

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

*Труды Международной
научно-практической конференции*

5 апреля 2019 г.

**Екатеринбург
2019**



Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Труды Международной научно-практической конференции
5 апреля 2019., г. Екатеринбург

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук, профессор В. А. Елохин

Екатеринбург
2019

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9
Б 40

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета

**Безопасность технологических процессов и производств: Труды
Б 40 Международной научно-практической конференции. 5 апреля 2019 г., г.
Екатеринбург / отв. редактор В. А. Елохин; Урал. гос. горный ун-т. –
Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 112 с.**

ISBN 978-5-8019-0470-2

В сборнике трудов представлены результаты авторских исследований, охватывающие различные аспекты безопасности технологических процессов и производств, а также работы, касающиеся мониторинга состояния недр.

Публикуемые материалы могут представлять интерес для студентов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего образования по направлению «Техносферная безопасность», а также для специалистов науки и производства.

УДК 622 : 614.8
ББК 68.9

ISBN 978-5-8019-0470-2

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Авторы, постатейно, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Асманова Ю. К., Елохин В. А.</i> Анализ производственного травматизма за период 2000-2015 гг. на одном из предприятий г. Екатеринбурга	4
<i>Батанин Ф. К., Мухачева Л. В., Евсеенков С. М., Вьюженко Д. Л.</i> Особенности горноспасательных работ в условиях высоких температур	10
<i>Белоусов С. С., Тетерев Н. А., Рычкова В. М., Ермолаев А. И.</i> Подсчет общешахтной депрессии.....	16
<i>Демин В. Ф., Демина Т. В., Мухачева Л. В.</i> Аналитическое моделирование прогрессивных технологических схем для снижения пучения пород почвы горных выработок	21
<i>Демин В. Ф., Елохин В. А., Демина Т. В.</i> Математическое моделирование состояния массива вокруг выработок, пересекающих геологические нарушения	28
<i>Демин В. Ф., Жумабеков М. Н., Халикова Э. Р.</i> Влияния тектонических нарушений на параметры крепления горных выработок с анкерным креплением	34
<i>Демин В. Ф., Стефлюк Ю. М., Мусин Р. А., Жумабекова А. Е.</i> Управление устойчивостью контуров горных выработок, закрепленных анкерной крепью	40
<i>Другова О. Г., Федорук А. А., Краснопевцев Д. В.</i> Прогнозная оценка профессионального риска развития шумовой патологии как инструмент управления риском на предприятии	47
<i>Ермолаев А. И., Тетерев Н. А., Кузнецов А. М.</i> Влияние величины запретной зоны при зарядании скважин на эффективность и безопасность производства взрывных работ на карьерах.....	56
<i>Каюмова А. Н.</i> Взаимодействие СРО и научной организации для повышения безопасности работ при проведении инженерных изысканий.....	62
<i>Килин Ю. Ф., Козлинеева Л. В., Мухачева Л. В., Гуляев Д. А.</i> Необходимость проведения производственного контроля в организациях.....	67
<i>Мухачева Л. В., Батанин Ф. К., Хабибуллин Р. З., Куковякин И. В.</i> Профессионально важные качества спасателя.....	71
<i>Мухачева Л. В., Батанин Ф. К., Хабибуллин Р. З., Хабибуллина М. В.</i> Тушение подземных пожаров активным способом.....	77
<i>Рычкова В. М., Елохин В. А., Арзамасцев В. А.</i> Оценка влияния металлургического производства на качество воды в Кособродском роднике.....	83
<i>Соколова А. В., Буйкевич Г. С., Мухачева Л. В., Батанин Ф. К.</i> Расчет безопасного расстояния нахождения спасателей вблизи газового факела при ликвидации аварии на ИХАЛ-2.....	92
<i>Степанов Д. С., Муценюк О. В., Елохин В. А.</i> Расчет автономной системы порошкового пожаротушения для склада горюче-смазочных материалов АО «ГАЗЭКС».....	98
<i>Тетерев Н. А., Ермолаев А. И., Рычкова В. М., Демина Т. В.</i> Идентификация начинающегося рудничного пожара.....	105
<i>Тетерев Н. А., Логинов И. В., Ермолаев А. И., Рычкова В. М.</i> Создание безопасных условий труда при разработке пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.....	108
<i>Тетерев Н. А., Рычкова В. М., Ермолаев А. И., Кузнецов А. М.</i> Способы борьбы со взрывами сульфидной пыли на медноколчеданных рудниках.....	110

УДК 614.8.027 : 519.23

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ЗА ПЕРИОД 2000-2015 ГГ.
НА ОДНОМ ИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

**ANALYSIS OF PRODUCTIVE TRAUMATISM FOR PERIOD FROM 2000 TO 2015
ON ONE OF THE ENTERPRISES OF EKATERINBURG CITY**

АСМАНОВА Ю. К., ЕЛОХИН В. А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Использование метода корреляционного анализа позволило определить связь между различными параметрами, характеризующими производственный травматизм на предприятии. По составленным уравнениям регрессии можно прогнозировать интересующие нас параметры, при наличии данных о других параметрах. Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить три наиболее значимых фактора, влияющих на количество несчастных случаев на предприятии.

Using of method of cross-correlation analysis allowed to define connection between different parameters characterizing a productive traumatism on the enterprise. By equations of regression it is possible to forecast the parameters, which we interested in, while we have a data about other parameters. The factor analysis executed on the basis of cross-correlation matrix allowed to distinguish three most meaningful factor, influencing on an amount accidents on the enterprise.

Ключевые слова: травматизм, корреляционный анализ, кластерный анализ, факторный анализ.

Keywords: traumatism, cross-correlation analysis, cluster analysis, factor analysis.

Анализ причин несчастных случаев на производстве проводят с целью выработки мероприятий по их устранению и предупреждению. Для этого используются статистический, монографический, топографический, экономический методы, а также методы математической статистики.

В основе всей математической статистики стоит анализ корреляционной зависимости переменных.

Корреляционный анализ – метод обработки статистических данных, с помощью которого измеряется теснота связи между двумя или более переменными.

Между переменными (случайными величинами) может существовать функциональная связь, проявляющаяся в том, что одна из них определяется как функция от другой. Но между переменными может существовать и связь другого рода, проявляющаяся в том, что одна из них реагирует на изменение другой изменением своего закона распределения. Такую связь называют стохастической. Она проявляется в том случае, когда имеются общие случайные факторы, влияющие на обе переменные. В качестве меры зависимости между переменными используется коэффициент корреляции (r), который изменяется в пределах от минус единицы до плюс единицы. Если коэффициент корреляции отрицательный, это означает, что с увеличением значений одной переменной значения другой убывают. Если коэффициент корреляции не равен нулю, то это означает, что между переменными существует зависимость. Чем ближе значение r к 1, тем зависимость сильнее.

Принято считать, что при $r \leq 0,25$ – корреляция слабая; $0,25 < r \leq 0,75$ – умеренная, при $r > 0,75$ – сильная.

Статистические оценки распределения значений параметров, характеризующих производственный травматизм на предприятии, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические оценки распределения значений параметров, характеризующих производственный травматизм

Параметры	Количество определений	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение
Количество несчастных случаев, Т	16	6,688	4,000	11,00	2,056
Списочный состав работающих, Рс	16	2497,000	1929,000	3026,00	425,280
Количество легких несчастных случаев, Лнс	16	5,375	1,000	10,00	2,306
Количество дней нетрудоспособности, Дл	16	145,688	26,000	357,00	87,711
Коэффициент частоты, Мл	16	2,149	0,345	3,48	0,786
Коэффициент тяжести, Фл	16	28,539	7,200	52,33	13,427
Коэффициент общего травмирования, Ол	16	59,591	8,970	156,67	35,709
Количество пострадавших, в т. ч. женщин, Но.л	16	5,375	1,000	10,00	2,306
Кол-во пострадавших женщин, Нж.л	16	1,938	0,000	5,00	1,237
Количество тяжелых несчастных случаев, Тнс	16	1,188	0,000	3,00	0,911
Количество дней нетрудоспособности, Дт	16	55,500	0,000	136,00	41,484
Коэффициент частоты, Мт	16	0,514	0,000	1,50	0,429
Коэффициент тяжести, Фт	16	44,625	0,000	113,00	37,248
Коэффициент общего травмирования, От	16	22,755	0,000	70,31	18,458
Количество пострадавших, в т. ч. женщин, Но.т	16	1,188	0,000	3,00	0,911

Кол-во пострадавших женщин Нж.т	16	0,063	0,000	1,00	0,250
Затраты, тыс. руб. Pr	16	5985,438	1321,000	26457,00	7676,187

С целью выявления связей между исследованными параметрами и определения факторов, влияющих на их распределение, выполнены корреляционный, кластерный и факторный анализы.

Корреляционный анализ (таблица 2) позволил установить, что по наличию корреляционных связей все исследованные параметры разбились на несколько взаимосвязанных пар.

Выполненный корреляционный анализ отражает только наличие связей между парами показателей и не дает представление о картине в целом. Для этих целей выполнен кластерный анализ, который позволил сгруппировать взаимосвязанные пары показателей в кластеры и построить дендрограмму (рисунок 1). На дендрограмме по оси абсцисс показаны исследованные параметры, а по оси ординат значения $1 - r$.

В иерархических процедурах классификации всегда объединяются самые близкие друг к другу объекты.

Таблица 2 – Матрица парных коэффициентов корреляции между основными параметрами, характеризующими травматизм, и затратами на охрану труда

Т	Рс	Лнс	Дл	Мл	Фл	Ол	Но.л	Нж.л	Тнс	Дт	Мт	Фт	От	Но.т	Pr	
1,00	0,42	0,90	0,37	0,79	-0,24	0,22	0,26	0,14	0,18	0,34	0,09	0,35	0,23	0,18	-0,12	Т
	1,00	0,42	0,06	0,03	-0,23	-0,22	-0,11	-0,02	-0,24	0,05	-0,43	0,32	-0,18	-0,24	-0,60	Рс
		1,00	0,43	0,91	-0,27	0,30	0,13	0,25	-0,23	0,13	-0,27	0,28	0,01	-0,23	-0,29	Лнс
			1,00	0,47	0,73	0,96	-0,03	0,33	-0,05	-0,34	-0,13	-0,37	-0,34	-0,05	-0,18	Дл
				1,00	-0,18	0,46	0,09	0,27	-0,19	0,12	-0,16	0,16	0,09	-0,19	-0,09	Мл
					1,00	0,76	-0,05	0,25	0,16	-0,40	0,11	-0,53	-0,34	0,16	0,03	Фл
						1,00	-0,05	0,32	-0,05	-0,37	-0,07	-0,45	-0,32	-0,05	-0,04	Ол
							1,00	0,14	0,45	0,17	0,51	-0,01	0,19	0,45	0,49	Но.л
								1,00	-0,19	-0,18	-0,22	-0,06	-0,24	-0,19	-0,09	Нж.л
									1,00	0,47	0,96	0,08	0,53	1,00	0,55	Тнс
										1,00	0,47	0,86	0,96	0,47	0,02	Дт
											1,00	0,05	0,58	0,96	0,69	Мт
												1,00	0,71	0,08	-0,24	Фт
													1,00	0,53	0,16	От
														1,00	0,55	Но.т
															1,00	Pr

Т – количество несчастных случаев; Рс – списочный состав работающих; Лнс – Количество легких несчастных случаев; Дл – Количество дней нетрудоспособности при легких несчастных случаях; Мл – Коэффициент частоты при легких несчастных случаях; Фл – Коэффициент тяжести при легких несчастных случаях; Ол – Коэффициент общего травмирования при легких несчастных случаях; Но.л – Количество

пострадавших, в т.ч. женщин при легких несчастных случаях; $N_{ж.л}$ – Кол-во пострадавших женщин при легких несчастных случаях; $T_{нс}$ – Количество тяжелых несчастных случаев; $D_{т}$ – Количество дней нетрудоспособности при тяжелых несчастных случаях; $M_{т}$ – Коэффициент частоты при тяжелых несчастных случаях; $K_{т.т}$ – Коэффициент тяжести при тяжелых несчастных случаях; $O_{т}$ – Коэффициент общего травмирования при тяжелых несчастных случаях; $N_{о.т}$ – Количество пострадавших, в т.ч. женщин при тяжелых несчастных случаях; $P_{т}$ – Затраты, тыс. руб.

Рисунок 1 – Дендрограмма парных коэффициентов корреляции между основными параметрами, характеризующими травматизм на предприятии

Первый кластер включает в себя пару параметров: коэффициент общего травмирования – количество дней нетрудоспособности при тяжелых несчастных случаях, объединенных ветвью с коэффициентом тяжести при тяжелых несчастных случаях. Этот кластер связан со следующим: коэффициентом частоты при тяжелых несчастных случаях и количеством пострадавших при тяжелых несчастных случаях, соединенных ветвью с затратами на мероприятия по охране труда. Далее появляется связь с количеством пострадавших при легких несчастных случаях.

Коэффициент общего травмирования при легких несчастных случаях и количество легких несчастных случаев образуют ветвь с общим количеством несчастных случаев, которые, в свою очередь, связаны с кластером, включающим в себя количество дней нетрудоспособности, коэффициент общего травмирования и коэффициент тяжести при легких несчастных случаях. Вместе же они связаны со списочным составом работающих.

Наименьшая связь образуется между вышеперечисленными кластерами и количеством пострадавших женщин при легких несчастных случаях.

Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить три наиболее значимых фактора, влияющих на количество несчастных случаев на предприятии (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица значений факторных нагрузок переменных на основные показатели

Параметры	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Количество несчастных случаев, T	-0,026	-0,739	-0,600	0,081	-0,219
Списочный состав работающих, P_c	0,285	-0,560	0,175	-0,224	-0,695
Количество легких несчастных случаев, $L_{нс}$	0,313	-0,777	-0,492	0,191	-0,051
Количество дней нетрудоспособности при легких несчастных случаях, $D_{л}$	0,514	0,087	-0,787	-0,303	-0,036
Коэффициент частоты при легких несчастных случаях, $M_{л}$	0,263	-0,612	-0,600	0,247	0,289
Коэффициент тяжести при легких несчастных случаях, $F_{л}$	0,271	0,636	-0,502	-0,461	-0,012
Коэффициент общего травмирования при легких несчастных случаях, $O_{л}$	0,475	0,231	-0,778	-0,231	0,192
Количество пострадавших, в т.ч. женщин при	-0,438	0,010	-0,406	0,517	-0,286

легких несчастных случаях, Но.л					
Кол-во пострадавших женщин при легких несчастных случаях, Нж.л	0,352	-0,039	-0,343	0,184	0,189
Количество тяжёлых несчастных случаев, Тнс	-0,830	0,197	-0,409	-0,157	-0,222
Количество дней нетрудоспособности при тяжелых несчастных случаях, Дт	-0,722	-0,570	0,006	-0,289	0,212
Коэффициент частоты при тяжелых несчастных случаях, Мт	-0,879	0,253	-0,385	-0,016	-0,057
Коэффициент тяжести при тяжелых несчастных случаях, Ft	-0,403	-0,761	0,219	-0,245	0,169
Коэффициент общего травмирования при тяжелых несчастных случаях, От	-0,790	-0,404	-0,031	-0,245	0,334
Количество пострадавших, в т.ч. женщин при тяжелых несчастных случаях, Но.т	-0,830	0,197	-0,409	-0,157	-0,222
Затраты тыс. руб. Pr	-0,563	0,446	-0,265	0,503	0,110
Вклад в общую дисперсию	4,902	3,713	3,355	1,319	1,071
Суммарная дисперсия, %	30,64	23,21	20,97	8,24	6,69

Из таблицы 3 следует, что значительный вклад в фактор 1 с суммарной дисперсией 30,64 % вносят такие параметры, как количество тяжелых несчастных случаев, количество дней нетрудоспособности, коэффициент частоты, коэффициент общего травмирования и количество пострадавших при тяжелых несчастных случаях. Значительный вклад в фактор 2 с суммарной дисперсией 23,21 % вносят такие параметры, как общее количество несчастных случаев, количество легких несчастных случаев и коэффициент тяжести тяжелых несчастных случаев. Значительный вклад в фактор 3 с суммарной дисперсией 20,97 % вносят такие параметры, как количество дней нетрудоспособности и коэффициент общего травмирования легких несчастных случаев. Необходимо отметить, что влияние этих факторов имеет обратное значение. Вероятнее всего в качестве факторов, влияющих на травматизм, выступают действия, связанные с несоблюдением правил безопасности труда (чем меньше выполняются те или иные требования, тем выше травматизм).

Выявленные корреляционные связи позволили составить уравнения регрессии, основными из которых являются:

$$L_{нс} = 1,0069 * T + 1,359 \text{ (при } r = 0,9); M_{л} = 0,30282 * T + 0,12391 \text{ (при } r = 0,8);$$

$$Pr = 33097 - 10,86 * Pc \text{ (при } r = 0,6); M_{л} = 0,47705 + 0,31106 * L_{нс} \text{ (при } r = 0,9);$$

$$F_{л} = 12,187 + 0,11224 * D \text{ (при } r = 0,7); O_{л} = 2,8987 + 0,38914 * D_{л} \text{ (при } r = 0,95);$$

$$O_{л} = 1,6224 + 2,0312 * F_{л} \text{ (при } r = 0,8); K_{т.т} = 86,473 - 1,466 * F_{л} \text{ (при } r = 0,5);$$

$$M_{т} = 0,17325 + 0,05249 * No.л \text{ (при } r = 0,5); M_{т} = 0,0256 + 0,45481 * T_{нс} \text{ (при } r = 0,96);$$

$$O_{т} = 9,9415 + 10,790 * T_{нс} \text{ (при } r = 0,5); Pr = 462,29 + 4651,1 * T_{нс} \text{ (при } r = 0,5);$$

$$K_{т.т} = 1,7261 + 0,77295 * D_{т} \text{ (при } r = 0,9); O_{т} = 0,9161 + 0,42651 * D_{т} \text{ (при } r = 0,96);$$

$O_{т} = 9,8896 + 25,009 * M_{т}$ (при $r = 0,6$); $No_{.т} = 0,13510 + 2,0457 * M_{т}$ (при $r = 0,96$);

$Pr = 356,5 + 12328 * M_{т}$ при $r = 0,7$; $O_{т} = 7,0676 + 0,35154 * K_{т.т}$ при $r = 0,7$;

$No_{.т} = 0,58996 + 0,02626 * O_{т}$ (при $r = 0,5$); $Pr = 462,29 + 4651,1 * No_{.т}$ (при $r = 0,5$).

Полученные уравнения позволяют рассчитывать (прогнозировать) интересующие нас параметры, при наличии данных о других параметрах. Например, зная количество средств, выделяемых на мероприятия по охране труда, можно спрогнозировать количество пострадавших при тяжелых несчастных случаях.

Таким образом, выполненные исследования позволили сделать следующие основные выводы:

1. Использование метода корреляционного анализа позволило определить связь между различными параметрами, характеризующими производственный травматизм на предприятии.

2. Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать интересующие нас параметры при наличии данных о других параметрах.

3. Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить три наиболее значимых фактора, влияющих на количество несчастных случаев на предприятии.

ОСОБЕННОСТИ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

SPECIFICS OF RESCUE WORK IN HIGH TEMPERATURES

БАТАНИН Ф. К¹, МУХАЧЕВА Л. В¹, ЕВСЕЕНКОВ С. М², ВЬЮЖЕНКО Д. Л.²

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

² ФГУП «ВГСЧ» Филиал ВГСЧ Урала

В статье приведена тактика ведения горноспасательных работ в условиях высоких температур.

The article presents the tactics of rescue operations at high temperatures.

Ключевые слова: зона высоких температур, горноспасательные работы, командный пункт, подземная база, охлаждающие элементы, противотепловые средства.

Keywords: high temperature zone, mine rescue operations, command post, underground base, cooling elements, anti-heat means.

При температуре воздуха в горных выработках 27 °С и выше длительность непрерывной работы в респираторах регламентируется Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности (см. «Инструкцию по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы» [1]). Запрещается ведение горноспасательных работ, не связанных со спасением людей, в зоне высоких температур (ЗВТ) без средств противотепловой индивидуальной защиты при температуре выше 40 °С. Горноспасательные работы (далее – ГСР) в ЗВТ без средств противотепловой индивидуальной защиты при температуре от 41 до 50 °С проводятся при условии, что они связаны со спасением людей и продолжительность пребывания работников ВГСЧ в данной атмосфере не превышает десяти минут. Максимальная продолжительность (время) пребывания работников ВГСЧ в ЗВТ в средствах противотепловой индивидуальной защиты определяется их техническими характеристиками.

Руководитель ГСР, организуя разведку, связанную со спасением людей в условиях сложной сети горных выработок с высокой температурой и непригодной для дыхания рудничной атмосферой, обязан произвести расчёт времени безопасного

пребывания в ЗВТ и расхода кислорода, исходя из предполагаемой температурной обстановки.

Отделение, ведущее разведку в выработках с высокой температурой, должно иметь непрерывную связь с подземной базой (ПБ). Его не следует нагружать дополнительным оснащением.

При разведке, связанной со спасением людей, когда пострадавших эвакуируют на значительные расстояния в условиях высоких температур, доставку дополнительного оснащения и оборудования для разведывательных отделений следует поручать другим отделениям.

Порядок проведения разведки в ЗВТ и непригодной для дыхания атмосферы должен быть следующим [1]:

- к разведке должно привлекаться, как правило, не менее двух отделений в респираторах с панорамными масками;
- перед спуском в шахту горноспасатели должны быть осмотрены мед. работниками ВГСЧ;
- отделения перед спуском в шахту должны получить инструктаж об особенностях задания, режимах передвижения, работы и мерах безопасности в ЗВТ, способах поддержания связи с резервным отделением, общения между собой и отделениями в разведке.

При движении и работе в ЗВТ отделению необходимо использовать, по возможности, нижние части выработок; пользоваться охлаждающим действием воды; пакетами с охлаждающими элементами.

При появлении признаков перегревания респираторщика или обнаружения пострадавшего отделение должно сообщить об этом на ПБ, прекратить движение или работу, расположиться в нижней части выработки и оказать необходимую помощь, если пострадавший не может самостоятельно двигаться, уложить его на носилки и эвакуировать на ПБ.

Отделение при возвращении из разведки на ПБ оставляет на видном месте неиспользованные носилки, катушки с проводом связи и 2-литровые баллоны с кислородом.

Отделение должно прекратить выполнения задания и возвратиться на ПБ, когда:

- истекло допустимое время на движение вперёд (пребывания) отделения в ЗВТ;
- израсходовано расчётное количество кислорода на движение вперёд;

- резко нарастает температура в горной выработке;
- вышел из строя респиратор;
- встречен непроходимый завал, требующий длительного времени на разборку.

ГСР с применением противотепловых средств (ПТС) проводятся следующим образом.

Индивидуальными средствами противотепловой защиты являются теплозащитные куртки ТК-50 и противотепловые костюмы ПТК-80. Куртки ТК-50 применяются для выполнения всех видов горноспасательных работ при температуре рудничной атмосферы до 60 °С и любой влажности. Костюмы ПТК-80 позволяют работать в диапазоне температур от 40 до 150 °С и выполнять следующие виды работ:

- разведка выработок;
- измерение температуры и набор проб воздуха;
- открывание (закрывание) вентиляционных (пожарных) дверей или задвижек на трубопроводах;
- прокладка рукавных линий и установка водоразбрызгивателей;
- возведение парашютных, парусных перемычек и опалубки для гипсовых перемычек и других аналогичных по сложности видов работ.

Групповым средством противотепловой защиты является комплекс бокс-баз горноспасательных (далее – КБГ). Бокс базы применяются для передового базирования горноспасателей в выработках с высокой (до 40 °С) температурой воздуха вблизи от места ведения работ или для организации промежуточных баз (пунктов) отдыха на длинных маршрутах движения отделений к месту ведения работ.

При использовании курток ТК-50 руководитель ГСР обязан:

- наметить пункты их переснаряжения в ЗВТ новыми охлаждающими элементами (ОЭ) вместо отработанных;
- определить время и очередность посылки отделений в выработки с высокой температурой и их возвращения на базу;
- разработать оптимальные маршруты движения отделений в ЗВТ и необходимые меры безопасности.

К разведке, как правило, должны привлекаться не менее двух отделений в респираторах с панорамными масками. Личный состав отделения, направляющегося в разведку, на ПБ надевают куртки ТК-50. Респираторщик №3 и замыкающий берут

дополнительно по одному контейнеру с ОЭ. По истечении расчётного времени эффективного действия ОЭ командир подаёт команду на перезарядку холодильников респираторов и индивидуальных противотепловых средств.

Командир резервного отделения после получения сведений об обстановке в аварийной выработке корректирует время пребывания разведочного отделения в ЗВТ, уточняет место перезарядки в ЗВТ курток новыми ОЭ. По команде «Следовать в ЗВТ» резервное отделение оснащает куртки и респираторы ОЭ, берёт дополнительно к минимальному оснащению контейнеры с ОЭ, средства связи, вспомогательный респиратор и направляется в ЗВТ. Руководитель горноспасательных работ (РГСР) направляет на ПБ другое отделение. Разведочное отделение при встрече с резервным передаёт ему носилки с пострадавшим и следует в установленном порядке на ПБ. По прибытии на ПБ командир докладывает на КП о выполнении задания, отдаёт команду респираторщикам снять противотепловую экипировку, надеть тёплую одежду (при температуре ниже 25 °С) и совместно с медицинским работником оказывает помощь пострадавшим.

В том случае, когда отделения, оснащённые ПТС, за регламентируемое инструкцией по эксплуатации ПТС безопасное время не могут завершить спасательные операции (высокая температура, энергоёмкость, большая протяжённость маршрута), дальнейшее их продолжение должно осуществляться после снижения температуры в выработках или организации в них с помощью бокс-базы горноспасательной пунктов передового базирования и отдыха. Расстояние от выработки с нормальной температурой до места установки бокс-базы не должно превышать расстояния, которое отделение сможет преодолеть в конкретной обстановке за время, отведённое на движение вперёд и определяемое с учётом времени на установку КБГ.

При снижении температуры с помощью вентиляторов местного проветривания необходимо:

- определить тип и число вентиляторов и труб для проветривания аварийного участка (выработок), используя для этой цели «Рекомендации по выбору режимов проветривания тупиковых выработок при пожарах»;
- определить тип, количество и тактику применения индивидуальных и групповых ПТС и наметить пункты их размещения в выработках аварийного участка;
- разработать с учётом фактической (прогнозируемой) аварийной, газовой и тепловой обстановки организацию работ по безопасной доставке, введению в

действие, применению и обслуживанию ПТС в ЗВТ и средств усиления (восстановления) проветривания;

- укомплектовать ПБ согласно таблице минимального оснащения, сосредоточить на ПБ необходимое количество отделений.

Разгазирование производят последовательно участками по 20-40 м под прикрытием временных парусных перемишек, которые по мере проветривания выработки переносят по направлению к забою. В незагроможденных выработках вентиляционную трубу, свёрнутую в бухту, к месту доставляют два - четыре респиратора. В выработках с затруднёнными для передвижения условиями отделение доставляет венттрубы в развёрнутом виде.

В процессе переноски венттруб, других материалов и оснащения на большие расстояния в затруднённых условиях необходимо использовать систему эстафеты: одно отделение переносит оборудование до намеченного пункта и возвращается назад на свежую струю (или ПБ), другое транспортирует его дальше и т. д.

При выполнении трудоёмких работ в выработках с высокой температурой на значительном удалении от свежей струи воздуха для работающих в ЗВТ устанавливается промежуточная база отдыха из комплекса бокс-баз горноспасательных с минимальным оснащением. На этой базе в течение всего времени выполнения работ в ЗВТ должен находиться помощник командира взвода по медицинской службе, непосредственное руководство в ЗВТ должно осуществляться средним и старшим командным составом ВГСЧ [2].

ГСР при взрыве в длинной тупиковой выработке должны осуществляться в соответствии с оперативным планом, которым предусматриваются:

- разведка аварийной выработки для обнаружения застигнутых людей и оказания им неотложной помощи;

- организация ПБ с медицинским обеспечением и сосредоточение на ней ПТС;

- организация в аварийной выработке баз передового базирования и продолжение работ по проведению разведки и эвакуации пострадавших с использованием КБГ и индивидуальных ПТС;

- комплекс работ по интенсивному разгазированию аварийной выработки и снижению в ней температуры средствами вентиляции и искусственного охлаждения воздуха.

На тяжелых физических работах может быть занято большое количество отделений и членов ВГК. Для обеспечения оперативного управления в таких условиях необходимо:

- комплектовать для каждого вида работ отделения с учётом квалификации, тепловой устойчивости и физической выносливости;
- создавать на КП рабочую группу из двух-трёх человек для ведения оперативной документации;
- возлагать общее руководство работами, выполняемыми в шахте в течение одной-двух смен, на лиц старшего командного состава;
- иметь на оснащении отрядов, обслуживающих шахты с длинными тупиковыми выработками на глубоких горизонтах, 1000 м вентиляционных труб диаметром 800-1000 мм с полиэтиленовыми вставками и приспособлениями для быстрого и надёжного их соединения, передвижные компрессорные установки производительностью не менее 5 м³/мин. воздуха.

При тяжелой физической работе во избежание перегревания горноспасателя необходимо [3]:

- привлекать к работе в ЗВТ физически подготовленных респираторщиков и командиров в респираторах, оснащенных панорамными масками, заправленными льдом холодильниками, обеспечивать их флягами с водой и пакетами с охлаждающей смесью;
- следить за физической нагрузкой, режимом дыхания в респираторе и использовать для охлаждения воду, охлаждающие смеси, брикеты со льдом, соблюдать установленный режим труда и отдыха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы.
2. Приказ МЧС России от 9 июня 2017 г. № 251 "Об утверждении Устава военизированной горноспасательной части по организации и ведению горноспасательных работ".
3. Наставление по тактико-технической подготовке рядового и командного состава ВГСЧ Утверждено Приказом ФГУП «ВГСЧ» от «20» июня 2012 г. № 450.

ПОДСЧЕТ ОБЩЕШАХТНОЙ ДЕПРЕССИИ

CALCULATION OF COMMON DEPRESSION

БЕЛОУСОВ С. С., ТЕТЕРЕВ Н. А., РЫЧКОВА В. М., ЕРМОЛАЕВ А. И.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Рассмотрен подсчет общешахтной депрессии. Представлен расчет необходимого количества воздуха для проветривания шахты

Considered the calculation of general depression. The calculation of the required amount of air for mine ventilation is presented.

Ключевые слова: Проветривание шахт, шахтная депрессия, вентиляционные стволы, коэффициент аэродинамического сопротивления.

Key words: mine ventilation, mine depression, ventilation shafts, aerodynamic drag coefficient

Ввиду того, что работа вентилятора экономична лишь в определенных границах изменения эквивалентного отверстия шахты, при расчете сети должны быть выявлены возможные границы этого изменения, т. е. подсчитаны Q и h , соответствующие наиболее легким и трудным условиями проветривания.

Так как срок службы вентиляторов главного проветривания составляет 10–15 лет, то для подсчета общешахтной депрессии выбирается та часть шахтного поля, которая будет разрабатываться в течение этого времени. Подсчитывается минимальная депрессия h_{min} для случая, когда очистные забои находятся у стволов при отработке верхнего этажа, и максимальная депрессия h_{max} при расположении очистных работ у границ шахтного поля последнего этажа, отрабатываемого в конце расчетного периода. Кроме того, должна быть подсчитана максимальная депрессия за весь срок существования шахты, т. е. при расположении очистных работ у границ шахтного поля при отработке нижнего этажа шахты. Это необходимо для проверки правильности решения вопросов вскрытия шахты для более поздних сроков ее существования. Для каждого случая подсчета депрессии должна быть составлена расчетная схема, на которой указывается распределение воздуха по отдельным выработкам. Расчетная схема составляется в прямых линиях, на ней указываются все действующие и резервные забои, выработки, используемые для вентиляции, направление движения

воздуха и количество проходящего воздуха по выработкам. Распределение общего для шахты количества воздуха по отдельным направлениям и участкам сети производят соответственно потребностям. При этом из подготовительных забоев в схеме следует учитывать только те забои, которые проветриваются обособленно (см. таблицу 1).

Для подсчета депрессии в каждом периоде необходимо выбирать вентиляционную струю с наибольшей депрессией. Это обычно бывает струя с наибольшим количеством воздуха и наиболее протяженная. При расчетах суммируются депрессии всех последовательно соединенных выработок, образующих выбранную струю – от устья воздухоподающего ствола до канала вентилятора, Па:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

где $h_1, h_2 \dots h_n$ – депрессия отдельных, последовательно соединенных между собой выработок, вычисляемая по формуле

$$h = \alpha \cdot \frac{LP}{S^2} \cdot Q^2$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки, кг/м; L – длина выработки, м; P – периметр, м; S – площадь поперечного сечения, м²; Q – количество воздуха.

Значения коэффициента аэродинамического сопротивления для вентиляционных стволов принимать равными:

- для круглых стволов, закрепленных бетоном без армировки (чисто вентиляционные стволы)	0,002
- то же для стволов, закрепленных камнем или кирпичом	0,004
- то же для стволов, закрепленных тубингами	0,0085
- для стволов круглого сечения с канатными направляющими (без лестничного отделения при бетонном креплении)	0,006
- то же при железобетонных тубингах	0,01

При наличии лестничного отделения к коэффициенту вводится поправочный коэффициент:

$$K_s = \frac{S^2}{S_1^2},$$

где S – полное сечение ствола вверху, м; S_1 – то же, за исключением лестничного отделения, м².

Таблица 1 – Расчет необходимого количества воздуха для проветривания шахты

Горизонт	Наименование блоков, забоев, камер	Количество блоков, забоев, камер		Необходимое количество воздуха для блоков, забоев, камер	
		рабочих	резервных и поддерживаемых	рабочих	резервных
А	Камеры (камерная система с открытым пространством)	3	1	396	150
	Горизонтальные слои с закладкой	4	2	162	162
	Восстанавливающие	3	2	177	58
	Орты	2	-	75	-
	Склад ВМ	-	1	-	72
Б	Блоки с системой поэтажного обрушения	2	1	586	150
	Восстающие	3	2	177	58
	Орты	2	-	75	-
	Орты-заезды	2	0	111	-
	Буровые орты	2	2	135	135
	Откаточные штреки	2	-	238	-
	Квершлаг	1	-	245	-
	Скиповой ствол	-	1	-	176
	Склад ВМ	-	1	-	72

Для горизонтальных незакрепленных выработок, пройденных по простиранию, значения в зависимости от сечения принимать равными 0,01 – 0,013. Меньшие значения относятся к выработкам большого сечения. Для выработок, пройденных вкрест простирания, указанные величины α надлежит увеличивать на 0,003 – 0,005.

Для незакрепленных выработок, пройденных по падению, значения принимать равными 0,02 – 0,022.

Для выработок, закрепленных бетоном или кирпичом, $\alpha = 0,003 – 0,004$.

Для закрепленных выработок значения коэффициента α принимать: крепление деревом – 0,01 – 0,02; железобетонной крепью – 0,01 – 0,016; двутавровыми балками – 0,01 – 0,044.

Для искривленных закрепленных и незакрепленных выработок значения α следует увеличивать на 0,002 – 0,005; для восстающих выработок, на которые выходят люди – на 25 – 30 %; для выработок, загроможденных лесом, оборудованием и т. п., в

зависимости от степени загромождения, – на 0,001 – 0,01; для выработок с конвейерной доставкой – на 0,015 – 0,02.

Коэффициенты α для восстающих приведены в таблице 2.

Подсчитывать депрессию удобно по особому формуляру, в который записывают по порядку все выработки, входящие в состав выбранной струи, и все данные, относящиеся к этим выработкам.

Таблица 2 – Коэффициент α для восстающих

Характеристика восстающей выработки	$\alpha \cdot 10^2$
Восстающий, закрепленный сплошной венцовой крепью. Воздух идет по трем отделениям из трех. Полки в ходовом отделении отсутствуют	25
То же, но воздух идет по двум отделениям из трех. Третье отделение перекрыто полками	50
То же, но воздух идет по одному отделению из трех. В двух остальных отделениях имеются полки или лестницы или в одном из них полки и лестницы, а второе является закладочным	65
Восстающий с двумя отделениями. Воздух идет по одному отделению. Во втором отделении полки и лестницы	60
Вентиляционный восстающий, закрепленный болтовым креплением без полков и лестниц	20

Таблица 3 – Формуляр для подсчета общешахтной депрессии

Участок расчетной схемы	Наименование	Тип крепления	S , м ²	S^3	α , кг ³ /м	P , м	L , м	Q , м ³ /с	Q^2	h , Па	V , м/с	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

В столбце 11 подводят итог. Это будет общешахтная депрессия. К этой депрессии прибавляют 15–25 % на неучтенные местные сопротивления.

Депрессия шахты не должна превышать 3000–4500 Па. Формуляр для подсчета общешахтной депрессии приведен в таблице 3. В тех случаях, когда вычисленная депрессия превышает указанные пределы, необходимо тщательно посмотреть депрессии отдельных выработок и снизить депрессию путем увеличения сечения соответствующих выработок или уменьшения коэффициента аэродинамического сопротивления. Если скорость вентиляционной струи превышает допустимую по ПБ норму, необходимо увеличить сечение выработки.

Учет естественной тяги

Абсолютная величина наибольшей отрицательной естественной тяги прибавляется к расчетной максимальной депрессии шахты ($h_{\max} + h_e$) абсолютная величина наибольшей положительной естественной тяги не учитывается.

При проветривании шахты несколькими вентиляторами подсчет и учет естественной тяги должен быть сделан для каждого из них. Формула для подсчета естественной тяги, Па:

$$h_e = 0,046 H(t_{cp}^{11} - t_{cp}^1),$$

где H – глубина шахты, м; t_{cp}^{11} и t_{cp}^1 – средние температуры воздуха, поступающего в шахту и выходящего из нее, °С; t_{cp}^{11} и t_{cp}^1 рассчитываются как средние арифметические значения температур воздуха вверху и внизу воздухоподающего и воздуховыдающего ствола.

Температура воздуха вверху воздухоподающего ствола t_1 – это минимальная (зимняя) или максимальная (летняя) температура. Принимается по данным главной геофизической обсерватории. При подогреве воздуха, подаваемого в шахту в зимний период, $t_1 = 2$ °С.

Температура воздуха внизу воздухоподающего ствола t_2 рассчитывается по формуле:

$$t_2 = -19,6 \sqrt{A + \frac{H}{3,42}},$$

Значение A принимается равным 432 для зимнего периода и 1470 – для летнего. Температуру воздуха внизу воздуховыдающего ствола t_2 можно принимать равной первоначальной температуре горных пород, уменьшенной на 2 – 3 °С летом и на 4 – 5 °С зимой.

Температура воздуха вверху воздуховыдающего ствола t_3 рассчитывается из условия, что на каждые 100 м высоты ствола она снижается на 0,4 – 0,5 °С.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Токмаков В. В., Бурмистренко В. А. и др. Разработка способов интенсификации проветривания рудных шахт с обрушениями: отчет / Свердловский горный ин-т; руководитель работы В. А. Ярцев. Свердловск, 1998. 61 с.
2. Проветривание рудников с аэродинамическими активными обрушениями / В. А. Ярцев, В. В. Токмаков, В. А. Бурмистренко, В. В. Пойкин // Безопасность труда в промышленности. 1988. С. 54-55.
3. Коэффициенты полезного действия главных вентиляторных установок Уральских рудников / В. А. Ярцев, А. Н. Корзон, Ю. А. Чудов, В. В. Токмаков // Сборник научных работ Институтов охраны труда ВЦСПС. Свердловск, 1968, вып.55.
4. Ковалёв В. И., Космин Е. Д. Разработка рекомендаций по улучшению проветривания шахт НТМК: отчёт / Свердловский горный институт, руководитель работы В. Я. Ярцев Свердловск, 1975. 57 с.
5. Проветривание шахт СУБРа / В. А. Ярцев, В. В. Токмаков, В. Г. Сафронов, А. С. Корнилов // Горный журнал. 1977. №6.
6. Ярцев В. А. Проблемы проветривания рудных шахт с аэродинамически активными обрушениями: дис. д-ра техн. наук. Свердловск, 1967. 168 с.
7. Методика расчета воздушной завесы как отрицательного регулятора воздухораспределения в шахтных вентиляционных сетях / Ермолаев А. И., Бурмистренко В. А., Токмаков В. В., Тетерев Н. А. // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений. Сб. докл. Отв. за выпуск Н. Г. Валиев. Екатеринбург. 2016. С. 85-86.

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПУЧЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**ANALYTICAL MODELING OF PROGRESSIVE TECHNOLOGICAL SYSTEMS
FOR DECREASE A ROCK SWELLING OF MINE WORKING**

ДЕМИН В. Ф.¹, ДЕМИНА Т. В.², МУХАЧЕВА Л. В.²

¹ РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет»

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Установлены состояния массива вокруг выработок, пересекающих геологические нарушения, в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации. Исследования позволили установить степень влияния горно-технологических факторов на эффективность применения крепления выемочных выработок.

Installed the array states around the workings, which cross geological disturbances, depending on the geological and mining conditions of operation. Researching has allowed to establish the degree of influence of mining and technological factors at application efficiency of fixing of excavation workings.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

Keywords: analytical modeling, the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Произведено моделирование напряженно-деформированного состояния и расчеты с использованием программы Flac 2D (США) [1-3] для различных горнотехнических условий разработки угольных пластов Карагандинского бассейна. Применены прямоугольное и арочное сечение выработок с припочвенными и угловыми кровельными анкерами различной длины, позволившими проанализировать технологические схемы снижения пучения пород почвы горных выработок.

Учитывая, что наибольший эффект от укрепляющего воздействия получен при прямоугольном поперечном сечении выработки, было проведено аналитическое моделирование с учетом наличия анкерного крепления кровли и расположения

боковых глубинных анкеров по совмещенной схеме с установкой их как таковых и размещение таким образом, чтобы верхний боковой (как правило, глубинный) анкер размещался в зоне опорного давления за контуром выработки во вмещающих породах с целью смещения пика горного давления в глубь массива за пределы зоны распространения деформаций вокруг зоны влияния выработки, а нижний глубинный анкер располагается так, чтобы служить ограждающей зоной для распространения и выдавливания боковых пород в почву выработки.

Горно-геологические условия по породам кровли и почвы (мощность, прочность) взяты для горно-геологических условий проведения газодренажного полевого штрека в условиях шахты «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» (рисунок 1).

Развития деформаций в почве при установке кровельных и боковых анкеров, совмещенных с припочвенными, практически не наблюдается. Величина проявлений горного давления и связанного с ним поднятия пород почвы незначительна и составляет 0,02–0,04 м.

a

б

a – параметры углепородного вмещающего массива; *б* – вмещающие породы вокруг выработки

Рисунок 1 – Горно-геологические условия по породам кровли и почвы

Моделирование напряженно-деформированного состояния при расположении выработки в угольном пласте при различной длине припочвенных анкеров от 5,0 до 2,4 м показало, что увеличение длины боковых анкеров с 2,4 до 3,5 и 5,0 м (при припочвенных анкерах длиной 5,0 м) существенно не меняет деформационной картины, связанной с пучением пород почвы (рисунки 2 и 3).

Величина касательных напряжений в породах почвы составляет 20 – 25 МПа. Существенного влияния длина припочвенных анкеров на состояние пород почвы не оказала. На деформации и напряжения как в боковых, так и в породах почвы оказывают не припочвенные, а боковые анкера.

a

б

a, b – соответственно шкала деформаций и поднятия пород почвы;
 σ, ε – соответственно шкала касательных напряжений и их величина в породах почвы

Рисунок 2 – Деформационная характеристика приконтурных пород при верхних боковых анкерах длиной 3,5 м и при напочвенных анкерах длиной 5,0 м

Рисунок 3 – Развитие деформаций (a) и касательных напряжений (σ) в породах почвы при верхних боковых анкерах 5,0 м и при припочвенных анкерах длиной 5,0 м

На рисунке 4 представлены относительные деформации слоев пород почвы во времени от контура в глубь массива.

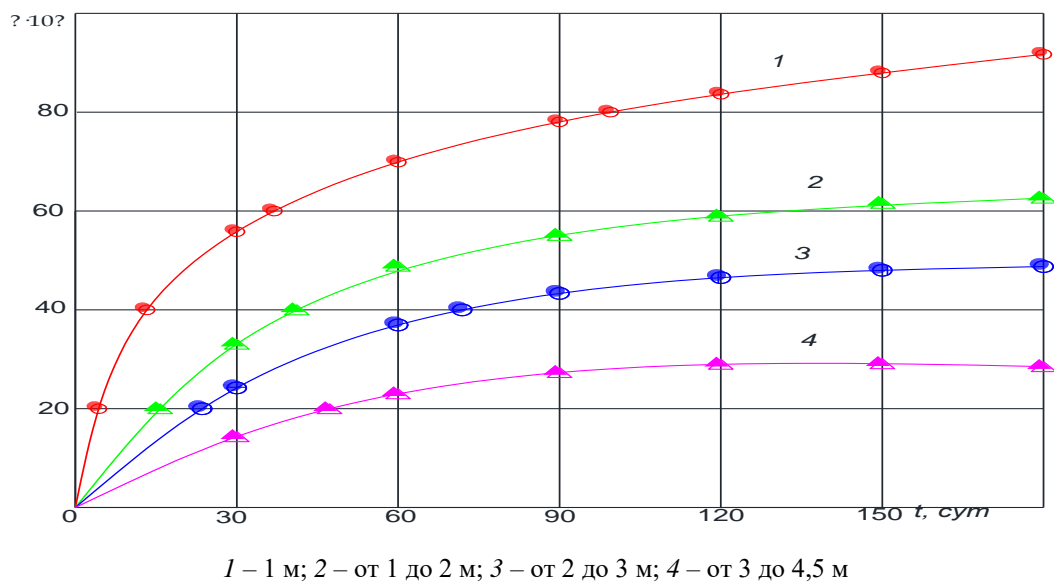


Рисунок 4 – Относительные деформации слоев пород почвы во времени

Способы крепления пород почвы горных выработок

Недостатком известных способов крепления почвы выработок является то, что вследствие установки наклонных анкеров в кровлю и бока выработки не исключена возможность смещения боковых пород выработки.

Способ крепления горных выработок анкерной крепью, преимущественно выработок прямоугольной формы поперечного сечения, включающий бурение в кровлю выработки в процессе ее проведения шпуров и установку в них анкеров, а также анкеров в бока выработки, при этом в бока выработки устанавливаются нижние составные анкера длиной L под углом $20-25^{\circ}$ относительно боков выработки так, чтобы

высота установки анкеров на боковых стенках выработки от ее почвы составляла 1/3 часть высоты выработки в свету. Длину анкерной крепи, которая монтируется в породы почвы выработки, рекомендуется определять по эмпирической формуле, м:

$$L_a = \frac{K_{\text{э}} \cdot B_{\text{в}} \cdot P_{\text{в}}}{P_n}, \quad (1)$$

где $K_{\text{э}}$ – эмпирический коэффициент, для условий Карагандинского угольного бассейна составляет 6,75;

$B_{\text{в}}$ – ширина горной выработки в черне, м;

$P_{\text{в}}$ – величина пучения пород почвы, м;

P_n – прочность пород почвы на сжатие, МПа.

Установка напочвенных анкеров принимается равной двойному значению от количества металлоарок арочной податливой рамной крепи на 1 пог. метр выработки.

На рисунке 5 представлена технологическая схема крепления пород почвы горных выработок. Применение способа крепления горных выработок включает бурение в кровлю выработки в процессе ее проведения шпуров и установку анкеров 3 в кровлю и бока выработки. Производят бурение и установку наклонных шпуров 2 (снижающие пучение) в бока выработки. Для упрочнения боковых пород в нижней части выработки с упрочнением пород почвы выработки на высоте от почвы выработки, равной 1/3 высоты выработки, устанавливаются составные анкера 1 (ограждающие), под углом 20-25° от бока выработки, что приводит к перераспределению напряжений в массиве с выполаживанием эпюры напряжений после применения припочвенных анкеров и смещению пика напряжений относительно изначальной эпюры напряжений (рисунок 6).

Технология работ анкерной крепью предусматривает ее установку в направлении почвы вдоль боков горной выработки забуриванием наклонных шпуров под составные анкера под углом 20-25° к вертикали.

Рисунок 5 – Способ крепления горных выработок анкерной крепью выработок прямоугольной формы поперечного сечения

Технико-экономический эффект обеспечивается совмещением функций устанавливаемых боковых анкеров по креплению боков и предотвращению пучения пород почвы выработки.

Параметры напряженно-деформированного состояния массива горных пород при поддержании выработки в зоне влияния очистных работ (опорного или повышенного горного давления) показаны на рисунке 6 [4].

1 – зона разуплотнения краевой части угольного пласта; *1, 2* – напряжения в зоне опорного давления до и после разуплотнения угольного пласта; *3* – зона разрушенных горных пород

Рисунок 6 - Величина перераспределения поля напряжений в приконтурной зоне горного массива до и после разуплотнения краевых частей угольного пласта

На рисунке 7 представлена технология анкерного крепления железнодорожных шпал к почве пласта, с перекрестным расположением закрепляющих контурных анкеров, обеспечивающая комплексный эффект с закреплением шпал для рельсового транспорта и снижения пучения пород почвы.

Рисунок 7 – Технологическая схема закрепление анкерной крепью железнодорожных шпал к почве пласта

Закономерность изменения прогнозной величины пучения пород почвы (P_B , мм) выработки от соотношения длины анкеров (L_a) и ширины выработки (B_B) описывается уравнением, м:

$$P_B = 1,22 - 1,51L_a/B_B, \quad (2)$$

Разработанные технологические решения имеют прикладное значение для производственных условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dyomin V.F., Demina T.V., Steflyuk Y.Y., Karataev A.D., Grachev I.A. Evaluation of the stress-strain state of the rock mass surrounding the underground working with rock bolting support setting. Reports of the xxiii international scientific symposium «Miner's week–2015», M. 2015. С. 73–78.
2. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Исследование напряженного состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок в зависимости от влияния горно-технологических факторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7. Часть 2, 2015. С. 196–200.

3. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Характер напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг анкерных крепей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7. Часть 2. 2015. С. 201–204.

4. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Исследование характера деформирования боковых пород вокруг горной выработки с анкерным креплением в зависимости от угла падения пласта и глубины анкерования приконтурного массива // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7. Часть 2. 2015. С. 205–212.

УДК 622.281 (574.32)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МАССИВА ВОКРУГ
ВЫРАБОТОК, ПЕРЕСЕКАЮЩИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ**

**MATHEMATICAL MODELING OF THE CONDITION OF THE MASSIF AROUND
WORKING OUT OF INTERESTS CROSSING GEOLOGICAL DISORDERS**

ДЕМИН В. Ф.¹, ЕЛОХИН В. А.², ДЕМИНА Т. В.²

¹ РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет»

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Установлены состояния массива вокруг выработок, пересекающих геологические нарушения, в зависимости горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации. Исследования позволили установить степень влияния горно-технологических факторов на эффективность применения крепления выемочных выработок.

Installed the array states around the workings, which cross geological disturbances, depending on the geological and mining conditions of operation. Researching has allowed to establish the degree of influence of mining and technological factors at application efficiency of fixing of excavation workings.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

Keywords: analytical modeling, the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Для выявления особенностей напряженно-деформированного состояния массива пород вблизи горных выработок было выполнено численное моделирование.

В качестве исходной геомеханической модели принята типовая горная выработка прямоугольного сечения высотой 3,5 м и шириной 5,0 м, пройденная по угольному пласту на глубине 650 м. В непосредственной кровле выработки залегают алевролиты мощностью 6 м и прочностью на одноосное сжатие 32 МПа, выше которых залегают песчаники мощностью 10 м, прочностью на одноосное сжатие 60 МПа. В почве пласта залегают аргиллиты мощностью 6,5 м и с сопротивлением на одноосное сжатие 24 МПа. Ниже аргиллитов залегают алевролиты мощностью 15 м.

Анализ картины распределения условных зон неупругих деформаций показал, что наибольшие деформации наблюдаются в почве выработки и составляют 4 м. В боках выработки условной зоны неупругих деформаций распространяются в глубь массива на 2 м. В кровле разрушение развивается до слоя алевролитов. Слой алевролитов почти не подвержен неупругим деформациям, лишь нижняя часть слоя около 0,3 м вовлечена в деформационные процессы. Закрепление выработки анкерами позволит обеспечить устойчивость кровли выработки. Для обеспечения безопасной эксплуатации выработки в боках выработки достаточно установить по одному анкеру длиной 2,4 м.

Чаще всего геологические нарушения заполняются свободным газом метаном. В данном случае массив испытывает негидростатическое давление, и коэффициент бокового распора будет отличаться от единицы. В этом случае приконтурный массив имеет неравномерную нагрузку и в массиве пород появляются зоны, испытывающие сжимающие и растягивающие напряжения. В результате этого может происходить деформирование пород с появлением микро- и макротрещин.

Наличие газового давления ($P_{\text{газа}}$) в геологическом нарушении и небольшое отклонение линии действия главных напряжений от вертикали на 5° существенно влияет на развитие условных зон неупругих деформаций вблизи горных выработок при коэффициенте бокового распора $\lambda = 0,7$. Картина распределения условных зон неупругих деформаций теряет свою симметричность, вытягиваясь по нормали к геологическому нарушению.

Вдоль этой линии условной зоны неупругих деформаций в кровле вытягиваются на 6 м, а в сторону нарушения в почве выработки – на 7 м (рисунок 1, а) [1-3].

Дальнейшее увеличение угла наклона линии действия главных напряжений до 45° приводит к уменьшению зоны разрушенных пород (рисунок 1, б). В кровле выработки условная зона неупругих деформаций распространяется до 5,5 м, а в почве выработки на 7,5 м. В левой части выработки отмечается условная зона неупругих деформаций больше правой части на 0,5 м и составляет 4,2 м.

Из рисунков 1, а-б можно отследить закономерности. В зоне влияния геологических нарушений при $\lambda \neq 1$ деформации боков несимметричны. При этом максимальные деформации проявляются с противоположной стороны от залегания нарушения.

a

б

Рисунок 1 - Условные зоны неупругих деформаций при $\lambda = 0,7$ и условии наличия газа в геологическом нарушении (*a*); то же при $\lambda = 0,7$ и угле 45^0 (*б*)

При приближении выработки до геологического нарушения до 5 м наблюдается незначительное увеличение условных зон неупругих деформаций (УЗНД).

Наличие газового давления в геологическом нарушении не существенно влияет на характер распространения УЗНД вблизи горной выработки.

Приближение геологического нарушения, свободного от газового давления, при $\lambda = 0,7$ показало, что условные зоны неупругих деформаций в боках выработки интенсивней развиваются, чем в кровле выработки.

Наличие газового давления в геологическом нарушении при $\lambda = 0,7$ и уменьшении расстояния между геологическим нарушением и исследуемой выработкой в значительной степени искажает картину распределения УЗНД. Условные зоны неупругих деформаций вытянуты в вертикальном направлении. В кровле размеры УЗНД достигают 6 м, в почве выработки – 7 м. В боках выработки отмечается незначительное уменьшение УЗНД.

Как показали исследования, наличие газового давления в геологическом нарушении оказывает существенное влияние на развитие условных зон неупругих деформаций вблизи горных выработок [4].

На рисунке 2 представлены границы условных зон неупругих деформаций вблизи выработки, действующих в зависимости от угла воздействия главных напряжений.

1 – кровля; 2 – боковые стенки; 3 – почва выработки; *a* и *б* – вне и в нарушении.

Рисунок 2 - Границы условных зон неупругих деформаций (D , м) вблизи выработки, действующих в зависимости от угла воздействия главных напряжений и коэффициента Пуассона (K_δ)

Для выявления зависимости развития УЗНД от глубины ведения работ было выполнено численное моделирование. Для рассмотренной выработки глубина проведения изменялась от 300 до 1000 м – рисунок 3 (динамика изменения границ).

Анализ результатов моделирования показал, что развитие условных зон неупругих деформаций во времени, в зависимости от глубины ведения работ, подчиняется логарифмическому закону (рисунок 3).

Рисунок 3 – Зависимость размеров УЗНД от глубины ведения работ

В общем виде зависимость размеров УЗНД ($h_{\text{УЗНД}}$, м) от глубины ведения работ (H , м) можно представить в виде

$$h_{\text{УЗНД}} = a \ln(H) - b,$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, учитывающие прочность пород, размеры выработки и др. факторы, влияющие на устойчивость выработки, в частности, для рассмотренного примера: $a = 2,9$; $b = 16,1$.

Факторами, влияющими на развитие условных зон неупругих деформаций вблизи горных выработок, являются прочность пород и степень их трещиноватости [5]. Устойчивость породного массива вблизи выработки, пройденной по породам с различной прочностью, зависит от размеров УЗНД и от прочности пород (f) и подчиняется экспоненциальному закону:

$$h_{\text{УЗНД}} = a e^{bf}.$$

На рисунке 4 приведен график изменения размеров УЗНД в зависимости от прочности пород.

В расчетах коэффициент бокового распора принят равным 0,7. Как показывают расчеты, глубина ведения горных работ влияет на развитие условных зон неупругих деформаций. При этом развитие УЗНД с увеличением глубины имеет нелинейный характер.

Рисунок 4 – Зависимость развития УЗНД в глубь массива

На рисунке 5 показаны границы УЗНД ($H_{\text{УЗНД}}$) в приконтурном массиве горной выработки в зависимости от глубины разработки (H) для пород почвы, кровли и боков выработки.

1 – бока; 2 – кровля; 3 – почва

Рисунок 5 – Границы УЗДН ($H_{уздн}$) в приконтурном массиве горной выработки в зависимости от глубины разработки (H)

Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля породных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования), в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов, позволят в конкретных условиях эксплуатации устанавливать оптимальные параметры крепления для повышения устойчивости подготовительных горных выработок. Это позволит разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии эффективного и безопасного крепления приконтурных пород при проведении горных выработок на пологих и наклонных угольных пластах, адаптивные к изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям эксплуатации.

Проведенные исследования позволили определить степень влияния горнотехнических условий разработки на смещения в приконтурных породах при различных видах крепи в выемочных выработках. Выявленные закономерности деформаций могут быть использованы при расчетах проявлений горного давления при проведении выработок при различных горнотехнических условиях эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости: пер. с англ./ под ред. Г. С. Шапиро. 2-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 560 с.
2. Нургужин М. Р., Кацага Т. Я., Даненова Г. Т. Лабораторный практикум по моделированию объектов проектирования на макро- и микроуровнях: учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2000. 69 с.
3. Dyomin V. F., Baimuldin M. K., Baimuldin M. M. Assessment of Stability of Contour on Mine Opening with a Boundary Integral Equation Method (статья). Word Academy of Science Engineering and Technology/ Issue 74 February 2013 Barcelona. S. 717-720.
4. Dyomin V. F., Baimuldin M. M., Demina T. V. Research of Character of a Straining of Lateral Mucks round a Mine Working With Anchorage Depending on an Angle of Incidence of a Seam and Depth of Anchoring by Contour (статья) Word Academy of Science Engineering and Technology/ Issue 74 February 2013 Barcelona. S. 714-717.
5. Displacement at Workings Conjugation Under Stopping Implants // Dyomin V. F., Malchenko T. D., Dyomina T. V., Isakov A. A. Rocks University Proceedings. 2. 2013. S. 62–64.

**ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ КРЕПЛЕНИЯ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ**

**INFLUENCE OF TECTONIC DISTURBANCES ON THE MOUNTING
PARAMETERS OF THE MINING OPERATIONS WITH ANCHOR FASTENING**

ДЕМИН В. Ф., ЖУМАБЕКОВ М. Н., ХАЛИКОВА Э. Р.

РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет»

Поддержание и увеличение объема подземной добычи угля возможно лишь при наличии высокоэффективной технологии проведения и поддержания подготовительных выработок. Целью исследований явилась оценка параметров управления устойчивостью контуров горных выработок, закрепленных анкерной крепью, для создания технологии интенсивного и безопасного проведения выемочных горных выработок на основе выявленных закономерностей поведения примыкающих к ним массивов горных пород. Идея подхода заключается в использовании техногенного напряженно-деформированного состояния (НДС) для разработки эффективной технологии крепления приконтурного горного массива.

Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве с применением аналитического моделирования для оценки НДС породного массива вокруг горных выработок.

Проведено исследование НДС массива горных пород с помощью программы ANSYS вокруг горной выработки на шахте «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» в Карагандинском угольном бассейне.

Определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ в зонах геологических нарушений.

Maintain and increase volume of underground coal mining is possible only with highly efficient technology to conduct and maintain preparatory workings. The purpose of the research was the evaluation parameters of control the stability of the contours of mine workings, which was anchored, for to create technology for intensive and safe excavation of mine workings based on the identified patterns of behavior of adjacent rock massifs. The idea of the approach is to use the technogenic stress-strain state (TSSS) for for the development of an effective technology for securing the edge mountain range.

Mechanism of deformation, displacement and collapse of rocks in a structurally disturbed heterogeneous mountain massif mechanism was investigated by using analytical modeling to assess TSSS of the rock mass around the mine workings.

Researching TSSS of the rock mass was carried out using ANSYS programs around the mine workings at the Saranskaya mine of the UD of ArcelorMittal Temirtau JSC in the Karaganda coal basin.

Operating parameters of anchor support in mines to secure the rods in the workings were determined in order to ensure the safety of mining operations in areas of geological disturbances.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

Keywords: analytical modeling, the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

На механизм проявлений горного давления в зонах тектонических нарушений решающая роль в явлениях обрушения горных пород и горных ударов отводится пространственному взаимному расположению контура выработки и системы поверхностей ослабления, создаваемых дизъюнктивом [1]. В районах дизъюнктивов под действием сил горного давления и собственного веса вокруг выработок происходит разделение породного массива по естественным поверхностям ослабления.

Условие предельного и запредельного состояния пород выработки можно записать в виде неравенства [2]:

$$\frac{t \cdot P \cdot \cos \beta' \cdot \operatorname{tg} \zeta + KL}{t \cdot P \cdot \sin \beta'} \leq 1, \quad (1)$$

где K - сцепление пород по сместителю дизъюнктива; ζ - угол внутреннего трения пород по контакту сместителя; P - вертикальная составляющая вектора напряжения в массиве; t - коэффициент концентрации напряжений в породах выработки; L - длина грани клина пород по сместителю.

При крайних значениях ζ (около 10°), углах падения сместителей порядка 60° бока штреков в зонах надвигов при углах $\gamma < 80^\circ$ находятся в предельном состоянии. С уменьшением углов устойчивость пород в боку выработки резко снижается. Сдвигание пород в сторону выработки приведет к развитию односторонне направленного усиленного бокового давления на крепь.

Опытом горных работ и исследованиями подтверждаются явления в шахтах, когда выработки в зонах разрывов подвергаются усиленному давлению с уменьшением угла их входа в зоны дизъюнктивов.

Развитие и изменение деформаций и напряжений во времени в подготовительной горной выработке (7-го западного конвейерного квершлага K_{10} (2-й район) в зоне вскрытия и удаления от пласта K_{12}) прямоугольного сечения, закрепленной анкерной крепью, в зоне непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений угольного пласта на шахте «Саранская» Угольного Департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» показано на рисунке 1.

Перемещение по оси «у»

Напряжение по оси «у»

Рисунок 1 – Развитие деформаций во времени в подготовительной горной выработке, закрепленной анкерной крепью, в зоне утонения угольного пласта на шахте «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау»

Анализ результатов исследований аналитического моделирования показывает, что вертикальные смещения и напряжения приводят к 2,5 – 3,0 – кратной потере площади поперечного сечения выработки и росту напряжений до разрушительных с потерей устойчивости контура выработки.

Динамика роста перемещений по оси у при металлорамном креплении и закрепленной анкерами выработке при различной степени нарушенности горного массива (1,8; 1,85 и 2,0) представлена на рисунке 2.

<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

а, б, в – степень нарушенности горного массива, соответственно 1,5; 1,85; 2,0

Рисунок 2 – Динамика изменения вертикальных перемещений при различной степени нарушенности горного массива, при металлорамном податливом (1), комбинированном (2) и анкерном (3) креплении выработки

Анализ динамики изменения вертикальных перемещений при металлорамном податливом, комбинированном и анкерном креплениях выработки при различной степени нарушенности горного массива показывает, что в зонах тектонических нарушений более целесообразным является применение комбинированного крепления контуров выработок.

Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований по определению нагрузок на крепи выработок, оценки неустойчивых пролетов кровли, находящихся в зонах влияния дизъюнктивов.

Пересечение выработкой угольного пласта обуславливает значительное изменение напряженно-деформированного состояния углепородного массива вокруг выработки. Поэтому ниже рассмотрим технологию пересечения пласта K_{12} забоем 7-м западным конвейерным квершлагом на K_{10} (2-го района) шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна (см. рисунок 3).

a *б*
a – профиль; *б* – план выработок

Рисунок 3–Пересечение пласта K_{12} забоем 7-м западным конвейерным квершлагом на K_{10} (2-го района) шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна

Предусмотрены технологические мероприятия по безопасному ведению горных работ при проведении 7-го западного конвейерного квершлага K_{10} (2-й район) в зоне вскрытия и удаления от пласта K_{12} (ПК43+5 – 53+5).

В опасной зоне забой обеспечивается неснижаемым запасом материалов: для возведения передовой крепи (анкера АМВ-22 длиной по 2,4 м в количестве 30 шт.); для упрочнения пород кровли и груди забоя (деревянные анкера - 21 шт., ПУР-патроны - 70 шт.).

При уходе груди забоя до 0,5 м, вследствие отслоения горной массы, производится её укрепление на основе армирования с применением деревянных анкеров.

При неустойчивой кровле (образование куполов над крепью более 0,5 м), бурят дополнительные анкера (не менее 4 шт.) в призабойной части с опережением проходки на 1 м под профиль с применением передовой крепи.

Крепление выработки при приближении, вскрытии и удалении от пласта K_{12} производится комбинированной крепью с применением двух рам КМП АЗ-17,2 м² и 17 сталеполлимерных анкеров на 1 пог. м с постоянным опережающим монтажом анкеров.

В опасных зонах непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений, для недопущения вывала кровельных пород в забое, отставание крепи от забоя на всех технологических циклах не должно превышать 1,0 м. При необходимости (при увеличении технологического отхода до 1,0 м за счёт отслоения груди забоя) выполняется химическое упрочнение на основе армирования. Роль арматуры выполняют шпурсы, заполненные твердеющими составами с размещением в них деревянных анкеров длиной 3,0 м через каждые 2,0 м проходки для укрепления груди забоя [3-5].

Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве с применением аналитического моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива вокруг горных выработок.

Проведено исследование НДС массива горных пород с помощью программы ANSYS вокруг горной выработки на шахте «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» в Карагандинском угольном бассейне.

Определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ в зонах геологических нарушений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dyomin V. F., Yavorski V. V., Dyomina T. V. Models of Forecasting Mine Worings Contour Mass Displacements. Automatics Informatics (статья). KSTU, Automatics Informatics. № 1. 2013. S. 73–77.
2. Демин В. Ф., Демина Т. В., Журов В. В. Геомеханика при креплении горных выработок: науч. монография. Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Germany, 2013. 185с.
3. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив–анкерное крепление» для повышения устойчивости горной выработки (статья) // Демин В. Ф., Яворский В. В., Демин В. В., Демина Т. В. ООО «Редакция журнала «Уголь». № 2. 2014. С. 18-22.
4. Dyomin V. F., Demina T. V., Nemova N. A. Parameters determination of the sudden coal and gas outbursts preventing method (статья). Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining – Bondarenko, Kovalevs'ka & Ganushevych (eds), Taylor & Francis Group, London, 2014. С. 141-146.

5. Dyomin V. F., Demina T. V., Steflyuk Y. Y. Enhancement of coal seams and mined-out areas degassing productivity. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining – Bondarenko, Kovalevs'ka & Ganushevych (eds), Taylor & Francis Group, London, 2014. C. 209-215.

УДК 622.281 (574.32)

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ КОНТУРОВ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК,
ЗАКРЕПЛЕННЫХ АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ**

**MANAGEMENT OF STABILITY OF MINING DEVICES, WHICH FIXED ANCHOR
STRAP**

ДЕМИН В. Ф., СТЕФЛЮК Ю. М., МУСИН Р. А., ЖУМАБЕКОВА А. Е.
РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет»

Определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

The problems of using stressing compositions on the mineral basis in the ore mines of the deposit to drapple rods in stopes to provide safe mining operations have been considered.

Ключевые слова: аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

Keywords: analytical modeling, the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

В связи с высокими темпами подвигания очистных забоев и стратегией развития горных работ при эксплуатации на шахтах не менее двух добычных участков, необходима ускоренная и своевременная подготовка фронта очистных работ с интенсивной технологией проведения подготовительных выработок. Последующее поддержание выемочных выработок также потребует значительных затрат на их ремонт как до, так и после ввода их в эксплуатацию, особенно в зоне влияния очистных работ.

Поддержание и увеличение объема подземной добычи угля возможно лишь при наличии высокоэффективной технологии проведения и поддержания подготовительных выработок, обеспечивающей наращивание объемов горно-подготовительных работ.

Важную роль в повышении эффективности горного производства играет решение проблемы совершенствования технологии крепления и надежного поддержания выработок. Затраты на проведение выемочных выработок достаточно велики и составляют 15–20 % от себестоимости добычи. Устойчивое поддержание

подготовительных выработок также требует значительных затрат на их ремонт как до, так и после ввода в эксплуатацию очистных забоев, которые достигают 15–20 % от стоимости проведения горных выработок. На существующих в бассейне глубинах разработки (600-850 м) современными крепями невозможно добиться безремонтного поддержания выработок. Одним из рациональных путей улучшения состояния выработок и экономии материальных ресурсов является применение анкерной и комбинированной анкерно-рамной крепи. К настоящему времени в мировой практике накоплен достаточный опыт применения технологических схем возведения анкерной крепи в горных выработках. Как показывают натурные наблюдения, состояние горных выработок, особенно выемочных, не всегда удовлетворительное. Одним из рациональных способов создания безопасных и эффективных условий поддержания горных выработок является управление состоянием приконтурного породного массива.

Использование сталеполимерных анкеров для крепления выработок на угольных шахтах и рудниках способствует повышению эффективности производства и снижению его издержек. Высокая эффективность анкерной крепи обусловлена её низкой стоимостью, высокой надёжностью и возможностью полной механизации процесса крепления.

В зарубежной практике анкерная крепь применяется достаточно широко: в России от 60 % (в Печорском бассейне) до 90 % (в Кузбассе), а в США - до 100 %. Объем внедрения анкерного крепления выработок на шахтах в Карагандинском угольном бассейне составляет в чистом виде 12, а в смешанном – 42 %.

Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве с применением аналитического моделирования для оценки НДС породного массива вокруг горных выработок.

Проведено исследование НДС массива горных пород с помощью программы ANSYS вокруг конвейерного промежуточного штрека 48К₇₋₃ при бесцеликовой отработке выемочного столба на шахте им. Костенко в Карагандинском угольном бассейне.

Конвейерный промежуточный штрек 48к₇₋₃ (рисунки 1, 2, таблица 1) проводится по пласту К₇, общей мощностью 1,72 м, при угле падения пласта 3-70°. Породы кровли пласта представлены аргиллитами мощностью 0,5-0,7 м и алевролитами мощностью 5,3 м. Непосредственная кровля средней устойчивости. Крепость аргиллитов – 1,5, алевролитов - 3,3 по шкале проф. М. М. Протодьяконова. Основная кровля средней

устойчивости. Породы почвы пласта К₇ сложены алевролитами мощностью 2,5 м, крепостью 3 по шкале проф. М. М. Протоdjяконова.

Рисунок 1 – Выкопировка с плана горных работ по пласту К₇

a

б

Рисунок 2 – Положение пласта К₇ в сечении (*a*) относительно элементов залегания и паспорт крепления конвейерного промежуточного штрека 48К₇₋₃ шахты им. Костенко при эксплуатации (*б*)

Таблица 1 - Характеристика конвейерного промежуточного штрека 48К₇₋₃ шахты им. Костенко

Наименование выработки	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь сечения, м ²	Тип крепления	Плотность крепи, анкер/м
Конвейерный промежуточный штрек 48К ₇₋₃	970	5,0	3,0; 3,5	16,2	Анкерное	9

Расчетная схема поставленной задачи представлена на рисунке 3. В выработке с прямоугольной формой поперечного сечения, закрепленной анкерной крепью (рисунок 4), исследовано изменение напряжений массива горных пород в зависимости от угла наклона анкеров в кровле. Расчетные параметры: длина анкера 2,2 м; диаметр 0,022 м; сечение выработки 16,2 м²; при горном давлении от глубины разработки $\gamma H = 8,7$ МПа.

Рисунок 3 – Расчетная схема исследования влияния угла наклона анкера на НДС массива горных пород в выработке с прямоугольной формой поперечного сечения

В таблице 2 представлены значения максимальных нормальных и касательных напряжений при изменении угла наклона анкеров относительно кровли выработки. При

этом минимальные напряжения возникают при угле наклона анкеров, равном $\alpha = \beta = 90^\circ$.

Таблица 2 - Значения максимальных нормальных и касательных напряжений

α, β , град.	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа
25	93,7	18,7	53,1
40	93,6	27,2	45,5
55	93,5	25,1	32,6
70	93,4	9,1	30,1
90	93,3	6,7	29,3

Ниже представлены распределения напряжений в массиве горных пород соответствующие $\alpha = \beta = 40^\circ$ (рисунок 4, а), $\alpha = \beta = 70^\circ$ (рисунок 4, б), $\alpha = \beta = 90^\circ$.

Оптимальным углом расположения анкеров в кровле является угол $\alpha = \beta = 90^\circ$, а при расположении выработки на границе с выработанным пространством - 70° .

Ниже приведены зависимости максимальных нормальных напряжений (рисунок 5) по оси «у» в зависимости от угла наклона анкера:

$$\sigma_{\max}^y(\alpha) = 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^4 - 5,9 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^3 + 0,4 \cdot \alpha^2 - 13,1 \cdot \alpha + 153,5 \quad (1)$$

а

τ_{xy}

σ_y

б

τ_{xy}

σ_y

Рисунок 4 - Распределение максимальных нормальных и касательных напряжений

Кривая достаточно точно описывает данные численного метода и погрешность между данными численного метода и полученными эмпирической зависимостью около нуля процентов [1-3].

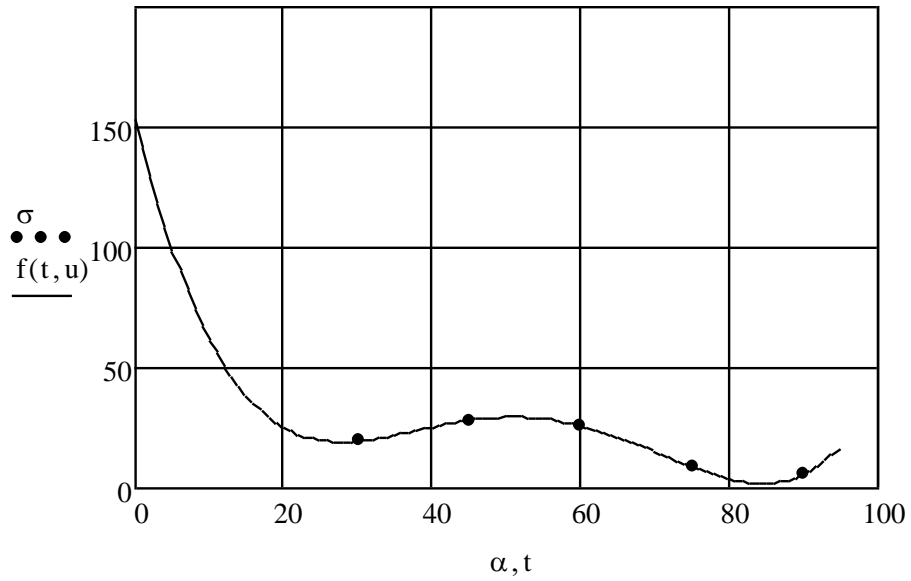


Рисунок 5 – Зависимость максимальных нормальных напряжений по оси «у» в зависимости от угла наклона анкера $\sigma(\alpha) = f(t, u)$

Зависимость максимальных касательных напряжений (рисунок 6) от угла наклона анкера:

$$\tau_{\max}(\alpha) = 9,4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha^2 - 1,6 \cdot \alpha + 94,4 , \quad (2)$$

Рисунок 6 - Зависимость максимальных касательных напряжений от угла наклона анкера $\tau(\alpha) = f(t, u)$

Оптимальным углом расположения анкеров в кровле является угол $\alpha = \beta = 90^\circ$, а при расположении выработки на границе с выработанным пространством - 70° [4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Анализ дефектности выемочных выработок // Журнал Современные наукоёмкие технологии. М. № 9, 2015. С. 21 – 24.

2. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Исследование горного давления вокруг выработок с учетом главных напряжений // Журнал «Современные наукоёмкие технологии». М. № 8. 2015. С. 11 – 14.

3. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости углепородного массива / Демин В. Ф., Немова Н. А., Демина Т. В., Зейтинова Ш. В. // Научный вестник НГУ Днепропетровск, Украина. № 2. 2016. С. 5–10.

4. Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В., Стефлюк Ю. Ю. Разработка эффективных способов борьбы с пучением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт // Успехи современного естествознания, Академия естествознания. М. № 12. 2015. С. 95–99.

5. Деформирование вмещающих пород вокруг горных выработок в зависимости от влияющих факторов / Демин В.Ф., Немова Н.А., Демина Т.В., Каратаев А.Д. // Днепропетровск-Украина Национального горного университета. № 4 (148). 2015. С. 35–38.

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАЗВИТИЯ
ШУМОВОЙ ПАТОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ
НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**RISK ASSESSMENT AND RISK MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL HEARING
LOSS AT THE MINING PROCESSING PLANT**

ДРУГОВА О. Г.¹, ФЕДОРУК А. А.¹, КРАСНОПЕВЦЕВ Д. В.²

¹Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора,
²АО «ЕВРАЗ-КГОК»

У работников обогатительной фабрики, занятых на рабочих местах с повышенными уровнями шума (≥ 85 дБ) установлен предполагаемый риск снижения слуха, зависящий от категории работ. По данным прогностических моделей установлена вероятность профессиональной потери слуха у людей изученных профессий, проявляющаяся как признаки воздействия шума, а в некоторых профессиях и/или как снижение слуха легкой степени. Разработаны основные направления мероприятий по управлению риском. Срочность проведения этих мероприятий на рабочих местах проранжирована в зависимости от уровня профессионального риска, вероятности снижения слуха и степени ее проявления.

The noise level (≥ 85 dB) is the estimated perceived risk of hearing loss acceptable for work categories. By applying the prognostic models, the risk of occupational hearing loss for individuals with the explored employments was confirmed. It manifested with either the partial hearing loss (from 16 to 30 dB) or other health effects of noise exposure. The major risk management approaches addressing the above mentioned concerns were developed. The urgency of their implementation at the workplaces was ranked depending on occupational exposure levels, hearing loss risk and its manifestations if present.

Ключевые слова: обогатительное производство, производственный шум, прогноз снижения слуха, управление риском, приоритетные меры.

Keywords: mineral processing factory, industrial noise, hearing loss prognosis, risk management, priority actions

В современных условиях развитие экономики любого хозяйствующего субъекта невозможно без воспроизводства трудового капитала, в сохранении которого большую роль играет здоровье работников, в значительной мере зависящее от условий труда [3,

5]. Доказано, что экономические вложения в охрану труда и здоровье работников являются эффективными инвестициями работодателя [4]. Однако важным моментом является то, что эти мероприятия должны быть научно обоснованы. В роли инструмента обоснования в настоящее время выступает методология оценки профессиональных рисков, закрепленная на законодательном уровне большинства развитых стран, в том числе и в России.

Проблема оценки профессионального риска, связанного с воздействием шума [1], как никогда актуальна, ведь среди нозологических форм профессиональной патологии, вызванной воздействием физических факторов, профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) занимает первое место, или 58,84 % от количества всех заболеваний в группе. При этом предприятия по добыче полезных ископаемых по показателям профессиональной заболеваемости на 10 тыс. работников занимают первое ранговое место среди других видов экономической деятельности [2].

Цель данной работы – оценка профессионального риска от воздействия повышенных уровней шума для здоровья работников основных профессий обогатительной фабрики одного из горнодобывающих предприятий Уральского региона для разработки мер по его снижению и профилактике.

Материалы и методы. Оценка профессионального риска (ПР) проводилась по методике руководства «Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Результаты оценки ПР позволяют обосновать разработку мероприятий по охране труда и здоровья работников с учетом как потенциальной (априорной), так и реальной (апостериорной) опасности нанесения ущерба здоровью работающих как при сочетанном действии, так и от отдельных производственных факторов, а также определить срочность принятия мер.

Оценка ПР проводилась на приоритетных рабочих местах цехов дробления (ЦД) и обогащения (ЦО), уровни производственного шума на которых превышают уровень 85 дБ, по данным специальной оценки условий труда (СОУТ) (таблица 1).

Прогнозная оценка снижения слуха от воздействия производственного шума проведена по методике руководства «Профессиональный риск для здоровья работников» (под ред. Н. Ф. Измерова, Э. И. Денисова, 2003) для среднестатистического работника. Средний возраст работников в профессиональных группах составил от $40,1 \pm 9,5$ лет до $55,0 \pm 6,7$ лет, средний стаж от $20,5 \pm 9,4$ лет до

37,3±6,9 лет. Во всех профессиях, кроме дробильщиков и машинистов мельниц, работают женщины.

Таблица 1 – Результаты оценки условий труда по уровням шума и прогноза развития профессиональной нейросенсорной тугоухости

Уровни шума/ КУТ	Профессия, структурное подразделение	Прогнозная величина потери слуха	
84-85 дБ/ 3.1	Машинист конвейера участка обезвоживания и шихтовки ЦО	В 10 % случаев возможно снижение на 13-15дБ (ПВШ)	
	Машинист землесосной установки участка обезвоживания и шихтовки ЦО		
89-95 дБ/ 3.2	Машинист крана участка среднего и мелкого дробления ЦД		
	Фильтровальщик ЦО		
	Грохотовщик ЦО		
	Сепараторщик ЦО		
	Машинист землесосной установки отделения мокрой магнитной сепарации ЦО		
	Машинист конвейера отделения сухой магнитной сепарации ЦО		
96-104 дБ/ 3.3	Машинист эксгаустера		В 10 % случаев возможно снижение на 20 дБ (I А)
	Машинист крана участка крупного дробления ЦД		
	Дробильщик ЦД	В 50 % случаев возможно снижение на 12 дБ (ПВШ), в 10 % - на 30 дБ (I Б)	
	Машинист конвейера ЦД		
	Машинист мельниц ЦО		

Ранжирование рабочих мест по срочности разработки мер проводилось в зависимости от уровня ПР, доли вероятности и степени снижения слуха, вызванной производственным шумом.

В процессе доведения мощности комбината до 40 млн т руды в год в 1975-1976 гг. двумя пусковыми комплексами были введены дополнительные мощности по руде 7 млн т, которые были освоены в 1980 г. Был построен еще один корпус крупного дробления, смонтированы четыре секции среднего и мелкого дробления.

Максимально достигнутая мощность в 2017 г. – 59,7 млн т руды.

Цех дробления обогатительной фабрики имеет в своем составе участок крупного дробления и участок среднего и мелкого дробления (рисунок 1).

Конечный продукт - дробленая руда.

Рисунок 1 – Дробильно-обогатительный передел

В корпусе первой очереди 2-стадиальная схема дробления. Оборудование в ней располагается каскадно: дробилка ККД 1500/300 в количестве 2 ед., а под ними

располагаются додрабливающие дробилки КРД 700/100 в количестве 8 ед. (по 4 ед. на каждую дробилку), пластинчатый питатель ПС 24/90 в количестве 8 ед., ленточные конвейеры № 1, № 2 протяженностью 342-336 м, реверсивные ленточные конвейеры № 3, № 4.

Руда крупностью до 1200 мм из карьера железнодорожным составом поступает на вагоноопрокид, где производится разгрузка в приемные бункера дробилок ККД с четырех действующих путей. После этого дробленая руда крупностью 600 мм проходит самотеком через рудоходный тракт и распределяется на додрабливающие дробилки, где крупность доводится до 250 мм. После этого при помощи пластинчатого питателя дробленая руда разгружается на ленточный конвейер тяжелого типа, располагающийся ниже, и транспортируется в корпус среднего и мелкого дробления, где при помощи реверсивно-катучих конвейеров распределяется в приемном бункере по каскадам среднего дробления (см. рисунок 1).

В корпусе второй очереди ККД одностадийная схема дробления. Оборудование следующих типов располагается каскадно: дробилка ККД 1500/180А в количестве 1 ед., а под ней пластинчатый питатель ПС 24-90, ленточный конвейер №1а протяженностью 190,6 м, катучий конвейер № 3а.

Руда крупностью до 1200 мм из карьера поступает железнодорожным составом на вагоноопрокид, где производится разгрузка в приемный бункер дробилки ККД с одного действующего пути. После этого дробленая руда крупностью 180-200 мм проходит самотеком через рудоходный тракт и при помощи пластинчатого питателя разгружается на ленточный конвейер тяжелого типа, располагающийся ниже, и транспортируется в корпус среднего и мелкого дробления, где при помощи катучего конвейера распределяется в приемном бункере по 4-м каскадам среднего дробления(см. рисунок 1).

Для обнаружения металла в потоке руды на конвейерах 1, 2, 1а установлены металлодетекторы. Съем металла с конвейера производится машинистом конвейера вручную на остановленном конвейере.

Участок среднего и мелкого дробления

В корпусе среднего и мелкого дробления (КСМД) 2-стадийная схема дробления, оборудование располагается каскадно. В корпусе располагается 14 каскадов: из них 9 дробилок среднего дробления, 18 дробилок мелкого дробления, 9 питателей ПС 18-90, 18 грохотов ГИТ-51, три дробилки среднего дробления Н-6800 фирмы "SANDVIK", три дробилки мелкого дробления Н-7800 фирмы "SANDVIK", три

питателя ПС 18-90, колосниковый инерционный грохот MGS/SG, двухъярусный инерционный грохот LF, ленточный питатель RBF, две дробилки среднего дробления G-150 «Krupp», мелкого дробления F-210 «Krupp», два питателя RKF, грохота DU-14-ED, DU-23-DD, ленточный питатель BAB.

С приемного бункера руда поступает на пластинчатый питатель. Далее руда подается в дробилку среднего дробления, где она доводится до крупности 40 мм.

После этого руда подается на инерционный односитный грохот, где надрешетный продукт подается самотеком в дробилку мелкого дробления, а подрешетный продукт самотеком поступает на ленточный конвейер, располагающийся внизу. После дробилки среднего дробления питание делится на два потока. Дробленая руда крупностью 16 мм после мелкой дробилки также поступает на сборный ленточный конвейер, располагающийся внизу.

На оборудовании фирмы “SANDVIK” с приемного бункера руда поступает на пластинчатый питатель, далее руда подается на колосниковый грохот, где надрешетный продукт самотеком поступает в дробилку среднего дробления, а подрешетный продукт – самотеком на ленточный питатель. После прохождения через дробилку среднего дробления руда также поступает самотеком на ленточный питатель и объединяется с подрешетным продуктом колосникового грохота. После этого материал подается на двухъярусный грохот, где надрешетный продукт самотеком поступает в дробилку мелкого дробления, а подрешетный продукт – самотеком на ленточный конвейер. После прохождения через дробилку мелкого дробления руда крупностью 16 мм также поступает самотеком на ленточный конвейер, располагающийся внизу.

На оборудовании фирмы «Krupp» процесс дробления схож по структуре с каскадом “SANDVIK”.

Далее дробленая руда по системе конвейеров № 15, 16 пересыпается на конвейеры № 17,18 и далее транспортируется в корпус обогащения. Руда с двух конвейеров № 17,18 делится при помощи рассекателя на две половины корпуса и пересыпается на конвейеры № 19, 20, подающие руду в цех обогащения на секции 1-15 и конвейеры № 19а, 20а, подающие руду на секции 16-29.

Далее руда с конвейеров № 19, 20 пересыпается на реверсивно-катучие ленточные конвейеры № 21, 22 и руда раскачивается по питателям секций обогащения № 1-15, с конвейеров № 19а, 20а пересыпается на реверсивно-катучие ленточные конвейеры № 23, 24, и руда раскачивается по питателям секций № 16-29.

Все вышеперечисленное оборудование является источником шума и вибрации.

По данным СОУТ отмечается колебание воздействующих на работников уровней шума в зависимости от обслуживаемого участка и оборудования. Разница уровней шума в профессии в пределах одного участка составляла от 2 дБ (машинист конвейера участка среднего и мелкого дробления (СМД)) до 10 дБ (машинист конвейера отделения сухой магнитной сепарации (СМС)), а между разными производственными участками – от 1 дБ (машинист конвейера цеха обогащения) до 15 дБ (дробильщик), что повлияло на оценку условий труда работников, занятых в разных рабочих зонах. В целом на рабочих местах превышение эквивалентных уровней шума над ПДУ составляло от 4 дБ (машинист конвейера участка обезвоживания и шихтовки, грохотовщик) до 24 дБ (дробильщик участка СМД). Таким образом, условия труда работников изучаемых профессий характеризуются вредным классом условий труда первой-третьей степеней (см. таблицу 1).

Прогнозная оценка показала, что во всех изучаемых профессиях есть вероятность снижения слуха, связанная с работой (от 10 до 50 % случаев). Признаки снижения слуха могут проявляться практически у всех работников. В таких профессиях, как дробильщик участка СМД, машинист крана участка крупного дробления (КД), машинист конвейера цеха дробления и цеха обогащения отделения сухой магнитной сепарации (СМС), машинист мельниц и машинист эксгаустера возможно снижение слуха легкой тяжести (см. таблицу 1). Снижение слуха степени ІВ уже ведет к выводу из шумного производства работников при наличии опасности для жизни и при наличии соматических заболеваний, связанных с экстраауральными эффектами (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки).

С учетом данных гигиенической оценки условий труда и прогнозных моделей, в изучаемых профессиях существует предполагаемый (категория доказанности 1 Б) риск развития профессиональной нейросенсорной тугоухости (ПНСТ) следующих категорий: малая (машинист конвейера участка обезвоживания и шихтовки, машинист землесосной установки (ЗСУ) участка обезвоживания и шихтовки), средняя (машинист кран участка СМД, машинист конвейеров СМС, фильтровальщик, грохотовщик, сепараторщик, машинист ЗСУ отделения мокрой магнитной сепарации, машинист эксгаустера) и высокая (дробильщик, машинист конвейера цеха дробления, машинист крана участка КД, машинист мельниц) [1].

Выявленный уровень ПР определяет срочность принятия мер по его снижению, что в совокупности с вероятностью риска развития ПНСТ определяет приоритетность их разработки. Первоочередные меры необходимо внедрять для дробильщиков, машинистов мельниц, машинистов конвейера цеха дробления и машинистов крана участка крупного дробления. Для машинистов крана участка среднего и мелкого дробления, машинистов конвейера отделения сухой магнитной сепарации, фильтровальщика, грохотовщика, сепараторщика, машиниста эксгаустера и машиниста землесосной установки участка мокрой магнитной сепарации также в краткосрочный период требуется разработать профилактические меры (таблица 2).

Таким образом, в приоритетных профессиях обогатительного производства существует предполагаемый профессиональный риск от воздействия шума категорий от малого до высокого, что может выражаться как в проявлении признаков воздействия шума, так и в снижении слуха легкой степени, которая может вести к потере профессиональной трудоспособности. Это требует разработки мероприятий по сохранению здоровья работников.

Таблица 2 – Ранжирование рабочих мест по степени приоритетности разработки мероприятий в зависимости от уровня риска развития ПНСТ

Подразделение, профессия	Категория ПР и доказанности риска по Р 2.2.1766-03	Ранжирование степени приоритетности разработки мер				
		срочность мероприятий по Р 2.2.1766-03	баллы по			ранговое место
ПР	ПВШ		ПНСТ			
<i>Цех дробления:</i>						
<i>Дробильщик</i>	Высокий 1Б	Требуются неотложные меры	3	2	7	I
<i>Машинист конвейера</i>						
<i>Машинист крана (служба техобслуживания)</i>						
-участок крупного дробления	Высокий 1Б	Требуются неотложные меры	3	0	4	II
- участок среднего и мелкого дробления	Средний 1Б	Требуются меры в установленные сроки	2	1	0	IV
<i>Цех обогащения:</i>						
<i>Машинист конвейера</i>						
- отделение сухой магнитной сепарации	Средний 1Б	Требуются меры в установленные сроки	2	0	4	III
- участок обезвоживания и шихтовки	Малый 1 Б	Требуются меры по снижению риска	1	1	0	V
<i>Машинист мельниц</i>	Высокий 1Б	Требуются неотложные меры	3	2	7	I
<i>Фильтровальщик</i>	Средний 1Б	Требуются меры в установленные сроки	2	1	0	IV
<i>Грохотовщик</i>						
<i>Сепараторщик</i>						
<i>Машинист землесосной установки</i>						
- участок обезвоживания и шихтовки	Малый 1 Б	Требуются меры по снижению риска	1	1	0	V
- отделение мокрой магнитной сепарации	Средний 1Б	Требуются меры в установленные сроки	2	1	0	IV

<i>Машинист эксгаустера</i>			2	0	4	III
-----------------------------	--	--	---	---	---	-----

К приоритетным превентивным мерам по снижению риска развития ПНСТ, которые реально могут быть выполнены предприятиями и отражают индивидуальный адекватный подход к профилактике риска, относятся:

1. Использование средств индивидуальной защиты от шума (СИЗ): правильный подбор, обучение правилам применения, контроль применения, оценка эффективности СИЗ путем мониторинга индивидуальных доз шума с использованием двухканальных шумомеров.

2. Мониторинг эквивалентных уровней шума на рабочих местах и индивидуальная оценка риска от воздействия производственного шума для корректировки профилактических мероприятий.

3. Формирование группы повышенного риска с учетом результатов оценки риска, прогнозных моделей развития ПНСТ с целью мониторинга состояния здоровья, включая обязательное проведение аудиометрического исследования в рамках профилактических медосмотров и отслеживание динамики изменения аудиограмм с момента принятия работника и на протяжении его трудовой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости: методические рекомендации МЗ РФ. М. 2012. 28 с.

2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683.

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 г.: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.

4. Рабочее место – хорошая платформа для внедрения оздоровительных инновационных технологий / R. Eicinaite-Lingiene, A. Petrauskas, R. Raskeviciene, E. Valskis // Здоровье и безопасность на рабочем месте: сб. науч. тр. Минск: СООО Регистр, 2018. Т.1, вып. 2. С. 4-13.

5. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации / Н. Ф. Измеров, И. В. Бухтияров, Л. В. Прокопенко, Е. Е. Шиган // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 4-10.

**ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАПРЕТНОЙ ЗОНЫ ПРИ ЗАРЯЖАНИИ СКВАЖИН
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ
РАБОТ НА КАРЬЕРАХ**

**THE EFFECT OF VALUE OF EXCLUSION ZONES WHEN LOADING WELLS ON
THE EFFICIENCY AND SAFETY OF BLASTING OPERATIONS IN QUARRIES**

ЕРМОЛАЕВ А. И. ТЕТЕРЕВ Н. А., КУЗНЕЦОВ А. М.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Рассмотрено влияние размеров запретной зоны вокруг заряжаемых блоков на эффективность и безопасность ведения взрывных работ на карьерах.

Установлено, что с уменьшением радиуса запретной зоны величина простоев горного оборудования уменьшается, но не пропорционально изменениям величин запретной зоны.

Показано, что при применении 20 м запретной зоны обеспечивается приемлемый уровень безопасности. Однако для полного исключения механического контакта на ВВ и СИ необходимо учитывать возможное падение кусков горной массы из ковша экскаватора, движущегося транспорта, падение мачт горного оборудования, столбов, ЛЭП, работу грузоподъемных машин.

The influence of the size of the restricted area around the charged blocks on the efficiency and safety of blasting operations at the quarries is considered.

It is established that with the decrease in the radius of the forbidden zone, the value of downtime of mining equipment decreases, but not in proportion to changes in the values of the forbidden zone.

It is shown that the application of 20 m exclusion zone provides an acceptable level of security.

However, for the complete elimination of mechanical contact on the ВВ and СИ must take into account the possible fall of pieces of rock mass from the bucket of the excavator, moving vehicles, falling match mining equipment, poles, power lines, the work of lifting machines.

Ключевые слова: запретная зона, зарядание скважин, взрывчатые вещества (ВВ), средства инициирования (СИ), чувствительность ВМ, карьерный экскаватор, автосамосвал, железнодорожный транспорт.

Keywords: restricted area, loading wells explosive (BB), means of initiation (SI), the sensitivity of VM, mine excavator, dump truck, train transport.

При зарядании скважин на карьерах останавливается работа горного оборудования вблизи заряжаемого блока из-за ведения запретной зоны после доставки взрывчатых материалов (ВМ) на блок. Кроме того, согласно работе [1], в пределах запретной зоны запрещается находиться людям, не связанным с заряданием.

В запретную зону разрешается проход специалистов организации и работников контролирующих органов в сопровождении руководителя взрывных работ.

Размеры запретной зоны должны определяться в проекте (паспорте) буровых (взрывных) работ.

На открытых горных работах запретная зона должна составлять не менее 20 м от ближайшего заряда. Она распространяется как на рабочую площадку того уступа, на котором проводится зарядание, так и на ниже- и вышерасположенные уступы, считая по горизонтали от ближайших зарядов.

В указанных правилах безопасности методика расчета радиуса запретной зоны отсутствует. Поэтому непонятно, как определить размер этой зоны в проекте массового взрыва.

С целью установления влияния величины запретной зоны на простои экскаваторов был произведен расчет при работе экскаваторов на железнодорожный и автомобильный транспорт.

Объем взрывного блока 150 тыс. м³, размеры блока 500×20 м², трех-, четырехрядное взрывание скважин глубиной 18 м. Высота взрывающего уступа 15 м. Удельный расход ВВ на первичное дробление $q = 0,9$ кг/м³. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Величина простоев экскаваторов при различной величине запретной зоны при зарядании скважин

Применяемый транспорт	Простои экскаваторов при размерах запретной зоны смен				
	50 м	40 м	30 м	20 м	10 м
Железнодорожный	8-10	8-9	6-8	4-5	3-2
Автомобильный	4-5	3-4	3-4	2-3	1-2

Анализ данных расчетов, приведенных в таблице 1, показывает, что наибольшие простои имеют место при работе с железнодорожным транспортом и меньше в 1,5-2,0

раза при работе с автотранспортом. Простои при работе с железнодорожным транспортом возрастают за счет времени на демонтаж железнодорожных путей. С уменьшением радиуса запретной зоны величина простоев уменьшается, но не пропорционально изменению величины запретной зоны.

При широких рабочих площадках 50-70 м во время зарядания скважин запретная зона 20 м и практически незначительно влияет на простои оборудования на соседних блоках. С углублением отработки месторождений, широким развитием транспортных коммуникаций, при ширине рабочих площадок 30 м и даже 40 м, что характерно на современном этапе развития карьеров, когда подготовка одного массового взрыва производится в течение 1-3 дней и готовится к взрыву от 3 до 5 блоков, простои горнотранспортного оборудования значительно возрастают.

В условиях узких рабочих площадок < 30 м запретная зона при зарядании скважин перекрывает трассы движения автотранспорта, железнодорожные коммуникации, линии ЛЭП, в результате чего требуется производить до начала работ по заряданию скважин демонтаж коммуникаций, отгон оборудования из-за возможности повреждения их развалом и разлетом кусков горной массы.

Основными факторами механического воздействия на взрывчатые материалы при работе с ними на заряжаемом блоке может быть удар, трение, при которых наблюдается разогрев вещества, подвергающегося механическому воздействию. Химическое разложение ВВ под действием тепла при ударе и трении могут возникнуть лишь в том случае, если энергия механического воздействия обеспечит повышение температуры некоторого количества вещества до уровня необходимого для почти мгновенного воспламенения ВВ. Анализ [2, 3] показывает, что более чувствительны пористообразные ВВ, менее грубодисперсные, водосодержащие и гранулированные. Чувствительность неэлектрических средств инициирования при ударе не выше, чем у грубодисперсных, гранулированных ВВ [4].

Исследованиями [5] установлено, что даже в случае подрыва ДШ с помощью шаровых разрядов статического электричества при величине детонации 16 кВ и 50кВ последнего не наблюдалось.

Однако в любом случае для обеспечения производства работ на блоке и вблизи него необходимо полностью исключить возможность механического контакта как с ВВ, так и со средствами инициирования.

При проезде транспорта или при погрузке транспортных сосудов экскаватором возможно выпадение куска породы из думпкара, автосамосвала, ковша экскаватора.

Предположим, что кусок горной массы, лежащей на уровне верхней кромки, отделится от общей массы и получит движение в сторону заряжаемого блока с некоторой начальной скоростью v . Тогда расстояние, которое он преодолет, составит, м:

$$l = \sqrt{2hq} + \frac{v^2}{fq} \quad (1)$$

где v – начальная скорость движения автотранспорта, м/с;

q – ускорение свободного падения, м/с²;

h – высота падения тела, м;

f – коэффициент трения породы о породу.

С учетом параметров работающих экскаваторов, автосамосвалов и железнодорожных думпкаров на карьерах возможное расстояние перемещения куска породы представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Расстояние движения куска горной массы, выпавшего из ковша экскаватора или движущегося транспорта

Наименование оборудования	Высота падения, м	Скорость движения, м/с	Расстояние перемещения куска, м
Автосамосвал	3,5	5,6	6,3
Думпкар	3,0	11,1	15,0
Экскаватор ЭКГ-8	12,5	5,4	10,2

Как видно из данных расчетов, даже в случае движения думпкара со скоростью 40 км/ч (11,1 м/с) кусок породы, сорвавшись с кромки думпкара, покроет расстояние 15,0 м или 75 % двадцатиметрового расстояния. Однако во всех случаях транспортные сосуды должны быть загружены в соответствии с паспортами погрузки, утвержденными на карьерах, чтобы в любых самых неблагоприятных случаях исключить выпадение кусков за борт при проезде по установленным трассам.

Произведен расчет критической скорости движения автосамосвалов при движении по внутрикарьерным автодорогам вблизи заряжаемого блока. Предполагается, что в исключительных случаях движущийся автосамосвал теряет управление и начинает двигаться в сторону заряжаемого блока. Тормозной путь автосамосвала до его остановки [6], м:

$$S_{\text{торм}} = \frac{v_a^2}{3,6} (t_{\text{сум}} + k_3) \frac{v_a^2}{250\varphi_x}, \quad (2)$$

где $S_{\text{торм}}$ – тормозной путь, м;

v_a – начальная скорость движения автомобиля, км/ч;

$t_{\text{сум}}$ – суммарное время реакции водителя, начало срабатывания тормозов и увеличения замедления, с;

k_3 – коэффициент эффективности торможения ($k_3=1,3-1,4$ для грузовых автомобилей);

φ_x – коэффициент сцепления колес с дорожным покрытием.

Результаты расчетов тормозного пути автосамосвалов БелАЗ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет тормозного пути автомобиля при различной скорости движения на карьерных автодорогах

Скорость движения автомобиля, км/ч	Тормозной путь автомобиля при дорожном покрытии, м		
	сухой щебеночной дороги	сухой грунтовой, увлажненной щебеночной дороги	влажной грунтовой дороги
50	43,0	51,0	70,5
40	31,2	36,3	48,8
30	21,0	23,9	30,9
25	17,2	19,2	24,3
20	12,4	13,7	16,8
15	3,7	9,5	10,9
10	5,4	5,8	6,5

Как видно из таблицы 3, при скорости движения 20 км/ч при любом дорожном покрытии тормозной путь автомобиля будет меньше 20 м, т. е. его остановка до границ блока будет гарантирована. При выборе скорости движения железнодорожного транспорта у заряжаемого блока учитывалось состояние железнодорожных путей, их надежность, работоспособность. Анализ фактических данных работы транспорта свидетельствует, что на большинстве карьеров установлены следующие скорости движения локомотивосоставов, км/ч [6]:

На постоянных путях перегонов	До 40
На капитальных трениях при движении под уклон	20-25
На постоянных путях на участках кривых с радиусами до 300 м	20-25
На стационарных путях	15-20
На передвижных забойных и отвальных путях	10-15

Скорость движения железнодорожного транспорта, выбранная для проезда вблизи заряжаемого блока, должна обеспечивать безопасную (без аварий и сходов) работу локомотивосоставов, исключить случаи превышения тормозного пути и явления

«юза». В соответствии с вышеизложенным рекомендуется минимальное значение скорости движения локомотивосоставов вблизи заряжаемого блока, а именно 10 км/ч.

Для повышения безопасности движения транспорта у заряжаемого блока следует проводить строгую проверку соответствия состояния транспортных коммуникаций правилам технической эксплуатации.

При обнаружении несоответствия должны приниматься срочные меры по приведению их в технически исправное состояние.

При работе бурового станка СБШ-250, являющегося наиболее высоким из всех видов передвижного оборудования, предположим, что во время бурения его вблизи заряжаемого блока, мачта, имеющая высоту 14,8 м, сорвется во всех четырех точках крепления и упадет в сторону заряжаемого блока. Согласно основным законам теории машин и механизмов, при учете кинетической энергии вращающегося тела мачта бурового станка с учетом ее высоты преодолеет расстояние, равное 16,3 м от места бурения, что также меньше 20 м. А следовательно, даже такая авария на буровом станке не угрожает зарядам ВМ, находящимся в 20 м.

Высота столбов и опор ЛЭП значительно меньше, чем у станка СБШ-250. При высоте опоры, равной 3 м, расстояние ее падения будет равно 3,5 м, а при 5 м опоре - 6 м. Однако в мероприятиях по безопасности необходимо предусмотреть ограничение поворота крана в сторону заряжаемого блока и пронос груза через 20 м зону.

Таким образом, несмотря на высокий уровень безопасности при применении 20 м запретной зоны вокруг заряжаемого блока, при определении ее размеров необходимо полностью исключить возможность механического контакта с ВВ и СИ. Для этого необходимо учитывать возможное падение кусков горной массы из ковша экскаваторов, движущегося транспорта, падение мачт горного оборудования, столбов, опор ЛЭП, работу грузоподъемных машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральные норма и правила в области промышленной безопасности // Правила безопасности при взрывных работах / Утв. приказом Ростехнадзора №605.
2. Кук М. А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. М.: Наука, 1980. 453с.
3. Дубнов Л. В., Бахаревиц П. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества.– М.: Недра, 1973.–319с.
4. Бахтин Ф.С., Миснин Ю.М., Илюшин А.А. К вопросу о чувствительности детонирующего шнура ДШ-А к механическому импульсу // Безопасность труда в промышленности. 1965. №3. с.33-38.
5. Залесский П. С. Электризация пневмопроводов заряжающих устройств. // Горный журнал. 1969. №3. с.42-43.
6. Иларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля. –М.: Машиностроение. 1966.–120с.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И НАУЧНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ**

**THE INTERACTION SRO MEMBERSHIP AND RESEARCH ORGANIZATIONS
TO IMPROVE SAFETY OF ENGINEERING SURVEYS**

КАЮМОВА А. Н.
ФГБУН «Институт горного дела УрО РАН»

С 2010 года система государственного лицензирования отдельных видов деятельности, связанных с безопасностью объектов, жизни, здоровья и окружающей среды, трансформировалась. Полномочия контроля над работой профильных компаний (изыскателей, проектировщиков, застройщиков) перешли к саморегулируемым организациям, а сама государственная лицензия трансформировалась в так называемый допуск СРО. Саморегулируемые организации (СРО) создаются с целью регулирования и обеспечения деятельности членов в сфере создания безопасной и благоприятной среды жизнедеятельности человека и общества, защиты общества от непрофессиональных действий. Совместная деятельность СРО с научно-исследовательской организацией сначала воспринималась как очередное бюрократическое требование для допуска организации к определенному виду работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, но в настоящий момент, после 8 лет успешного сотрудничества, вклад СРО в обеспечение безопасности работ ощущается. Много сделано для обеспечения безопасности оказываемых услуг по инженерно-геодезическим и инженерно-геологическим изысканиям, проектной деятельности. В статье приведен пример успешного сотрудничества СРО с научной организацией.

The system of state licensing of certain activities related to the safety of facilities, life, health and the environment has been transformed since 2010. The powers of control over the work of specialized companies (surveyors, designers, developers) passed to self-regulatory organizations, and the state license itself was transformed into a so-called admission SRO. Self-regulatory organizations (SRO) are created to regulate and ensure the activities of members in the field of creating a safe and favorable environment for human and society, protecting society from unprofessional actions. The joint activities of the SRO with the research organization were initially perceived as another bureaucratic requirement for the admission of the organization to a certain type of work that affects the safety of capital

construction projects, but at the moment, after 8 years of successful cooperation, the contribution of the SRO to the safety of work is felt. Much has been done to ensure the safety of services provided by engineering and geodetic and geological engineering surveys, project activities. The article provides an example of successful cooperation of SRO with a scientific organization.

Ключевые слова: нормативная документация, инженерные изыскания, особо опасный объект, безопасность объекта строительства, безопасность жизни, саморегулируемая организация.

Keywords: standard documentation, engineering surveys, especially dangerous object, construction object safety, life safety, self-regulating organization.

Изыскания перед началом строительства выполняются с целью изучения природных условий и факторов техногенного воздействия для подготовки данных по обоснованию материалов для строительства и эксплуатации зданий или сооружений.

Инженерные изыскания для подготовки проектной документации должны обеспечивать получение:

- исходных данных для расчета оснований, фундаментов и конструкций;
- материалов о природных условиях территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция объектов капитального строительства, и факторах техногенного воздействия на окружающую среду, о прогнозе их изменения;
- материалов для оценки опасных процессов и явлений, разработки проекта инженерной защиты и мероприятий по охране окружающей среды объекта.

Институт горного дела УрО РАН проводит инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Ранее для проведения изысканий достаточно было иметь геодезическую и маркшейдерскую лицензию, начиная с 2010 года, организация для проведения изысканий должна быть членом СРО. СРО расшифровывается как саморегулируемая организация (например, СРО строителей, СРО изыскателей, СРО проектировщиков). За это время система государственного лицензирования отдельных видов деятельности, связанных с безопасностью объектов, жизни, здоровья и окружающей среды, трансформировалась. Полномочия контроля над работой профильных компаний (изыскателей, проектировщиков, застройщиков) перешли к саморегулируемым организациям, а сама государственная лицензия

трансформировалась в так называемый допуск СРО. В настоящее время свидетельство СРО также аннулировано, а документом, подтверждающим членство организации в СРО, является выписка из реестра членов СРО.

На практике это происходило следующим образом. В 2010 году ИГД для участия в тендере на научно-исследовательскую работу необходимо было получить допуск СРО. Что это такое, никто не знал, но допуск СРО очень был нужен. Впоследствии все участники рынка стали указывать допуск СРО как обязательный документ для поставщика услуг. У ИГД была возможность, а главное, ресурсы, которые соответствовали требованиям к соискателям в члены СРО, а именно:

- наличие высококвалифицированных специалистов;
- наличие имущества (зданий, сооружений, помещений, оборудования, прошедшего метрологическую аттестацию, приборов и лицензионного программного обеспечения), достаточного для выполнения инженерных изысканий;
- наличие необходимой документации.

В настоящее время ИГД УрО РАН является членом СРО «Союзатомгео» и СРО «Региональная Проектная организация». С 2010 по 2018 гг. требования к членам СРО дополнились, но основной состав остался тем же. Требования к членам СРО трактовались требованиями нормативно-правовых документов, таких как Градостроительный кодекс РФ, Трудовой кодекс РФ, Федеральный закон Российской Федерации от 01.12.2007 № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях». Саморегулируемой организацией признается некоммерческая организация, созданная в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации и Федеральным законом от 12 января 1996 года N 7-ФЗ «О некоммерческих организациях», к ней, соответственно тоже предъявляется ряд требований:

- СРО должно объединять субъектов предпринимательской деятельности, исходя из единства отрасли производства товаров (работ, услуг) или рынка произведенных товаров (работ, услуг), либо объединять субъекты профессиональной деятельности определенного вида;
- объединение в составе СРО в качестве ее членов не менее 25 субъектов предпринимательской деятельности или не менее 100 субъектов профессиональной деятельности определенного вида;
- наличие стандартов и правил предпринимательской или профессиональной деятельности, обязательных для выполнения всеми членами СРО;

- обеспечение саморегулируемой организацией дополнительной имущественной ответственности каждого ее члена перед потребителями произведенных товаров (работ, услуг);

- некоммерческая организация приобретает статус саморегулируемой организации с даты внесения сведений о некоммерческой организации в государственный реестр саморегулируемых организаций.

СРО создаются с целью регулирования и обеспечения деятельности членов в сфере создания безопасной и благоприятной среды жизнедеятельности человека и общества, защиты общества от непрофессиональных действий. Основными целями деятельности СРО являются:

- предупреждение причинения вреда жизни или здоровью физических лиц, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, вследствие недостатков работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства и выполняются членами СРО;

- формирование благоприятной для жизни и деятельности человека и общества среды на территории РФ;

- повышение качества всех видов работ, выполняемых членами СРО;

- содействие в возмещении вреда в случае его причинения членами СРО вследствие недостатков работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства;

- качественная профессиональная подготовка работников членов СРО;

- разработка и утверждение нормативных документов СРО, обязательных для всех ее членов, контроль соблюдения членами СРО;

- обеспечение исполнения членами СРО обязательств по договорам подряда, заключенным с использованием конкурентных способов определения исполнителей в соответствии с законодательством Российской Федерации,

- создание условий для увеличения конкурентоспособности членов СРО.

Совместная деятельность СРО с научно-исследовательской организацией сначала воспринималась как очередное бюрократическое требование для допуска организации к определенному виду работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, но в настоящий момент, после 8 лет успешного сотрудничества, вклад СРО в обеспечение безопасности работ ощущается. Многие сделано для обеспечения безопасности оказываемых услуг по инженерно-

геодезическим и инженерно-геологическим изысканиям, проектной деятельности, в частности:

- создана локальная документация, обеспечивающая безопасность проведения работ, в соответствии с правилами и стандартами СРО, разработка которых ведется на основе имеющейся нормативно-технической базы и не противоречит действующему законодательству РФ;

- с 2012 года в Институте разработана, действует и постоянно совершенствуется система менеджмента качества, что подтверждается сертификатом международного уровня;

- в Институте создаются условия для кадров высшей квалификации как исполнителей работ, проходящих повышение квалификации каждые 5 лет, так и руководителей работ, проходящих аттестацию на соответствие занимаемой должности;

- Институт имеет полис страхования гражданской ответственности за причинение вреда жизни или здоровью физических лиц, имуществу физических или юридических лиц вследствие недостатков, допущенных членом СРО при выполнении работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, повлекшее возникновение обязанности возместить причиненный вред.

Это все является следствием вступления ИГД УрО РАН в члены СРО, выполнением требований и правил саморегулируемой организации. Как уже было сказано выше, СРО не только объединяет профильные организации, но и имеет функции органа контроля деятельности своих членов. Контроль за осуществлением членами саморегулируемой организации предпринимательской или профессиональной деятельности проводится СРО путем проведения плановых и внеплановых проверок. Предметом плановой проверки является соблюдение членами саморегулируемой организации требований стандартов и правил саморегулируемой организации, условий членства в саморегулируемой организации.

На практике взаимодействие СРО с ИГД УрО РАН в части выполнения функции надзора и контроля осуществляется следующим образом: отчеты о работе за год – ежегодно, приказы и распоряжения о введении в действие нового нормативного документа – постоянно, обучение специалистов, повышение квалификации в соответствии с планом и по программам, разработанным по требованиям СРО. Некоторые СРО, осознавая большой объем работы, создают свои учебные центры и органы по сертификации систем менеджмента качества, аккредитованные Федеральной службой по аккредитации (Росаккредитация).

Динамика развития СРО показывает, что деятельность саморегулируемых организаций повышает безопасность работ в целом и оказывает влияние на улучшение процессов в организации-члене СРО. В этой статье говорится о добросовестных СРО, способных поддержать деятельность своих членов, сохранить и приумножить денежные средства, ежегодно направляемые в компенсационные фонды, созданные в целях обеспечения имущественной ответственности членов СРО по обязательствам, возникшим вследствие причинения вреда личности или имуществу гражданина, имуществу юридического лица вследствие разрушения, повреждения здания, сооружения либо части здания или сооружения, либо неисполнения или ненадлежащего исполнения ими обязательств по договорам подряда на выполнение работ (например инженерных изысканий), заключенным с использованием конкурентных способов заключения договоров. Номинально существует ряд недобросовестных СРО, которые не выполняют своих функций, в частности, известны случаи утраты компенсационных фондов.

УДК 331.41

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

THE NEED FOR CONTROL IN ORGANIZATIONS

КИЛИН Ю. Ф.¹, КОЗЛИНЕЕВА Л. В.¹, МУХАЧЕВА Л. В.², ГУЛЯЕВ Д. А.²

¹ ООО «Стандарт Урал», г. Екатеринбург

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

В статье приведено сравнение результатов производственного контроля и специальной оценки условий труда. Проанализированы необходимость проведения процедуры производственного контроля, а также последствия для работодателя в случае его непроведения.

The article presents a comparison of the results of production control and special assessment of working conditions. The necessity of carrying out the procedure of production control, as well as the consequences for the employer in case of its failure is analyzed.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, производственный контроль, производственные факторы, ответственность.

Keywords: special assessment of working conditions, production control, production factors, responsibility.

В последнее время работодателям ужесточили меры наказаний за нарушения требований охраны труда на предприятиях. Многие организации скрывают производственные профессии и оставляют только офисные должности, предполагая, что кроме специальной оценки условий труда (СОУТ) для офисных работников ничего больше не понадобится. После прохождения проверок надзорными органами и получая акты проверки и предписания, работодатели видят пункт нарушения - отсутствие производственного контроля (ПК), возникает вопрос: «Зачем? Спецоценка проведена, а это одно и то же».

Рассмотрим сравнение производственного контроля и специальной оценки условий труда подробнее. Если про специальную оценку условий труда знают все работодатели без исключения, то про производственный контроль многие даже не подозревают и никогда не слышали.

Производственный контроль – это контроль за соблюдением санитарных норм и правил, гигиенических нормативов и выполнением санитарно-противоэпидемических мероприятий.

Обязанность по организации и осуществлению производственного контроля лежит на всех работодателях, в соответствии со статьей 11 Федерального закона от 30.03.99 № 52-ФЗ в редакции от 29 июля 2017 года. На первый взгляд производственный контроль – это осуществление замеров вредных факторов рабочей среды, другими словами: дублирование специальной оценки условий труда и тех же самых замеров. Так в чем же различие?

В первую очередь СОУТ и ПК контролируются разными надзорными органами. СОУТ контролируется Государственной инспекцией труда, а ПК – Роспотребнадзором. Даже если в СОУТ И ПК есть нарушения по одинаковому пункту нормативно-правовой базы – ответственность или штраф будет вынесен и Государственной инспекцией труда и Роспотребнадзором, при проведении соответствующих проверок.

Следующий немаловажный фактор – периодичность проведения лабораторных исследований факторов производственной среды. Специальная оценка условий труда проводится 1 раз в 5 лет.

В производственном контроле периодичность проведения лабораторных исследований определяется исходя из составленной программы производственного контроля.

Так как большинство работодателей уверены, что производственный контроль дублирует информацию и мероприятия со специальной оценки условий труда, сравним в таблице все мероприятия, указанные в специальной оценке условий труда и в производственном контроле.

Исходя из сравнительной таблицы, можно обоснованно сказать, что необходимость проведения обоих мероприятий очевидна. Каждый работодатель несет ответственность за создание здоровых и безопасных условий труда, и прежде всего это ответственность за работников. Каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда и санитарно-эпидемиологическим нормативам [1].

Специальная оценка условий труда и производственный контроль взаимно дополняют друг друга, работодатель получает полную картину рабочего места, знает все негативные факторы, влияющие на здоровье и работоспособность работника, и может контролировать рабочий процесс.

Если работник часто травмируется или болеет, встает вопрос о его профессиональной пригодности, так как рабочее место проверено и соответствует государственным требованиям безопасности, а значит, микротравм и профессиональных заболеваний быть не должно.

Сравнение мероприятий СОУТ и ПК

Наименование мероприятия	Специальная оценка условий труда	Производственный контроль
Информативные данные	+	+
Производственные факторы, которые присутствуют на рабочем месте:		
Электромагнитное поле (неионизирующие излучения)	+	+
Параметры световой среды	+	+
Производственный шум	-	+
Сенсорные нагрузки	-	+
Возможно ли превышение ПДК и ПДУ	+	-
Вакцинопрофилактика	-	+
Медицинский осмотр	+	+
Мероприятия, не допускающие нарушений безопасности для человека и методы контроля	-	+
Формы и виды отчетности в надзорные органы	-	+
Возможные аварии	-	+
Рекомендации по подбору персонала	+	-

Также работодатель страхует себя от административно-уголовных наказаний. Экономически выгоднее выделить средства на проведение этих мероприятий (на СОУТ требуются средства 1 раз в 5 лет), чем при проведении проверок надзорными органами, будет установлено, что СОУТ и ПК не проведены. В результате того, что не организованы и не проведены установленные законом процедуры, будут наложены административные взыскания, и в том числе будут вынесены предписания на устранение этих нарушений. Работодатель понесет финансовые потери и при наложении административного взыскания, и при выполнении предписания об устранении этих нарушений.

Специальная оценка условий труда и производственный контроль – базовые и первостепенные мероприятия в системе управления охраной труда в каждой организации.

На основании информации и результатов этих мероприятий выстраивается политика в области охраны труда и управления профессиональными рисками, все это отражается на снижении риска возникновения травм и несчастных случаев, минимизации профессиональных заболеваний и, как следствие, повышении эффективности труда [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
2. Токмаков В. В., Килин Ю. Ф., Кузнецов А. М. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. Екатеринбург, 2018. 271 с.

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫЕ КАЧЕСТВА СПАСАТЕЛЯ
PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF THE RESCUER

МУХАЧЕВА Л. В.¹, БАТАНИН Ф. К.¹, ХАБИБУЛЛИН Р. З.², КУКОВЯКИН И. В.²

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

² ФГУП «ВГСЧ» Филиал ВГСО Урала

В статье детально проанализирована структура профессионально важных качеств спасателей. Обоснована организация и проведение психологической подготовки спасателей в процессе их трудовой деятельности.

The article details the structure of professionally important qualities of rescuers. The organization and carrying out of psychological training of rescuers in the course of their work activity is proved.

Ключевые слова: спасатели, адаптация, аварийно-спасательные работы, психологические качества, медицинские (физиологические) качества, эргономические качества, социально-психологические качества, инженерно-психологические качества.

Keywords: rescue, adaptation, rescue work, psychological quality, medical (physical) quality, ergonomic quality, socio-psychological quality, engineering and psychological quality.

Профессиональная деятельность спасателей предъявляет высокие требования к их профессионально важным качествам [1]. Правильность этого вывода подтверждается многочисленными случаями несоответствия профессионально важных качеств спасателей, стоящими перед ними задачами при проведении работ по ликвидации крупных ЧС последних лет (авария на Чернобыльской АЭС, землетрясения в Армении, Нефтегорске, железнодорожная авария под Уфой и др.). Это несоответствие проявлялось в виде растерянности, а подчас и полного непонимания ими сложившейся обстановки. Принимаемые решения зачастую были непродуманными, носили стереотипный характер и иногда приводили к неоправданным потерям. Спасатели нередко оказывались неспособными к выполнению аварийно спасательных работ (АСР) в условиях экстремальных физических и психических нагрузок. Их поведение характеризовалось зависимостью от воздействия психотравмирующих условий ЧС. В результате этого профессиональная деятельность

ряда спасателей не соответствовала требованиям сложившейся обстановки, резко снижалась их работоспособность, среди данной части спасателей росло число физических и психических травм, что не только делало бессмысленным их дальнейшее участие в проведении АСР, но и требовало привлечения дополнительных сил и средств для оказания им всесторонней помощи.

С целью устранения указанных недостатков научными работниками МЧС России был проведен ряд исследований по определению профессионально важных качеств спасателей, то есть тех индивидуальных психологических свойств, которые позволяют спасателям быстро, эффективно и качественно выполнять свои профессиональные обязанности в различных условиях, в том числе и при ликвидации ЧС. В основу этих исследований было положено изучение механизмов отрицательного влияния условий профессиональной деятельности спасателей (прежде всего связанных с ликвидацией различных ЧС), и выявление тех человеческих качеств, которые позволяют избежать или свести до минимума это влияние.

В результате проведения указанных исследований была определена структура профессионально важных качеств спасателей [1]:

- психологические;
- медицинские (физиологические);
- эргономические;
- социально-психологические;
- инженерно-психологические.

Рассмотрим профессионально важные качества спасателей по каждой из названных групп.

К группе психологических относятся такие качества спасателей, как внимание, память, мышление, воля и самоотношение.

Наличие такого качества, как внимание, позволяет спасателям осуществлять контроль за соблюдением порядка деятельности, работой технических средств, изменениями обстановки в зоне ЧС.

При этом наиболее важными характеристиками внимания являются объем, устойчивость и переключаемость. Недостаточный уровень развития качества внимания у спасателей может привести к нарушениям порядка выполнения работ, ошибкам, ослаблению контроля в процессе деятельности, которые, в свою очередь, могут повлечь за собой травматизм и выход из строя технических средств. Память позволяет

спасателям использовать на практике имеющийся опыт, знания, умения и навыки в реальных условиях выполнения АСР.

Качество мышления определяет способность спасателей к принятию обоснованных решений, связанных с необходимостью учета при выполнении АСР изменений, происходящих в условиях ЧС.

Конечные результаты выполнения работ по ликвидации ЧС и работоспособность спасателей находятся в зависимости от таких аспектов деятельности, как прогнозирование развития событий с учетом их вероятности, определение характера и объема информации, необходимой для принятия решения, выявление и анализ основных взаимосвязей, характеризующих проблему.

Эти и другие аспекты деятельности спасателей определяются характеристиками мышления, к числу которых относятся продуктивное и репродуктивное (математическое) мышление, а также свойства речи.

Возможные последствия недостаточного развития характеристик мышления, наряду с указанными для внимания и памяти, могут также вызвать неспособность специалистов к своевременному принятию решений и затруднения при адаптации специалистов к условиям ЧС.

Качество воли и его характеристики играют решающую роль в формировании устойчивости спасателя к воздействиям поражающих факторов и психотравмирующих условий ЧС. От уровня развития характеристик воли зависит также способность спасателя действовать в условиях, связанных с риском для здоровья и жизни. Наиболее важной характеристикой рассматриваемого качества, определяющей характер поведения спасателя в ходе выполнения работ по ликвидации ЧС, является эмоционально-волевая устойчивость, под которой следует понимать не отсутствие у человека эмоций, а соответствующую условиям степень эмоционального возбуждения.

Значение качества воли для спасателей подтверждается также экспериментальными данными, согласно которым за счет оптимального уровня эмоционально-волевой устойчивости может быть полностью компенсировано недостаточное развитие других психологических профессионально важных качеств спасателя. Недостаточный уровень развития у спасателя волевых характеристик может вызвать повышенную восприимчивость к воздействиям психотравмирующих условий ЧС и даже к полной неспособности действовать в условиях ЧС, которая может проявляться в форме паники или полного бездействия, затрудненную адаптацию, психические и физические травмы и расстройства [2].

Еще одним важным условием успешного выполнения спасателями АСР в ЧС является их уверенность в собственных возможностях, способность к самостоятельному выполнению профессиональных обязанностей. Данное условие зависит от характеристик самоотношения спасателя, к числу которых относятся самооценка и уровень самоконтроля.

Под самооценкой понимается способность объективно оценивать результаты своей деятельности, а под уровнем самоконтроля — умение действовать в расчете только на собственные силы, а также самостоятельно отвечать за свои поступки.

Низкий уровень развития у спасателя характеристик самоотношения может повлечь за собой его неспособность к самостоятельным действиям и снижение работоспособности при выполнении сложных и ответственных задач.

Медицинская (физиологическая) группа профессионально важных качеств в целом характеризует степень соответствия возможностей организма спасателя содержанию и условиям выполнения АСР. Качества данной группы всесторонне характеризуют состояние функциональных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, костно-мышечной и органов чувств). Кроме того, оценка характеристик качеств рассматриваемой группы позволяет выявить у специалистов наличие патологий, препятствующих выполнению профессиональных обязанностей в условиях ЧС.

Основные характеристики медицинских (физиологических) качеств спасателей, а также характер их влияния на работоспособность и конечные результаты выполнения АСР являются прерогативой работников медицинской службы, поэтому их подробное рассмотрение является нецелесообразным.

Несоответствие характеристик медицинских (физиологических) качеств спасателей норме влечет за собой психические и физические нарушения, ведущие к частичной или полной невозможности выполнения спасателем своих обязанностей.

Не вызывает сомнений тот факт, что в современных условиях выполнение спасателями работ по ликвидации ЧС невозможно без применения широкого диапазона технических средств различного назначения. В этой связи особую значимость приобретают профессионально важные качества спасателей, объединенные в эргономическую группу, так как от их характеристик зависит эффективность, качество и надежность работы спасателя при взаимодействии с техническими средствами.

К эргономической группе относятся такие качества состояния центральной нервной системы, как монотонная устойчивость, импульсивность (рефлексивность).

Достижения современной науки по исследованию взаимодействия человека с техническими средствами при выполнении различных видов профессиональной деятельности свидетельствуют о том, что наиболее информативным для прогнозирования эффективности такого взаимодействия является профессионально важное качество, характеризующее состояние центральной нервной системы человека. В случае, когда значения характеристик данного качества находятся на оптимальном уровне, взаимодействие человека и технического средства протекает с высокой степенью реализации потенциала последнего. Если же уровень развития характеристик рассматриваемого качества оказывается недостаточным, то у спасателей могут возникать психические и физические расстройства и травмы, ведущие к резкому снижению качества и темпа выполнения работы, а порой и к полной неспособности выполнения своих обязанностей.

Необходимо отметить, что взаимодействие спасателя с техническими средствами в процессе выполнения АСР может быть продолжительным и однообразным с точки зрения содержания выполняемых работ. Учет указанных особенностей осуществляется через качество монотонной устойчивости, характеризующей способность спасателя эффективно выполнять однообразную работу в течение длительного времени.

Процесс выполнения АСР в ЧС является сложным процессом и наряду с эффективной работой каждого спасателя требует их успешного взаимодействия в ходе совместного проведения работ, а также предполагает наличие определенных взаимоотношений между спасателями и местным населением, оказавшимся в зоне бедствия (очаге поражения). Способности спасателей к различным взаимоотношениям определяются профессионально важными качествами социально-психологической группы. Из качеств данной группы важными для спасателей являются когнитивный стиль и коммуникабельность.

Когнитивный стиль определяет следующие особенности деятельности спасателей:

- способность отвлечься от внешних условий в процессе деятельности;
- умение выделять в ситуации существенные, а не наиболее заметные черты;
- ориентация при принятии решения на объективную ситуацию, а не на имеющиеся знания и опыт, если они вступают в противоречие;
- ориентация на постоянный контакт (взаимодействие) с другими людьми.

При недостаточном уровне развития у спасателей характеристик когнитивного стиля наиболее существенными негативными последствиями могут быть нарушения внутригруппового и межгруппового взаимодействия, неспособность спасателя к самостоятельным действиям, постоянная потребность в руководстве и посторонней помощи в процессе решения профессиональных задач.

Коммуникабельность характеризует такие особенности поведения и деятельности спасателей, как направленность на общение и интерес к людям.

Еще одну группу профессионально важных качеств спасателей составляют инженерно-психологические качества. С их помощью осуществляется учет операторской составляющей деятельности спасателя, которая проявляется при работе с пультами управления техническими средствами, контрольно-измерительной аппаратурой и т. д. К инженерно-психологической группе отнесено качество состояния опорно-двигательной системы и его характеристики.

Состояние опорно-двигательной системы определяется следующими характеристиками: координация движений, быстрота двигательных реакций, точность двигательных реакций и тремор.

Недостаточный уровень развития указанных характеристик может привести к частичной, а иногда и полной неспособности выполнения деятельности.

Таким образом, первичная оценка уровня развития рассмотренных профессионально важных качеств и их характеристик осуществляется на стадии комплектования спасательных частей и подразделений личным составом в рамках психологического отбора. Однако рассмотренные профессионально важные качества в процессе службы необходимо постоянно развивать и совершенствовать. С этой целью в системе МЧС организована система психологической подготовки спасателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Положение о проведении аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя (утв. Постановлением Правительства РФ от 22 декабря 2011 г. № 1091).
2. Приказ МЧС России от 9 июня 2017 г. № 251 "Об утверждении Устава военизированной горноспасательной части по организации и ведению горноспасательных работ".

ТУШЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ АКТИВНЫМ СПОСОБОМ

EXTINGUISHING UNDERGROUND FIRES ACTIVE WAY

МУХАЧЕВА Л. В¹, БАТАНИН Ф. К¹, ХАБИБУЛЛИН Р. З², ХАБИБУЛИНА М. В¹

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

² ФГУП «ВГСЧ» Филиал ВГСО Урала

В статье приведены способы тушения подземных пожаров. Наиболее подробно рассмотрено активное тушение, а также вентиляционные режимы при тушении пожаров.

The article presents methods of extinguishing underground fires. More detail active quenching and ventilation modes when fire fighting.

Ключевые слова: пожар, тушение, изоляция горных выработок, огнетушители, крепь, перемычка, дегазация, вентиляция, реверсирование.

Keywords: fire, extinguishing, isolation of mine workings, fire extinguishers, support, jumper, degassing, ventilation, reversal.

При пожаре в шахте спасательные работы и эвакуация людей из шахты не должны задерживать осуществление первоочередных мер по локализации и тушению очагов загорания. Подавление пожара не должно создавать угрозы эвакуируемым и выполняющим эти работы людям.

Руководитель ликвидации аварии и руководитель горноспасательных работ, отправив первые отделения военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ) [2-3] в шахту по плану локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛА), обязаны выполнить следующее [1]:

- оценить режим проветривания и по возможности направить продукты горения, минуя скопления людей;
- установить все возможные подходы к очагам горения по действующим и отработанным выработкам, скважинам, провалам и др.;
- выбрать способ тушения очагов загорания и рассчитать параметры проветривания пожарного участка;
- определить объемы и места размещения сил и средств для локализации и тушения пожара.

Тушение подземных пожаров осуществляется следующими способами:

- активное тушение – непосредственное воздействие на очаг горения огнегасительными веществами или дистанционная подача в зону горения воды, пены, других огнегасительных веществ по трубопроводам, скважинам или по подводящим выработкам;
- изоляция горных выработок, в которых действует пожар, перемычками и другими изолирующими сооружениями для прекращения доступа свежего воздуха к очагам горения;
- комбинированный способ – временная изоляция пожарного участка перемычками с последующим их вскрытием и тушением пожара активным способом.

На всех стадиях тушения подземного пожара, для ограничения его активности и снижения скорости распространения по горным выработкам, необходимо осуществлять меры по его локализации. В качестве первоочередных мер, независимо от выбранного способа тушения, применяются следующие способы локализации пожара:

- сокращение расхода воздуха, поступающего к очагам горения;
- установка водяных завес и создание преград на пути распространения пожара (установка временных перемычек, закрытие противопожарных дверей и др.);
- местное реверсирование вентиляционной струи;
- удаление горючего материала из зоны горения или на пути распространения пожара;
- сочетание вышеперечисленных способов локализации.

К тушению пожаров в стволах, шурфах и других выработках, имеющих выход на поверхность, а также в надшахтных зданиях должны привлекаться подразделения пожарной охраны. Взаимодействие ВГСЧ и подразделений пожарной охраны при тушении пожаров определяется ПЛА или по планам взаимодействия.

Активный способ тушения подземного пожара применяется в случаях, когда имеется возможность для непосредственного воздействия на очаг пожара огнетушителями, водой, пенными установками и другими средствами пожаротушения.

Тушение пожара непосредственным воздействием на очаг должно осуществляться со стороны поступающей к очагу струи воздуха. Одновременно руководитель горноспасательных работ обязан принять меры по локализации пожара со стороны исходящей струи и других мест возможного распространения огня путем устройства водяных завес, пенных «пробок», удаления деревянных элементов крепи,

установки временных огнестойких перемычек и др., если эти мероприятия не повлияют на изменение проветривания аварийного участка [2].

Допускается тушение пожара со стороны исходящей струи воздуха при расположении очага вблизи выработок со свежей струей и при возможности вести такие работы по условиям задымленности и температуры.

В целях более близкого подхода к очагу пожара со стороны исходящей струи воздуха в условиях высокой температуры работы можно выполнять в газотеплозащитных костюмах или же производить местное реверсирование вентиляционной струи.

В ходе тушения широко распространившегося пожара следует использовать все имеющиеся к нему подходы, чтобы предупредить распространение огня в другие выработки. Если к очагу нельзя подойти по имеющимся выработкам, то для оконтуривания и тушения пожара при необходимости прокладываются специальные выработки или восстанавливаются старые.

Для предупреждения распространения пожара по пустотам за крепью выработок необходимо извлекать из пустот горючие материалы, устанавливая в них водяные или пенные завесы, заполнять пустоты гипсом, пенобетоном и другими негорючими материалами.

При непосредственном тушении пожара необходимо предусмотреть меры, предотвращающие обрушение пород и высыпание горящих масс, которые могут преградить выход отделению с места работы.

При тушении пожаров в камерах в зависимости от их назначения руководитель горноспасательных работ и командиры-исполнители заданий обязаны предусмотреть выполнение следующих мероприятий [3]:

- из складов взрывчатых материалов вынести взрывчатые вещества, в первую очередь детонаторы. При тушении ВВ следует применять распыленную воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применение песка и кошмы запрещается. Если тушение ВВ активным способом невозможно (высокая температура и т.п.), то необходимо закрыть противопожарные двери склада и удалиться в безопасное место;

- в лебедочных камерах, чтобы предотвратить возможность обрыва канатов в уклонах и бремсбергах от нагрева, необходимо закрепить грузовую и порожняковую ветви ниже очага пожара.

Выпуск горящего угля и породы осуществляют, как правило, в вагоны, а горящую массу заливают водой.

Горящие жидкости тушат огнетушащим порошком, пеной, песком, инертной пылью или распыленной водой.

Тушить горящие элементы электровозных батарей необходимо в защитных очках на случай разбрызгивания электролита. Батарею, находящуюся на зарядке, необходимо предварительно отключить, при возможности рассоединить перемычки секций внутри батареи. Тушение батареи производится огнетушащими порошками, песком, инертной пылью.

Тушение горящих кабелей, электродвигателей, пускателей и другого электрооборудования осуществляется после отключения электроэнергии. Тушение оборудования, находящегося под напряжением, допускается только огнетушащими порошками, песком или инертными газами.

Если к моменту прибытия ВГСЧ на аварийный участок пожар принял такие размеры, что имеющимися средствами потушить его невозможно, в первую очередь принимаются меры по локализации пожара со стороны исходящей струи воздуха.

Если на пути распространения пожара имеется сопряжение с выработкой, подающей свежую струю воздуха (подсвежение), то для предотвращения возникновения вторичных очагов пожара в этом месте устанавливается водяная завеса для охлаждения газообразных продуктов горения или же устраняется подсвежение.

При тушении или локализации пожаров в вертикальных выработках с восходящей струей воздуха распыленной водой, подаваемой с поверхности, необходимо контролировать в околоствольном дворе направление и скорость поступающей в ствол вентиляционной струи на случай возможного ее опрокидывания. При появлении признаков опрокидывания подача воды в ствол уменьшается.

При установке водяных завес необходимо принять меры по исключению возможности обхода завесы нагретыми газами по куполам или пустотам за крепью горной выработки.

Для предотвращения ожогов и теплового травмирования респираторщиков в результате парообразования при тушении пожара запрещается:

- подача воды в очаг, когда на исходящей из очага пожара струе воздуха выполняется разведка или другие работы;
- подача водяной струи в центр очага горения при непосредственном тушении пожаров в тупиковых забоях, камерах, других слабо проветриваемых выработках.

Допускается подача воды в очаг пожара из водоразбрызгивателей, стволов или пожарных пик, установленных стационарно, при условии отсутствия людей вблизи очага и на исходящей струе воздуха.

Для предотвращения обильного парообразования и возможного при этом взрыва водорода струю воды следует направлять не в центр очага, а по периферии для постепенного снижения температуры очага пожара.

Для одновременного воздействия на очаги широко распространившегося по горным выработкам пожара следует применять методы дистанционного объемного тушения огнегасительным порошком, воздушно-механической или инертной пеной.

При тушении пожара в шахте должен быть установлен режим вентиляции, снижающий активность пожара и создающий условия для его тушения, а также предотвращающий скопление горючих газов до взрывоопасных концентраций и распространение газообразных продуктов горения в места нахождения людей.

При тушении пожаров в шахтах рекомендуются следующие вентиляционные режимы:

- прекращение проветривания горящих выработок пожарного участка;
- сохранение режима проветривания выработок пожарного участка, существовавшего до возникновения пожара;
- увеличение или уменьшение расхода воздуха, поступающего к очагу пожара, при сохранении существовавшего направления вентиляционной струи;
- реверсирование (опрокидывание) вентиляционной струи с сохранением, увеличением или уменьшением расхода воздуха, поступавшего по выработкам до возникновения пожара;
- закорачивание вентиляционной струи в нормальном или реверсивном режиме проветривания.

Выбор вентиляционного режима в ПЛА и на дальнейших этапах тушения пожара определяется степенью опасности шахты по газу метану и взрывчатости угольной пыли и возможностями ее вентиляционной сети. При этом следует учитывать также фактические условия аварийной обстановки, место возникновения пожара и скорость его распространения, величину и направление естественной и тепловой депрессии. Принятый вентиляционный режим должен быть устойчивым и управляемым. До полного вывода людей из аварийной зоны изменение предусмотренного ПЛА вентиляционного режима запрещается.

Для спасения людей при пожарах и взрывах в надшахтных зданиях воздухоподающих стволов, в стволах со свежей струей воздуха, околоствольных дворах и примыкающих к ним главных воздухоподающих выработках наиболее эффективным является реверсирование вентиляционной струи в масштабе всей шахты. Реверсирование вентиляционной струи осуществляется после полного отвода людей из аварийной зоны по маршрутам с минимальной длиной загазированных выработок.

При пожарах и взрывах в пределах выемочных полей (панелей) и в выработках с исходящими струями (вентиляционные выработки горизонта, крыла или шахты в целом, шурфы, вентиляционные сбойки, воздуховыдающие стволы и их надшахтные здания) сохраняется существующее направление вентиляционной струи с неизменяемым уменьшенным или увеличенным расходом воздуха.

В ходе тушения подземного пожара должен осуществляться непрерывный контроль за содержанием горючих газов (метан, окись углерода, водород и др.), кислорода и других параметров пожара, предусмотренных оперативным планом ликвидации аварии (температура и расход воздуха в выработках пожарного участка). В газовых шахтах следует рассчитывать и контролировать содержание метана в поступающей к очагу пожара струе воздуха. Если содержание метана у места тушения пожара достигнет 2 %, все люди, в том числе горноспасатели, должны быть выведены из опасной зоны, а для тушения пожара должен быть применен способ, обеспечивающий безопасность работ.

Места, порядок и периодичность отбора проб воздуха, замеры его расхода и температуры устанавливаются оперативным планом ликвидации аварии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы.
2. Приказ МЧС России от 9 июня 2017 г. № 251 "Об утверждении Устава воензированной горноспасательной части по организации и ведению горноспасательных работ".
3. Наставление по тактико-технической подготовке рядового и командного состава ВГСЧ. Утверждено Приказом ФГУП «ВГСЧ» от «20» июня 2012 г. № 450.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА КАЧЕСТВО ВОДЫ В КОСОБРОДСКОМ РОДНИКЕ**

**ESTIMATION OF INFLUENCE OF THE METALLURGICAL PRODUCTION
ON THE QUALITY OF THE WATER IN THE KOSOBRODSKY RILL**

РЫЧКОВА В. М.,¹ ЕЛОХИН В. А.,¹ АРЗАМАСЦЕВ В. А.²

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

² ООО НПФ «ГеоС»

Приведены результаты мониторинговых наблюдений, выполненных на Кособродском роднике. Дана качественная характеристика состава воды. Установлено, что основными факторами, определяющими состав и качество воды, являются геологические факторы.

The results of monitoring observations in the Kosobrodsky rill are given. Given the qualitative characteristics of the composition of water. It has been established that the main factors determining the composition and quality of water are geological factors.

Ключевые слова: родник, качество воды, загрязнение, корреляционный анализ, кластерный анализ, факторный анализ.

Keywords: pollution, correlation analysis, cluster analysis, factor analysis.

Объекты ПАО «Северский трубный завод» расположены компактно на правобережном водораздельном склоне долины реки Северушки на участке от промплощадки завода до Кособродского автодорожного моста.

Район мониторинговых работ относится к бассейнам грунтовых вод зон трещиноватости палеозойского комплекса пород восточного склона Урала. Территория в целом характеризуется повсеместным распространением безнапорных грунтовых вод в зоне выветривания, мощность которой варьирует от 30 до 80 м.

Сточные воды Северского трубного завода (СТЗ) сбрасываются в р. Северушку одним выпуском, сформированным недостаточно очищенными производственными, ливневыми и хозяйственно-бытовыми сточными водами, прошедшими полную биологическую очистку с последующей доочисткой на биоинженерной системе.

В целом на биологические очистные сооружения поступают хозяйственные стоки северной части г. Полевского, промпредприятия, сбрасывающие стоки в коллектор СТЗ, стоки от благоустроенной застройки Косого Брода. Через сливной

пункт поступают также стоки неблагоустроенной застройки города, детского лагеря, базы отдыха «Трубник».

Основным видом мониторинговых исследований является гидрохимическое опробование подземных вод в наблюдательных и водозаборной скважинах, родникового стока (для оценки фоновых химического состава подземных вод на участке 1) и поверхностных вод р. Северушки.

Всего в рамках мониторинга подземных и поверхностных вод на объектах ПАО «СТЗ» ежегодно выполняется 32 замера глубины уровня подземных вод и отбирается и анализируется около 40 проб воды.

В период с 1991 по 2017 гг. на всех участках ежегодно выполнялось двукратное гидрохимическое опробование подземных вод в весенний (май) и летне-осенний (август-октябрь) периоды.

С целью установления степени влияния сброса сточных вод на уровень загрязнения подземных вод были проведены химические испытания воды Кособродского родника.

- границы участка 1
- Кособродский родник

Рисунок 1 - Схема расположения Кособродского родника

Родник используется для нецентрализованного хозяйственного водоснабжения населения и расположен на правом берегу реки Северушки, ниже 200 м Кособродского автодорожного моста (рисунок 1). Воды в роднике являются гидрокарбонатными.

Лабораторные исследования отобранных проб включали стандартный химический анализ воды (ионы хлора, сульфата, гидрокарбоната, кальция, магния, калия, диоксид кремния, сухой остаток, окисляемость, общая и карбонатная жесткость, рН).

Статистические оценки распределения значений параметров в пробах воды приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Статистические оценки распределения значений параметров в пробах воды

Параметры	Количество проб	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Na ⁺	48	6,10	3,20	15,50	1,92

K ⁺	48	1,27	0,40	2,70	0,44
Ca ²⁺	48	46,61	32,00	74,60	12,18
Mg ²⁺	48	7,19	4,10	11,10	2,01
Cl ⁻	48	22,81	7,10	44,30	9,38
SO ₄ ²⁻	48	51,96	11,90	110,90	23,83
NO ₃ ⁻	48	14,21	0,40	28,80	7,31
HCO ₃ ⁻	48	91,62	76,30	115,90	7,65
Жесткость общая	48	2,91	1,98	4,61	0,76
Жесткость карбонатная	48	1,48	1,06	1,90	0,14
pH	48	7,06	6,40	8,20	0,34
Окисляемость	48	1,22	0,10	7,30	1,70
SiO ₂	48	12,56	4,90	25,00	3,17
Сухой остаток	48	227,69	134,00	384,00	63,48

Рисунок 2 – График изменения концентрации магния в воде родника

Рисунок 3 – График изменения концентрации хлора в воде родника

Рисунок 4 – График изменения концентрации сульфатов в воде родника

Рисунок 5 – График изменения концентрации сухого остатка

Как следует из рисунков 2-5, за период мониторинговых работ наблюдается отчетливо выраженная тенденция увеличения концентраций магния, хлора, сульфатов, а также количества сухого остатка в водах Кособродского родника. Однако полученные значения этих параметров не превышают предельно допустимых концентраций, установленных для вод хозяйственно-бытового назначения.

С целью выявления связей между исследованными параметрами и определения факторов, влияющих на их распределение, выполнены корреляционный, кластерный и факторный анализы.

Наиболее сильные корреляционные связи зафиксированы между следующими парами исследованных показателей (таблица 2): магний – кальций ($r = 0,90$); сульфат – кальций ($r = 0,95$); общая жесткость – кальций ($r = 1,0$); общая жесткость – хлор ($r = 0,90$); общая жесткость – магний ($r = 0,93$); общая жесткость – сульфат ($r = 0,95$); сухой остаток – хлор ($r = 0,90$); сухой остаток – сульфат ($r = 0,94$); сухой остаток – жесткость общая ($r = 0,93$).

Следует отметить, что гидрокарбонат, диоксид кремния и показатель pH не имеют корреляционных связей ни с одним из проанализированных параметров. Выполненный корреляционный анализ отражает только наличие связей между парами показателей и не дает представления о картине в целом.

Для этих целей выполнен кластерный анализ, который позволил сгруппировать взаимосвязанные пары показателей в кластеры и построить дендрограмму (рисунок 6), на которой по оси абсцисс показаны исследованные параметры, а по оси ординат значения $1 - r$.

Как следует из рисунка 6, все исследованные параметры объединились в несколько кластеров. В первый кластер вошло шесть показателей, которые характеризуются наиболее сильной связью. Так, наиболее высокое значение коэффициента корреляции свойственно паре общая жесткость - кальций, которые, в свою очередь тесно связаны с сульфатом, а эти три параметра имеют значимую корреляционную связь с количеством сухого остатка и далее с магнием и хлором. Все вместе эти параметры связаны с натрием. Калий характеризуется связью со всеми вышеописанными показателями, а все они связаны с нитратами. В следующий кластер вошли такие параметры, как жесткость карбонатная, гидрокарбонат и окисляемость. Эти три показателя связаны с группой вышеописанных показателей. Отдельный кластер образуют диоксид кремния и водородный показатель, который имеет незначительную связь со всеми остальными исследуемыми показателями (кластерами).

Таблица 2 – Матрица парных коэффициентов корреляции (r) между содержаниями металлов и водородным показателем в воде Кособродского родника

Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Жесткость общая	Жесткость карбонатная	pH	Окисляемость	SiO ₂	Сухой остаток	
1,00	0,60	0,74	0,65	0,71	0,76	0,56	0,01	0,73	-0,06	-0,08	-0,02	0,13	0,76	Na ⁺
	1,00	0,45	0,45	0,44	0,50	0,25	0,16	0,46	0,09	0,12	0,28	-0,16	0,51	K ⁺
		1,00	0,90	0,88	0,95	0,58	0,05	1,00	-0,10	-0,14	0,03	-0,12	0,92	Ca ²⁺
			1,00	0,87	0,87	0,54	0,01	0,93	-0,16	-0,19	0,02	-0,22	0,89	Mg ²⁺
				1,00	0,83	0,50	0,04	0,90	-0,12	-0,15	0,06	-0,18	0,90	Cl ⁻
					1,00	0,51	-0,02	0,95	-0,19	-0,10	-0,02	-0,10	0,94	SO ₄ ²⁻
						1,00	-0,26	0,58	-0,26	-0,11	-0,15	-0,00	0,50	NO ₃ ⁻
							1,00	0,04	0,79	-0,07	0,39	-0,02	0,06	HCO ₃ ⁻
								1,00	-0,11	-0,16	0,02	-0,14	0,93	Жесткость общая
									1,00	-0,17	0,36	0,08	-0,16	Жесткость карбонатная
										1,00	0,05	0,16	-0,16	pH
											1,00	-0,13	0,02	Окисляемость
												1,00	-0,09	SiO ₂
													1,00	Сухой остаток

* Жирным шрифтом выделены значимые корреляционные связи при r критическом 0,36.

SiO_2 pH Окисляемость Жесткость карбонатная HCO_3^- NO_3^- K^+ Cl^- Mg^{2+} Сухой остаток SO_4^{2-} Жесткость общая Ca^{2+} Na^+

Рисунок 6 – Дендрограмма парных коэффициентов корреляции для воды родника

Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить три наиболее значимых фактора, влияющих на распределение показателей для воды Кособродского родника (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица значений факторных нагрузок переменных на основные показатели для родника

Параметры	Кособродский родник			
	фактор 1	фактор 2	фактор 3	фактор 4
Na+	0,820216	0,02139	-0,284711	-0,183545
K+	0,563149	0,316762	-0,342177	0,357569
Ca ²⁺	0,966263	0,032843	0,025044	-0,049582
Mg ²⁺	0,929251	0,004615	0,140876	0,042782
Cl-	0,917292	0,04228	0,076731	0,027131
SO ₄ ²⁻	0,952247	-0,034745	-0,032124	-0,002751
NO ₃ ⁻	0,629389	-0,323494	-0,034594	-0,139258
HCO ₃ ⁻	0,00122	0,897209	-0,001359	-0,179609
Жестк. общая	0,976349	0,027208	0,051665	-0,034293
Жестк. карбонат	-0,159373	0,863706	0,019221	-0,320579
pH	-0,154788	-0,109544	-0,764179	0,424786
Окисляемость	0,021017	0,660607	-0,098345	0,402678
SiO ₂	-0,140084	-0,097738	-0,6333	-0,679382
Сухой остаток	0,958352	0,032779	0,000812	-0,033972
Вклад в общую дисперсию	6,872516	2,220281	1,224487	1,127482
Суммарная дисперсия, %	49,09	15,86	8,74	8,05

* Жирным шрифтом выделена значимая факторная нагрузка при критическом значении 0,7.

Наиболее значимый вклад в фактор 1 вносят натрий, кальций, магний, хлор, сульфат, общая жесткость и количество сухого остатка. Наибольший вклад в фактор 2 вносят гидрокарбонаты и карбонатная жесткость. Основной вклад в фактор 3 вносит показатель pH, но влияние этого фактора имеет противоположный характер. Вероятнее всего в качестве этих факторов выступают геологическое строение и состав горных пород.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- с течением времени наблюдается увеличение концентрации основных макрокомпонентов в составе воды Кособродского родника;

- значения проанализированных показателей не превышают предельно допустимых концентраций;

- качественный состав воды обусловлен составом горных пород.

УДК: 622.864

**РАСЧЕТ БЕЗОПАСНОГО РАССТОЯНИЯ НАХОЖДЕНИЯ СПАСАТЕЛЕЙ
ВБЛИЗИ ГАЗОВОГО ФАКЕЛА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ НА ИХАЛ-2**

**THE CALCULATION OF THE SAFE DISTANCE LOCATION OF THE RESCUERS
IN CLOSE PROXIMITY TO THE GAS FLAME IN THE LIQUIDATION OF THE
ACCIDENT AT IHAL-2**

СОКОЛОВА А. В., БУЙКЕВИЧ Г. С., МУХАЧЕВА Л. В., БАТАНИН Ф. К
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

В статье произведен расчет основных параметров горения газового фонтана и безопасного расстояния нахождения спасателей вблизи газового факела при ликвидации аварии.

In the article was calculated the main parameters of combustion gas in a fountain and a safe distance of location of the rescuers in close proximity to the gas flame during an emergency.

Ключевые слова: факельная установка, факел, устье скважины, безопасное расстояние, зона теплового воздействия.

Key words: flare installation, torch, wellhead, safe distance, zone of thermal influence.

Нефтяной и газовый промыслы на российском рынке занимают лидирующие позиции. Газовая промышленность является одной из главных отраслей промышленности в России, которая определяет высокие темпы его развития. Это объясняется быстрым ростом потребления энергетических ресурсов, главным из которых является природный газ.

Одной из главных опасностей при добыче газа является его возгорание. Оно может быть как случайным, так и преднамеренным. Даже несмотря на то, что запасы нефти и газа невосполнимы, при добыче этих ископаемых дальнейшей переработке подвергается лишь 10 %, остальные же 90 % сжигаются из-за своей непригодности к переработке.

Основным способом утилизации неиспользуемого продукта является сжигание с помощью факельной установки. Факельная установка представляет собой системы, которые используются на нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях для бездымного сжигания выбросов [1-2].

В результате деятельности центральной перерабатывающей станции нефти и газа образуются отработанные газы, которые запрещается сбрасывать в атмосферу, так как они содержат большое количество вредных химических веществ. Факельные установки делают процесс утилизации безопасным за счет полного сгорания отработанного газа.

На Северо-Варьеганском месторождении на территории испытательной химико-аналитической лаборатории № 2 находится факельная установка открытого типа УФМС -325.

Согласно Приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. № 779 «Об утверждении Руководства по безопасности факельных систем», факельная установка является потенциально опасным объектом, поэтому существует ряд мероприятий по обеспечению безопасности.

Эксплуатация факельных систем осуществляется [1]:

- в соответствии с инструкциями по безопасной эксплуатации факельных систем и их техническому обслуживанию, утвержденными в установленном порядке;
- производственным персоналом требуемой квалификации, аттестованным или прошедшим проверку знаний по вопросам промышленной безопасности в установленном порядке;
- при наличии плана локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах, в котором предусматриваются действия персонала по локализации, ликвидации и предупреждению аварий, а в случае их возникновения - по локализации и максимальному снижению тяжести последствий.

Для выполнения расчета безопасного расстояния нахождения спасателей вблизи газового факела при ликвидации аварии примем следующие исходные данные:

Объект: Установка факельная модернизированная струйная УФМС-325
(см. таблицу 1)

Стадия работ: Аварийная ситуация

Состав используемого газа: Метан (СН₄) – 82 об %;
Этан (С₂Н₆) – 7 об %;
Диоксид углерода (СО₂) – 5 об %;
Кислород (О₂) – 6 об %.

Таблица 1 - Характеристика факельной установки УФМС-325

Параметры	Значения
Рабочая среда	Природный, нефтяной и другие горючие газы
Производительность, тыс. м ³ /сут.	6100
Давление, МПа	Низкое - до 0,3 МПа Высокое - более 0,3 МПа
Температура среды, °С	От -30 до +300
Температура горения, °С	До 12000
Высота ствола, м	50
Диаметр ствола, мм	325
Диаметр оголовка, мм	325
Количество горелок, шт.	2
Количество дежурных горелок, шт.	1
Срок службы, лет	15-30

Объем газа, сжигаемого в факельной установке за сутки, можно определить, основываясь на высоте факела, по формуле:

$$D = 0,0025 \cdot H_{\phi}^2 = 0,0025 \cdot 50^2 = 6,25, \text{ млн. м}^2/\text{сут}$$

где H_{ϕ} - высота факела, м.

Режим истечения газовой струи определяется через сравнение эффективной скорости истечения (V_3) и скорости звука (V_0):

$$V_3 = \frac{4D_c}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 72,338}{3,14 \cdot 0,33} = 846,19, \text{ м/с.}$$

где D_c - секундный расход газа, м³/с,

d - диаметр устья скважины, м.

В метане скорость звука составляет 430 м/с, это значит, что скорость газовой струи выше скорости звука ($V_3 > V_0$).

Для нахождения адиабатической (T_a) и действительной (T_d) температур горения нужно определить теплоту сгорания, т. е. количество тепла, которое выделится при полном сгорании единицы количества горючего материала в рассматриваемом случае, с учетом состава газового фонтана. При пожарно-технических расчетах используют низшую теплоту сгорания, потому что при пожаре вода находится в газообразном состоянии (низшая теплота сгорания метана равна 803,6 кДж/моль, а этана 1430,4 кДж/моль) [2].

Удельная теплота сгорания (Q_{yd}) – это количество теплоты, выделившееся при сгорании 1 м³ газообразного вещества до образования высших оксидов:

$$Q_{yd} = Q_n \cdot \frac{1000}{24,45},$$

где 24,45 л – объем 1 моля газа при 298 К,

Q_n – низшая теплота сгорания газа, кДж/моль.

Исходя из этого удельная теплота сгорания метана составит:

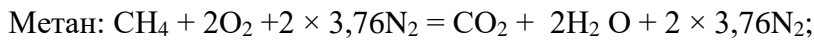
$$Q_{y\partial, m} = 803,6 \cdot \frac{1000}{24,45} = 32867,1 \text{ кДж/м}^3$$

$$\text{Теплота сгорания этана: } Q_{y\partial, 3} = 1430,4 \cdot \frac{1000}{24,45} = 58503,1 \text{ кДж/м}^3$$

Так как в 1 м³ газа содержится 82 об % (0,85) метана CH₄ и 7 об. % (0,07) этана C₂H₆, то общая теплота сгорания 1 м³ смеси составит:

$$Q_{y\partial, m} \cdot 0,82 + Q_{y\partial, 3} \cdot 0,07 = 32867,1 \cdot 0,82 + 58503 \cdot 0,07 = 31046,239 \text{ кДж/м}^3$$

Для определения объема (V) и числа молей (n) продуктов горения составим уравнения реакции для каждого газа:



Основываясь на уравнении реакции и составе газа, объем продуктов горения газа:

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{CH}_4}} \cdot \frac{\varphi_{\text{CH}_4}}{100} + \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{C}_2\text{H}_6}} \cdot \frac{\varphi_{\text{C}_2\text{H}_6}}{100} + \frac{\varphi_{\text{CO}_2}}{100} = \frac{1}{1} \cdot \frac{82}{100} + \frac{2}{1} \cdot \frac{7}{100} + \frac{5}{100} = 1,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{CH}_4}} \cdot \frac{\varphi_{\text{CH}_4}}{100} + \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{C}_2\text{H}_6}} \cdot \frac{\varphi_{\text{C}_2\text{H}_6}}{100} = \frac{2}{1} \cdot \frac{82}{100} + \frac{3}{1} \cdot \frac{7}{100} = 1,85 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{CH}_4}} \cdot \frac{\varphi_{\text{CH}_4}}{100} + \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{C}_2\text{H}_6}} \cdot \frac{\varphi_{\text{C}_2\text{H}_6}}{100} = \frac{2 \cdot 3,76}{1} \cdot \frac{82}{100} + \frac{3,5 \cdot 3,76}{1} \cdot \frac{7}{100} = 7,09 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{\varphi_{\text{O}_2}}{100} = \frac{3}{100} = 0,03 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

где n – число молей, образующихся при сгорании соответствующего компонента,
 φ – процентное содержание каждого компонента в смеси горючих газов, %.

$$v = \frac{V}{0,02445}$$

Суммарный объем продуктов горения составит:

$$V_{\Sigma} = 1,01 + 1,85 + 0,06 + 7,09 = 10,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$\text{Адиабатическая температура горения: } T_a = T_0 + \frac{Q_{y\partial}}{\sum_i V_i \cdot C_{p, n2}} = 234,25 \text{ К,}$$

где T_0 – первоначальная температура сжигаемого вещества, К;

$Q_{y\partial}$ – теплота сгорания, кДж/моль;

V – объем продуктов горения, м³/м³;

$C_{p,ng}$ – теплоемкость соответствующего компонента, Дж/(кг·К).

При расчете действительной температуры горения учитывают потери тепла в результате химического недожога в зоне горения, когда образуются продукты неполного горения (СО, С, n С, m Н и др.) и потеря тепла излучением факела пламени:

$$T_{\partial} = T_0 + \frac{Q_{y\partial}(1-n)}{\sum_i V_i \cdot C_{p,ng}} = 1404,97 \text{ К.}$$

В зависимости от расстояния до устья скважины можно рассчитать по формуле:

$$q_l = \frac{n_l Q_n D_c}{4\pi R^2},$$

где Q_n – низшая теплота сгорания фонтанирующего газа, кДж/м³;

D_c – секундный расход газа, м³/с;

R – расстояние от половины высоты факела пламени газового фонтана до поверхности земли, м.

Логично полагать, что $R^2 = \left(\frac{H_{\phi}}{2}\right)^2 + L^2$,

где L – расстояние до устья скважины, м;

H_{ϕ} – высота факела, м.

$$q_l = \frac{n_l Q_{y\partial} D_c}{4\pi \left[\left(\frac{H_{\phi}}{2}\right)^2 + L^2 \right]}.$$

Теплота сгорания фонтанирующего газа исходя из расчетов:

$$Q_{y\partial} = 31046,239 \text{ кДж/м}^3.$$

Для установления зависимости изменения мощности излучения факела пламени фонтана от расстояния до устья скважины будем задавать $L = 10, 20, 40, 60, 80, 100$ м, высоту фонтана $H_{\phi} = 50$ м. Проведенные расчеты сгруппируем в таблицу 2:

Таблица 2 – Результаты расчетов

Расстояние до устья скважины L , м	10	20	40	60	80	100
Мощность излучения факела q_l , кВт/м ²	28,01	22,9	13,3	7,82	4,9	3,4

В результате проведенных расчетов определены основные параметры горения газового фонтана: мощность фонтана на минимальном расстоянии (10 м) от устья скважины 28,01 кВт/м², действительная температура его горения (1404,97 К), интенсивность лучистого теплового потока в зависимости от расстояния до устья скважины.

Опасные зоны при аварии на УФМС -325

Граница локальной зоны 3 (рисунок) теплового воздействия факела пламени газового фонтана, за пределами которой личный состав при выполнении боевых действий может находиться неопределенно долгое время $q = 1,6$ кВт/м². Основываясь на полученных результатах и построенном графике, можно сделать вывод, что зона находится за пределами 100 метров от устья скважины. Граница локальной зоны 2 теплового воздействия факела пламени газового фонтана, на которой личный состав может работать без специального теплозащитного снаряжения не более 15 минут при условии защиты кожных покровов ($E = 4,2$ кВт/м²), находится на расстоянии 92 м от устья скважины. Граница локальной зоны 1 теплового воздействия факела пламени газового фонтана, на которой личный состав может вести боевую работу в специальном теплозащитном снаряжении под защитой распыленных водяных струй не более 5 минут ($E = 14$ кВт/м²), находится на расстоянии 28 м от устья скважины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. № 779 “Об утверждении Руководства по безопасности факельных систем”.
2. Постановление Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. № 56 “Об утверждении Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности”.

УДК 614.842.611

РАСЧЕТ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ СКЛАДА ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ АО «ГАЗЭКС»

CALCULATION OF AUTONOMOUS POWDER FIRE EXTINGUISHING SYSTEM FOR THE WAREHOUSE OF COMBUSTIBLE AND LUBRICATING MATERIALS OF «GAZEKS»

СТЕПАНОВ Д. С.¹, МУЦЕНЮК О. В.¹, ЕЛОХИН В. А.²
¹АО «ГАЗЭКС»

В работе приведена краткая характеристика предприятия и защищаемого помещения. Определена категория по взрывопожарной и пожарной опасности. Выбран метод пожаротушения, выполнены расчеты необходимого количества модулей порошкового пожаротушения.

The paper presents a brief description of the enterprise and the protected premises. Defined category for explosion and fire hazard. The fire extinguishing method was selected, the required number of powder fire extinguishing modules was calculated

Ключевые слова: склад горюче-смазочных материалов, пожарная безопасность, система пожаротушения, категория пожарной (взрывопожарной) опасности объекта, модуль порошкового пожаротушения.

Keywords: warehouse of fuel and lubricants, fire safety, fire extinguishing system, fire hazard category of an object, powder fire extinguishing module.

Целью создания систем противопожарной защиты является обеспечение безопасности людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение его последствий [1].

Противопожарная защита жилых, общественных и промышленных объектов производится в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

АО «ГАЗЭКС» - крупнейшее предприятие газового холдинга «ГАЗЭКС» действует на территории 38 муниципальных образований Свердловской области [2]. В составе предприятия работают 83 обособленных подразделения, где трудятся 2884 специалиста различной квалификации. Основной вид рабочего подразделения АО «ГАЗЭКС» - комплексная эксплуатационная служба населенного пункта. Всего в структуре предприятия 33 службы, которые базируются в городах и крупных поселках, являющихся административными центрами муниципальных образований Свердловской области. При каждой комплексной эксплуатационной службе действуют: аварийно-диспетчерская служба, служба наружных сетей, служба внутридомового газового оборудования, служба реализации сжиженного газа, энергослужба, абонентский отдел и автотранспортная служба. В крупных городах при комплексных эксплуатационных службах работают магазины по продаже газового оборудования.

Основная производственная деятельность структурных подразделений АО «ГАЗЭКС» заключается в техническом обслуживании газораспределительных сетей и внутридомового газового оборудования в зоне деятельности АО «ГАЗЭКС». Помимо технического обслуживания газопроводов АО «ГАЗЭКС» поставляют сжиженный газ для коммунально-бытовых нужд, участвуют в ремонте и строительстве газопроводов, занимаются реализацией газового оборудования. Аварийно-диспетчерская служба предприятия является элементом единой областной аварийно-диспетчерской службы.

Задачей пожарной охраны предприятия является разработка наиболее эффективных, экономически приемлемых и технически разумных методов и средств предотвращения возгорания, а если пожара не удалось избежать – то его ликвидация с минимальным ущербом имущества и сохранением жизней людей [4].

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности [16].

Склад горюче-смазочных материалов отличается повышенной пожарной опасностью, так как характеризуется наличием значительных количеств легковоспламеняющейся и горючей жидкости [3]. Источниками воспламенения на защищаемом объекте является разлитое топливо в результате механического повреждения или разгерметизации топливной тары. А также нарушение норм и правил хранения легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, курение в запрещенных местах, неосторожное обращение с огнем, невыполнение противопожарных мероприятий по оборудованию пожарного водоснабжения, пожарной сигнализации, обеспечение первичными средствами пожаротушения и др.

Пожарная безопасность на предприятии является одной из важнейших задач любого руководителя и включает в себя [5]:

- введение в действие системы управления пожарной безопасностью;
- руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии;
- обеспечение пожарной безопасности при проведении технологических процессов, эксплуатации оборудования, производстве пожароопасных работ;
- размещение и своевременную проверку состояния средств контроля, оповещения и пожаротушения;

– организацию разработки и формирование бюджета на реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;

– обучение по пожарной безопасности специалистов, служащих и рабочих.

Для определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности произведен расчет по представленному плану и оснащению склада горюче-смазочных материалов в подразделении АО «ГАЗЭКС». Расчет произведен согласно требованиям [15]. Исходные данные, на основании которых выполнялись расчеты, приведены в таблице 1.

При расчете критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный (пессимистичный) вариант аварии – розлив легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в результате разгерметизации или механического повреждения тары.

Таблица 1 - Исходные данные для расчета категории по взрывопожарной и пожарной опасности склада горюче-смазочных материалов

Параметр	
1. Климатическая зона	Р.п. Пышма
2. Температура	°С 25
3. Длина, м	7,2
4. Ширина, м	4,3
5. Высота, м	3
6. Площадь, м кв.	31
7. Объем помещения, м куб.	93
8. Скорость воздушного потока в помещении φ , м/с (в помещении работает вентиляция)	0,1

Склад горюче-смазочных материалов располагается в помещении площадью 31 м² и высотой 3 метра. На складе хранятся масло машинное в количестве 80 л, тосол-100 л, дизельное топливо - 50 л. Горюче-смазочные материалы хранятся по типу содержимого на трех участках размерами: 1,5 × 1 м, 1,5 × 1 м, 1,5 × 0,4 м.

Произведенные расчеты позволили отнести склад горюче-смазочных материалов к категории ВЗ, по [15], и зоне 2, по [16].

На защищаемом складе горюче-смазочные материалы хранятся в соответствии с [13], в таре, определенной согласно [7-9].

Обеспечение объекта защиты склада горюче-смазочных материалов первичными средствами пожаротушения. Для оснащения объекта защиты первичными средствами пожаротушения определили класс пожара. В соответствии с Техническим регламентом

пожарной безопасности, утвержденным ФЗ РФ - 123 от 22.07.2003 г. определили, что пожары горючих жидкостей относятся к классу В, следовательно, объект склад ГСМ защищаем от пожара класса В.

В соответствии с нормативными документами [12], на складе оборудован и укомплектован пожарный щит.

Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей определяем в соответствии с [13], в зависимости от огнетушащей способности огнетушителя, категорий помещений по пожарной и взрывопожарной опасности, а также класса пожара. Исходя из того, что очаги пожара на нашем складе могут быть значительных размеров, выбираем один передвижной огнетушитель ОП-50 (З) МИГ (6А, 233В,С,Е) объемом 62 л с перекрывным стволом и один ручной огнетушитель ОП-8(З)-АВСЕ МИГ(4А,144В, С,Е) объемом 10 л.

Практика применения установок пожаротушения показала, что наиболее эффективными в настоящее время являются модули порошкового пожаротушения «Буран-2,5-2С», которые используются для локализации и тушения пожаров класса А, В, С и электрооборудования, находящегося под напряжением без ограничения величины и отвечает требованиям [6,11].

Применяются модули порошкового пожаротушения для защиты производственных, складских, офисных и торговых помещений, а также гаражей и подземных гаражных стоянок [14]. Основными преимуществами модулей порошкового пожаротушения, по сравнению с водяными, пенными, газовыми и аэрозольными системами пожаротушения, являются:

- низкая удельная стоимость тушения, которая рассчитывается из соотношения площади тушения и цены за одно изделие;
- возможность установить модули в неотапливаемые помещения с температурой воздуха до минус 50 °С;
- косвенный ущерб от пожара, причиняемый строительным конструкциям и оборудованию при тушении его, почти полностью исключен;
- модули порошкового пожаротушения неприхотливы к требованиям герметичности помещений;
- модули порошкового пожаротушения легко монтируются, не требуют технического обслуживания в течение всего гарантийного срока службы;

– установка модулей порошкового пожаротушения не требует наличия насосных станций, дополнительных резервуаров воды и трудоемкой трубной разводки.

Автономная установка пожаротушения осуществляет функции обнаружения и тушения пожара, а также передает сигнал о пожаре. Проанализировав стоимость и функциональные возможности оборудования, представленного на рынке, принято решение использовать автономную систему пожаротушения на основе МПП типа «Буран-2,5-2С», для запуска модулей порошкового пожаротушения используем устройство сигнально-пусковое УСП-101-72-Э, а для передачи сигнала о пожаре - прибор приемно-контрольный ВЭРС-ПК2. Принцип действия автономной системы пожаротушения: в начальной стадии пожара, при воздействии температуры от 72 ± 5 °С УСП-101-72-Э вырабатывает управляющий импульс тока, достаточный для запуска модуля порошкового пожаротушения «Буран-2,5-2С», во время передачи импульса тока сигнал о срабатывании извещателя передается по проводным линиям связи на прибор приемно-контрольный ВЭРС-ПК2. Прибор приемно-контрольный ВЭРС-ПК2 установлен в диспетчерской, график работы диспетчера круглосуточный, диспетчер при срабатывании пожарной сигнализации вызывает пожарную службу.

С целью определения необходимого количества модулей порошкового пожаротушения «Буран-2,5-2С» автономной системы порошкового пожаротушения для склада горюче-смазочных материалов АО «ГАЗЭКС» выполнены соответствующие расчеты.

Количество модулей, необходимых для пожаротушения, рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{V_n}{V_H} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

где V_n - объем защищаемого помещения, м³;

V_H - объем, защищаемый одним модулем выбранного типа, определяется по технической документации (далее по тексту приложения-документация) на модуль, м³ (с учетом геометрии распыла - формы и размеров защищаемого объема, заявленного производителем);

k_1 - коэффициент неравномерности распыления порошка. k_1 определяется по документации на модуль. $k_1 = 1,0$

k_2 - коэффициент запаса, учитывающий затененность возможного очага загорания, зависящий от отношения площади, затененной оборудованием S_3 , к защищаемой площади S_y , и определяется как:

$$k_2 = 1 + 1,33 \times \frac{S_3}{S_y}$$

при $\frac{S_3}{S_y} \leq 0,15$

$$k_2 = 1 + 1,33 \times \frac{10}{31} = 1,4$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу, в защищаемой зоне, по сравнению с дизельным топливом, определяется по таблице 2.

Таблица 2 - Коэффициент сравнительной эффективности огнетушащих порошков при тушении различных веществ

Горючее вещество	Порошки для тушения пожаров классов А, В, С.	Порошки для тушения пожаров классов В, С
Бензин А-76	1	0,9
Дизельное топливо	0,9	0,8
Трансформаторное масло	0,8	0,8
Бензол	1,1	1
Изопропанол	1,2	1,1
Древесина	1,0(2,0)	-
Резина	1,0(1,5)	-

Для МПП «Буран 2,5 -2С» $k_3 = 0,8$; k_4 - коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения, принимаем равным 1.

Следовательно:

$$N = \frac{93}{18} \times 1 \times 1,4 \times 0,8 \times 1 = 5,7 \approx 6 \text{ шт.}$$

Таким образом, для защиты склада ГСМ в соответствии с характеристиками, указанными в технических паспортах оборудования, потребуется: два прибора УСП-101-72-Э, шесть МПП«Буран 2,5 -2С», а также один прибор приемно-контрольный ВЭРС-ПК2.

Стоимость автономной системы пожаротушения защищаемого помещения – склад горюче-смазочных материалов – составит 22100 рублей.

Системы порошкового пожаротушения являются наиболее универсальным средством борьбы с огнем, так как локализуют и ликвидируют пожары практически любых горючих веществ поверхностным, объемным и локальным способами.

Эффективность, низкая стоимость, простота и надежность конструкции определяют правильность и целесообразность принятого и реализованного технического решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Басаков М.И. Охрана труда (безопасность жизнедеятельности в условиях производства). М., 2003. 400 с.
2. Научно-популярное издание АО «Уральские газовые сети» «50 лет со времени основания газового хозяйства Свердловской области», 2015. 111 с.
3. Полярин Ю. Пожарная безопасность складов Часть 1. Мероприятия, направленные на предупреждение пожаров. ФГУ НИИПХ.
4. Правила, инструкции, нормы пожарной безопасности РФ: сборник нормативных документов. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2010 г. 176 с
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ «ИВЦ ТЕХНОМАШ». 2012. 69 с.
6. ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.
7. ГОСТ 13950-91 Бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)
8. ГОСТ 1510-84 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ НЕФТЬ И НЕФТЕПРОДУКТЫ Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
9. ГОСТ 5105-82 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР КАНИСТРЫ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ ГОРЮЧЕГО И МАСЕЛ. Технические условия.
10. НПБ 88-2001. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
11. Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 N 1160 (ред. от 30.07.2014).
12. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 №390 "О противопожарном режиме" (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации").
13. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 315 "Об утверждении норм пожарной безопасности "Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией" (НПБ 110-03)".
14. Свод правил 12.13130.2009. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
15. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОТ 22.07.2008 N 123-ФЗ (РЕД. ОТ 29.07.2017) "ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О ТРЕБОВАНИЯХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ".

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАЧИНАЮЩЕГОСЯ РУДНИЧНОГО ПОЖАРА

IDENTIFICATION OF THE BEGINNING MEMBER FIRE

ТЕТЕРЕВ Н. А., ЕРМОЛАЕВ А. И., РЫЧКОВА В. М., ДЕМИНА Т. В.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Данная статья посвящена актуальной проблеме – распознавание начинающегося или уже начавшегося рудничного пожара. Представлены методы идентификации пожара в выработках.

This article is devoted to an actual problem-recognition of the beginning or already begun miner's fire. Methods of fire identification in the works are presented.

Ключевые слова: химический состав рудничной атмосферы, внешние признаки пожара, непожарные участки, нагревание угля.

Keywords: chemical composition of the mine atmosphere, external signs of fire, non-fire areas, coal heating.

Все применяемые методы распознавания рудничных пожаров можно подразделить на три основные группы:

- 1) методы, основанные на наблюдении так называемых внешних, непосредственно видимых или ощутимых признаках пожара;
- 2) методы, химико-аналитические, базирующиеся на исследовании химического состава рудничной атмосферы, реже воды и горных пород;
- 3) методы физические, основанные на определении с помощью специальных приборов влажности и температуры горных парод и воды.

Выбор того или иного метода зависит от местных условий. Рациональнее всего пользоваться комплексно всеми имеющимися способами, взаимно дополняя и проверяя получаемые таким путем данные.

Внешние признаки пожара могут быть обнаружены непосредственно нашими органами чувств. Увеличение влажности может быть обнаружено на глаз в виде тумана и выпотов. Туман образуется при конденсации водяных паров в воздухе, выпоты – оседанием капелек влаги на более холодных поверхностях (крепь, стенки выработок) из внешних признаков пожара являются наиболее ранними и постоянными. Однако туман и выпоты могут наблюдаться и при отсутствии нагревания ископаемого, например в

местах встречи двух воздушных струй с различной температурой. Так, незадолго перед пожаром в одном из колчеданных рудников Урала было обнаружено, что выделение водяных паров над устьем шахты заметно усилилось. Дальнейшее появление сернистого газа послужило признаком установления пожара в руднике [1].

Верным признаком наличия пожарного очага в выработках является запах нефтяных продуктов (керосина, бензина), а позднее запах смолы. Также кислотато-битуминозный запах. Рассмотренные пожарные запахи при разгорании пожара сменяются пожарным смрадом, похожим на зловоние горячей каменно-угольной смолы или дегтя, после чего появляется дым.

Так как пахучие запахи вещества начинают выделяться только при дистилляции горючего (т. е. при $t \approx 220-330$ °С), то в качестве признака пожара запахи сигнализируют не о начале, но уже о более поздней фазе процесса [2].

Тепловыми признаками служат: повышение температуры воздуха в выработке и рудничной воды, нагрев отдельных мест на поверхности пород, угля, руд; таяние снега на поверхности.

В местах нагревания угля иногда наблюдаются звуковые явления, причем тем сильнее, чем больше количество выделяющегося пожарного газа. Причина звуков пока не выяснена. Возможно, что они вызываются газами, выходящими из трещин при высоких температурах.

Все внешние признаки пожара проявляются в столь поздней фазе его, что ни в коей мере не могут служить сколько-нибудь надежным средством своевременного обнаружения времени и места начинающегося в выработках процесса самонагревания.

Возникающее в каком-либо участке шахты нагревание нарушает заметным образом нормальное состояние рудничной атмосферы и содержание кислорода в воздухе выработок начинает интенсивно уменьшаться, количество углекислоты, наоборот, возрастает.

В известной стадии пожара появляется окись углерода или сернистый газ. При горении каменного угля – метан. Кроме того выделяются небольшие количества водорода и сопутствующих метану углеводородов (этана, этилена). Окись углерода и сернистый газ появляются в шахте главным образом в результате процессов горения. Практикой угольных шахт установлено следующее положение: если хотя бы ничтожные количества СО появляются в воздухе как более или менее постоянная и нарастающая примесь, то наличие этого газа служит несомненным признаком пожара.

Газоаналитические способы распознавания начинающихся эндогенных пожаров состоят в том, что производится систематический отбор и количественный анализ проб рудничного воздуха в выработках подозрительного по возможности пожара участка.

Для количественного анализа рудничного воздуха чаще всего пользуются способами – газообъемным, титрометрическим и весовым.

По мере увеличения температуры нагревания угля в рудничном воздухе увеличивается содержание углекислоты и окиси углерода. Исходя из этого Грэхэм предложил газоаналитический способ распознавания пожаров в угольных шахтах, основанный на сравнительном изучении результатов опробования рудничной атмосферы путем вычисления пожарных коэффициентов.

Наблюдениями установлено, что воды, вытекающие из пожарной зоны колчеданного рудника, могут по своему составу значительно отличаться от тех, которые омывают непожарные участки.

Воды из района пожара обычно характеризуются высокой окисляемостью перманганатом, что обусловлено содержанием в них: органических веществ – продуктов древесины, дивалентного железа и сернистого газа [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скочинский А. А., Огиевский В. М. Рудничные пожары, 1940, С. 69-81.
2. Graham Ivon, The gaseous products resulting from fires and underground heatings, «Colliery Guardian», March 1930.

**СОЗДАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ,
ОПАСНЫХ ПО ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ УГЛЯ И ГАЗА**

**CREATING SAFE WORK CONDITIONS WHEN DEVELOPING A PLASTIC
DANGEROUS FOR EMERGENCY COAL AND GAS**

ТЕТЕРЕВ Н. А., ЛОГИНОВ И. В., ЕРМОЛАЕВ А. И., РЫЧКОВА В. М.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Меры защиты людей от внезапных выбросов. Меры по предотвращению внезапных выбросов угля и газа подразделяют на локальные и региональные.

Measures to protect people from sudden emissions. Prevention measures are divided into local and regional

Ключевые слова: выброс угля и газа, защита.

Keywords: coal and gas emissions, protection.

Внезапный выброс угля и газа – явление лавинно нарастающего смещения угля под действием горного давления и заключенного в угле газа, сопровождающееся динамическим эффектом, отбросом угля на значительное расстояние и тонким его измельчением, необычно большим выделением газа в короткое время и образованием характерной полости в пласте.

Различают меры по предотвращению внезапных выбросов угля и газа, а также меры, целью которых является защита рабочих от проявлений внезапного выброса угля и газа. Меры по предотвращению внезапных выбросов угля и газа подразделяют на локальные (действие которых распространяется на ограниченную, призабойную зону угольного пласта) и региональные (действующие на большой площади)*.

Региональные методы защиты:

1. Опережающая выемка защитных пластов, обеспечивающая частичную разгрузку и естественную дегазацию опасного пласта. Механизм защитного действия опережающей выемки состоит в разгрузке, приводящей к дегазации угля и его упрочнению.

2. Подрубка пласта канатной пилой с последующей выемкой подрубленной панели, торпедирование пласта зарядами в скважинах с водяной забойкой для рыхления и дегазации массива.

* Гриф Б. В., Горчаков С. П. Охрана труда в угольной промышленности: учеб. пособие для горных техникумов. М.: Недра, 1988.

3. Предварительное увлажнение угля в массиве, которое повышает пластические свойства угля (уменьшая опасность внезапного разрушения), блокирует метан в пласте, снижает фазовую проницаемость угля и скорость начального газовыделения, являющуюся важнейшим показателем взрывоопасности.

Локальные методы:

1. Бурение опережающих дренажных скважин диаметром 250-300 мм и длиной 15-20 м в забоях подготовительных и реже очистных выработок. Назначение скважин – местная (локальная) разгрузка и дегазация пласта в призабойной зоне.

2. Возведение опережающей крепи или предохранительного металлического каркаса. Первая применяется при проведении подготовительных выработок по пласту, а второй – при вскрытии пластов квершлагами. Цель обоих мероприятий – нейтрализация влияния веса угля на развитие внезапного выброса и поддержание нависающих массивов угля.

3. Ведение очистной выемки прямолинейными забоями, избегая потолкоуступной или почвоуступной конфигурации очистной линии и ориентируясь на машины с минимальной шириной захвата; применение щитовой системы, при которой действие веса угля препятствует развитию выброса в призабойное пространство; проведение полного обрушения кровли с минимальным шагом посадки непосредственной кровли.

4. Применение цементации, силикатизации или замораживания пласта перед вскрытием, имеющих целью воздействовать на прочность и сорбционные свойства угля в зоне влияния квершлага.

Меры защиты людей от внезапных выбросов:

1. Дистанционное управление забойными машинами и механизмами.

2. Расположение на пути движения угля различных преград (например, предохранительных щитов или оснащение забойных машин и механизмов металлическими отражателями).

3. Обеспечение рабочих изолирующими самоспасателями.

4. Непрерывный контроль акустической активности массива и аварийная сигнализация о приближении опасности внезапного выброса угля и газа.

5. Вывод людей за пределы опасной зоны при сотрясательном взрывании – рабочие отходят на расстояние не менее 1000 м, а мастер-взрывник – на 600 м, по соседнему пласту или боковым породам проводится сбойка на вентиляционный горизонт для отвода метана в общесходящую струю шахты.

**СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО ВЗРЫВАМИ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ
НА МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУДНИКАХ**

**METHODS OF STRUGGLE AGAINST EXPLOSIONS OF SULPHID DUST
ON COPPER QUANTUM MINES**

ТЕТЕРЕВ Н. А., РЫЧКОВА В. М., ЕРМОЛАЕВ А. И., КУЗНЕЦОВ А. М.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Отработка сульфидных руд осложняется опасностью возникновения взрывов сульфидной пыли. Все существующие способы борьбы со взрывами пыли основаны на подавлении уже образованной пылевоздушной смеси, в то время, как методам предотвращения образования взрывоопасных концентраций сульфидной пыли не уделялось должного внимания.

В данной статье мы рассмотрели способы борьбы со взрывами сульфидной пыли на медноколчеданных рудниках.

Mining of sulphide ores is complicated by danger of sulphide dust explosions. All existing ways to combat dust explosions were based on the suppression of the already formed dust-air mixture, while methods of preventing the formation of explosive sulfide dust concentrations was neglected.

In this article, we looked at ways to deal with sulphide dust explosions in copper sulphide mines.

Ключевые слова: температура воспламенения, сульфидные аэрозоли, гидропаста, ингибиторный заряд.

Keywords: flash point, sulfides aerosols, hydraulic grease, inhibitory charge.

Для эффективности добычи сульфидных руд, отработка которых осложняется опасностью взрывов сульфидной пыли, важным является разработка методов борьбы с сульфидной пылью. Исследования в области взрывов сульфидной пыли до недавнего времени носили ограниченный характер и сводились в основном к изучению ее аэровзвесей. При проведении горных выработок по колчеданным рудам систематически возникают взрывы сульфидной пыли. Они сопровождаются выделением большого количества сернистого газа, разрушением крепи и забойного оборудования. Имели место случаи возникновения подземных пожаров. Все

существующие способы борьбы со взрывами пыли основаны на подавлении уже образованной пылевоздушной смеси, в то время как методам предотвращения образования взрывоопасных концентраций сульфидной пыли не уделялось должного внимания.

Произойти взрыв пылевого облака может лишь при наличии источника воспламенения, температура которого превышает минимальную температуру взрыва пыли [1]. Для сульфидной пыли эта температура составляет порядка 400-5000 °С. Наряду с температурой большую роль играет тепловая мощность источника. Взрыв заряда взрывчатых веществ (ВВ) в выработке является одновременно источником образования пылевого облака и причиной его воспламенения. Температура газообразных продуктов детонации непереходящих ВВ составляет 2800-3500°, т. е. намного превышает температуру воспламенения пыли. Исходя из этого для предупреждения взрывов были необходимы меры, направленные на снижение температуры и уровня тепловой энергии взрывных газов [2].

На рудниках по добыче медных руд используют несколько способов борьбы со взрывами сульфидной пыли. Одним из направлений является использование при взрывных работах гидропасты, основным назначением которой является подавление образующихся при взрыве ВВ ядовитых газов и пыли [3]. Гидропаста предотвращает взрывы и выгорания сульфидной пыли и, как следствие этого, резко сокращает содержание в атмосфере сернистого газа [4].

Предложен способ борьбы со взрывами сульфидной пыли на колчеданных рудниках, основанный на инертизации забойной зоны инертными газами. Для этой цели используют газообразные продукты детонации зарядов ВВ, предназначенные для отбойки руды. При взрывчатом разложении ВВ образуется до 1 м³/кг инертных газов, представленных в основном азотом и углекислым газом. После детонации зарядов эти газы выбрасываются в атмосферу, заполняя компенсационную камеру и прилегающие к ней выработки. При этом происходит перемешивание инертных газов с рудничным воздухом и как следствие этого снижение кислорода.

Анализ массовых взрывов на колчеданных рудниках за большой период времени показал, что взрывов пыли не возникало независимо от величины взрывных зарядов и других параметров буровзрывных работ. В конце 90-х годов прошлого века на рудниках стали водить ингибиторные частицы в состав ВВ, что предотвратило взрывы сульфидной пыли. В состав ВВ вводят карбонат кальция в количестве 10-15 %, что снижает выброс сернистого газа на 50 % по отношению к чистому ВВ без

профилированной забойки и на порядок с применением забойки. Данный способ показывает, что температура продуктов взрыва и температура во фронте ударной воздушной волны не могут быть использованы в качестве критерия однозначной оценки предохранительных свойств ВВ, применяемых на колчеданных рудниках, решающую роль в процессе снижения воспламенения и взрыва сульфидной пыли играет катализирующее действие продуктов взрыва за счет содержания введенных в них ингибиторов.

Для шахт группы I обязательными являются смывание серной пыли со стенок выработок и орошение забоя перед взрыванием. При влажности 9-9,5 % сульфидная пыль становится невзрывоопасной. Для шахт группы II наряду с орошением серной пыли со стенок выработок предусматривается применение предохранительных ВВ, электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия и электрооборудования во взрывоопасном исполнении. В качестве средств реализации способов орошения можно использовать любые конструкции оросителей и туманообразователей [5]. Вместе с тем анализ теории и практики взрывных работ на рудниках по добыче колчеданных руд показывает, что взрывы сульфидной пыли имеют место. Исследования в области взрывов сульфидной пыли до недавнего времени носили ограниченный характер и сводились в основном к изучению ее аэрозвесей. Все существующие способы борьбы со взрывами пыли основаны на подавлении уже образованной пылевоздушной смеси, в то время, как методам предотвращения образования взрывоопасных концентраций сульфидной пыли не уделялось должного внимания.

Следовательно, для полного исключения взрывов сульфидной пыли необходимо комплексное применение предложенных способов и продолжение исследования в этом направлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожабаяев Махмуд Хали-улы. Разработка способов предупреждения взрывов сульфидной пыли на основе управления параметрами взрывного нагружения. СПб. 1995 г.
2. Тетерев Н. А. Анализ способов борьбы со взрывами сульфидной пыли: международная научно-практическая конференция Уральская горная школа – регионам. Екатеринбург. 2013г.
3. Ермолаев А. И., Тетерев Н. А. Анализ исследований в области пылевых взрывов и их предупреждение на подземных рудниках //Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 8. С.75-80.
4. Чернявский Э. И. Исследование взрывов сульфидной пыли при проведении выработок и изыскание способов их предупреждения: Дис ... канд. техн. наук. Свердловск: Унипромедь, 1966. 134 с.
5. Алешин А. С. Исследование взрывов колчеданной пыли и способы борьбы с ними на горизонтах выпуска и вторичного дробления руды: автореф. дис ... канд. техн. наук. Свердловск: СГИ, 1976. 155 с.

Научное издание

Безопасность технологических процессов и производств

Труды Международной научно-практической конференции

5 апреля 2019 г.
Г.Екатеринбург

Под редакцией доктора геолого-минералогических наук,
профессора В.А. Елохина

Редактор изд-ва Л.В. Устьянцева
Компьютерная верстка В.М. Рычкова

Подписано в печать 2019 г. Бумага офсетная.
Формат 60x84 1/16. Печать на ризографе. Печ.л. 7,0
Уч. – изд.л. 7,1. Тираж 50 Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинала-макета в лаборатории
множительной техники УГГУ