинской дисциплины?
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте до 30 сут
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте до 20 сут
- Вариант ответа
лишение очередного отпуска на родину
- Вариант ответа
задержка в выплате денежного довольствия
- Вариант ответа
выговор, строгий выговор, лишение очередного увольнения, до 10 суток ареста с содержанием на г/вахте, лишением нагрудного знака отличника, снижением в должности в в/звании на одну ступень, с переводом на низшую должность, до 5 нарядов вне очереди на работу

13. Каким взысканиям может подвергаться КО за нарушения воинской дисциплины?
- Вариант ответа
снятие с должности, выговор, строгий выговор
- Вариант ответа
лишение в/звания «сержант»
- Вариант ответа
лишение очередного отпуска
- Вариант ответа
арест на г/вахту до 5 суток
- Вариант ответа
лишение денежного довольствия

14. Какие поощрения могут применяться к солдату?
- Вариант ответа
до 10 увольнений вне очереди
- Вариант ответа
снятие ранее наложенного взыскания, благодарность, награждение грамотой, ценным подарком, присвоение в/звания «ефрейтор», фотографированием у развернутого б/знамени
- Вариант ответа
до 15 суток кратковременного отпуска
- Вариант ответа
награждение боевым именным орудием
- Вариант ответа
выдача дополнительного продовольственного пайка

15. Обязанности КВ по отношению к подчиненным при их поощрении?
- Вариант ответа
присваивать в/звания «мл. сержант», «сержант», «ст. сержант»
- Вариант ответа
отправлять в отпуск на родину на срок до 10 сут
- Вариант ответа
объявлять благодарность, снятие ранее наложенного взыскания
- Вариант ответа
освобождать с г/вахты
- Вариант ответа
водить в чайную за свое денежное довольствие

16. Права КВ по отношению к подчиненным при применении дисциплинарных взысканий?
- Вариант ответа
арестовывать на срок до 3 суток
- Вариант ответа

лишать отпуска с выездом на Родину
- Вариант ответа
объявлять до 6 нарядов вне очереди
- Вариант ответа
объявлять выговор, стр. выговор, лишать очередного увольнения, объявлять до 4 нарядов вне очереди на работу
- Вариант ответа
лишать выдачи печенья и сахара вместо сигарет некурящим в/служащим

17. Чем вооружается наряд по роте?
- Вариант ответа
АК
- Вариант ответа
РПГ
- Вариант ответа
лопатами
- Вариант ответа
вениками
- Вариант ответа
штык-ножами

18. Основные задачи наряда по КПП
- Вариант ответа
открывать ворота КПП
- Вариант ответа
открывать и закрывать ворота КПП
- Вариант ответа
смотреть на проходящих мимо красивых девушек
- Вариант ответа
осуществлять строгий контрольно-пропускной режим в части
- Вариант ответа
пропускать только в/служащих и членов семей на территорию части

19. Основная задача наряда по роте
- Вариант ответа
никуда не сбегать
- Вариант ответа
мыть полы в спальных помещениях
- Вариант ответа
следить за соблюдением распорядка дня, сохранностью КДХО, имущества роты и личных вещей в/служащих
- Вариант ответа
находиться в роте
- Вариант ответа

убирать грязную посуду за л/с роты в столовой

20. Какие бывают парки в ВС РФ?
- Вариант ответа
зоопарки
- Вариант ответа
развлечений и отдыха
- Вариант ответа
постоянные и полевые
- Вариант ответа
аквапарки
- Вариант ответа
стационарные

21. Кто назначается в наряд по парку?
- Вариант ответа
дежурный и дневальный
- Вариант ответа
дежурный и водитель-механик дежурного тягача
- Вариант ответа
дежурный, дневальные и барабанщик
- Вариант ответа
дежурный, дневальные, механик-водитель дежурного тягача
- Вариант ответа
механик-водитель дежурного тягача и барабанщик

22. Состав суточного наряда при перевозках войск
- Вариант ответа
дежурный по эшелону, помощник, дежурные по вагонам и дневальные
- Вариант ответа
дежурные по вагонам, дневальные, барабанщик, фельдшер
- Вариант ответа
дежурный, горнист, фельдшер
- Вариант ответа
барабанщик и горнист
- Вариант ответа
дневальные

23. Сколько времени должно отводиться распорядком дня подготовки лиц суточного наряда
- Вариант ответа
не менее 3 ч
- Вариант ответа
не более 1 ч

- Вариант ответа
не менее 4 ч
- Вариант ответа
не более 1 ч
- Вариант ответа
не менее 30 мин

24. С какого момента караул переходит в подчинение дежурному по части
- Вариант ответа
после того, как помощник дежурного по части дает команду ”равнение на –…“ и “смирно” и докладывает дежурному по воинской части
- Вариант ответа
при выходе дежурного по части на строевой плац
- Вариант ответа
когда дежурный по части выдает пароль
- Вариант ответа
при докладе о смене караулов
- Вариант ответа
при первом прибытии в караул дежурного по части

25. С чего начинается прием дежурства дежурным по роте
- Вариант ответа
со счета кроватей в подразделении
- Вариант ответа
со счета тумбочек в подразделении
- Вариант ответа
с проверки количества оружия и его качественного состояния
- Вариант ответа
с перекура
- Вариант ответа
с убытием на улицу

26. Кто инструктирует дежурного по парку
- Вариант ответа
командир части
- Вариант ответа
начальник штаба в/ч
- Вариант ответа
начальник штаба батальона
- Вариант ответа
командиром батальона
- Вариант ответа
заместителем командира части по вооружению

27. Что не должен принимать дежурный по парку
- Вариант ответа
объекты, охраняемые внутренним караулом
- Вариант ответа
количество деревьев на территории парка
- Вариант ответа
количество автомобильной техники в/ч
- Вариант ответа
состояние деж. тягача
- Вариант ответа
количество и состояние оттисков печатей на хранилищах с техникой

28. Где должно храниться оружие в подразделении
- Вариант ответа
под кроватями
- Вариант ответа
под подушками
- Вариант ответа
за тумбочками
- Вариант ответа
в каптерке
- Вариант ответа
в комнате для хранения оружия, в пирамидах

29. У кого должны храниться ключи от комнаты для хранения оружия
- Вариант ответа
у дежурного по роте
- Вариант ответа
у командира взвода
- Вариант ответа
у командира батальона
- Вариант ответа
у командира роты
- Вариант ответа
у дежурного по части

30. Кто дает разрешение на вскрытие комнате для хранения оружия
- Вариант ответа
старшина роты
- Вариант ответа
командир взвода
- Вариант ответа
заместитель командира роты по воспитательной работе
- Вариант ответа

командир роты
- Вариант ответа
командир части

31. Чьими печатями должна опечатываться комната для хранения оружия
- Вариант ответа
командира части и командира роты
- Вариант ответа
командира роты и дежурного по роте
- Вариант ответа
дежурного по роте и дежурного по части
- Вариант ответа
старшины роты и командира роты
- Вариант ответа
командира роты и дежурного по части

Тесты по медицинской подготовке:

1. Объем первой медицинской помощи с динамическими (механическими) факторами поражения:
- Вариант ответа
временная остановка кровотечения, искусственное дыхание
- Вариант ответа
временная остановка наружного кровотечения, устранение асфиксии, искусственное дыхание, непрямой массаж сердца, введение обезболивающих средств, наложение асептических повязок, транспортная иммобилизация
- Вариант ответа
простейшие противошоковые мероприятия, временная остановка кровотечения, эвакуация
- Вариант ответа
закрытие ран повязками, иммобилизация конечностей табельными и подручными средствами

2. Методы временной остановки наружного кровотечения на месте поражения:
- Вариант ответа
наложение асептической повязки, пальцевое прижатие кровоточащего сосуда, давящая повязка, наложение жгута
- Вариант ответа
наложение кровоостанавливающего жгута, давящая повязка, тугая тампонада раны, форсированное сгибание конечности с последующей фиксацией, пальцевое прижатие кровоточащего сосуда
- Вариант ответа
давящая повязка, наложение жгута, наложение зажима на кровоточащий сосуд, форсированное сгибание конечности
- Вариант ответа

наложение зажима на кровоточащий сосуд, наложение асептической повязки

3. Объем первой медицинской помощи при проникающем ранении живота:
- Вариант ответа
при эвентрации вправление выпавших органов в брюшную полость, наложение асептической повязки на рану, эвакуация в положении лежа
- Вариант ответа
введение анальгетиков, теплое питье, асептическая повязка, эвакуация на носилках
- Вариант ответа
обезболивание, наложение асептической повязки, вынос из очага на носилках, эвакуация в первую очередь
- Вариант ответа
введение аналептиков, теплое питье, асептическая повязка, эвакуация на носилках

4. Первая медицинская помощь при повреждении таза и тазовых органов:
- Вариант ответа
инъекция спазмолитиков, наложение асептических повязок, щадящая эвакуация на носилках на спине, при подозрении на перелом таза - в положении лягушки
- Вариант ответа
инъекция промедола, наложение асептических повязок на раны, дача противобактериальных препаратов, эвакуация в положении лягушки
- Вариант ответа
инъекция морфина, наложение асептических повязок на раны, при кровотечении прием гомеостатических средств, эвакуация на носилках спиной вниз
- Вариант ответа
инъекция морфина, наложение асептических повязок на раны, при кровотечении прием гомеостатических средств, эвакуация на носилках лежа

5. Максимально допустимая длительность клинической смерти:
- Вариант ответа
1-2 минуты
- Вариант ответа
5-7 минут
- Вариант ответа
3-5 минут
- Вариант ответа
10-15 минут

6. Порядок реанимационных мероприятий одним человеком:
- Вариант ответа
2 вдувания + 30 компрессий
- Вариант ответа

1 вдувание + 5 компрессий
- Вариант ответа
3 вдувания + 10 компрессий
- Вариант ответа
5 вдуваний + 20 компрессий

7. Положение рук реаниматора при проведении непрямого массажа сердца:
- Вариант ответа
лучезапястные и локтевые суставы максимально разогнуты
- Вариант ответа
лучезапястные и локтевые суставы максимально согнуты
- Вариант ответа
локтевые суставы согнуты, лучезапястные – разогнуты
- Вариант ответа
локтевые суставы разогнуты, лучезапястные – согнуты

8. Темп непрямого массажа сердца должен составлять в минуту:
- Вариант ответа
5 сжатий
- Вариант ответа
12 сжатий
- Вариант ответа
20 сжатий
- Вариант ответа
100-110 сжатий

9. Реанимация это:
- Вариант ответа
раздел клинической медицины, изучающий терминальные состояния
- Вариант ответа
отделение многопрофильной больницы
- Вариант ответа
практические действия, направленные на восстановление жизнедеятельности
- Вариант ответа
раздел клинической медицины, изучающий термические состояния

10. Реанимация показана:
- Вариант ответа
в каждом случае смерти больного
- Вариант ответа
только при внезапной смерти молодых больных
- Вариант ответа
при внезапно развившихся терминальных состояниях
- Вариант ответа

только при внезапной смерти детей

11. Максимальная продолжительность клинической смерти в обычных условиях составляет:
- Вариант ответа
10-15 мин
- Вариант ответа
5-6 мин
- Вариант ответа
2-3 мин

12. Необходимыми условиями при проведении искусственной вентиляции легких являются:
- Вариант ответа
применение воздуховода
- Вариант ответа
достаточный объем вдуваемого воздуха
- Вариант ответа
валик под лопатками больного
- Вариант ответа
применение воздуховода

13. Первая медицинская помощь при сдавлении конечностей:
- Вариант ответа
новокаиновая блокада, транспортная иммобилизация, введение обезболивающих, сердечных, антигистаминных и противобактериальных средств, прием внутрь соды, ингаляции кислорода
- Вариант ответа
введение промедола, прием внутрь противобактериального средства, тугое бинтование придавленных конечностей от периферии к центру, охлаждение конечности, транспортная иммобилизация
- Вариант ответа
прием внутрь соды и утоление жажды, инъекция атропина, морфия, кофеина и димедрола
- Вариант ответа
иммобилизация транспортными шинами, быстрая эвакуация
личии у них травм позвоночника транспортируются в положении:
- Вариант ответа
на боку на обычных носилках
- Вариант ответа
на животе на обычных носилках
- Вариант ответа
на боку на щите
- Вариант ответа

на спине на щите

14. Шок – это:
- Вариант ответа
острая сердечная недостаточность
- Вариант ответа
острая сердечно-сосудистая недостаточность
- Вариант ответа
острое нарушение периферического кровообращения
- Вариант ответа
острая легочно-сердечная недостаточность

15. При болевом шоке первой развивается:
- Вариант ответа
торпидная фаза шока
- Вариант ответа
эректильная фаза шока
- Вариант ответа
фаза сопротивления
- Вариант ответа
фаза истощения

16. Первое действие при оказании ПМП при синдроме длительного сдавления:
- Вариант ответа
обезболить, наложить жгут
- Вариант ответа
освободить конечность
- Вариант ответа
наложить асептическую повязку
- Вариант ответа
транспортная иммобилизация

17. При сдавливании конечности в течение 4-7 часов возникает:
- Вариант ответа
легкая степень СДР
- Вариант ответа
тяжелая степень СДР
- Вариант ответа
крайне тяжелая степень СДР
- Вариант ответа
средняя степень СДР

18. Какая повязка накладывается при растяжении голеностопных связок:
- Вариант ответа

черепашья
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
уздечка
- Вариант ответа
Колосовидная

19. Какая повязка накладывается при ранениях волосистой части головы:
- Вариант ответа
Восьмиобразная
- Вариант ответа
Т-образная
- Вариант ответа
"Чепец"
- Вариант ответа
Уздечка

20. Какая повязка накладывается при обширных повреждениях груди:
- Вариант ответа
окклюзионная
- Вариант ответа
спиральная
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
Колосовидная

21. При повреждении плеча показана повязка:
- Вариант ответа
колосовидная
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
черепашья
- Вариант ответа
спиральная

22. При обширных отморожениях конечностей используют:
- Вариант ответа
рыцарскую перчатку
- Вариант ответа
варежку
- Вариант ответа

термоизолирующую повязку
- Вариант ответа
асептическую

23. Смешанное кровотечение:
- Вариант ответа
при одновременном ранении артерий и вен
- Вариант ответа
при ранениях вен и капилляров
- Вариант ответа
при ранении вен
- Вариант ответа
при ранении артерий

24. Первая медицинская помощь при ранении наружной сонной артерии:
- Вариант ответа
пальцевое ее прижатие
- Вариант ответа
прошивание раны
- Вариант ответа
наложение давящей повязки
- Вариант ответа
наложение стерильной повязки

25. Первая медицинская помощь при закрытых переломах костей конечностей:
- Вариант ответа
наложение транспортной шины
- Вариант ответа
транспортировка без транспортной иммобилизации
- Вариант ответа
транспортировка пешком
- Вариант ответа
транспортировка в «позе лягушки»

26. Мероприятия первой медицинской помощи, проводимые пострадавшему с ожогами:
- Вариант ответа
промывание ожоговой поверхности
- Вариант ответа
обезболивание
- Вариант ответа
инфузионная терапия
- Вариант ответа
наложение клеоловой повязки

27. Общие принципы неотложной помощи при отравлениях:
- Вариант ответа
вызывание рвоты различными методами, зондовое промывание желудка, стимуляция мочеотделения, удаление неабсорбированчых ядов,
- Вариант ответа
прекращение дальнейшего поступания яда в организм, применение антидота, восстановление и поддержание нарушенных функций организма, устранение отдельных симптомов интоксикации
- Вариант ответа
удаление неабсорбированных токсических веществ, форсированный диурез, гемодиализ, слабительные средства, гемоперфузия, полная санитарная обработка, применение антидота
- Вариант ответа
антибиотикотерапия, применение противосудорожных средств

28. Территория, на которой произошел выброс ядовитого вещества в окружающую среду и продолжается его испарение в атмосферу, называется:
- Вариант ответа
очагом экологического заражения
- Вариант ответа
очагом химического заражения
- Вариант ответа
зоной химического заражения
- Вариант ответа
зоной экологического заражения

29. Территория, подвергнутая воздействию паров ядовитого вещества, называется:
- Вариант ответа
очагом химического заражения
- Вариант ответа
зоной экологического заражения
- Вариант ответа
зоной химического заражения
- Вариант ответа
очагом экологического заражения

30. Промывание желудка при отравлениях кислотами и щелочами производится:
- Вариант ответа
после обезболивания рефлекторным методом
- Вариант ответа
противопоказано

- Вариант ответа
после обезболивания зондовым методом
- Вариант ответа
после обезболивания физиологическим методом

31. Промывание желудка при отравлениях кислотами и щелочами производится:
- Вариант ответа
нейтрализующими растворами
- Вариант ответа
холодной водой
- Вариант ответа
водой комнатной температуры
- Вариант ответа
теплой водой

32. Наиболее эффективно удаляется яд из желудка:
- Вариант ответа
холодной водой
- Вариант ответа
горячей водой
- Вариант ответа
при промывании рефлекторным методом
- Вариант ответа
при промывании зондовым методом

33. При наличии в атмосфере паров хлора необходимо перемещаться:
- Вариант ответа
в верхние этажи зданий
- Вариант ответа
на улицу
- Вариант ответа
в нижние этажи и подвалы
- Вариант ответа
на крышу

34. При наличии в атмосфере паров хлора дыхательные пути нужно защитить:
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной в растворе питьевой соды
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной в растворе уксусной кислоты
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной кипяченой водой
- Вариант ответа

сухой ватно-марлевой повязкой

35. Пары хлора и аммиака вызывают:
- Вариант ответа
возбуждение и эйфорию
- Вариант ответа
раздражение верхних дыхательных путей
- Вариант ответа
слезотечение
- Вариант ответа
Ларингоспазм

36. Способы защиты пищевых продуктов от заражения, загрязнения* при применении оружия массового поражения:
- Вариант ответа
герметизация складов и других хранилищ пищевых продуктов, дезинфекция
- Вариант ответа
автоклавирование посуды
- Вариант ответа
расфасовка пищевых продуктов в герметическую тару, строительство объектов пищевого надзора за городом, герметизация складов и других хранилищ пищевых продуктов
- Вариант ответа
ассредоточение пищевых продуктов и строительство объектов пищевого надзора за городом, кипячение

37. Средства обеззараживания воды в очагах массового поражения:
- Вариант ответа
гиперхлорирование (с последующим дехлорированием), кипячение, фильтрация, отстаивание, применение перекиси водорода, пергидроля, пантоцида
- Вариант ответа
хлорирование, фильтрация, применение перекиси водорода
- Вариант ответа
хлорирование, использование пергидроля, пантоцида
- Вариант ответа
кипячение, фильтрация, применение перекиси водорода

5. ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы военной подготовки*» обучающемуся рекомендуется:

1. 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 ин-

формацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы военной подготовки*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Каковы виды стрелкового оружия?
2. Какие бывают боеприпасы?
3. Назовите марки ручных гранат.
4. Из чего состоит организационно-штатная структура общевойсковых подразделений?
5. Перечислите Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ.
6. Каковы основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя?
7. Перечислите основные инженерно-технических мероприятия.
8. Какие существуют защитные сооружения?
9. Какие бывают виды заграждений?
10. На чем основывается полевое водоснабжение?
11. Каковы емкости РДВ?

12. Назовите назначение ТУФ-200.
13. Назовите назначение МТК.
14. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии США.
15. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии Германии.
16. Перечислите общие сведения о ядерном оружии.
17. Перечислите общие сведения о химическом оружии
18. Перечислите общие сведения о биологическом оружии
19. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях радиоактивного заражения?
20. Каковы правила поведения и меры профилактики при применении отравляющих веществ?
21. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях применения бактериальных средств?
22. Какие существуют индивидуальные средства РХБ защиты?
23. Каковы мероприятия радиационной, химической и биологической защиты?
24. Каковы тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке?
25. Опишите назначение, номенклатура и условные знаки топографических карт.
26. Назовите способы ориентирования на местности по карте и без карты.
27. Что такое номенклатура топографических карт?
28. Как задаются координаты объекта?
29. Что такое уточнение координат по "улитке"?
30. Каковы тенденции и особенности развития современных международных отношений?
31. Назовите место и роль России в многополярном мире.
32. Перечислите основные направления социально-экономического развития России.
33. Перечислите основные направления политического развития России.
34. Перечислите основные направления военно-технического развития России.
35. Какие существуют основные положения Военной доктрины РФ?
36. Назовите правовое положение и порядок прохождения военной службы.
37. Что значит нормативно-правовой акт?
38. Чем определяется порядок прохождения военной службы?
39. Назовите основные задачи укрепления безопасности страны.
40. Чем актуальны положения военной доктрины?
41. Перечислите основные тенденции развития военно-политической обстановки.
42. Какие существуют основные требования и категории военной доктрины России?
43. Как взаимосвязаны военная безопасность и жизненно важные интересы?

44. Напишите методологическое значение определения жизненно важных интересов.
45. Перечислите военно-политические основы военной доктрины РФ.
46. Перечислите военно-стратегические основы военной доктрины РФ.
47. Перечислите военно-экономические основы военной доктрины РФ.
48. Перечислите военно-технические основы военной доктрины РФ.
49. Назовите роль и место вооруженных сил в демократическом государстве.
50. Перечислите особенности гражданского контроля за вооруженными силами в демократических государствах.
51. Какие вы знаете особенности дисциплинарной практики?
52. Что такое «статус военнослужащего»?

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Общевоинские уставы Вооруженных сил Российской Федерации : курс лекций / составители В. А. Борисов, И. Е. Акулов, В. К. Фоменко. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 87 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/106173.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
2	Основы огневой подготовки : учебное пособие / А. В. Рыжов, В. М. Коняев, С. В. Пожидаев, Д. В. Горденко. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 110 с. — ISBN 978-5-4497-1170-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109245.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/109245	Эл. ресурс
3	Огневая подготовка : учебное пособие / В. В. Белевцев, Д. В. Горденко, Д. Н. Резеньков, Е. В. Кособлик. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-1289-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109244.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/109244	Эл. ресурс
4	Общевоенная подготовка. В 2 частях. Ч.1 : учебное пособие / А. Г. Борисов, К. В. Анистратенко, Е. Ю. Лубашев [и др.] ; под редакцией А. Г. Борисова. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. — 414 с. — ISBN 978-5-9275-4192-8 (ч.1), 978-5-9275-4191-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127091.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. -	Эл. ресурс
5	Общевоенная и тактическая подготовка : учебное пособие / С. А. Чеховский, В. Н. Алёшичев, А. С. Евтехов, С. К. Бушанский. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2021. — 280 с. — ISBN 978-5-7433-3472-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124344.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI:	Эл. ресурс

	https://doi.org/10.23682/124344	
6	Баранов, А. Р. Военная топография в служебно-боевой деятельности оперативных подразделений : учебник для курсантов и слушателей военных учебных заведений / А. Р. Баранов, Ю. Г. Маслак, В. И. Ягодинцев. — Москва : Академический проект, 2020. — 159 с. — ISBN 978-5-8291-2944-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/110047.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.	Эл. ресурс
7	Оказание первой доврачебной помощи в образовательных организациях : учебно-методическое пособие / Ю. В. Азизова, С. К. Касимова, А. В. Трясучев [и др.]. — Астрахань : Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2020. — 70 с. — ISBN 978-5-9926-1188-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/108843.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
8	Маслова, Л. Ф. Первая помощь пострадавшим : учебное пособие / Л. Ф. Маслова. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. — 40 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/121690.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
9	Кутепов, В. А Тактическая подготовка. Радиационная, химическая и биологическая защита : учебное пособие / В. А Кутепов, А. Б. Адемченко, С. В Ковалев. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 226 с. — ISBN 978-5-8149-2523-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/78509.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
10	Техническое обеспечение средств радиационной, химической и биологической защиты : учебное пособие / А. В. Шаламов, С. Р. Ахметов, Н. Р. Минуллин [и др.]. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-7882-3135-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/129262.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
11	Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Часть 2. Батальон, рота. — Саратов : Вузовское образование, 2023. — 286 с. — ISBN 978-5-4487-0918-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127500.html (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
12	Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Часть 3. Взвод, отделение, танк. — Саратов : Вузовское образование, 2023. — 224 с. — ISBN 978-5-4487-0917-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127501.html (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
13	Баранов, А. Р. Тактико-специальная подготовка войскового разведчика внутренних войск : учебно-практическое пособие / А. Р. Баранов, Ю. Г. Маслак ; под редакцией Ю. Г. Маслак. — Москва : Академический Проект, Трикста, 2015. — 368 с. — ISBN 978-5-8291-1490-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/36874.html (дата обращения: 16.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс