

---

---

**Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины**  
**Государственное высшее учебное заведение**  
**«Донецкий национальный технический университет»**



**С.Н. Александров, Ю.Ф. Булгаков, В.В. Яйло**

## **ОХРАНА ТРУДА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Учебное пособие для студентов горных  
специальностей высших учебных заведений**

**Под общей редакцией профессора  
Булгакова Ю.Ф.**

Рекомендовано  
Министерством образования и науки, молодежи и  
спорта Украины в качестве учебного пособия для  
студентов высших учебных заведений

**ДОНЕЦК  
2012**

УДК 622.8: 622.333(075.8)

А-46

**Александров С.Н., Булгаков Ю.Ф., Яйло В.В.** Охрана труда в угольной промышленности: Учебное пособие для студентов горных специальностей высших учебных заведений / Под общей ред. Ю.Ф. Булгакова. - Донецк: РИА ДонНТУ, 2012.-480 с.

Подготовлено согласно с учебной программой нормативной дисциплины «Охрана труда в отрасли» и образовательно-профессиональной программы высшего образования Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины по профессиональному направлению «Горное дело».

Приведен анализ состояния охраны труда в угольной промышленности Украины. Показаны задачи, функции и организация действующей в отрасли системы управления охраной труда. Изложены вопросы санитарно-гигиеничного обеспечения условий труда и техники безопасности на основных объектах и производственных процессах угольных шахт. Рассмотрены сущность природных и техногенных аварий на угольных шахтах и приведены организационные и технические мероприятия и средства по их предупреждению и ликвидации.

Предназначено для подготовки специалистов и магистров, производственная и научная деятельность которых связана со строительством и эксплуатацией угольных шахт.

Рецензенты:

Грядущий Б.А. - докт. техн. наук, профессор, директор ГП ДонУГИ.

Коптиков В.П. - докт. техн. наук, профессор, заместитель директора МакНИИ по научной работе.

Пашковский П.С. - докт. техн. наук, профессор, первый заместитель директора по научной работе НИИГД «Респиратор».

© Александров С.Н., Булгаков Ю.Ф., Яйло В.В.

---

---

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>Часть 1</b>	
<b>СОСТОЯНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> .....	8
<b>1 Состояние охраны труда на угольных шахтах</b> .....	8
1.1 Профессиональный риск травматизма на угольных шахтах.....	8
1.2 Структура и динамика аварийности и травматизма .....	11
1.3 Риск профессиональных заболеваний рабочих подземных профессий.....	14
<b>2 Система управления охраной труда в угольной промышленности</b> .....	17
2.1 Общие положения.....	17
2.2 Требования к персоналу шахт.....	19
2.3 Требования к шахтной документации, оборудованию, материалам, технологиям и программным средствам.....	21
2.4 Учет спуска и подъема людей.....	24
<b>Часть 2</b>	
<b>САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ</b> .....	27
<b>3 Улучшение климатических условий в шахте</b> .....	27
<b>4 Обеспечение требуемого состава шахтного воздуха</b> .....	30
<b>5 Борьба с шахтной пылью как профессиональной вредностью</b> .....	34
5.1 Комплекс мер по предупреждению заболеваниями пылевой этиологии.....	34
5.2 Способы и средства борьбы с пылью.....	36
5.3 Выбор обеспыливающих мероприятий.....	45
5.4 Предварительное увлажнения угля в массиве.....	48
5.5 Обеспыливание воздуха в очистных выработках.....	52
5.6 Обеспыливание воздуха в подготовительных выработках.....	56
5.7 Пылеподавление в транспортных и околоствольных выработках.....	59
5.8 Обеспыливание входящих и исходящих вентиляционных потоков.....	62
5.9 Очистка и обеззараживание воды в подземных условия для целей пылеподавления.....	64
<b>6 Обеспечение шумовой и вибрационной безопасности на рабочих местах</b> .....	67
6.1 Общие положения по обеспечению шумовой и вибрационной безопасности.....	67
6.2 Определение ожидаемых уровней шума и вибраций на рабочих местах.....	69
6.3. Методы и средства защиты от шума и вибрации.....	73
6.4. Профилактика шумовой и вибрационной заболеваемости.....	75
<b>7 Освещенность в горных выработках и на поверхностном комплексе</b> .....	77
<b>8 Средства индивидуальной защиты</b> .....	78
<b>9 Санитарно-бытовое и медико-профилактическое обслуживание</b> .....	82
<b>10 Паспорт санитарно-технического состояния рабочих мест</b> .....	84
<b>Часть 3</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ</b> .....	87
<b>11 Ведение горных работ</b> .....	87
11.1 Устройство выходов из шахты и горных выработок.....	87
11.2 Требования к паспортам выемочных участков и проведения и крепления выработок.....	90

11.3 Меры безопасности при проведении горизонтальных и наклонных подготовительных. выработок .....	92
11.4 Меры безопасности при ведении очистных работ.....	98
11.5 Меры безопасности при проходке, углубке и армировании вертикальных стволов.....	105
11.6 Содержание, ремонт и ликвидация горных выработок.....	113
<b>12 Безопасное производство взрывных работ.....</b>	<b>117</b>
12.1 Общие сведения. Требования к персоналу.....	117
12.2 Классификация взрывчатых материалов и средств взрывания по условиям применения.....	120
12.3 Хранение, учет, подготовка, выдача и уничтожение взрывчатых материалов... ..	124
12.4 Перевозка, спуск в шахту и доставка взрывчатых материалов.....	128
12.5 Обеспечение безопасности ведения взрывных работ.....	130
12.6 Меры безопасности взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли.....	134
12.7 Порядок безопасного ведения взрывных работ.....	138
<b>13 Меры безопасности при передвижении и перевозке людей и транспортировании грузов по горным выработкам.....</b>	<b>143</b>
13.1 Основные опасности при работе подземного транспорта.....	143
13.2. Общие требования к организации и средствам подземного транспорта.....	145
13.3 Передвижение и перевозка людей по горным выработкам.....	150
13.4 Путевое хозяйство. Безопасность откатки рельсовым транспортом.....	158
13.5 Требования безопасности к контактной сети и зарядке аккумуляторных батарей.....	162
13.6 Безопасность при работе конвейерного транспорта .....	166
<b>14 Безопасность работы шахтных подъемов.....</b>	<b>171</b>
14.1 Опасности при работе шахтных подъемов.....	171
14.2. Основные требования безопасности к канатным подъемам.....	172
14.3. Сигнализация и связь на шахтном подъеме .....	183
14.4 Требования к организации безопасной работы шахтных подъемов.....	184
<b>15 Безопасность эксплуатации электрооборудования.....</b>	<b>187</b>
15.1 Общие положения и требования.....	187
15. 2 Виды исполнения, область и условия применения электрооборудования.....	196
15.3 Электрические проводки.....	201
15.4 Электрические машины и аппараты.....	206
15.5 Камеры для электрических машин и подстанций.....	207
15.6 Требования к защитному заземлению.....	209
15.7. Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов.....	211
15.8. Электроснабжение участка и управление машинами.....	213
<b>Часть 4</b>	
<b>ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ.....</b>	<b>218</b>
<b>16 Аварийная опасность угольных шахт.....</b>	<b>218</b>
<b>17 Предупреждение и локализация взрывов газа и угольной пыли.....</b>	<b>221</b>
17.1 Условия возникновения и протекания взрывов метано и пылевоздушных смесей.....	221
17.2 Последствия и причины взрывов газа и угольной пыли.....	235
17.3 Мероприятия газового режима.....	239
17.4 Мероприятия пылевого режима.....	250
17.5 Автоматическая система локализации вспышек метана и угольной пыли.....	260
<b>18 Профилактика и тушение шахтных пожаров.....</b>	<b>261</b>
18.1 Общие положения.....	261
18.2 Причины экзогенных пожаров.....	265

18.3 Эндогенные пожары. Условия и причины самовозгорания углей и глинисто-углистых пород.....	268
18.4 Особенности развития и методы обнаружения подземных экзогенных и эндогенных пожаров.....	275
18.5 Пожарно-профилактические мероприятия по предупреждению экзогенных и эндогенных пожаров.....	283
18.6 Противопожарная защита промплощадки и горных выработок шахты.....	291
18.7 Способы и средства тушения пожаров.....	301
<b>19 Предотвращение газодинамических явлений.....</b>	<b>324</b>
19.1 Общие сведения.....	324
19.2 Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа.....	338
19.3 Основные требования и порядок применения комплекса мер при разработке угрожаемых и опасных по газодинамическим явлениям шахтопластов .....	347
19.4 Общая организация работ по борьбе с газодинамическими явлениями.....	353
19.5 Прогноз опасности возникновения газодинамических явлений.....	355
19.6 Опережающая отработка защитных пластов.....	363
19.7 Региональные способы предотвращения газодинамических явлений.....	373
19.8 Предотвращение газодинамических явлений при вскрытии угольных пластов.....	376
19.9 Локальные способы предотвращения газодинамических явлений.....	383
19.10 Контроль эффективности способов предотвращения газодинамических явлений.....	395
19.11 Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам.....	398
19.12 Сотрясательное взрывание.....	405
<b>20 Обвалы и обрушения горных пород.....</b>	<b>408</b>
<b>21 Предотвращение прорывов воды, глины и пульпы в горные выработки ....</b>	<b>409</b>
<b>22 Загазирование горных выработок.....</b>	<b>411</b>
<b>23 Подготовка шахты к ликвидации аварий и организация аварийно-спасательных работ.....</b>	<b>413</b>
23.1 Противоаварийная защита шахт.....	413
23.2 Средства защиты органов дыхания при авариях.....	418
23.3 План ликвидации аварий.....	433
23.4 Организационные основы горноспасательной службы.....	442
23.5 Шахтные горноспасательные станции.....	448
23.6 Действие ГВГСС при ликвидации аварий.....	453
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>472</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</b>	<b>473</b>

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

Охрана труда, как самостоятельная специальная дисциплина, впервые была введена в 1929 году в Московском институте железнодорожного транспорта. В 1966 г. этот курс был официально включен в программы всех инженерных специальностей.

В связи с переходом высшей школы Украины на систему двухступенчатого образования вместо единой дисциплины «Охрана труда» преподаются две нормативные дисциплины «Основы охраны труда» для подготовки бакалавров и «Охрана труда в отрасли» для – специалистов и магистров.

Целью изучения дисциплины «Охрана труда в отрасли» является формирование у будущих специалистов и магистров знаний, касающихся состояния и проблем охраны труда в угольной промышленности, функционирования в отрасли системы управления охраной труда, путей, способов и средств обеспечения условий производственной среды и безопасности труда на угольных шахтах согласно действующим правовым и нормативным актам.

Содержание пособия является логическим продолжением курса «Основы охраны труда» и соответствующей учебной литературы по курсу для студентов горных специальностей. При этом предполагается, что студенты с учетом специфики угольных шахт в должной мере подготовлены по вопросам общей безопасности, основам гигиены труда и промышленной санитарии, требований безопасности к технологическим процессам и оборудованию, имеют определенные знания по основам пожарной безопасности и проявлению других опасных природных и производственных факторов на угольных шахтах.

В пособии приведен обширный статистический материал о состоянии охраны труда в угольной промышленности. Подробно изложены функции и задачи действующей в угольной промышленности системы управления охраной труда. При этом особое внимание уделено организации нарядной системы на шахтах, одной из основных задач которой является первоочередное устранение нарушений требований безопасности и выполнение работ под контролем лиц надзора. Вопросы санитарно-гигиенического обеспечения условий труда и техники безопасности рассмотрены

практически на всех основных объектах и производственных процессах угольных шахт. Сущность и причины природных и техногенных аварий на угольных шахтах, методы и средства их предупреждения и специфичные для угольной промышленности вопросы горноспасательного дела изложены в специальном разделе. При подготовке пособия максимально учтены требования НПАОП 10.0-1.01-10 «Правила безопасности в угольных шахтах»<sup>1</sup>. Для более глубокого изучения рассматриваемых вопросов и возможности применения приобретенных знаний в курсовом и дипломном проектировании и при производственной деятельности в пособии приведены ссылки и перечень практически всех нормативных актов и другой документации, применение которой регламентировано Правилами безопасности.

Пособие подготовлено с участием преподавателей кафедры «Охрана труда и аэрология» Донецкого национального технического университета (ДонНТУ). При подготовке пособия сохранен методологический подход, использованный при написании классического советского учебника по охране труда для горных специальностей, одним из авторов которого являлся бывший заведующий кафедрой В.Я. Балтайтис.

Авторы выражают признательность ведущим ученым и специалистам В.И. Николину, Н.Р. Шевцову, М.П. Зборщику, В.В. Осокину, Н.Б. Левкину, О.И. Кашубе, Э.Н. Медведеву, С.Н. Смоланову, А.А. Рубинскому и др. за предоставленную возможность использования результатов их научных исследований при подготовке пособия, а также авторам аналогичного Российского учебника под редакцией К.З. Ушакова за использование некоторых заимствований из этого учебника.

Авторы будут благодарны за предложения, направленные на улучшение пособия.

---

7

<sup>1</sup> Далее Правила безопасности.

---

## Часть 1

# СОСТОЯНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## 1 Состояние охраны труда на угольных шахтах

### 1.1 Профессиональный риск травматизма на угольных шахтах

Угольная шахта является уникальным и сложным производством с особыми природными и производственными опасностями, в условиях возможного проявления которых неправильные действия одного работника могут привести к личной травме, групповому несчастному случаю или аварии с катастрофическими последствиями.

Характер и степень возможного воздействия различного рода природных и производственных опасных факторов на работающих определяет опасность рабочего места и уровень профессионального риска работника.

Для оценки профессионального риска в угольной промышленности используются показатели травматизма со смертельным исходом как наименее подверженного конъюнктурным влияниям и временным тенденциям развития трудовых отношений по сравнению с другими видами травматизма. По общепринятому мнению специалистов уровень риска  $10^{-6}$  (гибель одного человека на 1 млн. работающих в год) не вызывает беспокойства, в связи с чем он принят за базовый уровень, к которому необходимо стремиться. Уровень риска равный  $10^{-3}$  (гибель одного человека на тысячу работающих в год), соответствует добровольному риску работника.

Показатели угледобычи и коэффициентов травматизма со смертельным исходом на 1 млн. тонн добытого угля в основные временные периоды развития угольной промышленности последних десятилетий и соответствующие этим периодам уровни профессионального риска промышленно-производственного персонала представлены в таблице 1.1.



Таблица 1.1 - Изменение профессионального риска, добычи угля и коэффициента смертельного травматизма в различные временные периоды работы отрасли

Период	Временной интервал, годы	Изменения показателей		
		Профессиональный риск, $10^{-3}$	Годовой объем добычи угля, млн. тонн	Коэффициенты смертельного травматизма на 1 млн. тонн добычи угля
1	1958-1967	1,41 - 0,69	164,2 - 199,0	6,74 - 2,49
2	1968-1976	0,69 - 0,56	199,0 - 217,1	2,49 - 1,72
3	1977-1980	0,56 - 0,64	217,1 - 197,9	1,72 - 2,29
4	1981-1988	0,64 - 0,40	197,1 - 191,9	2,29 - 1,59
5	1989-1991	0,40 - 0,42	191,9 - 135,1	1,59 - 2,23
6	1998	0,56	71,0	4,72
7	2000	0,50	72,0	3,81
8	2006	0,46	82,2	2,14
9	2008	0,42	77,7	1,96
10	2010	0,40	80,8-	2,01

В 1958 г. профессиональный риск работников угольной промышленности в 1,41 раза превышал принятый уровень добровольного риска.

В первом периоде (1958-1967 гг.) произошло снижение профессионального риска почти в 2,5 раза. Средний показатель риска в этот период составил  $1,0 \cdot 10^{-3}$ . Управляющее воздействие в этом периоде выразилось в применении новой, более безопасной производительной техники (объем добычи угля увеличился почти в 1,2 раза с 164,2 млн. тонн в 1958 г. до 199,0 млн. тонн в 1967 г.), а также в активной воспитательной, контрольной и разъяснительной деятельности всех производственных служб в тесном контакте со службой охраны труда и профсоюзами, во внедрении прогрессивных разработок в области охраны труда. В этот период произошло резкое (почти в три раза) снижение коэффициента травматизма со смертельным исходом.

Второй период (1968-1976 гг.) характеризуется стабилизацией уровня профессионального риска, его среднее значение в этот период составило  $0,63 \cdot 10^{-3}$ . Добыча угля увеличилась до 217,1 млн. тонн в 1976 году. Коэффициент травматизма со смертельным исходом снизился к 1976 г. в 1,4 раза. Рост угледобычи не оказал ощутимого влияния на показатель профессионального риска.

В третьем периоде (1977-1980 гг.) произошло незначительное снижение уровня профессионального риска по сравнению со вторым периодом, среднее значение риска составило  $0,6 \cdot 10^{-3}$  при снижении

добычи угля до 197,1 млн. тонн. Коэффициент смертельного травматизма вырос к 1980 г. в 1,26 раза.

В четвертом периоде (1981-1988 гг.) среднее значение профессионального риска составило  $0,5 \cdot 10^{-3}$ . В этот период добыча угля оставалась примерно на том же уровне, что и в третьем периоде, а коэффициент травматизма снизился в 1,44 раза.

В пятом периоде (1989-1991 гг.) показатель профессионального риска оставался примерно на том же уровне, что и в конце четвертого периода, при снижении добычи угля до 135,1 млн. тонн в 1991 г. и росте коэффициента травматизма со смертельным исходом до 2,23.

Показатели отрасли в 1998 г. и после выделены отдельными строками. В этот период на их динамику оказали значительное влияние политические, социальные и экономические преобразования в стране, в частности процесс реструктуризации в угольной промышленности.

На рисунке 1.1 показана динамика показателей работы отрасли в 1960 - 2010 годы.

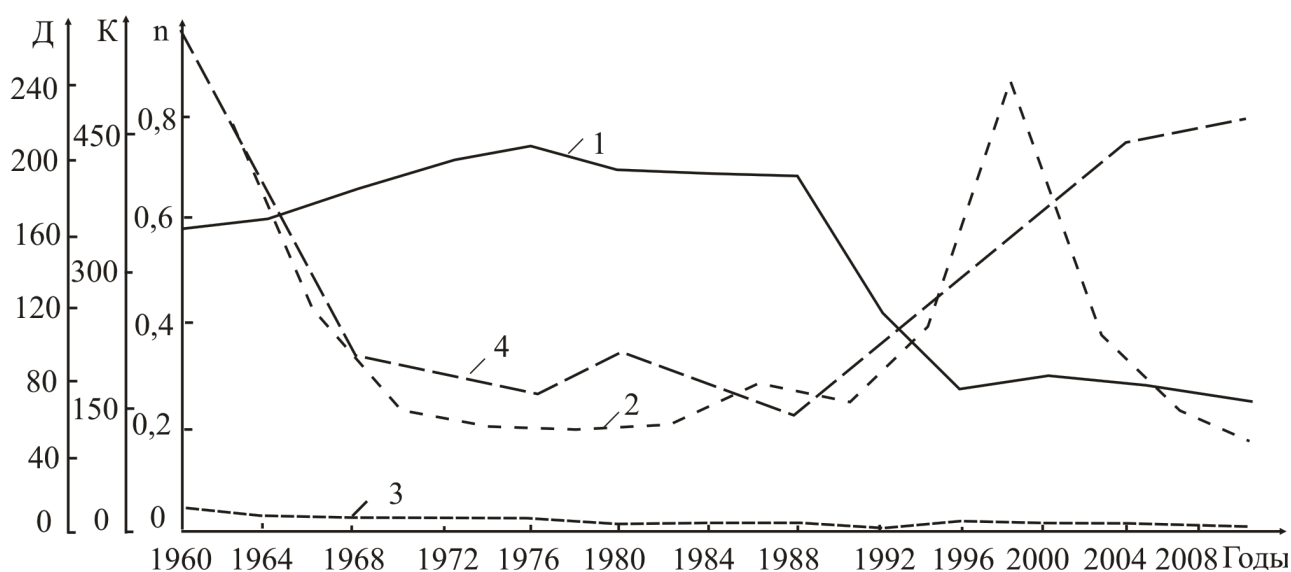


Рисунок 1.1 - Динамика показателей работы отрасли по годам

1 - добыча угля Д, млн. тонн; 2 и 3 – коэффициенты К общего и смертельного травматизма на млн. тонн добычи угля; 4 - риск травматизма со смертельным исходом в относительных единицах  $n^2$

Как видно из графика, уровни профессионального риска второго, третьего, четвертого и пятого периодов значительно отличаются друг от друга. Среднее значение показателя риска за период с 1967 г. по 1996 г. составило  $0,57 \cdot 10^{-3}$ , отклонение от среднего значения не превышает 2,8%.

10 —————

<sup>2</sup> Максимальное значение риска принималось равным единице.

Из характера изменения показателей профессионального риска видно, что ощутимое управляющее воздействие на снижение уровня риска было оказано только в первом периоде (1958-1967 гг.) В последующие годы произошла стабилизация этого показателя. Используемые в первый и последующий периоды приемы, методы и способы управления риском исчерпали свои возможности. Изменение объемов добычи угля не оказало существенного влияния на динамику показателей профессионального риска, интенсивность труда на угольных предприятиях не достигла того значения, при котором она оказывает существенное влияние на травматизм.

Насколько остро стоит проблема снижения профессионального риска в угольной промышленности, видно из тенденции роста показателей профессионального риска и смертельного травматизма в последнее десятилетие.

Угольная промышленность отнесена к отрасли промышленности с наивысшим 67-м классом профессионального риска и соответствующими максимальными размерами страховых тарифов и страховых взносов в Фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Целесообразно сравнить усредненные показатели риска работников промышленно-производственного персонала с соответствующими данными ведущих угледобывающих стран мира: Польша -  $0,18 \cdot 10^{-3}$  (100 млн. тонн/год); Германия -  $0,12 \cdot 10^{-3}$  (250 млн. тонн/год); Австралия -  $0,21 \cdot 10^{-3}$  (313 млн. тонн/год); США -  $0,45 \cdot 10^{-3}$  (1052 млн. тонн/год); Россия –  $0,48 \cdot 10^{-3}$  (240 млн. тонн/год). Уровни показателей профессионального риска в указанных странах довольно стабильны на протяжении ряда лет и отличаются от аналогичных показателей отечественной угольной промышленности в 1,2 - 5,0 раза.

Приведенные результаты распределения риска травматизма со смертельным исходом по основным причинам его возникновения показывают, что профессиональным риском можно управлять и в угольной промышленности есть реальные возможности для снижения его уровня.

## **1.2 Структура и динамика аварийности и травматизма**

На уровень аварийности и травматизма на шахтах Украины, особенно в Донбассе, влияют, прежде всего, сложные горно-геологические условия разработки угольных пластов, определяющие

проявление различного рода природных опасных факторов (табл. 1.2).

Таблица 1.2 - Число шахт с особо опасными условиями труда

Регион	Общее число шахт с особо опасными условиями труда	Число шахт по видам опасности								
		Выделение метана						Горные удары	Взрывчатая угольная пыль	Самовозгорание угля
		Всего шахт	В т. ч. по категориям				Опасные по внезапным выбросам угля и газа			
			I	II	III	Сверхкатегорные				
Донецкая область.	105	47	10	5	3	29	53	13	65	27
Луганская область	70	34	5	2	4	23	20	-	34	11
Другие регионы	15	15	4	4	4	3	-	-	15	5
Всего	190	96	19	11	11	55	73	13	114	43
Удельный вес шахт, %	100,0	50,6	10,0	5,8	5,8	29,8	38,4	6,8	60,0	22,6

Из таблицы 1.2 видно, что в угольной промышленности Украины 89% шахт газовые, 60% - опасные по взрывчатости угольной пыли, 45,2% - опасные по газодинамическим явлениям (ГДЯ) и 22,6% - по самовозгоранию угля. При этом работа шахт осуществляется в постоянно ухудшающихся горно-геологических условиях, связанных с увеличением глубины разработки. Так, в Донбассе, средняя глубина разработки угольных пластов с большим количеством тектонических нарушений и слабыми боковыми породами превысила 720 м, а 33 (17%) шахт работают на глубине 1000-1400 м.

Наибольшее число несчастных случаев со смертельным исходом происходит от обвалов и обрушений, при взрывах газа и угольной пыли, на подземном транспорте и подъеме, при работе машин и механизмов, в том числе в результате аварий (табл. 1.3). В целом же более 80% смертельного травматизма, без учета умерших на производстве, происходит в результате аварий, а 24% - при авариях с групповыми несчастными случаями.

По степени тяжести аварий максимальные последствия приходится на взрывы газа и угольной пыли. Если исключить случаи вспышек и горения метана как незначительные по числу погибших, то на один взрыв в среднем приходится 12 погибших. Далее по степени тяжести следуют газодинамические явления отнесенные к категории внезапных (1,8 случая на один внезапный выброс угля и газа), обвалы и обрушения (0,46 случая на аварию), прорывы воды (0,33), электрооборудование (0,10), подземный транспорт и подъем (0,09), пожары (0,07), горные машины и механизмы (0,02).

Таблица 1.3 - Структура аварийности, смертельного и общего травматизма на угольных шахтах

Виды аварий (опасные факторы)	Аварийность		Травматизм		
	Среднее ежегодное число аварий	Удельный вес, %	Смертельный		Общий в горных выработках, %
			Среднее число ежегодно травми- руемых	Удельный вес, %	
Машины и механизмы	1072	47,1	26	8,9	14
Транспорт и подъем	686	30,1	62	21,2	25
Обвалы и обрушения	138	6,1	63	21,5	33
Газодинамические явления, в том числе внезапные выбросы угля и газа	151	6,6			
Взрывы метана и пыли, вспышки и горение метана	5	-	9	3,1	1
Прорывы воды и плывунов	12	0,5	47	16,0	8
Подземные пожары	3	0,1	1	0,3	
Электрооборудование	75	3,3	5	1,7	
Прочие аварии	114	5,0	12	4,1	
Всего подземных аварий	24	1,1	19	6,5	
Взрывные работы	2275	100	244		
Удушья и отравления			2	0,7	
Падение людей			3	1,0	12
Падение предметов			16	5,5	
Утопления			6	2,0	
Острая сердечно- сосудистая недостаточность			1	0,3	
Прочие факторы			14	4,8	
Всего:			7	2,4	
в подземных выработках			293	100	100
на поверхности			62		
по шахтам			355		

Высокий уровень общего травматизма в отрасли. Ежегодное количество случаев общего травматизма – более 25 тыс., что на два порядка выше случаев смертельного травматизма.

Интегральной характеристикой состояния охраны в угольной промышленности является коэффициент смертельного травматизма на млн. тонн добычи угля. О неудовлетворительном состоянии охраны труда в угольной промышленности Украины свидетельствует сравнение этого показателя с аналогичными показателями угледобывающих стран мира: в Австралии - 0,00, США - 0,01, Германии - 0,03, ЮАР - 0,16, Польше - 0,25, России - 0,33, Индии - 0,56, Украине - 2,14, Китае - 3,94. По этому показателю Украина занимает предпоследнее место среди угледобывающих стран, а сам показатель на порядок и более отличается от аналогичных показателей ведущих угледобывающих стран мира<sup>3</sup>.

### **1.3 Риск развития профессиональных заболеваний**

На развитие профессиональных заболеваний пылевой этиологии основное влияние оказывает концентрация пыли, содержание в ней свободной двуокиси кремния, метаморфизм разрабатываемого угля, температура воздуха и другие горно-геологические условия. Для оценки опасности шахт по пылевому фактору выделены следующие группы (кадастры): малоопасные, средней опасности и опасные шахты.

В первую группу пневмокониозоопасности входят шахты, разрабатывающие не антрацитовые угли на пластах пологого падения. Средний уровень заболеваемости рабочих очистных забоев для этой группы составляет 1,54 на 1000 работающих. В группе глубоких шахт с низким пылевыделением средние показатели заболеваемости пневмокониозом составляют 0,34 случая на 1000 работающих. В группе неглубоких шахт с низким пылевыделением пластов средний уровень заболеваемости 1,7, а в глубоких шахтах с высоким значением пылевыделения пласта заболеваемость составляет 2,5 случаев на 1000 работающих.

Во вторую группу входят шахты крутого падения. Средние уровни заболеваемости пневмокониозом в этой группе 6,44 случая,

14 \_\_\_\_\_

<sup>3</sup> Обращаем внимание, что в последние годы произошло снижение коэффициента смертельного травматизма (см. табл. 1.1 и рис. 1.1).

но на отдельных шахтах достигает значения 17,4 случая на 1000 работающих.

К третьей группе отнесены шахты, разрабатывающие антрацитовые угли. Средние уровни заболеваемости в этой группе составляют 13,8 случая при максимальном значении 32,3 случая на 1000 работающих.

Уровни заболеваемости пылевым бронхитом на шахтах первой группы самые низкие и в среднем составляют 0,82 случая на 1000 работающих. На шахтах разрабатываемых крутопадающие пласты и антрациты средние уровни пылевых бронхитов составляют 1,9 на 1000 работающих. При этом на шахтах, разрабатывающих крутопадающие пласты, значительных отклонений от средних величин в показателях заболеваемости не отмечается, а на шахтах, разрабатывающих антрациты, уровни пылевых бронхитов могут быть значительно выше средних и достигать значений 9,96 на 1000 работающих.

В 48% случаев заболеваний пылевой этиологии регистрируются в первой группе шахт по степени пневмокониозоопасности, во второй группе регистрируются 27% случаев, в третьей - 25%.

Категорию шумо-виброопасности шахт определяют горная техника, длительность работы машин, число циклов проходки за смену, форма организации труда. Разбивка шахт на группы по фактору шума осуществляется по статистической форме следующим образом: если эквивалентные уровни шума  $L < 90$  дБА, то шахта относится к первой группе, если  $90 < L < 93$  дБА, то - ко второй, если  $L > 93$  дБА то - к третьей, если  $L > 99$  дБА, то - к четвертой группе.

К первой группе шумоопасности относятся 78% шахт Донбасса. Во второй группе профзаболевания шумовой этиологии - кохлеарный неврит регистрируется преимущественно на шахтах Донецко-Макеевского района. В третью группу входят шахты, разрабатывающие крутопадающие пласты. Наиболее высокие показатели заболеваемости на этих шахтах достигают 0,4 случая на 1000 работающих.

При расчете показателей шахт по виброопасности учитывается число рабочих смен, отработанных комбайнами и отбойными молотками на крутых пластах при проведении подготовительных выработок комбайнами, породопогрузочными машинами, механическими скреперами. Разбивка на группы по фактору вибрации осуществляется следующим образом: если уровни

локальной вибрации  $L < 84$  то данная шахта относится к первой группе, если  $84 < L < 87$  дБ, то - ко второй, если  $L > 87$  дБ, то - к третьей группе, если  $L > 93$  дБ, то - к четвертой группе.

В первую группу виброопасности входят 71% шахт Донбасса, разрабатывающие, в основном, пологопадающие пласты. Вибрационная болезнь встречается в шахтах, использующих буровзрывную технологию проведения горных выработок. Средние показатели заболеваемости на очистных работах в этой группе - 1,04 на 1000 работающих, на подготовительных - 1,65. Во вторую группу входят 15% шахт Донбасса. Средние уровни заболеваемости на этих шахтах - 2,5 случая на 1000 работающих на очистных работах и 1,5 случаев на 1000 работающих на подготовительных работах. В третьей группе уровни заболеваемости на очистных работах составляют 5,65 на 1000 работающих. В эту группу входят шахты, разрабатывающие крутопадающие пласты.

Профессиональные бурситы связаны с работой в вынужденной рабочей позе. Разделение шахт на группы по мощности угольных пластов осуществлено следующим образом: условия труда малоопасные при мощности пластов  $m > 1,5$  м; условия труда средней опасности при  $1,2 < m < 1,5$  м; условия труда высокоопасные при  $0,8 < m < 1,2$  м. К третьей, наиболее опасной группе относятся 60% всех шахт Донбасса, однако, заболеваемость бурситами регистрируется лишь на отдельных шахтах. Ко второй группе относятся 26% шахт, к третьей - 14%.

Особенностями таких условно профессиональных заболеваний как заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата, перегрев, варикозное расширение вен, эндоартериит и заболевания кожи является их значительная распространенность среди шахтеров и другого населения трудоспособного возраста, отсутствие адекватных методов диагностики этих заболеваний и методов определения индивидуальной предрасположенности к этим заболеваниям.

Исследования в различных отраслях промышленности показывают, что на развитие заболеваний периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата оказывает влияние вынужденная рабочая поза. В угольных шахтах формирование рабочей позы происходит под влиянием мощности обрабатываемых пластов, угла их падения, степени механизации работ.



В результате экспертного анализа, сформированы следующие группы шахт по опасности развития заболеваний периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата. К первой группе относится наиболее многочисленная группа шахт (56%), разрабатывающие пологие пласты при частичной механизации и немеханизированных работах. Средний уровень заболеваемости в этой группе 0,76 случаев заболеваний на 1000 работающих на очистных работах. Ко второй группе относятся шахты, ведущие очистные работы при полной механизации на пологих пластах. В эти группы вошло 24% шахт Донбасса. Средние уровни заболеваемости - 1,56 случаев на 1000 рабочих очистных забоев. В третьей группе шахт разрабатываются пласты крутого падения. Средние уровни заболеваемости - 1,93 на 1000 работающих.

Заболевания опорно-двигательного аппарата регистрируются эпизодически, на очистных работах заболеваемость в два раза выше, чем на подготовительных. Существенных отличий в группах шахт с различными условиями труда не отмечается.

По температурному фактору шахты Донбасса распределены на три группы. К первой группе шахт малоопасным по температурному фактору отнесены 47% шахт, в выработках которых средняя температура воздуха составляет 24-27 °С. Ко второй группе шахт средней опасности относятся 49% шахт с температурой воздуха в выработках в пределах 27-32 °С. Остальные шахты, в выработках которых температура воздуха более 32 °С, относятся к третьей группе шахт опасных по температурному фактору.

## **2 Система управления охраной труда в угольной промышленности**

### **2.1 Общие положения**

Наряду со сложными горно-геологическими условиями на уровень аварийности, травматизма и профзаболеваний значительное влияние оказывает кризисное состояние угольной промышленности Украины по техническим, экономическим, финансовым и социальным показателям.

Только около 30 шахт являются современными предприятиями, а более половины шахт работают без реконструкции, имеют сложные вентиляционные сети и многоступенчатый подземный транспорт. В

общем парке действующего забойного оборудования удельный вес очистных механизированных комплексов и проходческих комбайнов нового технического уровня составляет только 2%. В целом промышленно-производственные фонды угледобывающих предприятий изношены в среднем на 65%.

Основной причиной кризисного состояния отрасли является недостаточный объем финансирования, когда объем капитальных вложений с 1991 г. сократился более чем в 3 раза, а цены на материалы и оборудование возросли в 2,3 и более раза. Низкий уровень зарплаты и задержки с ее выплатой стали основной причиной оттока квалифицированных кадров.

**В указанных условиях возрастают роль и задачи действующей в угольной промышленности системы управления охраной труда (СУОТ), основной целью которой является создание безопасных и здоровых условий труда в соответствии с требованиями Правил безопасности.**

В соответствии с Горным законом Украины Правила безопасности определяют нормы и правила безопасного ведения горных работ, использования горношахтного и электротехнического оборудования, рудничного транспорта, требования к проветриванию и противоаварийной защите горных выработок, соблюдению пылегазового режима, производственной санитарии, охраны труда и окружающей среды.

Правила безопасности распространяются на все предприятия и организации, осуществляющие деятельность на угольной шахте, независимо от форм собственности и обязательны для всех работников, участвующих в проектировании, создании и использовании горных выработок, зданий и сооружений, машин, оборудования, приборов и материалов, а также для лиц, чья работа или учеба связана с посещением шахт.

Согласно требованиям Правил безопасности все шахты обслуживаются подразделением Государственной военизированной горноспасательной службы (ГВГСС). На шахтах созданы и функционируют шахтные горноспасательные станции (ШГС) и участковые вспомогательные команды (ВГК).

В соответствии с требованиями Правил безопасности на каждой шахте функционирует система управления охраной труда и нарядная система. Для их функционирования директор (собственник) создает службу охраны труда и соответствующий штат должностных лиц.

Положения о системе управления охраной труда, службе охраны труда и нарядной системе разрабатываются на основании соответствующих единых отраслевых документов и утверждаются директором (собственником) шахты. Служба охраны труда подчиняется непосредственно директору шахты и приравнивается к основным производственно-техническим службам.

Система управления охраной труда является неотъемлемой частью системы управления производством и предусматривает выполнение каждым работником в соответствии с его обязанностями задач по осуществлению технических, технологических, организационных, санитарно-гигиенических и социально-экономических мероприятий, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда, предупреждение и недопущение аварий, травматизма, профессиональных и общих заболеваний работников.

Основные задачи системы управления охраной труда состоят в устройстве и организации противоаварийной защиты шахт, участков, технологических линий и рабочих мест; обеспечении безопасности горных выработок, производственных процессов и строительно-монтажных работ; нормализации санитарно-гигиенических условий труда и лечебно-профилактическом обслуживании работников; обеспечении их средствами защиты от действия опасных и вредных факторов; профессиональном отборе, обучении и информации кадров; материальном и моральном стимулировании работников.

Система управления охраной труда шахты базируется на требованиях Правил безопасности к производственному персоналу, шахтной документации, к оборудованию, материалам, технологиям, программным средствам, организации учета спуска и подъема людей и др.

## **2.2 Требования к персоналу шахт**

Работники, деятельность которых связана с безопасностью групп людей (мастера-взрывники, электрослесари, машинисты людских подъемов, электровозов и горных выемочных машин, горные диспетчера), должны проходить профессиональный отбор при поступлении на работу и периодические проверки на профпригодность в период трудовой деятельности.

Руководитель службы охраны труда на шахте должен иметь высшее горнотехническое образование, полученное в высшем

учебном заведении 3-го или 4-го уровня аккредитации, и стаж руководящей работы в шахте.

На должности горных диспетчеров шахт назначаются лица, имеющие высшее горнотехническое образование и стаж работы, связанный с руководством горными работами в шахте, не менее 3-х лет. Горные диспетчера должны один раз в неделю посещать подземные работы, знать все горные выработки и места ведения горных работ.

Директора и главные инженеры, руководители служб охраны труда, главные механики, главные энергетики, главные технологи, начальники участков вентиляции и техники безопасности (ВТБ), буровзрывных работ (БВР), дегазации, профилактических работ по технике безопасности (ПР по ТБ) могут быть назначены на должность только после обучения по охране труда, безопасности работ и аттестации в МакНИИ<sup>4</sup>, а горные диспетчеры (лица, которые могут быть назначены ответственными руководителями работ по ликвидации аварий), начальники участков: очистных, подготовительных, ремонтно-восстановительных, монтажных, шахтного транспорта - в МакНИИ или учебных учреждениях, имеющих разрешение Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охраны труда и горного надзора (Госгорпромнадзора) Порядок обучения и аттестации определяется Положением об обучении и аттестации специалистов шахт, назначаемых на руководящие должности.

Начальниками участков ВТБ могут быть лица, имеющие высшее горнотехническое образование, полученное в учебных заведениях 3-го и 4-го уровней аккредитации, и стаж подземной работы на шахтах не менее года. На шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам, начальники участков ВТБ должны иметь стаж подземной работы на газовых шахтах не менее 3 лет. Заместителями начальника участка ВТБ на шахтах III категории и выше назначаются специалисты, имеющие высшее горнотехническое образование, окончившие высшие учебные заведения 3-го и 4-го уровня аккредитации, а на шахтах не выше II категории - лица с высшим горнотехническим образованием 1-4-го уровней аккредитации. Помощниками начальника участка ВТБ и горными

20\_\_\_\_\_

<sup>4</sup> Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ).

мастерами этих участков назначаются лица, имеющие высшее горнотехническое образование 1-4-го уровней аккредитации.

Начальниками добычных и подготовительных участков на пластах, опасных по внезапным выбросам, а также разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам, назначаются лица с высшим горнотехническим образованием, окончившие высшие учебные заведения 3-го и 4-го уровней аккредитации, имеющие опыт работы в таких шахтах не менее 2 лет.

Должностные лица шахт, опасных по внезапным выбросам, а также разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам, допускаются к работе после сдачи экзаменов на знание специальных инструкций по ведению горных и взрывных работ в этих условиях.

К работе в очистных и подготовительных забоях на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, допускаются рабочие, имеющие стаж работы в очистных или подготовительных забоях шахт, опасных по газу, или в горных выработках шахт, опасных по внезапным выбросам, не менее года.

Подготовка и переподготовка рабочих проводятся учебно-курсовыми комбинатами (УКК), учебно-техническими центрами, профессионально-техническими училищами, а повышение квалификации - учебными пунктами. Рабочие, приступающие к работам на шахтах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, должны пройти подготовку по специальной программе. Специалисты с высшим горнотехническим образованием имеют право работать по рабочим профессиям после двухмесячной стажировки и сдачи экзаменов экстерном квалификационной комиссии учебно-курсового комбината.

Предварительное обучение по охране труда работников, поступающих на шахту, студентов и учащихся, направляемых на производственную практику, а также работников сторонних предприятий (организаций), выполняющих работы в шахте, включает вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте, специальные виды обучения, экзамен по охране труда, стажировку.

Обучение по охране труда в период трудовой деятельности включает первичный инструктаж на рабочем месте при переводе на работу по другой профессии (должности) или на другие участки (цеха, службы), текущие, повторные, внеплановые, целевые инструктажи, стажировки, периодическую и внеочередную проверку знаний по охране труда.

Содержание, периодичность и порядок предварительного обучения, и обучение в период трудовой деятельности определяются Инструкцией по обучению работников шахт (НПАОП 1.0. 0-5.35-95).

Руководители и специалисты не реже одного раза в три года (от времени последнего обучения) должны пройти повторное обучение по вопросам охраны труда и безопасности работ в соответствии с Типовым положением об обучении по вопросам охраны труда (НПАОП 0.00-4.12-99).

Все работники, обслуживающие машины, механизмы и электроустановки, обязаны иметь право управления ими и иметь соответствующее удостоверение.

### **2.3 Требования к шахтной документации, оборудованию, материалам, технологиям и программным средствам**

Правила безопасности и соответствующие инструкции к ним являются основополагающими отраслевыми НПАОП, в соответствии с требованиями которых разрабатывается шахтная документация.

Каждая шахта имеет проектно-сметную, геолого-маркшейдерскую, производственно-техническую, санитарно-гигиеническую и учетно-контрольную документацию, а также ситуационный план поверхности с указанием всех объектов и сооружений в пределах горного отвода. Для всех видов документации определяются единые для отрасли сроки хранения с обязательным указанием их на титульном листе.

Календарные планы развития горных работ (перспективные, текущие) разрабатываются, согласовываются и утверждаются в соответствии с Положением о порядке разработки, оформления, согласования и утверждения программы развития горных работ и потерь угля в недрах при добыче.

Каждая шахта имеет проект строительства, реконструкции или ликвидации. Вскрытие и подготовка шахтных полей, горизонтов, блоков, панелей, проходка и капитальный ремонт стволов, установка стационарного оборудования осуществляются по проектам, прошедшим экспертизу в государственных организациях, имеющих разрешение Госгорпромнадзора. Эксплуатация выемочных участков, проведение и капитальный ремонт горных выработок осуществляются по паспортам, составляемым в соответствии с проектами, установка механизмов - по схемам, которые утверждаются директором или главным инженером.

Шахта должна иметь паспорт санитарно-технического состояния условий труда.

Указанной документацией регламентируются ведения при нормальной работе шахты. При работе в аварийном режиме основным документом является план ликвидации аварий (ПЛА).

Для всех технологических процессов следует предусматривать применение средств механизации не только основных, но и вспомогательных работ, исключая или сводящих к минимуму тяжелый ручной труд.

Горные машины, механизмы, электрооборудование, приборы, аппаратура, средства защиты и материалы допускаются к эксплуатации Госгорпромнадзором и Госсанэпиднадзором по результатам сертификационных испытаний в МакНИИ, НИИГД «Респиратор» или ЭТЦ.

Эксплуатация и обслуживание машин, горношахтного оборудования, приборов и аппаратуры, а также их монтаж, демонтаж и хранение должны осуществляться в соответствии с руководствами (инструкциями) по их эксплуатации и другими эксплуатационными документами предприятий-изготовителей. Указанные в эксплуатационных документах нормируемые параметры вредностей должны выдерживаться на протяжении всего периода эксплуатации оборудования до и после капитального ремонта.

Движущиеся части оборудования, если они представляют собой источники опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых невозможно из-за их функционального назначения (рабочие органы и системы подачи забойных машин, конвейерные ленты, ролики, тяговые цепи и др.). Если машины или их исполнительные органы, представляющие опасность для людей, не могут быть ограждены (передвижные машины, конвейеры, канатные и монорельсовые дороги, толкатели, маневровые лебедки и др.), то должна быть предусмотрена предупредительная сигнализация о пуске машины в работу, средства остановки и отключения от источников энергии. Предпусковой предупредительный сигнал должен быть звуковым продолжительностью не менее 6 секунд и слышен по всей зоне, опасной для людей.

Новые технологии (способы) ведения горных работ и предупреждения факторов производственной опасности и вредности, программные средства для расчетов (проектирования) шахтных систем (проветривания, дегазации, энергоснабжения и др.)

допускаются для применения на шахтах по разрешению Госгорпромнадзора.

## **2.4 Учет спуска и подъема людей**

На каждой действующей и строящейся шахте ведется обязательный табельный учет всех спустившихся в шахту и выехавших (вышедших) из нее. Точный учет спуска и подъема (выхода) людей из шахты необходим для обеспечения своевременного вывода людей в безопасные места или на поверхность в случае аварии, а также для организации поиска лиц, не выехавших из шахты.

Ответственность за организацию учета возлагается на директора шахты, который устанавливает порядок выявления своевременно не выехавших (вышедших) из шахты. Учет выхода на работу трудящихся, занятых на подземных работах, возлагается на старшего табельщика или лицо, его заменяющее. На поверхности шахт учет осуществляется непосредственно начальником участка, цеха и т. п. Ответственность за точность учета несет главный бухгалтер предприятия, так как учет выходов на работу связан с начислением заработной платы.

Табельный учет основан на то, что каждому работнику, состоящему в списочном составе шахты, присваивается табельный номер. При этом табельный номер работника должен соответствовать номерам закрепленных за ним аккумуляторной лампы, самоспасателя, а, при возможности, и места хранения одежды.

Табельный учет осуществляется по жетонной системе или с использованием автоматизированных систем.

При жетонной системе на каждого работника, занятого на подземных работах, изготавливаются два металлических жетона разной формы («Спуск» - квадратный, «Выезд» - треугольный), на которых выбиваются наименование шахты, табельный номер и слова «Спуск» или «Выезд». Перед спуском в шахту рабочий, взяв аккумуляторную лампу и самоспасатель, получает у старшего табельщика жетон «Спуск». При спуске в шахту рабочий отдает этот жетон ответственному за спуск работнику (рукоятнице), который (ая) опускает жетоны в специальный ящик, установленный у ствола. После окончания установленного времени для спуска в шахту ящик с жетонами доставляется в ламповую, где они развешиваются на табельной доске. Жетоны «Выезд» горный мастер получает от



работника ламповой перед спуском в шахту на всех рабочих своей смены. После окончания смены рабочие получают от горного мастера жетоны «Выезд». При посадке в клеть трудящиеся вручают жетоны стволочному, который опускает их в специальный ящик. После окончания установленного времени для выезда рабочих из шахты ящик с жетонами доставляется в ламповую, где старший табельщик развешивает все жетоны «Выезд» на контрольной доске вместе с жетонами «Спуск». Табельщики ведут почасовой учет наличия работников в шахте, о чем производят записи в специальной книге.

Применяется также вариант с тремя жетонами, при котором по первому жетону работник получает в ламповой светильник и самоспасатель.

При спуске рабочих в шахту не по главному стволу, а по фланговым стволам, штольням, шурфам сбор жетонов «Спуск» и сдачу их в табельную в обмен на жетон «Выезд» производит горный мастер смены. Ответственность за своевременный спуск и выезд в этом случае возлагается лично на горного мастера смены.

По окончании установленного времени для подъема рабочих на поверхность, но не позже 2 ч после окончания выезда, старший табельщик записывает в форму несвоевременно выехавших из шахты трудящихся, составляет список на них и выявляет причины задержки в шахте.

При автоматизированной системе используют жетоны, укрепленные на светильнике, и электронные машины типа «Сатурн». Для отметки времени спуска в шахту и выезда жетон вставляют в считывающее устройство. Устройство печати электронной машины после окончания каждой смены выдает табуляграмму - список работников, отработавших смену (спустившихся в шахту), с указанием времени спуска и выезда из шахты и список лиц, оставшихся в шахте.

Учет времени нахождения в шахте работников, которые на протяжении года выполняют работы на поверхности и в шахте, осуществляется в общем порядке с применением резервных жетонов путем ведения отдельного табеля.

Лица, не состоящие в штате шахты (специалисты других организаций, научные работники, преподаватели, студенты и др.), должны спускаться в шахту в сопровождении ее работника и также обязаны отмечаться в табельной как перед спуском, так и при выезде

на поверхность. Разрешение на спуск таких лиц выдается директором шахты.

Спуск в шахту при аварии, а также в нерабочие дни разрешается по специальным пропускам, выдаваемым при аварии - ответственным руководителем работ по ликвидации аварии, а в нерабочие дни - дежурным (диспетчером) по шахте.

Запрещается спуск в шахту работников, не ознакомленных с планом ликвидации аварий и не знающих той части, которая относится к месту их работы и путям передвижения.

При остановке работ в шахте нахождение в ней лиц, не связанных с обеспечением жизнедеятельности шахты или ликвидации аварии, запрещается.

На каждой шахте должна действовать система охраны, исключая доступ посторонних лиц в объекты жизнеобеспечения шахты, подземные выработки, служебные здания и сооружения.

**Литература:** [1, 12, 14]

### **Контрольные вопросы**

1. Понятие о профессиональном риске. Какими показателями характеризуется уровень профессионального риска в угольной промышленности?

2. На каком основании, и к какому классу профессионального риска относится угольная промышленность?

3. Сравнительная оценка угольной промышленности Украины с другими угледобывающими странами по коэффициенту смертельного травматизма на млн. тонн добычи угля.

4. Общая характеристика горно-геологических условий разработки угольных пластов на шахтах Украины и разделение шахт по проявлению основных природных опасностей.

5. Структура аварийности и травматизма на шахтах Украины.

6. Как разделяются шахты на группы (кадастры) по риску развития профессиональных заболеваний: пылевой этиологии (пневмокониозоопасности), фактору шума и вибрации (шумо-виброопасности), температурному фактору, заболеваний периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата.

7. Изложите общие положения по организации охраны труда на угольных шахтах.

8. Основные требования к персоналу шахт.

9. Основные требования к шахтной документации, оборудованию, материалам, технологиям и программным средствам.

10. Организация учета спуска и подъема людей.

## Часть 2

# САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

### 3 Улучшение климатических условий в шахте

Для предупреждения перегревания или переохлаждения людей в действующих выработках, где постоянно в течение смены находятся люди, допустимая температура в зависимости от влажности и скорости движения воздуха должна соответствовать следующим значениям (табл. 3.1).

Таблица 3.1- Допустимая температура воздуха в действующих выработках

Скорость воздуха, м/с	Допустимая температура, °С, при относительной влажности, %		
	75 и менее	76-90	Свыше 90
До 0,25	24	23	22
0,26-0,50	25	24	23
0,51-1,0	26	25	24
1,0 и более	26	26	25

Ограничивается также максимальная скорость движения воздуха в горных выработках (табл. 3.2).

Таблица 3.2 - Максимально допустимая скорость движения воздуха в горных выработках

Горные выработки, вентиляционные сооружения, призабойные пространства	Максимальная скорость воздуха, м/с
Стволы, не оборудованные постоянно действующими подъемами, вентиляционные каналы	15
Стволы для спуска и подъема только грузов	12
Кроссинги трубчатые и типа перекидных мостов	10
Стволы для спуска и подъема людей и грузов, квершлагги, главные откаточные и вентиляционные штреки, капитальные и панельные бремсберги и уклоны	8
Все прочие горные выработки, проведенные по углю и породе	6
Призабойные пространства очистных и подготовительных выработок	4

В призабойном пространстве очистных выработок, оборудованных комплексами, при отсутствии людей в зоне пылевого потока, образующегося при работе комбайна, и на пластах с естественной влажностью угля выше 8% с разрешения Госгорпромнадзора допускается скорость движения воздуха до 6 м/с. Не ограничивается скорость движения воздуха в вентиляционных скважинах.

Если параметры микроклимата по температурному фактору отличаются от предельно допустимых величин, то в выработках должна применяться система мероприятий, направленных на предупреждение перегревания или переохлаждения организма работающих: общешахтное кондиционирование воздуха; сооружение специальных камер с кондиционированием воздуха в них; подача свежего (охлажденного) воздуха вентилятором местного проветривания к рабочим местам; применение средств индивидуальной противотепловой защиты (курток, жилетов, костюмов) и др.

Устройства для кондиционирования воздуха оборудуют в соответствии с требованиями Инструкции по применению холодильных установок (НПАОП 10.0 – 5.04 – 04).

Применяют передвижные и стационарные холодильные установки (КПШ-130-1-0, КПШ 300, МХРВ-1 с водоохладителями ОКВШ-325 и воздухоохладителями ОВ-190Ш).

Наиболее рациональной является схема с местным охлаждением воздуха в очистных подготовительных забоях с помощью воздухоохладителей и расположением холодильных машин на поверхности. При этом подача и отвод хладоносителя (воды) осуществляется по сети изолированных трубопроводов.

Для местного охлаждения воздуха могут также применяться агрегатированные воздухоохладители состоящие из воздухоохладителя и скомпонованного с ним вентилятора с электроприводом или пневмоприводом. Через воздухоохладитель пропускается не менее 70% общего количества воздуха, движущегося по выработке, где установлен аппарат.

При выборе места расположения воздухоохладителей и при расчете их параметров учитываются допустимые перепады температуры воздуха в выработках, в которых находятся люди (табл. 3.3).

Таблица 3.3 - Допустимые перепады температуры воздуха

Максимальная температура до охлаждения, °С	Минимальная температура воздуха после охлаждения, °С, при скорости движения воздуха, м/с							
	1	2	3	4	5	6	7	8
28	10	12	14	16	18	20	22	24
26	9	11	13	15	17	19	21	23
24	8	10	12	14	16	18	20	22
22	7	9	11	13	15	17	19	21
20	6	8	10	12	14	16	18	20

По результатам исследований МакНИИ более благоприятным является всасывающее проветривание тупиковых выработок, так как позволяет исключить непосредственное влияние тепловыделений от работы горнопроходческого оборудования на тепловые условия в призабойных зонах и по длине выработок (табл. 3.4).

Таблица 3.4 - Температура воздуха в тупиковых выработках при всасывающей и нагнетательной схемах проветривания

Температура горных пород, °С	Всасывающее проветривание		Нагнетательное проветривание	
	Температура воздуха, °С			
	в устье выработки	в рабочей зоне	в устье выработки	в рабочей зоне
30	22,3	27,4	26,8	26,6
40	25,0	33,7	32,2	31,0
50	27,6	38,1	35,0	33,9

Даже без применения средств охлаждения воздуха всасывающее проветривание позволяет поддерживать нормальные температурные условия в тупиковых выработках на глубинах 600-800 м и существенно улучшить их по длине тупиковых выработок на глубинах 900-1000 м. В качестве основной схемы всасывающего проветривания по тепловому фактору рекомендуется схема на базе жесткого вентиляционного трубопровода с размещением вентилятора за пределами тупиковой выработки.

Подогрев воздуха подаваемого в холодное время в шахту, осуществляется калориферными устройствами, установленными при стволах шахт и штолен. В калориферах весь поступающий в шахту воздух или часть его подогревается до температуры 60-80 °С. Окно калориферного канала располагается со стороны глухой стенки подъемной клетки, чтобы горячая струя воздуха не была направлена на людей, находящихся в клетке. Калориферное устройство должно обеспечивать поддержание температуры воздуха не ниже +2 °С в 5 м от сопряжения канала калорифера со стволом (штольной).

Санитарно-бытовые помещения соединяют со стволом, по которому осуществляется спуск и подъем людей, освещенным и отапливаемым переходом. Если спуск в шахту производится в нескольких пунктах, то санитарно-бытовые помещения размещают вблизи ствола, по которому осуществляется спуск основного числа рабочих, а к остальным местам спуска рабочих доставляют пассажирским транспортом, отапливаемым в зимнее время.

У шахтного ствола на всех горизонтах, а также на пути движения шахтного пассажирского транспорта в пунктах посадки людей в поезда и выхода из них устраивают камеры (места) ожидания для рабочих. Температура воздуха в них устанавливается не ниже  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  и не выше  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Поскольку переохлаждение организма зависит также от влажности воздуха, принимают меры для ее снижения: устраняют капеж в стволе шахты путем гидроизоляции стенок ствола, устраивают ограждения в стволе для сбора и отвода воды, а также водоуловители над сопряжением околоствольного двора со стволом, устраняют скопления воды на почве выработок и пр.

## **4 Обеспечение требуемого состава шахтного воздуха**

Качественный состав шахтного воздуха определяется объемной долей кислорода, которая не должна быть ниже 20%, объемной долей вредных и ядовитых (токсичных) газов и запыленностью воздуха - содержанием угольно-породной пыли в воздухе горных выработок.

Снижение содержание кислорода в воздухе приводит к уменьшению степени насыщения крови кислородом, что при содержании кислорода ниже 17% уже не компенсируется частотой дыхания и вызывает гипоксию - выраженное кислородное голодание клеток коры головного мозга, приводящее при содержании кислорода ниже 12% к необратимым изменениям в коре головного мозга или смертельному исходу. Причинами уменьшения содержания кислорода в шахтном воздуха являются окислительные процессы, растворение кислорода шахтными водами, дыхание людей, поступление в воздух добавочных количеств азота, замещение кислорода выделяющемся метаном  $\text{CH}_4$  или диоксидом углерода  $\text{CO}_2$  (в дальнейшем также углекислого газа), в том числе аварийное при газодинамических явлениях, приводящее к гипоксии, а также

снижение кислорода при взрывах метана и угольной пыли и в процессе пожара в результате протекания экзотермических реакций окисления.

На газовых шахтах требование к максимально допустимым концентрациям метана обусловлено предотвращением создания взрывоопасных метановоздушных смесей.

Углекислый газ в небольших количествах необходим для стимуляции дыхания. Вдыхание воздуха, содержащего 6% углекислого газа, вызывает одышку и слабость, при 10% возможно обморочное состояние и только при 20-25% - смертельное отравление и (или) удушающее действие - проявление гипоксии. Содержание углекислого газа не должно превышать: на рабочих местах и в исходящих струях участков и тупиковых выработках - 0,5%, в выработках с исходящей струей крыла, горизонта и шахты в целом - 0,75%, а при проведении выработки по завалу - 1%.

В шахтном воздухе могут содержаться следующие ядовитые газы: оксид углерода CO, образующийся при взрывных работах, работе дизельных двигателей, взрывах и пожарах, окислы азота NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, образующиеся при взрывных работах; сернистый ангидрид SO<sub>2</sub>, выделяется из горных пород, образуется при взрывных работах и пожарах; сероводород H<sub>2</sub>S, выделяется из горных пород и минеральных источников, образуется при гниении, пожарах и взрывных работах; аммиак NH<sub>3</sub>, образуется при взрывных работах и тушении горящего угля водой; пары мышьяка As, ртути Hg, цианистого водорода HCN, могут образовываться при взрывных работах; акролеин и альдегиды, образуются при работе дизельных двигателей, а также компрессорные газы пневмосети.

Содержание основных ядовитых газов в действующих выработках шахт не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), приведенных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Предельно допустимая концентрация ядовитых газов

Вредные газа	Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках	
	по объему, %	мг/м <sup>3</sup>
Оксид углерода (CO)	0,00170	20
Оксиды азота (в перерасчете на NO <sub>2</sub> )	0,00025	5
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	0,00010	2
Сернистый ангидрид (SO <sub>2</sub> )	0,00038	10
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	0,00071	10

При ведении взрывных работ для пересчета ядовитых газов на условный оксид углерода 1 л диоксида азота принимается эквивалентным 6,5 л оксида углерода и каждый 1 л сернистого ангидрида или сероводорода - 2,5 л оксида углерода. Перед допуском людей в забой после взрывных работ объемная доля ядовитых газов не должна превышать 0,008% при пересчете на условный оксид углерода. Такое разрежение ядовитых газов должно достигаться не более чем за 30 мин после взрывания.

В химически зараженных районах, в особенности на шахтах Центрального района Донбасса, возможно проникновение в горные выработки сильнодействующих ядовитых веществ. Заражение горных выработок обусловлено, главным образом, двумя процессами природного и техногенного происхождения: накоплением токсичных веществ в геологических структурах шахтного поля и переносом свободно содержащихся в трещинах и порах и сорбированных на поверхности пор токсичных веществ подземными водами, приток которых обычно возрастает при образовании трещин сдвижения пород после подработки и надработки. В местах выхода зараженных вод в горные выработки возможно испарение ряда токсичных веществ. Как показывает негативный опыт работы некоторых шахт Центрального района, это может вызвать насыщение рудничного воздуха до концентраций, превышающих ПДК.

Главным способом обеспечения нормального качества воздуха является проветривание горных выработок, обеспечивающее снижение концентрации газов и вынос их из рабочих мест в общеисходящие струи и на поверхность. Необходимый расход воздуха для проветривания определяется в соответствии с Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт (НПАОП 10.0-5.10-04).

Контроль за содержанием вредных и опасных газов осуществляется службой ВТБ, инженерно-техническим персоналом и ГВГСС в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану (НПАОП 10.0-5.02-04).

Для измерения наличия и объемной доли метана и диоксида углерода применяются шахтные интерферометры ШИ-10, ШИ-11 и ШИ-12.

Экспресс анализ газового состава атмосферы на  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}+\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  выполняется при помощи химических трубок-



газоопределителей типа ГХ-4. Для определения содержания кислорода применяют трубку ГХ-М, влажности воздуха трубку ГХ (Н<sub>2</sub>О), а для концентрации токсичных веществ органического ряда (бензола, метанола и др.) трубки ГХ-О. Определение осуществляется путем калибровочного протягивания воздуха сифонным аспиратором АМ-5.

Для непрерывного контроля за микроконцентрациями оксида углерода с записью на ленте самописца применяется стационарная автоматическая аппаратура «Сигма СО».

Более точное определение состава воздуха, в том числе на другие газы и вредные вещества производится ГВГСС при плановом контроле и в аварийном режиме с помощью портативных приборов непосредственно в горных выработках или по отбираемым пробам воздуха в лабораторных условиях.

Борьба с пылью на шахтах ведется в двух направлениях: комплексного обеспыливания воздуха с целью предупреждения заболеваниями пылевой этиологии, а на шахтах опасных по взрывчатости угольной пыли также для предупреждения взрывов метана и угольной пыли.

Нормируются предельно допустимые концентрации (ПДК) угольно-породной пыли в зависимости от содержания свободного диоксида кремния SO<sub>2</sub> (табл. 4.2).

Таблица 4.2 - Предельно допустимые концентрации пыли угольных шахт

Качественная характеристика пыли	Содержание свободного диоксида кремния в пыли, %	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup> (по общей массе)
Породная, углепородная	От 10 до 70	2
Углепородная, угольная	От 5 до 10	4
Антрацитовая	До 5	6
Пыль каменных углей	До 5	10

Для отбора проб воздуха при определении его запыленности весовым методом применяется аспиратор АЭРА. Отбираемая проба воздуха, фиксируемого количества, просасывается через стеклянную пылевую трубку-алонж, заполненную гигроскопичной ватой с последующим взвешиванием трубки для определения массы пыли. По массе пыли и количеству просасываемого воздуха производится расчет его запыленности.

## **5 Борьба с шахтной пылью как профессиональной вредностью**

### **5.1 Комплекс мер по предупреждению заболеваниями пылевой этиологии**

Комплекс мер по предупреждению заболеваниями пылевыми бронхитами и пневмокониозами включает социально-правовые, лечебно-профилактические и организационно-технические мероприятия и средства по обеспыливанию и контролю запыленности шахтного воздуха.

Из социально-правовых мероприятий определяющим является запрет на работу в подземных условиях женщин и подростков до 18 лет как наиболее подверженных заболеванию пневмокониозами. Для рабочих, занятых на подземных работах, введены дополнительные отпуска продолжительностью 24 рабочих дня, первоочередное направление в шахтные профилактории и на санаторно-курортное лечение. Обязательным является ежегодное рентгеновское обследование легких, а в случае выявленного заболевания перевод работника на работы, не связанные с запыленностью. К этой группе мероприятий относится также нормирование ПДК угольно-породной пыли.

В профилактике заболеваниями пневмокониозами определяющим является учет пылевых нагрузок горнорабочих и горных мастеров в соответствии с требованиями Инструкции по замеру концентрации пыли в шахтах и учету пылевых нагрузок (НПАОП 10.0-5.08-04).

Пылевая нагрузка работника шахты рассчитывается по формуле

$$П = 0,001kCQtN, г,$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий наличие противопылевого респиратора (при наличии респиратора  $k = 0,1$ , отсутствии -  $k = 1$ );  $C$  - среднесменная запыленность воздуха,  $мг/м^3$ ;  $Q$  - среднесменный объем легочной вентиляции,  $м^3/мин$  (определяется тяжестью выполняемой работы в зависимости от профессии работника);  $t$  - продолжительность рабочей смены, мин;  $N$  - число смен, отработанных в запыленной атмосфере.

Нормы суммарной предельно допустимой пылевой нагрузки (критической по пневмокониозу), при которой работник должен быть выведен из мест работы с запыленной атмосферой, определяются в

зависимости от объема легочной вентиляции при выполнении работ (фактически от профессии или должности работника) и фиброзоопасности вдыхаемой угольно-породной пыли - содержание в ее составе свободного диоксида кремния.

Замеры среднесменной концентрации пыли на рабочих местах должны проводиться не реже одного раза в квартал в течение не менее 75% продолжительности смены при условии охвата всех производственных процессов в течение смены, перерывов в работе и выполнения норм выработки не менее чем на 80%.

Значение среднесменной концентрации пыли используется также для оценки условий труда по пылевому фактору путем сравнения полученных значений с предельно допустимыми концентрациями пыли.

Борьба с пылью на шахтах ведется в соответствии с Инструкцией по комплексному обеспыливанию воздуха (НПАОП 10.0-5.07-04).

Проектирование комплекса обеспыливающих мероприятий осуществляется уже на этапе разработки проектов строительства (реконструкции) шахт, вскрытия и подготовки выемочных участков горизонтов, блоков и панелей. Раздел по борьбе с пылью указанных проектов должен содержать:

- перечень мероприятий при всех процессах, сопровождающихся пылевыделением (при выемке угля, проведении горных выработок, закладочных работах, погрузке, транспортировании, разгрузке горной массы), очистку поступающих и исходящих вентиляционных потоков;

- параметры работы оборудования для борьбы с пылью и размещение его по сети горных выработок;

- спецификацию на оборудование и материалы;

- схему пожарно-оросительного трубопровода;

- оборудование и устройства для очистки воды для орошения;

- рекомендации по оптимальным (по пылевому фактору) режимам проветривания;

- перечень рабочих мест и производственных процессов, где должны применяться противопылевые респираторы.

В паспортах выемочных участков, проведения и крепления горных выработок должны быть приведены схемы и параметры противопылевых мероприятий, тип, количество и места расположения оборудования.

Мероприятия по борьбе с пылью на выемочных и

подготовительных участках и закрепленных за ними выработок выполняются силами участков. Отдельные специализированные работы по пылеподавлению могут выполняться участком профилактических работ по технике безопасности (ПР по ТБ).

Общий контроль за выполнением противопылевых мероприятий и состоянием средств борьбы с пылью на шахте, а также организация контроля запыленности воздуха в подземных выработках возлагаются на участок ВТБ. Контроль разделяется на оперативный и периодический и включает контроль состояния оборудования для пылеподавления и контроль концентрации пыли в воздухе. Оперативный (ежесменный) контроль осуществляется должностными лицами участка, в чьем ведении находятся выработки, а также должностными лицами шахты и участка ВТБ при посещении выработок. Периодический контроль производится не реже одного раза в месяц начальником участка ВТБ или его помощником совместно с руководителем производственного участка (помощником начальника или механиком участка).

Общая организация работ по борьбе с пылью на шахте возлагается на главного инженера шахты.

## **5.2 Способы и средства борьбы с пылью**

Комплексное обеспыливание шахтного воздуха реализуется по трем, в определенной степени взаимосвязанным направлениям: снижение пылеобразования, уменьшение пылепоступления (перехода образующейся пыли во взвешенное состояние) и очистка воздуха от витающей пыли.

Образование пыли происходит главным образом при производственных процессах, связанных с разрушением угля и вмещающих пород и зависит не только от способа разрушения, но и от природных пылеобразующих свойств угольного пласта. Так, в зависимости от марки угля и степени тектонической нарушенности пласта до 14% пыли уже содержится в пласте в экзогенных трещинах и препарированных пачках пласта. Пылеобразование также имеет место при погрузке, транспортировании, перегрузке, выгрузке горной массы, передвижке крепи и других процессах, связанных с истиранием горной массы при ее перемещении.

На пылеобразование существенно влияет технология выемки угля и проведения горных выработок. Так при струговой выемке благодаря крупному сколу запыленность воздуха в 2-6 раз ниже, чем

при выемке угля комбайнами с общепринятым радиальным расположением резцов. Создание же комбайнов крупного скола с тангенциальным расположением резцов по ряду причин не увенчалось успехом. При работе проходческих комбайнов непрерывного действия (щитового типа) запыленность воздуха в 2-5 раз ниже, чем при работе широко применяемых в настоящее время комбайнов избирательного действия. Не нашел широкого применения гидромеханизированный способ добычи угля, при котором концентрация пыли непосредственно при гидроотбойке угля не превышает  $4 \text{ мг/м}^3$ .

При существующих технологиях выемки угля и проведения подготовительных выработок основным способом снижения пылеобразования является предварительное увлажнение угольного массива путем нагнетания воды в пласт через шпуры или короткие скважины, пробуренные из забоя выработки в направлении ее подвигания, а в очистных выработках - также через длинные скважины, пробуренные параллельно забою лавы.

Увлажнение угля способствует росту адгезионно-когезионных сил между поверхностями пылевидных частиц и образованию из них крупных агрегатов, быстро осаждающихся из воздуха под действием силы тяжести. Установлено, что увеличение влажности угля на 1-3% приводит к снижению пылеобразования на 75-80%. При влажности угля более 12% пылеобразование практически отсутствует.

Водопроницаемость угольного пласта и прирост влаги зависит от выхода летучих веществ угля, фильтрационно-коллекторских свойств массива, давления, темпа и времени нагнетания воды.

Для улучшения смачиваемости угля при предварительном его увлажнении применяются поверхностно-активные вещества (ПАВ). Молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности пленок жидкости и тем самым снижают поверхностное натяжение воды и повышают смачивающую способность ее за счет адсорбции молекул ПАВ на поверхности частиц пыли.

По химическим свойствам ПАВ делятся на две группы: ионогенные (анионактивные и катионактивные) и неионогенные. Наибольшее применение при увлажнении массивов угля нашли неионогенные ПАВ - ДБ, ДТ-7, неол-1020 и СТС. Рабочая концентрация растворов 0,1-0,2%.

Для предварительного увлажнения угля в массиве применяют следующее оборудование.

Бурение шпуров или скважин диаметром до 45 мм осуществляют с помощью ручных электро - или пневмосверл, а при необходимости бурения коротких скважин до 56 мм применяют переносные перфораторы.

Для бурения из подготовительных выработок длинных скважин применяют буровые установки СБГ-1М, «СТАРТ», БАЭ-15 и НКР-100М.

Герметизацию скважин и шпуров осуществляют шланговыми гидрозатворами «Таурус-45», «Таурус-50», ГТ-45, ГТ-60, ГАС-45, АГ-4А. Гидрозатворы шлангового типа, имеют металлическую расширяющую оплетку, заключенную между внутренним и наружным резиновыми слоями и клапан, настроенный на определенное давление. При подаче воды в полость гидрозатвора под ее давлением вначале происходит расширение гидрозатвора по диаметру на 10 мм и более относительно исходного диаметра и герметизация стенок шпура или скважины, а затем при срабатывании клапана вода поступает в фильтрационную часть шпура или скважины.

Нагнетание воды производится с помощью высоконапорных насосных установки УНР-02, УИП, УНШ-00, УНШ-01 и УНГ, обеспечивающих давление до 32 МПа и подачу воды до 90 л/мин.

При хорошей водопроницаемости пласта допускается производить низконапорное нагнетание воды непосредственно от пожарно-оросительного трубопровода.

Контроль объема закачиваемой воды осуществляется водомерами - счетчиками крыльчатого типа УВК-20, УВК-25, СВХК-1,6, СХВК-4; давление воды измеряется манометрами.

Эффективность предварительного увлажнения угольного массива не превышает 85%. Поэтому для снижения пылепоступления практически при всех производственных процессах применяется различного вида орошение - орошение горной массы через насадки и форсунки, пневмогидроорошение, туманообразование и водовоздушное эжектирование.

Сущность пылеподавления орошением заключается в том, что при взаимодействии капли жидкости с частицей пыли происходит ее смачивание, захват каплей и осаждение получившегося агрегата - частица пыли - вода.

В системах орошения в качестве оросителей используют насадки (Н), дающие компактную струю и универсальные форсунки,

дающие факел различной формы: конусные (КФ) - в виде сплошного конуса, зонтичные (ЗФ) - в виде полого конуса, плоскоструйные (ПФ) - в виде плоского веера. Обозначение форсунок указывает форму факела, коэффициент расхода воды и угол раствора факела. Например, форсунка КФ 1,6-75 является конусной форсункой с коэффициентом расхода воды 1,6 и углом раствора факела 75°. В обозначении насадки указывается только коэффициент расхода воды, например Н-2,2.

По принципу подачи воды и по месту расположения форсунок на выемочной машине (комбайне) различают системы орошения с внешней и внутренней разводкой. Внешнее орошение производится через форсунки, установленные на корпусе выемочной машины. При внутреннем орошении вода подается непосредственно к местам разрушения угля через форсунки, установленные на исполнительных органах выемочных машин (шнеках, коронках). По эффективности пылеподавления и расходу воды предпочтительной является внутренняя система орошения. Недостатком системы является возможность засорения каналов форсунок при низком давлении или прекращении подачи воды. Поэтому с этой целью, а также с целью исключения работы без орошения обязательным элементом оросительных систем выемочных машин (комбайнов), механизированных крепей, струговых установок, фронтальных и щитовых агрегатов является устройство (управляемый вентиль) автоматического включения орошения при выемке угля.

Важным элементом оросительных систем орошения в механизированных очистных забоях крутых и крутонаклонных пластов является подборщик забойного трубопровода (трубопроводов) с электро-или пневмоприводом.

При работе струговых установок применяют оросительную систему с посекционной подачей воды к форсункам. При этом форсунки располагают группами по 3-5 форсунок с расстоянием между группами не более 5 м. Каждая группа форсунок включается поочередно с помощью автоматического устройства при проходе струга в одном или другом направлении.

Система орошения щитовых агрегатов включает 3-4 оросителя, расположенные на элементах крепи.

Подача воды к оросительным устройствам осуществляется от оросительных насосных установок АНС-250, АЦНС-13, НСШ-320 или ОН-2. Допускается осуществлять орошение непосредственно от

пожарно-оросительного трубопровода. При этом давление воды в участковом пожарно-оросительном трубопроводе в месте подсоединения забойного водопровода не должно быть меньше

$$P_{\text{п}} = P + \Delta P + \lambda Q^2 L_{\text{л}} \pm 0,01 L_{\text{л}} \sin \alpha, \text{ МПа},$$

где  $P$  - требуемое давление воды у оросительного устройства, МПа;  $\Delta P$  - потери давления в оросительном устройстве, МПа;  $\lambda$  - потери давления в 1 п. м. забойного водопровода;  $Q$  - требуемый расход воды, м<sup>3</sup>/мин;  $L_{\text{л}}$  - длина лавы (забойного трубопровода), м;  $\alpha$  - угол падения пласта, град (последнее слагаемое берется со знаком плюс при подаче воды снизу вверх, со знаком минус - сверху вниз).

При всех системах орошения обязательным является использование для очистки воды штрековых фильтров ФШ-1М, ФШ-200, ФК или ФКВ.

Расход воды на орошение рассчитывается по формуле

$$Q = RA, \text{ л/мин},$$

где  $A$  - производительность производственного процесса, т/мин;  $R$  - удельный расход воды, л/т (при выемке угля принимается в зависимости от мощности пласта и марки угля по таблице 5.1).

Таблица 5.1 - Удельный расход воды на орошение

Мощность пласта, м	Удельный расход воды (л/т) для марок углей							
	Д	Г	Ж	К	ОС	Г	ПА	А
До 0,7	15	15	20	20	20	20	20	20
0,71 - 1,30	20	20	20	20	25	30	20	25
Более 1,30	20	20	25	30	30	40	20	25

При содержании влаги в пласте 8% и более удельный расход воды снижается до 10-15 л на тонну.

Необходимое число одновременно работающих форсунок определяется по формуле

$$n = \frac{Q}{3,16\beta\sqrt{P}},$$

где  $\beta$  - коэффициент расхода форсунок.

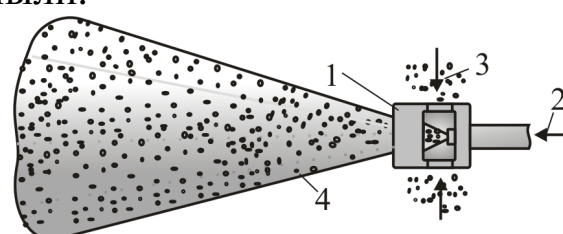
При наличии на шахте пневмоэнергии для создания водовоздушных завес и с целью повышения эффективности



орошения или необходимости уменьшения влажности угля и расхода воды в два и более раз может применяться пневмогидроорошение - смесь сжатого воздуха с водой. Подвод водовоздушной смеси к форсункам производится путем подачи воды и сжатого воздуха в смеситель. При пневмогидроорошении достигается тонкое диспергирование воды, а, следовательно, и осаждение тонко диспергированной пыли. Для того чтобы туман не рассеивался в выработке, а направлялся к источнику пыли, применяются форсунки, в которых формируется двойной факел диспергированной воды: наружный - грубодисперсный и внутренний - тонкодисперсный, а также форсунки с переменной дисперсностью тонкодиспергированной воды, которые ограждаются форсунками с равномерным распределением грубодиспергированной воды.

Эффективное пылеподавление, включающее одновременно очистку запыленного воздуха и орошение горной массы водой, достигается при применении цилиндрических и конических водовоздушных эжекторов ЭЦ-100, ЭЦ-250, ЭК-80, ЭК-1-110-500 и др. Принцип работы водовоздушного эжектора (рис. 5.1) заключается в том, что за счет разряжения, создаваемого водяным факелом форсунки, отсасывается запыленный воздух, образующий с диспергированной водой шламовидную смесь, которая, в свою очередь, направляется на подавление пыли.

Рисунок 5.1 - Принцип работы водовоздушного эжектора  
1 - форсунка; 2 - вода; 3 - запыленный воздух; 4 - шламовидная смесь



Водовоздушные эжекторы применяются, в частности, для пылеподавления при передвижке секций механизированной крепи. На принципе эжектирования основано также пылеподавление на погрузочных и перегрузочных пунктах угля путем орошения его под укрытием с помощью конусных форсунок.

При бурении шпуров и скважин по углю и породе основным способом пылеподавления является промывка. Вода подается по осевому каналу буровых штанг через отверстия в буровой коронке непосредственно в зону разрушения. При работе перфораторов и буровых станков применяется осевая подача воды через канал в корпусе и штанге и боковая - через муфту на штанге, а при работе пневмо-электросверл - только боковая промывка. При невозможности промывки при бурении шпуров допускается орошение устья шпура.

При работе перфораторов и самоходных буровых установок применяется также система пылеулавливания СПМУ-2.

При ручной уборке горной массы применяют увлажнение взорванной массы, а при работе погрузочных средств - орошение. При скреперной доставке горной массы наряду с подачей свежего воздуха к месту машиниста скреперной лебедки, что предотвращает распространение пыли в зону дыхания рабочих, используют автоматизированную систему орошения.

С целью повышения эффективности различных видов орошения рекомендуется добавлять в воду смачиватель (ПАВ), для дозирования которого применяют дозатор смачивателя ДСУ-4 или ручной ороситель РО-1.

При высоком уровне запыленности на выемочных и проходческих комбайнах дополнительно применяют пылеулавливание с помощью центробежных вентиляторов. Отсасываемый запыленный воздух поступает в вентилятор, где пыль смачивается водой, распыляемой форсункой, и затем в виде шлама оседает в шламоотделителе, а очищенный воздух отводится в выработку. Эффективность пылеулавливания определяется в основном кратностью пылеотсоса - количеством отсасываемого воздуха, отнесенным к поступающему количеству воздуха для проветривания. Кратность отсоса составляет при работе очистных комбайнов - 0,6-0,8, а при применении проходческих комбайнов избирательного действия - 1,2-1,3.

Борьбу с пылью при перегрузке горной массы на опрокидах осуществляют с помощью орошения и пылеотсоса. Для этих целей сооружают специальную систему пылеотсоса, а для очистки отсасываемого воздуха от пыли чаще всего используют тканевые и электрофильтры, которые монтируют в специальных камерах.

Эффективным способом борьбы с пылью является пылеподавление пеной, допущенное к применению на тонких крутых пластах. Для пылеподавления пеной используют оборудование трех модификаций: для забоев с комбайновой выемкой ППС.00, с молотковой - ППС.01 и щитовой - ППС.02. Пену получают путем добавления в воду с помощью дозатора пеногенератора пенообразователь «Углепен» в количестве 1%.

Остаточная запыленность воздуха по сети горных выработок, как правило, находится на относительно высоком уровне и воздушные потоки, исходящие из очистных и подготовительных выработок, а

также проходящие по сети выработок, нуждаются в дополнительном обеспыливании. Для обеспыливания воздушных потоков применяют водяные и водовоздушные (туманообразующие) завесы, водовоздушные эжекторы, пылеулавливающие установки, лабиринтно-тканевые завесы.

Для создания водяных завес типа ВЗ-1 используют плоскоструйные форсунки.

Более эффективными являются туманообразующие завесы, создаваемые туманообразователями типа ОП-1 или ТЗ-1В. Диаметр капель образующегося тумана в них не превышает 10-50 мк поэтому распыленная вода длительное время удерживается в воздухе. Для образования водяного тумана в туманообразователи подводятся вода и сжатый воздух. При подаче сжатого воздуха и перемещения золотника вода и сжатый воздух поступают в смесительную камеру, в которой образуется водовоздушная смесь. Распыление последней происходит через кольцевую щель, при помощи которой регулируется степень дисперсности водяного тумана.

Высокую эффективность также имеют завесы с водовоздушными эжекторами.

Лабиринтно-тканевые завесы изготавливаются из мешковины на базе оросителей или водовоздушных эжекторов.

Основными элементами пылеулавливающих установок (агрегатов) типа АПУ-250 и АПУ-425 являются всасывающий коллектор для забора исходящего запыленного воздуха, трубопровод для его изолированного отвода, вентилятор для создания необходимого разрежения и пылеулавливающее устройство для очистки воздуха от пыли.

К обеспыливающему мероприятию относится также обеспыливание вентиляцией. Обеспыливающее действие вентиляции достигается за счет применения рациональных схем проветривания и установления оптимальной скорости движения воздушной струи - в очистных выработках в пределах 1,2-2,0 м/с и в подготовительных - 0,4-0,6 м/с.

Исследованиями МакНИИ установлено, что наиболее рациональными являются технологические схемы с нисходящим проветриванием. Так, в частности, применение нисходящего проветривания очистных выработок крутых пластов, особенно при механизированной выемке угля, обеспечивает благоприятную пылевую обстановку на всех рабочих местах, расположенных выше

по потоку относительно основных источников пылевыведения, где запыленность воздуха находится на уровне ПДК или близком к нему и зависит от запыленности поступающей свежей струи. При молотковом способе выемки угля благоприятные условия создаются в верхней трети очистных выработок. При нисходящем проветривании, особенно при смешанном (комбайновом и молотковом) способе выемки угля и при отсутствии мер обеспыливания создается неблагоприятная пылевая обстановка в нижней части очистных и в примыкающих к ним откаточных выработках. Это требует обязательного применения средств пылеподавления при отбойке и перемещении угля и (в необходимых случаях) интенсивных пылевзрывозащитных мероприятий, а также разнесения во времени выемки угля комбайном и отбойными молотками.

В общем, для радикального улучшения пылевой обстановки на выемочном участке наиболее целесообразным является применение такой организации движения воздушно-пылевых потоков и технологии работ, при которой зоны перемещения поступающего (свежего) и исходящего потоков разделены в пространстве с размещением основных рабочих мест на свежей струе, а пребывание работающих в зонах с высоким уровнем запыленности воздуха исключается или сводится к минимуму.

Практика показывает, что применение существующих способов пылеподавления при выемке угля не обеспечивает необходимого снижения запыленности, а позволяет в большинстве случаев обеспечить только, так называемый, технически достижимый уровень запыленности. В этих случаях на рабочих местах обязательным является применение индивидуальных средств защиты органов дыхания от пыли.

Наибольшее распространение получили противопылевые респираторы Ф-62Ш, «Астра-2», У-2К и «Лепесток».

Респиратор Ф-62Ш представляет собой резиновую полумаску ПР-7 с двумя отверстиями. В одном отверстии укрепляется полиэтиленовая коробка с фильтрами из ткани ФПП-16, в другом - клапан выдоха. Респиратор Ф-62Ш применяют в условиях, когда массовая концентрация пыли в воздухе не превышает  $500 \text{ мг/м}^3$ .

Респиратор «Астра-2» используют в условиях, когда массовая концентрация пыли в воздухе составляет  $300 \text{ мг/м}^3$  при выполнении работ средней тяжести. Он представляет собой полумаску из

эластичной резины, имеющую отштампованное гнездо для клапана выдоха и два отверстия для коробок с противопылевыми фильтрами из ткани ФПП-15, которая электрически заряжена. Эффективность пылеулавливания составляет 99,9%.

Респиратор У-2К применяют при выполнении работ, не связанных с большой физической нагрузкой. Это полумаска из мелкопористого эластичного пенополиуретана и ткани ФПП-15. Изнутри она покрыта тонкой воздухо непроницаемой пленкой, к которой крепятся два выдыхательных клапана. В центре полумаски расположен вдыхательный клапан. Эффективность пылеулавливания равна 99,9 %.

Респиратор «Лепесток» имеет три модификации: «Лепесток-200», «Лепесток-40» и «Лепесток-5», которые применяют при запыленности атмосферы, превышающей ПДК соответственно в 200, 40 и 5 раз. Эффективность улавливания пыли составляет 99,9 %.

### 5.3 Выбор обеспыливающих мероприятий

В соответствии с методикой МакНИИ выбор отдельных обеспыливающих мероприятий или их комплекса для различных производственных процессов производится в зависимости от величины удельного пылевыделения пласта

$$q = 240aK_1K_2K_3K_4, \text{ г/т},$$

где  $a$  - содержание пыли в разрушенном угле, %;  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_4$  - коэффициенты влияния на удельное пылевыделение соответственно влажности горной массы, мощности пласта, скорости движения воздушной струи и производственного процесса.

Содержание пыли в разрушенном угле определяется по каталогу шахтопластов по пылевому фактору или расчетным путем по формуле

$$a = 100 \left[ 1 - \exp \left( -0,06 \frac{1}{m^2} 0,07^m \right) \right], \%$$

где  $m$  - показатель разрушаемости угля определяется по данным рассева угля пласта в соответствии с ГОСТ 16093 - 70.

Значения коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_4$  определяются соответственно по таблицам 5.2, 5.3, 5.4 и 5.5.

Таблица 5.2 - Значение коэффициента влияния влажности горной массы на удельное пылевыведение

Влажность горной массы, %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Значение коэффициента $K_1$	1,20	1,0	0,78	0,71	0,64	0,60	0,55	0,45	0,42	0,38	0,34

Таблица 5.3 - Значение коэффициента влияния мощности пласта на удельное пылевыведение

Мощность пласта, м	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,0	3,5
Значение коэффициента $K_2$	0,52	0,58	0,82	0,94	1,05	1,17	1,35	1,47	1,57	1,62	1,68

Таблица 5.4 - Значение коэффициента влияния скорости движения воздушной струи на удельное пылевыведение

Скорость движения воздушной струи, м/с	Значение коэффициента $K_3$	
	Очистные работы	Подготовительные работы
0,25	-	1,25
0,50	1,50	1,00
1,00	1,00	1,50
1,50	0,90	2,00
2,00	1,00	2,50
2,50	1,75	3,00
3,00	2,20	3,50
3,50	3,00	4,00
4,00	4,00	-
5,00	6,20	2,00

Таблица 5.5 - Значение коэффициента влияния производственного процесса на удельное пылевыведение

Производственный процесс	Условия залегания пласта	Значение коэффициента $K_4$	
		для угля	для породы
1	2	3	4
Выемка угля (породных прослоев) комбайнами	Пологое, наклонное	1,00	1,50
	Крутонаклонное, крутое	0,95	1,42
Выемка стругами (агрегатами)	То же	1,00	1,50
		2,15	3,20

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4
Выемка угля (породы) отбойными молотками	Любое	2,00	3,00
Выемка ниши	- // -	0,40	0,60
Проведение подготовительных выработок комбайном		0,33	0,50
Проведение подготовительных выработок буровзрывным способом	- // -	0,60	0,90
Проведение подготовительных выработок вслед за лавой на вентиляционном горизонте	- // -	0,48	0,70
Бурение шпуров:			
ручными сверлами	- // -	0,10	0,15
колонковыми сверлами	- // -	0,95	1,42
Бурение скважин	- // -	0,35	0,52
Погрузка угля (породных прослоек) под лавой	Пологое, наклонное крутонаклонное, крутое	0,5 1,0	0,75 1,50
Перегрузка горной массы конвейерами	Любое	0,27	0,40
Выгрузка горной массы опрокидами	- // -	0,11	0,16

При ведении очистных работ с подрывкой боковых пород или проведением выработок смешанным забоем значение коэффициента  $K_4$  принимается как средневзвешенное объемов разрушаемого (перемещаемого) угля  $V_y$  и  $V_{\Pi}$  и соответствующих коэффициентов  $K_{4y}$  и  $K_{4\Pi}$ .

$$K_4 = \frac{K_{4y} V_y + K_{4\Pi} V_{\Pi}}{V_y + V_{\Pi}}.$$

Значение коэффициента  $K_3$  для погрузочного пункта очистной выработки и последующих мест перегрузки угля, а также при перегрузке горной массы из подготовительной выработки определяется с учетом увеличения внешней влажности угля или горной массы в результате предшествующих процессов пылеподавления: увлажнения угля в массиве, орошения при выемке, отбойке и др.

В зависимости от величины удельного пылевыделения все производственные процессы разделяются на восемь категорий по пылевому фактору (табл. 5.6).

Таблица 5.6 - Значения удельного пылевыведения для производственных процессов различных категорий по пылевому фактору

Категория производственного процесса по пылевому фактору	Значения удельного пылевыведения $q$ , г/т
I	До 50
II	50-100
III	100-150
IV	150-250
V	250-400
VI	400-600
VII	600-1000
VIII	Более 1000

Обеспыливающие мероприятия для различных производственных процессах определяются в зависимости от категории их по пылевому фактору. Например, в очистных забоях пластов пологого и наклонного падения при выемке угля комбайном и производственных процессах I-й категории по пылевому фактору достаточно ограничиться только оросительной системой комбайна, а в случае VII-VIII-й категории пыльности применяется практически весь комплекс обеспыливающих мероприятий: предварительное увлажнение угля в массиве, оросительную систему комбайна (в отдельных случаях комбайны дополнительно оснащаются пылеотсосом), орошение угля при выемке и погрузке его из ниши, орошение угля на погрузочном пункте лавы, очистка исходящей вентиляционной струи, организацию работ, исключаящую нахождение людей в запыленной зоне и др.

#### 5.4 Предварительное увлажнение угля в массиве

Предварительное увлажнение угля в массиве должно применяться при ведении очистных работ, а также при проведении выработок комбайнами избирательного действия по пластам средней мощности.

Допускается с разрешения Госгорпромнадзора по заключению МакНИИ или ЭТЦ не применять предварительное увлажнение при влажности угля 12% и более, при условии поддержания запыленности воздуха с помощью других противопылевых мероприятий в пределах ПДК, если нагнетание воды в пласт приводит к ухудшению условий труда и снижает безопасность ведения горных работ (например, происходит обрушение кровли или размокание почвы), или если производство работ по бурению



скважин или шпуров для предварительного увлажнения угля в массиве и нагнетание в них воды невозможно по горно-геологическим или горнотехническим условиям (например, невозможно выполнить бурение шпуров или скважин на необходимую глубину или пласт «воду не принимает»).

Нагнетание воды в пласт в очистных выработках должно производиться, как правило, через длинные скважины, пробуренные из подготовительных выработок параллельно забою лавы. Увлажнение по такой схеме применяют при столбовой системе разработки, опережении хотя бы одной из подготовительных выработок забоя лавы при сплошной системе разработки и при щитовой выемке крутых пластов. Скважины для нагнетания воды могут быть пробурены из одной или навстречу из двух выработок. В щитовых лавах нагнетание воды должно производиться в подготавливаемую к выемке полосу угля (рис.5.2).

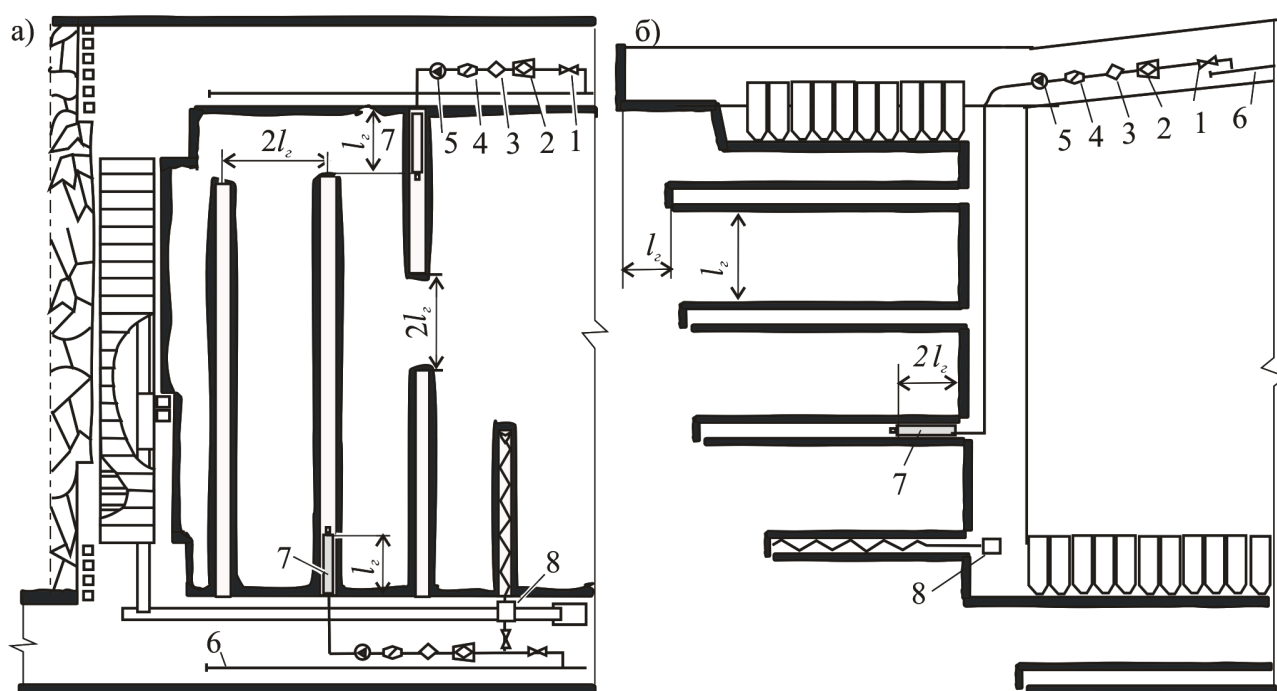


Рисунок 5.2 - Технологические схемы нагнетания воды из подготовительных выработок в очистных забоях пологих пластов (а) и при щитовой выемке на крутых пластах (б)

1 - вентиль; 2 - фильтр штрековый; 3 - дозатор смачивателя; 4 - расходомер; 5 - насосная установка высоконапорная; 6 - штрековый трубопровод; 7 - герметизатор; 8 - буровой станок

Длина скважин принимается из условия обеспечения увлажнения угля по всей длине лавы и исключение порыва воды в

подготовительную выработку, а при бурении скважин из двух выработок навстречу в соседнюю скважину

$$l_c = L_{\text{л}} - l_{\text{г}}, \text{ м или } l_c = 0,5L_{\text{л}} - l_{\text{г}}, \text{ м,}$$

где  $L_{\text{л}}$  - длина лавы, м;  $l_{\text{г}}$  - глубина герметизации скважин, м.

Глубина герметизации скважины должна перекрывать протяженность разгружающего влияния выработки и принимается  $l_{\text{г}} = 10-15 \text{ м}$ .

Расстояние между скважинами принимается равным двойной длине герметизации скважин  $l_p = 2l_{\text{г}}$ , м.

Расстояние между первой скважиной и плоскостью забоя на момент начала бурения рассчитывается по зависимости

$$L_1 = (T_{\text{б}} + T_{\text{н}} V) + 15, \text{ м,}$$

где  $L_1$  - расстояние между первой скважиной и плоскостью забоя, м;  $T_{\text{б}}$  и  $T_{\text{н}}$  - соответственно продолжительность бурения скважины и нагнетания в нее воды, сут;  $V$  - средняя скорость продвижения очистного забоя, м/сут.

В случае отсутствия необходимого опережения подготовительной выработкой очистного забоя, а также при сложной гипсометрии пласта, наличия тектонических нарушений или невозможности обеспечения направленного бурения скважин на всю высоту этажа нагнетание воды в пласт может производиться через шпур

или короткие скважины, пробуренные из очистной выработки (рис. 5.3)

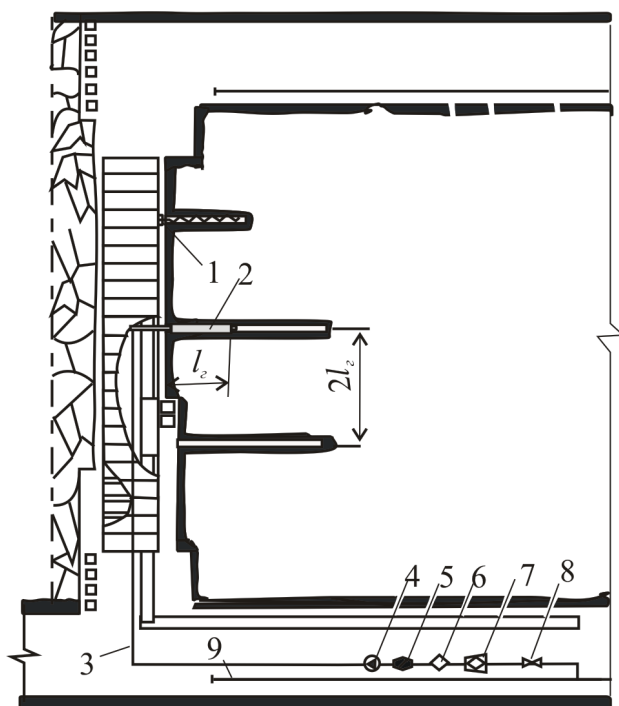


Рисунок 5.3 - Технологическая схема нагнетания воды в пласт через шпур (короткие скважины) в прямолинейном забое

1 - электросверло; 2 - герметизатор; 3 - забойный водопровод; 4 - установка насосная; 5 - расходомер; 6 - дозатор смачивателя; 7 - фильтр штрековый; 8 - вентили; 9 - штрековый трубопровод

Длина шпуров (скважин), пробуренных из очистной выработки, составляет в прямолинейных забоях 1,8-10 м, в уступных - более половины его длины и должна быть кратной циклам выемки угля

$$l_{c(ш)} = l_{г} + nl_{ц}, \text{ м,}$$

где  $l_{г}$  - глубина герметизации шпуров или скважин, м (должна производиться за зоной опорного давления и принимается в прямолинейных забоях не менее 1 м, в уступных - не менее половины его длины);  $l_{ц}$ , - глубина выемки угля за один цикл, м;  $n$  - число циклов выемки.

Расстояние между скважинами принимается равным двойной длине герметизации скважин  $l_{р} = 2l_{г}$ , м.

Скважины (шпуры) располагают по середине мощности пласта, а на пластах сложного строения по самой прочной пачке угля. Если кровля или почва пласта теряет устойчивость при увлажнении, то шпуры (скважины) располагают от них на расстоянии  $2/3$  мощности пласта.

При проведении подготовительных выработок комбайнами увлажнение угля в массиве должно производиться через скважину, пробуренную в средней части выработки по середине мощности пласта (или пачки пласта с наиболее крепким углем). Длина скважины принимается кратной величине суточного подвигания забоя, а глубина герметизации - равной половине ширины выработки

$$l_{c(ш)} = l_{г} + nl_{п}, \text{ м,}$$

где  $l_{п}$  величины суточного подвигания забоя, м,.

Нагнетание воды в пласт должно осуществляться с помощью высоконапорной насосной установки. При этом максимальное давление нагнетаемой в пласт воды должно приниматься на 20-30% ниже величины, при которой происходит гидроразрыв пласта. Расчет давление воды производится по формуле

$$P = 0,014K_{м}H, \text{ МПа,}$$

где  $K_{м}$  - коэффициент влияния степени метаморфизма угля пласта, значения которого находятся в пределах 1,2 - 2,6;  $H$  - глубина ведения горных работ, м.

Надрабатываемые или подрабатываемые угольные пласты могут увлажняться от пожарно-оросительного трубопровода при давлении 1,5 - 3,0 МПа. Если при нагнетании жидкости в пласт от пожарно-оросительного трубопровода в течение 1-2 суток не обеспечивается темп нагнетания более 1 л/мин., необходимо переходить на нагнетание жидкости в массив угля с использованием насосных установок.

Количество жидкости, которое необходимо подавать в шпур или скважину, определяется по формуле

$$Q = \frac{1,1 (l_c + l_r) l_{p(ш)} m q \gamma}{1000}, \text{ м}^3,$$

где  $l_{p(ш)}$  - расстояние между скважинами при увлажнении угля в очистных выработках или ширина подготовительной выработки, м;  $m$  - мощность пласта, м;  $q$  - удельный расход жидкости принимается в зависимости от марки (метаморфизма) угля и составляет 10-25 л/т (для антрацитов определяется опытным путем);  $\gamma$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Продолжительность нагнетания жидкости в скважину (шпур) определяется по формуле

$$T_n = 16,7 \frac{Q}{q_n}, \text{ час},$$

где  $q_n$  - темп нагнетания, который для эффективного нагнетания должен составлять 10-15 л/мин.

## 5.5 Обеспыливание воздуха в очистных выработках

Кроме предварительного увлажнения угольного пласта, в очистных забоях применяются меры пылеподавления и обеспыливания воздуха при следующих производственных процессах:

- при выемке угля;
- на погрузочном пункте лавы;
- при выемке и погрузке угля в нишах, печах и просеках;

- при пневматической закладке выработанного пространства и закладке бутовых полос.

Если применяемые средства пылеподавления не обеспечивают снижение запыленности воздуха до ПДК, дополнительно проводится обеспыливание воздуха исходящего из очистной выработки.

Основным способом пылеподавления при указанных производственных процессах является орошение со следующими параметрами (табл. 5.7).

Таблица 5.7 - Параметры орошения при основных производственных процессах в очистных выработках

Способы пылеподавления	Условия применения	Давление жидкости, МПа	Удельный расход жидкости	
			Единицы измерения	Значение
Орошение при выемке комбайнами	Пологие пласты: весьма тонкие	Не менее 1,2	л/т	15-20
	тонкие	То же	л/т	25-35
	средней мощности	- // -	л/т	30-40
	Крутые пласты	- // -	л/т	20-30
Орошение при выемке угля стругами, агрегатами	Пологие пласты	Не менее 0,5	л/т	25-35
	Крутые пласты	0,5-0,8	л/т	20-30
Орошение при подрубке пласта врубмашинами		Не менее 1,2	л/м вруба	Не менее 30
Орошение при передвижке секций крепи	Пологие пласты	1,5-1,6	л/мин.	20-80
	Крутые пласты	Не менее 5,0	л/мин.	15-25
Орошение на погрузочных пунктах		0,5-1,2	л/т	5,0
Орошение при ручной погрузке угля в нишах		До 0,5	л/м <sup>3</sup> горной массы	Не менее 50

В механизированных очистных забоях пологих и крутых пластов пылеподавление при выемки угля осуществляется с использованием средств орошения, которыми оснащаются выемочные машины (комбайны), механизированные крепи, струговые установки, фронтальные и щитовые агрегаты. На рисунке 5.4 приведены технологические схемы пылеподавления орошением при выемке пологих пластов механизированным комплексом и струговой выемке.

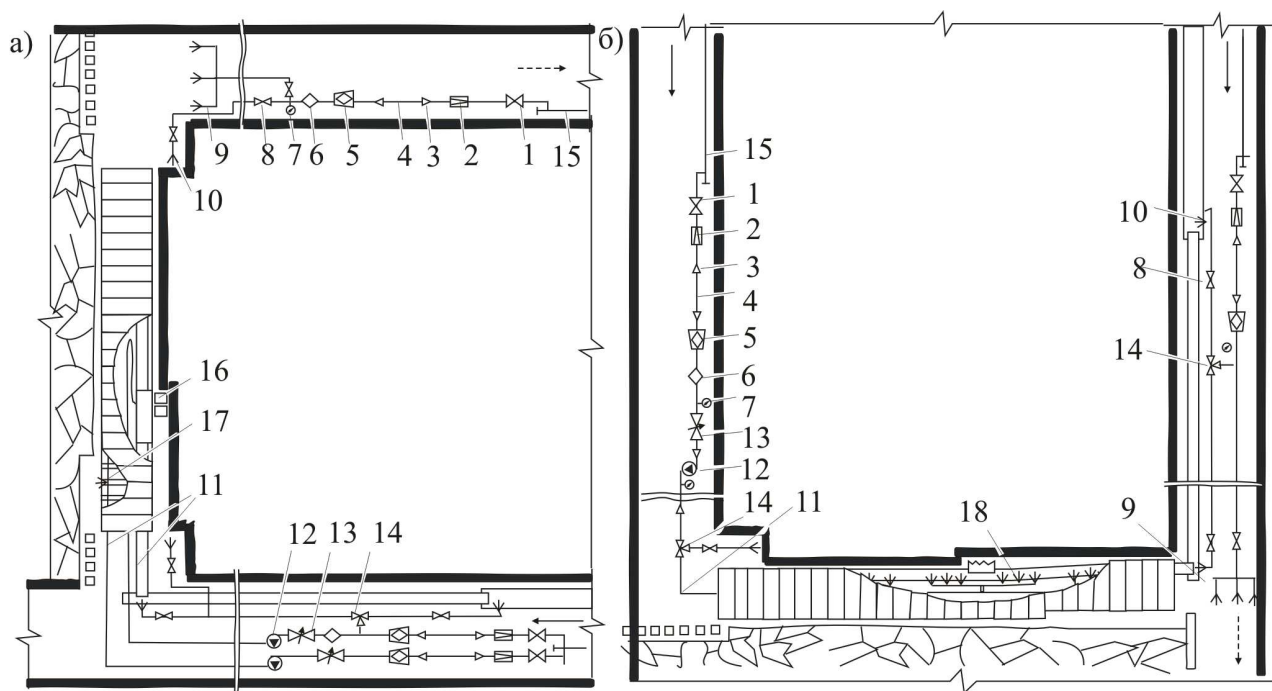


Рисунок 5.4 - Технологические схемы пылеподавления орошением при выемке пологих пластов механизированным комплексом а) и при струговой выемке б)

1 - вентиль фланцевый; 2 - клапан редукционный; 3 - переходник; 4 - рукав напорный; 5 - фильтр штрековый; 6 - дозатор смачивателя; 7 - манометр; 8 - кран проходной муфтовый; 9 - водяная завеса; 10 - форсунка; 11 - водопровод забойный; 12 - насосная установка; 13 - вентиль электромагнитный; 14 - кран трехходовой муфтовый; 15 - штрековый трубопровод; 16 и 17 - оросительные системы комбайна и крепи; 18 – автоматическое секционное орошение;

При работе выемочной машины на пластах с высокой категорией производственных процессов по пылевому фактору может применяться также отсос и улавливание пыли, если это предусмотрено технической документацией на машину.

Механизированные крепи комплектуются средствами орошения по заявкам шахт, если это необходимо в связи с повышенным уровнем запыленности. При этом подача воды к оросительным устройствам выемочной машины и механизированной крепи должна осуществляться по отдельным трубопроводам с независимым включением оросительных насосов.

При подготовке ниш предусматриваются средства пылеподавления как при выемке угля, так и при погрузке горной массы. При буровзрывном способе выемки угля осуществляется бурение шпуров с промывкой; орошение отложившейся пыли на поверхности на расстоянии до 20 м от взрывааемых зарядов или взрывание зарядов с водой с удельным расходом 1,5-2,0 л/м<sup>2</sup>, применение водораспылительных завес и гидрозабойка шпуров. При молотковой выемке предусматривается применение отбойных

молотков со встроенным оросительным устройством или орошение поверхности забоя в зоне разрушения угля. Независимо от способа выемки угля предусматривается орошение отбитого угля перед погрузкой.

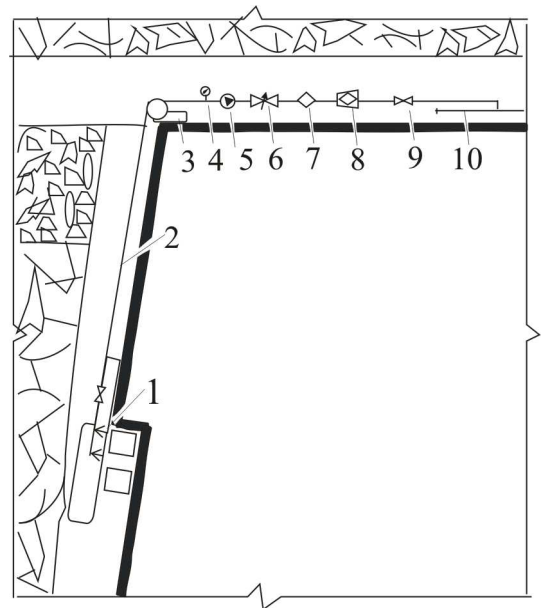
Подавление пыли у передвижных пунктов погрузки осуществляется орошением угля водой с помощью зонтичных или конусных форсунок. Форсунки устанавливаются над местом погрузки, таким образом, что бы факел перекрывал очаг пылеобразования. При скорости воздуха более 2 м/с оборудуется укрытие зоны погрузки угля, а при высоком уровне запыленности применяется укрытие с эжектирующим действием воды.

В механизированных очистных забоях крутых пластов при прямоточной схеме проветривания применяется оросительная система с насосной установкой с пневмоприводом. При наличии подсвещения исходящей струи могут применяться насосная установка и подборщик забойного трубопровода (трубопроводов) с электроприводом, располагаемые на свежей струе.

В забоях с пневмоэнергией оросительная установка с пневмоприводом располагается на вентиляционном горизонте (рис. 5.5).

Рисунок 5.5 - Технологическая схема орошения при комбайновой выемке крутых пластов

- 1 - оросительные устройства комбайна; 2 - забойный водопровод; 3 - шлангоподборщик; 4 - манометр; 5 - насосная установка; 6 - вентиль управляемый; 7 - дозатор смачивателя; 8 - фильтр штрековый; 9 - вентиль; 10 - штрековый трубопровод



В забоях с применением электроэнергии насосная установка с электроприводом располагается на откаточном (конвейерном) штреке.

В очистных забоях тонких крутых пластов при запыленности воздуха более 500 мг/м<sup>3</sup> и в случае необходимости ограничения расхода воды на орошение применяется пылеподавление пеной.

При комбайновой выемке пылеподавление пеной рекомендуется применять на пластах мощностью до 0,9 м и скорости воздуха в забое при восходящем проветривании не более 2 м/с. При щитовой выемке применение пылеподавления пеной рекомендуется в забоях при

восходящей схеме проветривания со скоростью движения воздуха до 3,5 м/с.

При нисходящем проветривании комбайновых и щитовых забоев и в потолкоуступных забоях с молотковой выемкой ограничение по скорости воздуха не устанавливается. Пеногенераторы устанавливаются в комбайновой лаве в верхней части лавы под вентиляционным штреком, в щитовых лавах вдоль конвейеро-струга и зоне выгрузки угля в углеспускную печь, в потолкоуступных забоях в 4-5-ом верхних уступах по одному в каждом уступе (рис. 5.6).

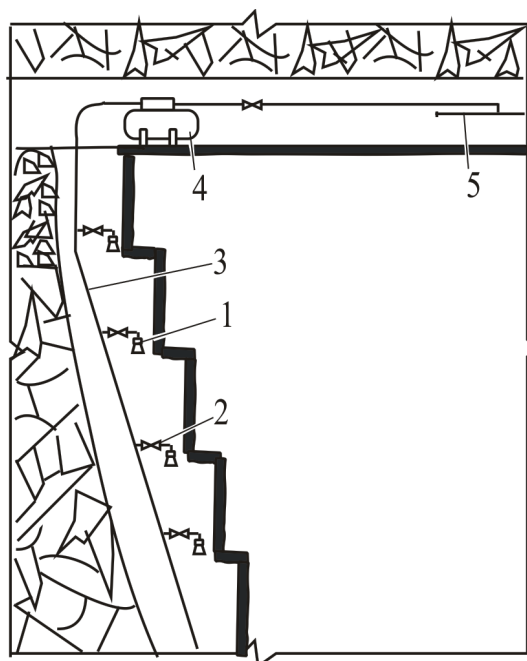


Рисунок 5.6 - Технологическая схема применения пены при молотковой выемке угля на крутых пластах

1 - пеногенератор; 2 – вентиль; 3 – забойный водопровод; 4 – дозатор смачивателя; 5 - штрековый трубопровод

Давление подаваемой в дозатор пеногенератора воды должно составлять 0,4-0,8 МПа, а удельный расход жидкости через дозатор должен быть 15-25 л/т.

При пневматической закладке обеспечивается: увлажнение закладочного материала;

герметичность закладочных трубопроводов; периодическая обмывка поверхности выработки в местах осаждения пыли; скорость движения воздуха в зоне закладки не более 2 м/с.

Для снижения пылеобразования при проведении закладки бутовых полос в лавах крутых пластов производится увлажнение породной массы водой или раствором смачивателя перед погрузкой её в вагонетки.

## 5.6 Обеспыливание воздуха в подготовительных выработках

Для снижения запыленности воздуха при проведении подготовительных выработок необходимо:

- предусматривать схему проветривания, при которой исключается поступление пыли из соседних действующих забоев (на пластах с невысокой категорией пыльности допускается



проветривание исходящей из очистной выработки вентиляционной струей при условии ее очистки и исключения совмещения работ);

- применять управление забойными машинами из пунктов, расположенных на свежей струе или вне зоны основного пылевого потока (в частности, при нагнетательной схеме проветривания вентиляционная труба должна располагаться со стороны пульта управления комбайном, погрузочной машины и т.п.);

- предусматривать минимальное количество пунктов перегрузки отбитой горной массы;

- обеспечивать проветривание с оптимальной по пылевому фактору скоростью движения воздуха 0,4-0,75 м/с.

При всех производственных процессах, при которых образуется и выделяется пыль, должно применяться пылеподавление с параметрами, указанными в таблице 5.8.

Таблица 5.8- Параметры пылеподавления при основных производственных процессах в подготовительных выработках

Способ пылеподавления	Давление воды, МПа	Удельный расход воды	
		Единицы измерения	Значение
Орошение при работе проходческих комбайнов	Не менее 1,2	л/м <sup>3</sup> горной массы	Не менее 100
Орошение при работе погрузочных машин	Не менее 0,5	То же	Не менее 50
Промывка при бурении скважин	То же	л/мин	Не менее 25
Промывка при бурении шпуров	- // -	л/мин	Не менее 10
Обмывка горной выработки перед взрывными работами	- // -	л/м <sup>2</sup> поверхности выработки	1,0-2,0
Водяная завеса при взрывных работах		л/м <sup>3</sup> проходящего воздуха	0,1

При проведении выработок комбайнами или применения погрузочных и буровых машин применяются средства пылеподавления, которыми комплектуются эти комбайны и машины. На пластах с высокой категорией пыльности проходческие комбайны по заявкам шахт могут дополнительно к орошению комплектоваться пылеуловителями или автономными пылеулавливающими установками (рис. 5.7).

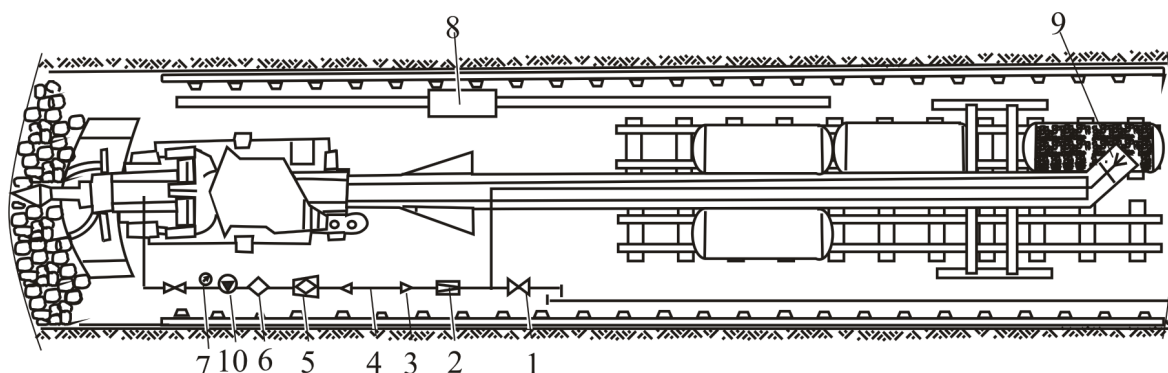


Рисунок 5.7 - Технологическая схема обеспыливания в забое с комбайновой проходкой

1 - вентиль фланцевый; 2 - клапан редукционный; 3 - переходник; 4 - рукав напорный; 5 - фильтр штрековый; 6 - дозатор смачивателя; 7 - манометр; 8 - пылеулавливатель; 9 - водяная завеса; 10 - форсунка

При применении автономных пылеулавливающих установок проветривание тупиковой подготовительной выработки может быть нагнетательно-всасывающее и всасывающее. Всасывающее проветривание допускается применять в выработках не газовых шахт, нагнетательно-всасывающее проветривание с использованием автономных пылеулавливающих установок может быть применено в шахтах любой категории по метану, кроме выработок, опасных по внезапным выбросам угля и газа и суфлярам.

Бурение шпуров (скважин) должно осуществляться с промывкой. В случаях, когда осуществление промывки при бурении шпуров (скважин) затруднено, допускается применять орошение устья шпура (скважины) водой, а при наличии сжатого воздуха - водовоздушной смесью. При орошении водовоздушной смесью расход воды может быть уменьшен вдвое в сравнении с орошением водой.

Обмывка водой или водным раствором смачивателя забоя и выработки на расстоянии не менее 20 м от взрывааемых зарядов должна производиться за 20-30 мин до взрывания. В выработках шахт, опасных по газу и пыли, мероприятия по борьбе с пылью должны применяться в объеме и порядке, оговоренных Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

В вертикальных стволах, проводимых буровзрывным способом, при притоке воды более 5 м<sup>3</sup>/час обмывка забоя перед взрывными работами и орошение при погрузке породы может не производиться.

## 5.7 Пылеподавление в транспортных и околоствольных выработках

При относительно невысокой категории пыльности подавление пыли у передвижных и полустационарных пунктов погрузки угля и в пунктах погрузки и перегрузки угля на ленточных конвейерах осуществляется орошением с помощью зонтичных или конусных форсунок с расходом воды 5 л/т и давлением 0,5 МПа. Число форсунок рассчитывается. Форсунки должны устанавливаться над местом погрузки таким образом, чтобы факел воды перекрывал весь очаг пылеобразования. Включение орошения должно производиться автоматически.

Схема орошения на передвижном погрузочном пункте угля приведена на рисунке 5.8, а. При высокой категории пыльности и скорости движения воздуха более 2 м/с на передвижных погрузочных пунктах рекомендуется схема, в которой используется эжектирующее действие воды для отсоса и улавливания пыли в комплексе с укрытием (рис. 5.8, б).

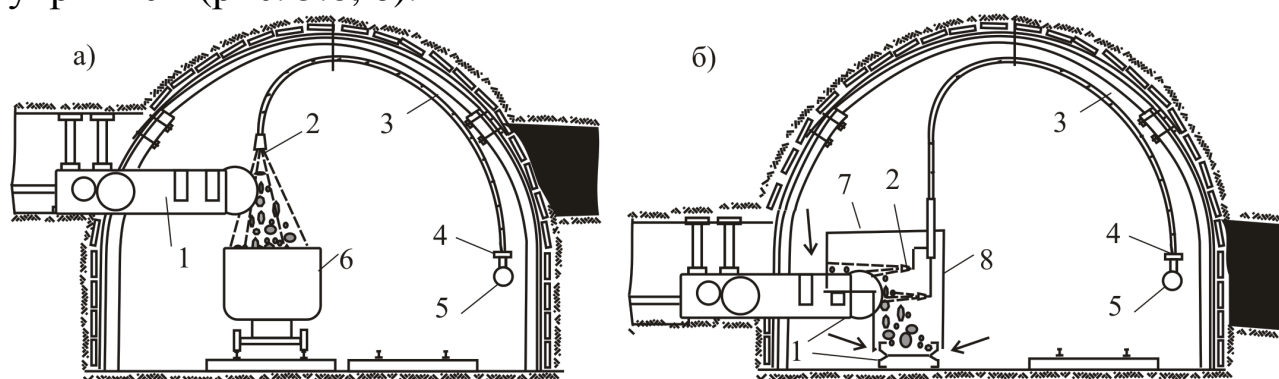


Рисунок 5.8 – Схемы орошения на передвижных погрузочных пунктах угля  
а) – в вагоны при орошении угля форсунками; б) – на скребковый конвейер с эжектированием воздуха под укрытием  
1 – конвейер; 2 – форсунка; 3 – рукав напорный; 4 – кран; 5 – пожарно-оросительный трубопровод; 6 – вагонетка; 7 – желоб; 8 - парус

Давление воды на форсунках должно составлять 1,2 МПа, число форсунок рассчитывается из удельного расхода воды 5 л/т.

При средней или высокой категории пыльности орошение на стационарном погрузочном пункте угля в вагоны рекомендуется дополнять укрытием или производить отсос запыленного воздуха (рис. 5.9).

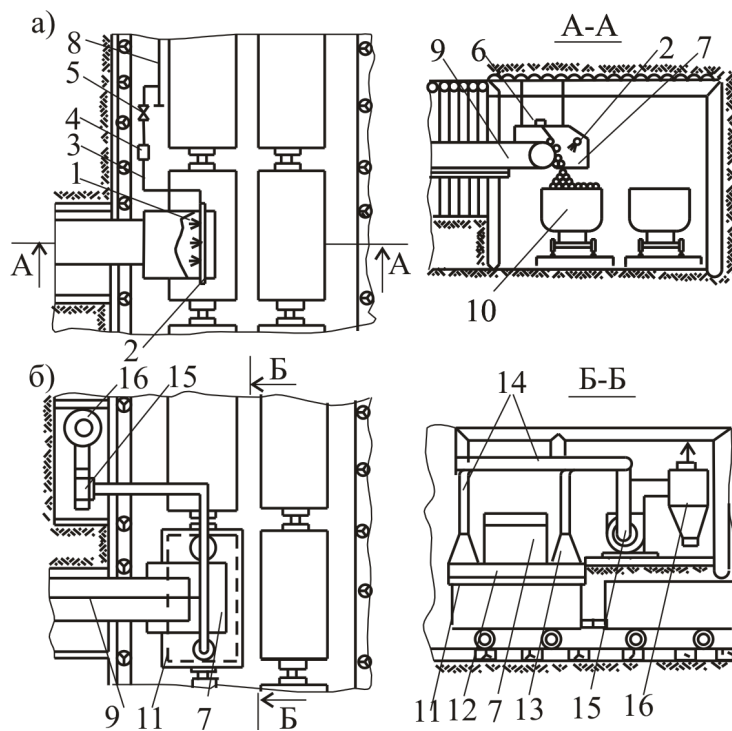


Рисунок 5.9 – Схемы обеспыливания на стационарных погрузочных пунктах угля в вагоны  
 а) – с укрытием; б) – с отсосом запыленного воздуха  
 1 – форсунка; 2 – коллектор для форсунок; 3 – рукав напорный; 4 – устройство автоматизации орошения; 5 – кран; 6 – датчик наличия материала; 7 – желоб; 8 – пожарно-оросительный трубопровод; 9 – конвейер; 10 – загружаемая вагонетка; 11 – резиновая полоса; 12 – аспирационное укрытие; 13 – аспирационная воронка; 14 – воздуховод; 15 – центробежный вентилятор; 16 – пылеуловитель

Укрытие выполняется в виде кожуха или из конвейерной ленты. При пылеотсосе укрытие выполняют несколько больше размеров вагонетки. Нижнюю часть кожуха изготавливают из эластичного материала. Для отсасывания запыленного воздуха используют центробежный пылевой вентилятор типа ЦП-7-40. В качестве пылеуловителя могут использоваться сухие циклоны, циклоны с водяной пленкой типа СИОТ, рукавные фильтры и др.

В горизонтальных и наклонных выработках, по которым подается свежая струя воздуха, при категории пыльности выше средней, на погрузочных (перегрузочных) пунктах ленточных конвейеров должны устанавливаться укрытия с последующим орошением перегружаемого угля форсунками или водовоздушными эжекторами (рис. 5.10).

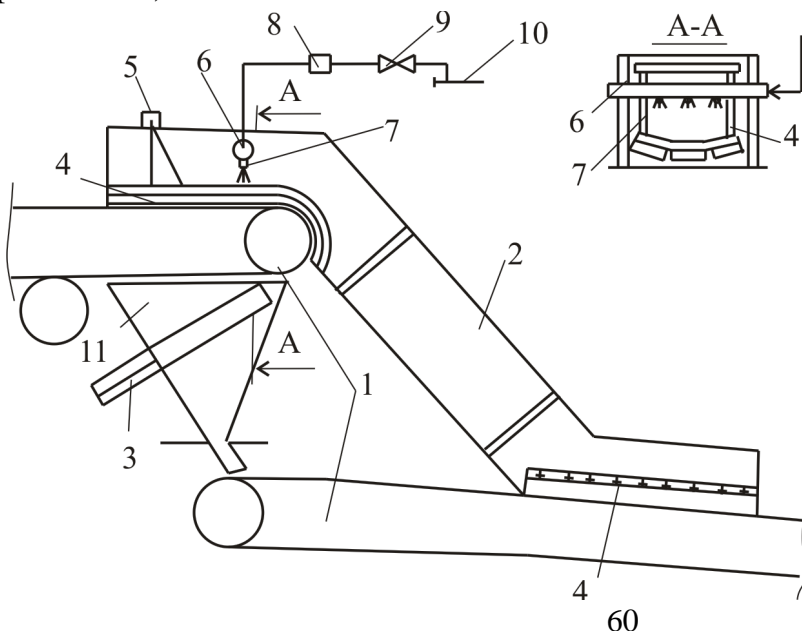


Рисунок 5.10 – Схема обеспыливания перегрузочного пункта ленточного конвейера с укрытием  
 1 – конвейер; 2 – желоб; 3 – очиститель ленты; 4 – резиновая полоса; 5 – датчик наличия материала; 6 – коллектор для форсунок; 7 – форсунка; 8 – устройство автоматизации орошения; 9 – кран; 10 – пожарно-оросительный трубопровод; 11 – желоб для угля от очистки ленты

Расход жидкости принимается равным 5 л/т при давлении 1,2 МПа. Включение орошения должно производиться автоматически при включении конвейера и наличии материала на ленте.

Укрытие погрузочного (перегрузочного) пункта ленточного конвейера может быть дополнено отсосом запыленного воздуха с последующей его очисткой (рис. 5.11).

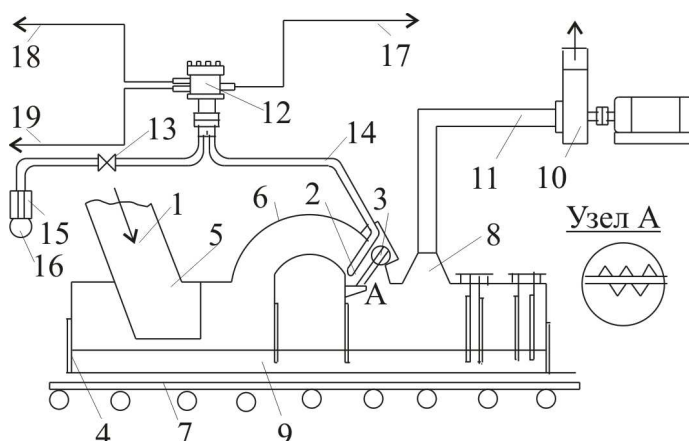


Рисунок 5.11 – Схема обеспыливания перегрузочного пункта ленточного конвейера с укрытием и отсосом запыленного воздуха

1 – загрузочный желоб; 2 – форсунка; 3 – уголкового коагулятор; 4 – фартук; 5 – аспирационное укрытие; 6 – всасывающий канал; 7 – конвейер; 8 – аспирационная воронка; 9 – резиновая полоса; 10 – центробежный вентилятор; 11 – воздуховод; 12 – клапан управляемый; 13 – кран; 14 – рукав напорный; 15 – фильтр; 16 – пожарно-оросительный трубопровод; 17 – к пускателю конвейера; 18 – к блоку-контакту пускателя конвейера; 19 – к датчику наличия материала

При транспортировании влажного угля с содержанием внешней влаги 6% и более орошение под укрытием может отсутствовать, а производится только отсос и очистка запыленного воздуха. Объем воздуха, который необходимо отсасывать из-под укрытия, рассчитывается.

Кроме того, на главных конвейерных выработках рекомендуется предусматривать проветривание с оптимальной по пылевому фактору скоростью движения воздуха 0,7–1,3 м/с, а в выработках со скоростью воздуха более 3 м/с - укрытие грузовой ветви конвейера.

Для снижения пылевыделения при работе опрокидывателей и комплексов разгрузочных устройств должны применяться укрытия основных источников пылевыделения, аспирация и очистка запыленного воздуха. Отвод запыленного воздуха из укрытий опрокидывателей и погрузочных устройств допускается производить с использованием общешахтной депрессии при условии установки на исходящей струе водяных завес с удельным расходом воды 0,1-0,2 л/м<sup>3</sup> очищаемого воздуха (рис. 5.12).

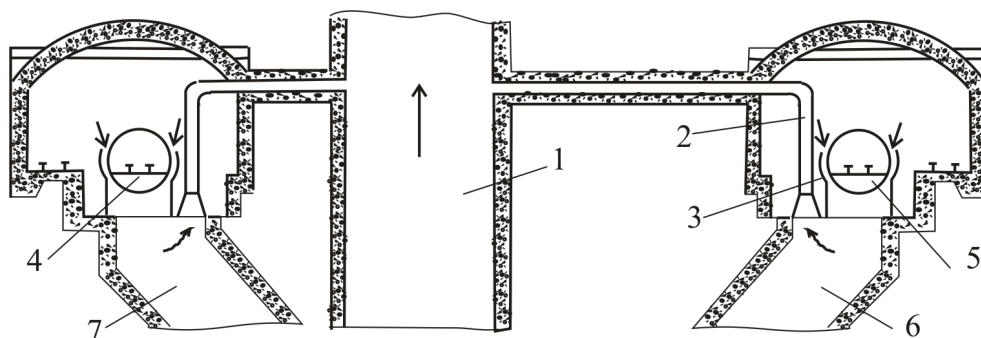


Рисунок 5.12 – Схема отсоса запыленного воздуха из круговых опрокидывателей за счет общешахтной депрессии

1 - скиповый ствол; 2 – аспирационный трубопровод; 3 – крытие вокруг разгрузочной щели; 4 и 5 – породный и угольный опрокидыватель; 6 и 7 – угольный и породный бункер

## 5.8 Обеспыливание входящих и исходящих вентиляционных потоков

Для обеспыливания вентиляционных потоков наибольшее применение нашли завесы: водяные, водовоздушные (пневогидроорошение), туманообразующие, с водовоздушными эжекторами, лабиринтно-тканевые.

Оросители водяной или водовоздушной завес устанавливаются таким образом, чтобы сечение выработки было полностью перекрыто факелами распыленной жидкости (рис. 5.13, а).



Рисунок 5.13 – Технологические схемы очистки от пыли вентиляционных потоков в подготовительных выработках водяными завесами типа ВЗ-1

1 – участковый трубопровод; 2 – напорный рукав; 3 – вентиль; 4 - форсунка типа ПФ; 5 – вентиляционная труба; 6 – насос; 7 – фильтр; 8 – манометр; 9 – форсуночная завеса; 10 - водосборник

На каждые 500 м<sup>3</sup>/мин проходящего воздуха устанавливается одна (однорядная) завеса. При

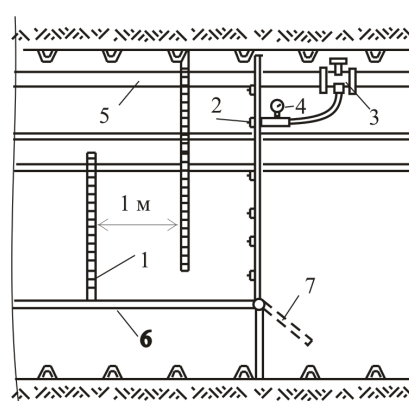
большем количестве проходящего воздуха или при высокой его запыленности устанавливается несколько завес (многорядные завесы). При этом расстояние между рядами завес принимается равным 3-5 м. При необходимости сокращения общего расхода воды на обеспыливание (недостаточное водоснабжение, трудности с удалением отработанной воды и др.) применяют водяные завесы с рециркуляцией воды (рис. 5.13, б).

Число и поперечные размеры водовоздушных эжекторов выбирается, исходя из количества проходящего по выработке запыленного воздуха.

Лабиринтно-тканевые завесы изготавливаются на базе оросителей (форсунок) или водовоздушных эжекторов из мешковины при оптимальном числе четырех тканевых перегородок. Для людей оборудуют ограждаемый и закрываемый проход (рис. 5.14).

Рисунок 5.14 - Технологическая схема очистки от пыли воздуха в подготовительной выработке лабиринтно-тканевыми завесами

1 – тканевая перегородка; 2 – ороситель (эжектор); 3 – кран; 4 – манометр; 5 – водопровод; 6 – перегородка из дерева; 7 - дверь



Расход воды на  $1\text{ м}^3$  проходящего по выработке воздуха должен составлять не менее 0,1 л для водяных и не менее 0,05 л для туманообразующих, эжекторных и лабиринтно-тканевых завес.

Давление воды для водяных и лабиринтно-тканевых завес должно быть не менее 0,5 МПа, а для туманообразующих завес и эжекторов определяется соответствующей технической характеристикой средств обеспыливания (туманообразователя или эжектора).

Завесы (эжекторы) для очистки исходящих из очистных выработок воздушных потоков должны устанавливаться возможно ближе к выходу из лавы: не более 20 м по направлению исходящей струи.

Завесы должны действовать в течение всего времени выемки угля или другого технологического процесса в лаве, сопровождающегося пылевыделением. Включение подачи воды должно быть заблокировано с включением основного технологического оборудования и производиться автоматически.

В выработках, где наблюдается пучение боковых пород, следует применять завесы с возможно меньшим расходом орошающей жидкости (туманообразующие завесы, завесы с водовоздушными эжекторами), пылеулавливающие установки или производить связывание отложившейся пыли смачивающе связующими составами.

Применение пылеулавливающих установок для очистки исходящих потоков производится по отдельным проектам. Один из вариантов технологической схемы применения пылеулавливающей установки на исходящей струе очистной выработки крутых пластов приведен на рисунке 5.15.

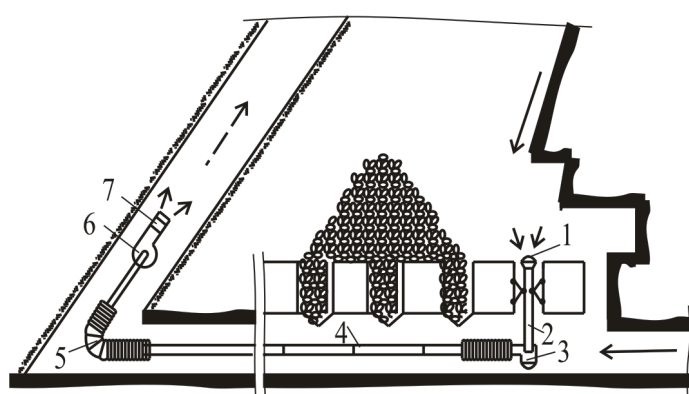


Рисунок 5.15 – Технологическая схема отсоса и очистки исходящей струи воздуха из очистной выработки крутого пласта

1 – защитная решетка; 2 – всасывающий коллектор; 3 – пылеотделитель; 4 – жесткий воздуховод; 5 – гибкий воздуховод; 6 – вентилятор; 7 – пылеуловитель

## 5.9 Очистка и обеззараживание воды в подземных условиях для целей пылеподавления

Водоснабжение горных выработок должно обеспечивать потребность в воде для борьбы с пылью и для тушения пожаров. В связи с этим при проектировании водоснабжения учитываются требования как к качеству воды для пылеподавления, так и одновременному расходу воды на пылеподавление и тушение возможного пожара.

Для целей пылеподавления должна применяться вода, отвечающая требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством по бактериологическому и токсикологическому показателям», имеющая активную реакцию от 6 до 9,5 рН, а также не имеющая резкого неприятного запаха и содержащая радона или торона не более  $1 \cdot 10^{-6}$  кюри/л.

При отсутствии или недостатке воды питьевого качества по согласованию с органами санитарного надзора для борьбы с пылью разрешается использовать шахтную воду или воду из других



источников при условии ее очистки от механических примесей, устранения бактериологической загрязненности и нейтрализации.

Вода, подаваемая для пылеподавления, после очистки должна иметь следующие качественные показатели: отсутствие постороннего запаха; содержание взвесей не более 50 мг/л; активная реакция рН от 6 до 9,5; титр кишечной палочки не менее 300 см<sup>3</sup>.

Очистка и обеззараживание воды в подземных условиях осуществляется в следующей последовательности: предварительная очистка от крупных взвесей, фильтрация через напорные фильтры и обеззараживание воды.

В зависимости от конкретных условий и обеспеченности оборудованием возможны различные варианты схем обработки воды (рис. 5.16).

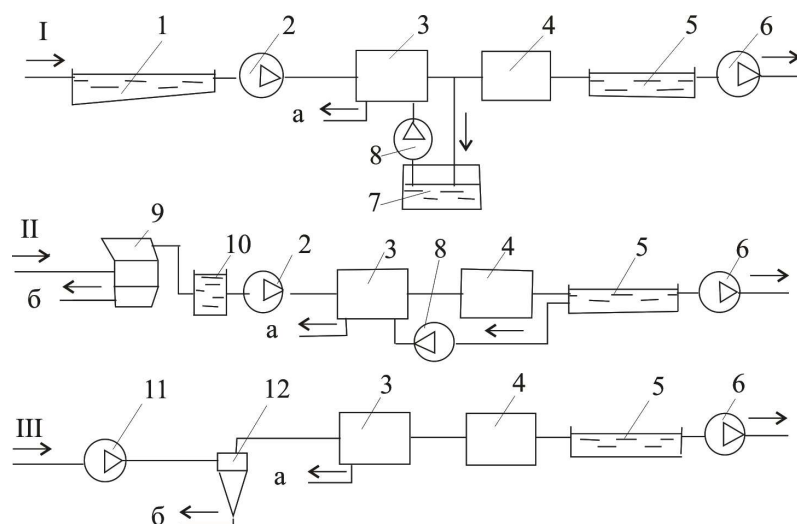


Рисунок 5.16 - Схемы установок для очистки воды в подземных условиях  
 1 - отстойник горизонтальный; 2 - насос; 3 - фильтры напорные; 4 - установка для обеззараживания воды; 5 - резервуар для чистой воды; 6 - насос; 7 - резервуар для воды; 8 - насос; 9 - отстойник наклонный; 10 - жидкость уравнивающая; 11 - насос; 12 - гидроциклон; а - сброс промывной воды; б - удаление шлама

Вариант I применяется в случаях, когда представляется возможность разместить в подземных условиях горизонтальный отстойник, в котором производится предварительная очистка воды. Осветление воды в отстойнике производится без применения коагулянтов, так как взвеси в исходной шахтной воде, поступающей из действующих выработок, характеризуются высокой скоростью осаждения. Из отстойника вода насосом 2 подается на напорные фильтры 3, а затем в установку для обеззараживания. Для промывки фильтров очищенная вода накапливается в резервуаре 7 и периодически подается насосом 8 на промывку фильтров. Вода для промывки может забираться из резервуара 5 для чистой воды. В этом случае резервуар 7 из состава оборудования исключается. Очищенная и обеззараженная вода накапливается в резервуаре 5 и насосом 6 подается в пожарно-оросительный водопровод. При размещении

отдельных узлов установки на различных уровнях из схемы могут быть исключены отдельные насосы.

Вариант II отличается применением для предварительной очистки воды тонкослойного наклонного отстойника, что существенно сокращает площадь, необходимую для размещения оборудования. Предусмотрено наличие уравнительного резервуара 10, что необходимо для обеспечения стабильной работы насоса 2. В остальном вариант II аналогичен варианту I.

В варианте III предусмотрено применение для предварительной очистки воды гидроциклонов 12. В этом случае единый насос 11 обеспечивает напор, необходимый для функционирования всех основных элементов установки. Промывка фильтров производится без применения специального насоса путем подачи осветленной воды непосредственно из соответствующего трубопровода. Для интенсификации промывки используется продувка фильтра сжатым воздухом.

Промывка фильтров без применения специального насоса может предусматриваться и в вариантах I и II.

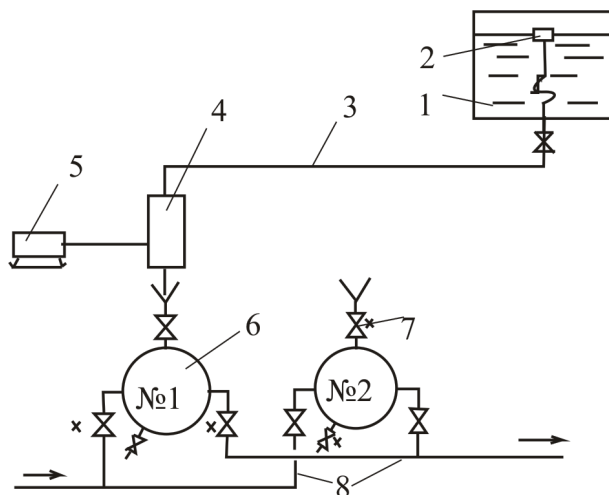
В каждом варианте установки предусматривается сброс воды, поступающей для промывки фильтров, периодическое удаление шлама из отстойников (варианты I и II) и непрерывный сброс шламовой воды из гидроциклона (вариант III).

Для обработки условно чистой шахтной воды используется вариант III с исключением напорных фильтров. Гидроциклом в этом случае является устройство, предохраняющее систему от попадания случайных загрязнений, представленных крупными частицами.

Обеззараживание воды производится гидрохлоридом натрия, который готовится на месте путем электролиза раствора хлорида натрия (поваренной соли). Установка для обеззараживания воды имеет следующее оборудование (рис. 5.17).

Рисунок 5.17 - Схема установки для обеззараживания воды

- 1 - резервуар с раствором соли; 2 - поплавковый дозатор; 3 - трубопровод; 4 - электролизер; 5 - источник постоянного тока; 6 - дозатор; 7 - вентиль закрыт (дозатор №1 отключен для заправки); 8 - трубопровод



Резервуар емкостью 0,2-0,4 м<sup>3</sup> для приготовления раствора поваренной соли имеет поплавковый дозатор для дозирования поступающего в электролизер раствора на уровне 40 л/час. Уровень раствора контролируется по водомерному стеклу. Для слива жидкости при промывке и чистке резервуара предусмотрен вентиль.

Электролизер типа ЭД-2 для получения гидрохлорида натрия работает при постоянном расходе жидкости в период заправки дозатора. Электропитание электролизера производится от источника постоянного тока.

Дозатор типа УДПК-4 обеспечивает автоматическую дозировку раствора гидрохлорида натрия в напорный водопровод и обеспечивает заданную концентрацию его в обеззараживаемой воде. Дозатор снабжен регулятором дозировки раствора и вентилями для заливки раствора и для выпуска воды. Число дозаторов принимается не менее двух: один дозатор находится в работе, второй заправляется раствором гидрохлорида натрия. Доза хлора для обеззараживания воды определяется санитарно-эпидемиологической службой в пределах 5 мг на один литр воды.

## **6 Обеспечение шумовой и вибрационной безопасности на рабочих местах**

### **6.1 Общие положения по обеспечению шумовой и вибрационной безопасности**

Положительный фактор роста мощности и производительности машин при повышении их надежности и снижения материалоемкости связан с ограничениями действующих санитарных норм по защите обслуживающего персонала от вредного воздействия шума и вибрации, возрастающих с увеличением мощности машин.

Уровни шума и вибрации - основные показатели конструктивного совершенства и технического состояния машин. Так, результатом вибрации машин являются поломки и аварии. Кроме того на вибрацию затрачивается часть полезной мощности, в отдельных случаях довольно значительная, например при бурении скважин до 30%.

Специфика шахтных условий состоит в совместном воздействии на рабочих шума и вибрации, повышенных температур, влажности

атмосферного давления и пыли. При этом следует учитывать, что при шуме интенсивностью даже 80-90 дБ для достижения той же производительности, что в условиях шума 70 дБ, рабочий должен затратить в среднем на 20% больше физических и нервно-психических усилий.

Опыт работы угольной промышленности показывает, что при постоянном шумовом воздействии в организме происходят негативные эмоциональные изменения вплоть до стрессовых и может развиваться шумовая болезнь. Объективными симптомами шумовой болезни являются: снижение слуховой чувствительности; изменение функции пищеварения (понижение кислотности); сердечно-сосудистая недостаточность; нейроэндокринные расстройства. Длительное действие интенсивного (выше 80 дБА) шума на органы слуха рабочих приводит к его частичной или полной потере.

Методика оценки воздействия шума в целях сохранения слуха регламентируется международным стандартом ИСО- 1999-75. Слух считается поврежденным, если средняя чувствительность органа слуха на частотах 500, 1000 и 2000 Гц уменьшилась не менее чем на 25дБ (таблица 7.1).

Таблица 7.1 - Вероятности повреждения слуха в зависимости от уровня звука

Эквивалентный уровень звука $L_{экв}$ , дБА	Вероятность повреждения слуха P(%) при продолжительности работы				
	5	10	15	20	25
<80	-	-	-	-	-
85	1	3	5	6	7
90	4	10	14	16	16
95	7	17	24	28	29
100	12	29	37	42	43
105	18	42	53	58	60
110	26	55	71	78	78
115	36	71	83	87	84

Различают следующие степени потери слуха: I-я степень (легкое снижение слуха ) - потеря слуха в области речевых частот составляет 10-20 дБ и на частоте 4000 Гц -  $60 \pm 20$  дБ; II-я степень (умеренное снижение слуха) - потеря слуха соответственно 21-30 дБ и  $65 \pm 20$  дБ ; III-я степень (значительное снижение слуха).

Основной задачей и целью обеспечения шумовой и вибрационной безопасности труда является устранение вредного влияния шума и вибрации на организм шахтеров, предотвращение профессиональных заболеваний.

Уровни шума и вибрации на рабочих местах зависят от шумовых и вибрационных характеристик горношахтного оборудования (ГШО), его технического состояния, расположения рабочих мест относительно источников шума и вибрации, характеристик рабочего пространства, других действующих вредных производственных факторов.

Соблюдение установленной шумовой и вибрационной нагрузки на рабочего должно обосновываться расчетами ожидаемых уровней или измерениями непосредственно на рабочем месте.

Расчет ожидаемых уровней и шумовиброзащита работников производится в соответствии с Инструкцией по обеспечению шумовой и вибрационной безопасности труда в угольных шахтах (НПАОП 10.0.-5.19-04).

## **6.2 Определение ожидаемых уровней шума и вибраций на рабочих местах**

Исходными данными для расчета ожидаемого уровня шума являются:

- технические данные, шумовые и вибрационные характеристики горношахтного оборудования;
- характеристики естественной среды (акустические свойства помещений, горной крепи, звукоотражающих или звукопоглощающих поверхностей, наличие вредных производственных факторов, их интенсивности и др.).

В зависимости от расположения рабочего места расчет ожидаемых уровней шума осуществляется по следующей методике.

В горных выработках камерного типа, производственных помещениях, на территории шахтной поверхности и при наличии данных о фактических (измеренных) уровнях шума на рабочих местах, ожидаемый уровень шума определяется по формуле

$$L_i = L + a, \text{ дБА},$$

где  $L$  - фактический (измеренный) уровень шума на рабочем месте, дБ (дБА);  $a$  - поправка, учитывающая влияние других вредных производственных факторов, при их наличии  $a = 3$ , при отсутствии  $a = 0$ , дБ (дБА);

2. В горных выработках при наличии шумовых характеристик горношахтного оборудования, измеренных в местах его эксплуатации, ожидаемый уровень шума определяется по формуле

$$L_i = L_{рш} + A, \text{ дБ(дБА)},$$

где  $L_{рш}$  - шумовые характеристики горношахтного оборудования, измеренные в местах его эксплуатации, дБ (дБА);  $\Delta_1$  - поправка, учитывающая площадь излучения шума, дБ (дБА), принимается по таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Значение поправки  $\Delta_1$  для учета площади излучения шума различных видов горношахтного оборудования

Наименование горношахтного оборудования	Значение $\Delta_1$ , дБ (дБА)
1. Очистной комбайн типа «Поиск», отбойные молотки, горные сверла, перфораторы типа ПП	6-8
2. Вентиляторы местного проветривания, насосные станции, перфораторы типа П16, П6,2, П9-12, струговые установки	12-14
3. Бурильные установки, конвейеры скребковые (приводные головки), щитовые агрегаты АНЩ, комбайны очистные 2КЦТГ, К103, МК67, «Темп», «Кировец», оборудование шахтной поверхности	15-16
4. Комбайны для средних и мощных пластов, погрузочные машины периодического действия	16-20
5. Проходческие комбайны, погрузочные машины непрерывного действия	22-24

3. В горных выработках камерного типа, производственных помещениях, на территории шахтной поверхности, когда шумовые характеристики горношахтного оборудования неизвестны, ожидаемый уровень шума находится с учетом известных шумовых характеристик подобных машин, имеющих соответствующую производительность, мощность и габаритные размеры, аналогично п. 2.

4. В протяженных горных выработках, когда шумовые характеристики горношахтного оборудования определены в заводских условиях, ожидаемый уровень шума определяется по формуле

$$L_i = L_{рз} + A_i, \text{ дБ (дБА)},$$

где  $L_{рз}$  - шумовые характеристики оборудования, определенные в заводских условиях, дБ (дБА);  $A_i$  - поправка на измерение шумовых

характеристик в шахтных условиях (для очистных комбайнов и скребковых конвейеров  $A_i = 5$ , для проходческих комбайнов, погрузочных машин, буровых установок и буровых станков  $A_i = 20$ , для ручных машин, вентиляторов местного проветривания и другого подземного оборудования  $A_i = 10$ ), дБ (дБА).

При расположении рабочего места на расстоянии от источника шума более 1 м от расчетных уровней шума вычитается значение поправки  $A_2$ , приведенное в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Значения поправки  $A_2$  в расчетной точке на расстоянии от источника

Место расположения источника шума	Значения поправки $A_2$ на расстоянии от источника, м									
	1	3	5	10	20	50	100	200	500	1000
Очистная выработка	1	2	6	16	23	42	-	-	-	-
Подготовительная выработка	1	2	3	7	15	43	-	-	-	-
Помещение шахтной поверхности объемом, м <sup>3</sup> :										/
менее 200	6	6	6	6						
от 200 до 1000	9	9	9	9	9					
свыше 1000	8	15	18	21	24					
Территория шахтной поверхности	8	15	19	23	27	35	40	47	53	61

Параметры вибрации на рабочем месте или в местах контакта принимаются по результатам замеров на корпусах горношахтного оборудования.

Эквивалентный, с учетом времени воздействия за рабочую смену, уровень шума и вибрации определяется по формуле

$$L_э = L_i + 10 \lg t/T, \text{ дБ(дБА)},$$

где  $t$  - время воздействия шума (вибрации) за рабочую смену, мин;  $T$  - продолжительность смены, мин.

Значение  $10 \lg t/T$  может быть принято по таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Значение  $10 \lg t/T$  для расчета эквивалентного уровня шума и вибрации

Продолжительность смены $T$ , мин	Значение $10 \lg t/T$ (дБ, дБА) для времени действия шума или вибрации $t$ , мин									
	480	360	300	240	-2	-3	60	30	15	5
360		0	-1			-5	-8	-11	-14	-18
480	0	-1	-2	-3	-4	-6	-9	-12	-15	-20

Соответствие фактических уровней шума и вибрации нормативным оценивается по формуле

$$L_i - L_n,$$

где  $L_n$  - допустимый уровень шума или вибрации, дБ(дБА).

Если  $L_i - L_n \geq 0$ , то требуется улучшение условий труда на рабочем месте, при  $L_i - L_n < 0$  - мероприятий по защите от шума или вибрации не требуется.

В соответствии с требованиями Правил безопасности уровни шума и эквивалентные уровни шума на рабочих местах и в рабочих зонах угольных шахт не должны превышать следующих значений (табл. 6.4).

Таблица 6.4 - Нормативные уровни шума на рабочих местах и видах работ в угольной промышленности

Рабочие места (зоны) и виды работ	Уровни шума и эквивалентные уровни шума, дБА
1. Горные выработки, производственные помещения, территория поверхности	80
2. Кабины наблюдения и дистанционного управления безречевой связи по телефону;	80
с речевой связью по телефону	65
3. Работы, требующие сосредоточенности и внимания	60

Согласно требованиям Правил безопасности уровни вибрации на рабочих местах при работе горношахтного оборудования не должны превышать предельно допустимых значений, приведенных в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Предельно допустимые значения показателей уровней вибрации на рабочих местах при работе горношахтного оборудования

Вид вибрации	Категория вибрации (вид машин и оборудование)	Корректированные по частоте и скорректированные эквивалентные уровни значения, дБ	
		Виброускорения	Виброскорости
Локальная	Отбойные молотки, сверла, перфораторы	126	112
Общая	Транспортная (самоходный шахтный транспорт)	112	116
	Транспортно-технологическая (горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные установки)	109	101
	Технологическая (насосы, вентиляторы, подъемные машины, компрессоры и т. п.)	100	92



Эффективность средств и способов шумовиброзащиты определяется из соотношения

$$\Delta L_{\text{ш}} = L_i - L_n + 5, \text{дБ(дБА)}.$$

### **6.3 Методы и средства защиты от шума и вибрации**

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, размещении и организации рабочего места должны быть приняты меры по уменьшению шума и вибрации на рабочем месте до предельно допустимых значений.

Уменьшение шума и вибрации достигается путем разработки шумовибробезопасной техники, использования средств и методов коллективной (снижающей шум и вибрацию в источнике возникновения и на пути их распространения к защищаемому объекту) и индивидуальной защиты (противошумных вкладышей, касок, виброзащитных рукавиц и др.).

При проектировании и изготовлении горношахтного оборудования обязательным является применение следующих средств и методов снижения шума и вибрации: точную обработку деталей; балансировку элементов и узлов машины; устройства, снижающие вибрацию и шум механического, аэродинамического, электромагнитного и гидромеханического происхождения; малозвучные и виброгасящие композитные материалы.

При эксплуатации горношахтного оборудования применяются, в основном, коллективные средства и методы шумовиброзащиты: акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические.

Акустические средства защиты включают звукоизоляцию, звукопоглощение, виброизоляцию и демпфирование.

Архитектурно-планировочные методы защиты включают рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов, рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, рациональное размещение рабочих мест.

Организационно-технические методы защиты содержат: применение малошумных технологических процессов; применение средств дистанционного управления и автоматического контроля;

применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц; совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин; соблюдение режимов труда и отдыха работников на шумных местах; применение индивидуальных защитных средств.

Основные мероприятия по снижению шума и вибрации подземного горношахтного оборудования и их фактическая эффективность приведены в таблицах 6.6 и 6.7.

Таблица 6.6 - Мероприятия по снижению уровней шума подземного горношахтного оборудования и их фактическая эффективность

Мероприятия по снижению уровня шума	Эффективность $\Delta L_{\Phi}$ , ( $\Delta L_{\Phi A}$ ), дБ (дБА) в октавных полосах частот $f$ , Гц
Лабиринтные глушители для пневмодвигателей мощностью 10-30 кВт	$\Delta L_{\Phi} = 20-30 / f = 1000-8000$ ; $\Delta L_{\Phi} = 10-15 / f = 125-500$
Камерные и комбинированные глушители для пневмодвигателей стволовых погрузочных машин	$\Delta L_{\Phi A} = 20$
Глушители с эластичными элементами и демпфируемым выхлопом пневмодвигателей мощностью 10-30 кВт	$\Delta L_{\Phi A} = 20-25$ ; $\Delta L_{\Phi} = 25-30 / f = 500-1000$ ; $\Delta L_{\Phi} = 15-20 / f = 2000-8000, 250$
Встроенные глушители для пневмосверл и перфораторов	$\Delta L_{\Phi} = 25-30 / f = 250-8000$
Глушители выхлопа отбойных молотков типа МО-1, МО-2, МО-3	$\Delta L_{\Phi A} = 7-10$
Демпфирование коронок исполнительного органа проходческих комбайнов	$\Delta L_{\Phi A} = 10-15$
Виброизоляция резиной днища приемного лотка погрузочных машин	$\Delta L_{\Phi A} = 14-15$
Выполнение двухслойных днищ скребкового конвейера толщиной 3-6 мм	$\Delta L_{\Phi} = 11-14 / f = 63-125$ ; $\Delta L_{\Phi} = 10-25 / f = 250-8000$
Шумоизоляция крышек выемочных комбайнов конвейерной лентой	$\Delta L_{\Phi} = 5-9 / f = 125-2000$
Покрытие секций скребкового конвейера и кожуха тяговой цепи мастикой "Антивибрит-5" толщиной 5-8 мм	$\Delta L_{\Phi} = 9-15 / f = 1000-8000, 63$ ; $\Delta L_{\Phi} = 3-6 / f = 125-500$ ; $\Delta L_{\Phi} = 9-11$
Звукоизоляция приводов стационарных и забойных машин звукоизолирующими кожухами	$\Delta L_{\Phi} = 20-35$
Глушители электровентиляторов местного проветривания	$\Delta L_{\Phi} = 12-16 / f = 250-8000$
Глушители пневмовентиляторов местного проветривания	$\Delta L_{\Phi} = 14-22 / f = 250-8000$

Таблица 6.7 - Мероприятия по снижению уровней вибрации подземного горношахтного оборудования и их фактическая эффективность

Мероприятия по снижению уровня вибрации	Эффективность $\Delta L_{\Phi}$ , дБ в октавных полосах частот f, Гц
Виброизолирующие салазки самоходных бурильных машин	$\Delta L_{\Phi} = 20/ f = 125-1000$
Виброзащитные сидения электровозов и погрузо-доставочных машин	$\Delta L_{\Phi} = 5-12/ f = 2-125$
Виброзащитные площадки проходческих комбайнов, бурильных и погрузочных машин	$\Delta L_{\Phi} = 6-10/ f = 2-16$ ; $\Delta L_{\Phi} = 15-22/ f = 32-25$
Виброгасящие эластичные изоляторы и пружинные обоймы рукояток отбойных молотков, перфораторов, электро- и пневмосверл	$\Delta L_{\Phi} = 5-6/ f = 8-1000$ ;
Применение виброгасящих смазок	$\Delta L_{\Phi} = 10-15/ f = 8-100$

## 6.4 Профилактика шумовой и вибрационной заболеваемости

Мероприятия по профилактике шумовой и вибрационной заболеваемости регламентируются нормативами и указаниями органов здравоохранения и включают возрастные ограничения и профессиональный отбор поступающих на работу, медицинские осмотры с участием врачей по специальностям: терапевт, невропатолог, отоларинголог, хирург, офтальмолог.

Для защиты органа слуха от шума применяются средства индивидуальной защиты органа слуха (СИЗОС) по ГОСТ 12.4.051-87.

Применение СИЗОС рекомендуется рабочим следующих профессий.

Вкладыши одноразового применения типа «Беруши» - всем работникам угольных шахт, подвергающимся воздействию производственного шума с уровнем до 100-105 дБ.

Вкладыши многократного применения из эластичных полимерных материалов – рабочим, выполняющим работы не связанные с тяжелым физическим трудом и не имеющим противопоказаний. Защищают от шума с уровнем до 105-110 дБ.

Наушники независимые - рабочим, которые обслуживают шахтные стационарные установки, создающие шумы с уровнем до 120-125 дБ, а также лицам, которым противопоказано использование вкладышей.

Наушники, совмещенные с шахтерской каской, - рабочим, обслуживающим перфораторы, бурильные установки, а также проходческое оборудование с пневматической энергией.

Средства защиты органов слуха выдают в индивидуальное пользование лицам, нуждающимся в постоянном их использовании или могут использоваться как «дежурные» для выдачи разным лицам после соответствующей дезинфекции.

Для защиты от вредного воздействия общей и локальной вибрации применяются средства индивидуальной защиты (обувь, рукавицы и др.), соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.024-76 и ГОСТ 12.4.002-97.

Если вибрация превышает предельно допустимые уровни для конкретного рабочего места или выполнения конкретных технологических операций (табл. 6.8), устанавливается рациональный режим труда работников виброопасных профессий.

Таблица 6.8 - Допустимое суммарное время действия вибрации в зависимости от превышения предельно допустимого уровня

Превышение предельно допустимого уровня вибрации, дБ	Допустимое суммарное время действия вибрации за смену, мин	Превышение предельно допустимого уровня вибрации, дБ	Допустимое суммарное время действия вибрации за смену, мин
1	384	7	95
2	302	8	76
3	240	9	60
4	191	10	48
5	151	11	38
6	120	12	30

Основные положения режима труда и отдыха приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 - Режимы труда и отдыха шахтеров, подвергающихся воздействию шума и вибрации

Режим работы	Мероприятия по ограничению времени влияния шума и вибрации
1	2
Внутрисменный	В зависимости от превышения предельно допустимого уровня вибрации определяется допустимое суммарное время действия вибрации за рабочую смену в соответствии с таблицей 6.8. Если допустимое суммарное время действия вибрации больше необходимого технологического времени работы, то последнее должно произвольно распределяться в пределах рабочей смены с соблюдением двух регламентированных перерывов (первый – 20 минут через 1-2 часа после начала работы, второй - на 30 минут через 2 часа после обеденного перерыва или после первого регламентированного перерыва при отсутствии перерыва на обед). Если допустимое суммарное время действия вибрации меньше необходимого технологического времени работы за смену, то устанавливается часовая структура рабочей смены, при которой на протяжении одного часа работа в контакте с вибрацией чередуется с работой без вибрации.

1	2
Суточный	Отдых между сменами должен быть не менее двойной продолжительности рабочей смены. Работы в ночную смену должны сокращаться. Не разрешаются сверхурочные работы.
Недельный	Переход из одной рабочей смены в другую следует предусматривать не чаще чем через 5-6 дней.
Месячный	Общая продолжительность работ, связанных с воздействием шума и вибрации, не должна превышать 18 рабочих дней в месяц. Выходные дни следует предусматривать равномерно в течение месяца.

Одним из действенных и эффективных мероприятий по профилактике шумовой и вибрационной патологии является повышение защитных сил организма. Эти меры направлены на снижение утомляемости, повышение работоспособности, восстановление нарушенного обмена веществ, улучшение периферического кровообращения. К таким мероприятиям относятся: комплекс физиотерапевтических процедур (ультрафиолетовое облучение, массаж, лечебная гимнастика, тепловые гидропроцедуры и др.); курс витаминно-профилактики; санация в санаториях-профилакториях; санаторно-курортное лечение.

## **7 Обеспечение освещенности в горных выработках и на поверхностном комплексе**

Освещение рабочих мест и горных выработок осуществляется стационарными светильниками с лампами накаливания или люминесцентными, питаемыми от электрической сети напряжением 36 В. Все комбайны, породопогрузочные машины, локомотивы, механизированные комплексы, агрегаты и щиты снабжаются самостоятельными местными светильниками, обеспечивающими освещение рабочих мест или рабочих органов. Независимо от других видов освещения обязательным является применение индивидуальных светильников.

Для освещения лампами накаливания от сети применяются светильники в нормальном исполнении РН-60, РН-100 и РН-200 и повышенной надежности - РП-60 и РП-200. Освещение главных откаточных выработок, погрузочных пунктов, людских ходков и машинных камер осуществляют, как правило, люминесцентными светильниками типа ДС (дневного света), БС (белого света) и ТБ (теплого белого света). Для устранения блеска ламп накаливания

колпаки светильников имеют рассеивающее стекло. В протяженных выработках светильники целесообразно размещать по оси выработок, так как при этом увеличивается различимость объектов. В забоях стволов светильники устанавливаются непосредственно на полке или подвешиваются на тросах.

Шахтное освещение стационарными светильниками проектируется в выработках в соответствии с установленными нормами. В зависимости от назначения выработки, вида светильника нормируемыми параметрами являются: минимальная освещенность рабочих мест и горных выработок в горизонтальной и вертикальной плоскости, мощность светильника, расстояние между светильниками и др. В частности, норма освещенности 10 лк устанавливается для рабочих мест и выработок, исходя из того, что при ней не наблюдается утомления рабочих. В местах, где люди находятся кратковременно, только во время передвижения их к месту работы (откаточные выработки, людские ходки и т. д.), минимальный уровень освещенности составляет 1 лк.

Индивидуальными источниками освещения в шахтах служат головные аккумуляторные шахтные светильники «Украина-4» (СГУ-4). Зарядка производится через фару и кабель светильника. Наличие двухнитевой лампы создает возможность переключать нити с различной конфигурацией светового потока и одну из нитей использовать как аварийную. Световой поток головных светильников 30 лм, продолжительность нормального горения не менее 10 ч.

Аварийное освещение монтируется в стволе, околоствольном дворе, камере главного водоотлива, электрокамерах, складах ВМ, а также в местах пересечения выработок и в выработках большой протяженности.

## **8 Средства индивидуальной защиты**

Работники шахт должны быть бесплатно обеспечены спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Спецодежда служит для защиты работающих от неблагоприятного воздействия (механического, химического и термического) внешней среды. Спецодежда должна быть воздухо- и паропроницаема, водонепроницаема, не должна стеснять движения

рабочего. Ткани, из которых изготавливается спецодежда, должны быть прочными, носкими, мягкими, легкими, не должны вызывать раздражения кожи и должны легко очищаться от загрязняющих веществ. Этим требованиям удовлетворяют широко применяемые в настоящее время для изготовления спецодежды ткани из натуральных волокон вместе с синтетическими, обработанные специальными составами. Для работы в условиях обводненных выработок спецодежда изготавливается из прорезиненных тканей или тканей с резиновым покрытием.

В соответствии с ГОСТами для горнорабочих предусмотрены следующие виды спецодежды:

костюм шахтерский, состоящий из куртки и брюк, предназначенный для рабочих, занятых на сухих работах;

костюм, состоящий из куртки, брюк, утепленного жилета и головного убора (подкасника), предназначенный для работающих в шахтах на пологих маломощных пластах;

костюм водонепроницаемый, состоящий из куртки, брюк и головного убора (капюшона или шляпы), предназначенных для работающих в обводненных условиях и шахтах.

МакНИИ разработана также спецодежда для работы в глубоких шахтах, изготавливаемая из ткани, обеспечивающей эффективное потоиспарение.

Запрещается использование в шахте нательного белья, рубашек, свитеров, подшлемников, подкладок спецодежды и рукавиц из синтетических материалов.

Для защиты головы от ударов для шахтеров предусмотрены три класса касок: А - для подземных эксплуатационных рабочих; Б - для проходчиков и рабочих по обслуживанию вертикальных стволов шахт; В - для рабочих поверхности шахт. В настоящее время изготавливаются полиэтиленовые каски: класса А - «Донбасс-4», «Шахтер-1», «Шахтер-2»; класса Б - «Дон»; класса В - головной убор «Дружба».

Каски изготавливаются трех типоразмеров, определяемых длиной окружности по внутренней оснастке: I – 54-57 см; II – 58-62 см; III – 62-66 см. Проветривание подкасочного пространства достигается за счет кольцевого зазора между внутренней поверхностью корпуса и околышем амортизирующей оснастки. Масса касок 400 г, а каски «Дон» - 450 г..

Хранение, проверка, чистка и ремонт СИЗ на шахтах

производится в специализированных помещениях в соответствии с требованиями Инструкции по эксплуатации средств индивидуальной защиты шахтеров (НПАОП 10.0-5.20-04).

На шахтах, где применяются противопылевые респираторы, оборудуются специальные помещения-респираторные, которые оборудуются установками для обеспыливания фильтров и контроля сопротивления дыханию, столами для приемки, выдачи и ремонта респираторов, приспособлениями для мойки и сушки полумасок, стирки обтюраторов, столами для укладки полумасок после мойки, шкафами с гнездами для хранения респираторов. Полумаски и обтюраторы после мойки и стирки подвергают обработке 5%-ным раствором борной кислоты или 5%-ным раствором кристаллического порошка хлорамина Б в холодной воде. Смена фильтров производится при повышении сопротивления респираторов до 10 мм вод. ст. в условиях нормального расхода воздуха (30 л/мин). Респираторы закрепляют за шахтерами с выдачей жетона с номером респиратора.

Для защиты глаз должны применяться защитные очки, экраны или щитки. К очкам предъявляются следующие требования: герметичность подочкового пространства; незапотеваемость и ударопрочность стекла; эластичность корпуса; широта обзора; размеры, допускающие совместное ношение каски, очков и противопылевого респиратора; небольшая масса. Этим требованиям удовлетворяют разработанные МакНИИ специально для шахт очки с коробчатым герметичным корпусом с обтюратором из пенопласта. Стекла высокой прочности диаметром 59 мм изготовлены из полиметилметакрилата. Очки имеют тесемчатое крепление. Для предотвращения запотевания перед работой внутри корпуса устанавливается триацетатная пленка с желатиновым покрытием. Размеры корпуса не препятствуют одновременному ношению каски, очков и противопылевого респиратора.

Для защиты ног работающих от механических повреждений, температурных воздействий (ожогов, перегрева, охлаждения, промокания), от действия различных агрессивных веществ, электрического тока выпускаются следующие виды спецобуви: сапоги резиновые клеенные проходческие, предназначенные для проходчиков, работающих в обводненных шахтах; сапоги резиновые клеенные горняцкие, предназначенные для работающих в обводненных шахтах при ведении работ по крепким породам; сапоги



резиновые формовые с жесткими носками, предназначенные для работ в очистных и подготовительных забоях обводненных шахт. Кроме того, изготавливаются чуни резиновые формовые с рифленой подошвой, предназначенные для применения в качестве облегченной шахтерской обуви в сухих шахтах, особенно на крутых пластах. Помимо указанной обуви предусмотрено использование также кожаных сапог и полусапог общего назначения.

Для защиты от поражения электрическим током служат специальные диэлектрические сапоги, боты и галоши.

Для предупреждения воспаления околоуставных сумок коленных и локтевых суставов, приводящего к заболеванию бурситом, служат наколенники и налокотники, в качестве которых используют пластины микропористой резины толщиной 8-12 мм, укладываемые в специальные карманы на брюках и на рукавах куртки, а также съемные наколенники.

Для защиты рук изготавливаются рукавицы трех типов: А - с одним напалком, расположенным на месте большого пальца; Б - с одним напалком, расположенным сбоку по перегибу рукавицы, предназначенной как для правой, так и для левой руки; В - с двумя напалками, расположенными на месте большого и указательного пальцев. Предусматриваются также накладки на ладонной и тыльной частях, а также на напалках.

Для защиты от поражения электрическим током служат специальные диэлектрические перчатки. Для защиты от ожогов электролитом в зарядных камерах должны быть соответствующие средства, нейтрализующие его действие.

Бурение шпуров перфораторами, управление пневматическими лебедками, обслуживание компрессоров без применения СИЗ органов слуха запрещается.

В очистных и подготовительных забоях, а также при перекреплении горных выработок в обязательном порядке должны применяться средства индивидуальной защиты позвоночника - противорадикулитные пояса. Обязательным требованием является ежедневная стирка нательного белья, сушка, обеспыливание и не реже двух раз в месяц стирка или химическая чистка спецодежды, а также санитарная обработка защитных касок, портянок (носков) и спецобуви. На каждой шахте должна быть организована ежедневная стирка нательного белья, стирка или химическая чистка спецодежды не реже двух раз в месяц, своевременный ремонт спецодежды и

спецодежды, а также санитарная обработка противопылевых респираторов, защитных касок, портянок (носок) и спецодежды.

## **9 Санитарно-бытовое и медицинское обслуживание**

У шахтных стволов, по которым производится спуск и подъем людей, должны устраиваться помещения или камеры ожидания, а на приемных площадках наклонных выработок, оборудованных средствами перевозки людей в пассажирских вагонетках, - специальные места ожидания.

В очистных забоях при рабочем состоянии крепи высота прохода должна быть не менее 0,5 м.

Содержание горных выработок, рабочих мест и помещений должно соответствовать санитарным нормам и правилам.

Околоствольные, главные откаточные и вентиляционные выработки, машинные и трансформаторные камеры должны подвергаться побелке по мере их загрязнения, но не реже одного раза в полгода. Побелка данных выработок на шахтах, опасных по пыли, должна производиться по графикам согласно требованиям пылегазового режима.

На шахтах в соответствии с санитарными нормами должны оборудоваться подземные и поверхностные медпункты. Подземный медпункт должен располагаться в околоствольном дворе в специальной камере на свежей струе воздуха по пути следования основной массы рабочих. При значительной протяженности выработок подземные медпункты могут быть приближены к месту наибольшей концентрации рабочих мест.

Все работники шахты должны быть обучены оказанию первой помощи пострадавшим и иметь при себе индивидуальные перевязочные пакеты в водонепроницаемой оболочке.

Во всех цехах поверхности шахты, гардеробных, в надшахтных зданиях, околоствольных дворах, на подземных участках, у выходов из очистных забоев, в забоях подготовительных выработок, а также в машинных камерах должны быть укомплектованные аптечки для оказания первой помощи и носилки с твердым ложем.

Санитарно-бытовое обслуживание работников шахты проводится в административно-бытовом комбинате (АБК), который проектируется и устраивается в соответствии с действующими строительными и санитарными нормами и правилами.

Административно-бытовой комбинат обычно имеет вестибюль, холл для проведения собраний, нарядные и другие служебные помещения, гардеробную для повседневной одежды, душевую, гардеробную для спецодежды, комнату личной гигиены женщин (женскую баню), сушилку для мокрой спецодежды, помещение с установкой для обеспыливания спецодежды, дезинфекционную камеру, помещение для химчистки спецодежды, чистки и мойки обуви, механическую прачечную, мастерскую для починки спецобуви и спецодежды, помещение для питьевой станции, уборные, кладовую для хранения предметов уборки, парикмахерскую, здравпункт, фотарий (ингаляторий), буфет.

В помещениях АБК должна поддерживаться чистота, свежий воздух, а температура в душевых и гардеробных должна быть не ниже +22 °С. Раздевалки и душевые должны иметь 45-минутную пропускную способность. Душевые должны быть обеспечены горячей и холодной водой из расчета 60 л на каждого моющегося. Максимально допустимая температура горячей воды должна быть +65 °С и минимальная - +37 °С. Трубы, подводящие горячую воду в моечное отделение, должны быть изолированы или ограждены на высоту не менее 2 м. Краны, регулирующие подачу холодной и горячей воды, должны иметь отличительные знаки или надписи.

Шахты для питьевых нужд и стирки одежды должны быть обеспечены водой питьевого качества, отвечающей требованиям государственных стандартов.

Работники шахт должны обеспечиваться мылом в расчете не менее 800 г на человека в месяц, мочалками, полотенцами и банной обувью, изготовленной из пластмассы или резины. Использование деревянных обуви, решеток и скамеек в моечных отделениях запрещается. В гардеробных и душевых полы должны быть устроены таким образом, чтобы исключить падение людей от скольжения.

Для профилактики грибкового заболевания кожи - эпидермофитии: пол в душевой устраивают с наклоном, обеспечивающим хороший сток мыльных вод; ежемесячно после уборки помещение душевой и все оборудование в нем протирают тряпкой, обильно смоченной 5%-ным раствором хлорной извести; тапочки после употребления дезинфицируют; у выхода из душевых предусматривают формалиновые ванночки и водяные коврики; рабочую обувь больных эпидермофитией ежедневно дезинфицируют и просушивают.

Для работающих на открытом воздухе шахтной поверхности, когда температура ниже +10 °С, необходимо предусматривать помещение для обогрева с температурой не ниже +22 °С и подвижностью воздуха до 0,2 м/с. Помещения должны быть обеспечены питьевой водой и кипятком.

На каждой шахте должны проводиться ультрафиолетовое облучение, ингаляция, а также процедуры по нейтрализации воздействия вредных факторов и восстановлению работоспособности работающих.

Все работающие должны быть обеспечены газированной водой или другими напитками, рекомендуемыми органами здравоохранения. В условиях охлаждающего микроклимата работники должны обеспечиваться горячим чаем. Все подземные работники должны быть снабжены флягами или небьющимися термосами вместимостью не менее 0,75 л, которые должны храниться и ежедневно обрабатываться централизованно на питьевой станции. К рабочим местам при необходимости доставляются газированная вода или другие напитки для наполнения фляг и термосов.

На каждой шахте должна быть столовая или буфет с горячим питанием, работающие в период пересмены.

## **10 Паспорт санитарно-технического состояния условий труда**

Паспорт санитарно-технического состояния условий труда составляется для документального оформления состояния условий труда и выявления производственных участков (рабочих мест), не удовлетворяющих нормативным актам по охране труда и для определения численности работающих в этих условиях.

Для планомерного проведения работы по заполнению паспорта на шахте издаётся согласованный с шахтным комитетом профсоюза приказ, которым определяются сроки и ответственные лица за её проведение по каждому участку, а также периодичность и места проведения замеров и отбора проб.

До проведения паспортизации в составе участка определяются рабочее место, группы рабочих мест, характеризующиеся одинаковыми условиями труда, и численность работающих в них (в том числе - женщин), на которых рабочий (звено, бригада, смена) выполняет трудовые операции в течение смены (или не менее чем половины смены).

Проверку состояния условий труда и заполнение паспорта производится, как правило, комиссией в составе представителей администрации, специалистов (работников) соответствующих служб, профсоюзных органов и санитарного надзора.

Паспорт составляется в двух экземплярах, один из которых находится у начальника участка (службы), второй в службе охраны труда шахты.

Ответственным за своевременное и правильное заполнение паспорта является начальник участка.

В виде дополнения к паспорту санитарно-технического состояния условий труда могут быть приложены показатели производственного травматизма и заболеваемости, перечень действующих на участке правил, инструкций и других нормативных актов.

Результаты проведенных замеров подписываются начальником участка, председателем шахтного комитета профсоюза или старшим общественным инспектором по охране труда, а также лицом, производившим замеры.

На основании паспортизации отдельных производственных участков и рабочих мест заполняются в табличной форме основные показатели санитарно-технического состояния условий труда на участке. Эти показатели могут быть использованы для составления аналогичных сводных показателей в целом по шахте.

Данные санитарно-технических паспортов служат основой для составления соглашений по охране труда, договоров, комплексных планов улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, соответствующих разделов планов, социального развития коллективов. По результатам проведенной паспортизации могут разрабатываться дополнительные мероприятия по ликвидации выявленных производственных вредностей.

**Литература:** [12, 14, 21]

### **Контрольные вопросы**

1. Основные требования к климатическим условиям в шахте.
2. Основные требования к составу шахтного воздуха.
3. Укажите основные причины снижения (в том числе аварийного) снижения кислорода в шахтном воздухе. Охарактеризуйте проявление гипоксии – удушающего действия газов.
4. Перечислите газы отравляющего действия и укажите возможные источники их образования и поступления.

5. Какие мероприятия включает применяемый на шахтах комплекс мер по предупреждению заболеваний пылевой этиологии?
6. Охарактеризуйте основные источники пылеобразования и направления обеспыливания шахтного воздуха.
7. Изложите основное содержание методики выбора комплекса обеспыливающих мероприятий.
8. Сущность предварительного увлажнения угля в массиве, область применения, технологические схемы нагнетания воды, применяемое оборудование.
9. Сущность пылеподавления орошением, область применения и технологические схемы орошения в очистных забоях пологих и крутых пластов, применяемое оборудование.
10. Пылеподавление пеной (ограничение по области применения, вид пенообразователя, оборудование).
11. Пылеподавление при комбайновом и буровзрывном способах проведения подготовительных выработок.
12. Пылеподавление в транспортных и околоствольных выработках.
13. Обеспыливание вентиляционных потоков, способы и применяемые средства.
14. Какие требования предъявляются к качеству воды для пылеподавления?
15. Кратко изложите сущность очистки и обеззараживания воды в подземных условиях
16. Изложите общий методологический подход к оценке ожидаемого уровня шума на рабочих местах.
17. Методы и средства снижения шума и вибраций в шахтах.
18. Профилактика шумовой и вибрационной заболеваемости.
19. Освещение рабочих мест и горных выработок стационарными светильниками (виды и уровень взрывозащиты светильников, нормируемые параметры). Освещение при работе горношахтного оборудования. Индивидуальные источники освещения. Аварийное освещение горных выработок.
20. Средства индивидуальной защиты. Требования к спецодежде и спецобуви. Организация к их хранению, проверке и ремонту.
21. Требования санитарных норм к содержанию основных горных выработок.
22. Требования к санитарно-бытовому обслуживанию работников шахты в административно-бытовом комбинате.
23. Медицинское обслуживание работников шахты.
24. Кратко изложите назначение, содержание и порядок разработки паспорта санитарно-технического состояния условий труда.

---

## Часть 3

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

## 11 Ведение горных работ

### 11.1 Устройство выходов из шахты и горных выработок

Выходы из шахты подразделяются на главные и запасные. Главными выходами являются выработки, по которым производится доставка людей в шахту и из шахты при нормальном (безаварийном) режиме работы. Запасные выходы - это выработки, по которым можно покинуть место работы, если главные выходы по каким-либо причинам оказались недоступными. При этом две и более удаленные выработки с одним направлением вентиляционной струи, приспособленные для передвижения людей, считаются одним запасным выходом.

Каждая шахта имеет два и более отдельных выходов на земную поверхность, приспособленных для передвижения (перевозки) людей. Каждый горизонт шахты также должен иметь не менее двух отдельных выходов на вышележащий (нижележащий) горизонт или поверхность, приспособленных для передвижения (перевозки) людей.

В общем случае из каждой горной выработки (рабочего места) должно быть два выхода. Это требование обусловлено необходимостью вывода людей в случае аварийной ситуации, а также стремлением обеспечить устойчивую подачу свежего воздуха, что возможно осуществить при проветривании горных выработок за счет общешахтной депрессии. Исключение составляют проводимые тупиковые выработки.

Выработки, служащие запасными выходами на поверхность, должны быть оборудованы для передвижения людей и транспортными средствами для их ремонта и поддержания в исправном состоянии на весь период эксплуатации. На разветвлениях всех выработок должны быть прикреплены указательные знаки с наименованием выработок и направлением к выходам на поверхность.

При сближенном расположении стволов (на одной промплощадке) после их проходки (углубки) до проектного горизонта в первую очередь проводятся работы по сбойке стволов между собой и затем - по оборудованию постоянного клетевых подъема.

В случае вскрытия нового горизонта одним стволом или подготовки его уклонами в первую очередь проводятся выработки для обеспечения горизонта двумя выходами и проветриванием за счет общешахтной депрессии.

При отдаленном (фланговом) расположении стволов в первую очередь до проведения выработок, обеспечивающих второй выход, проводятся работы по их оборудованию постоянным или временным клетевым подъемом и оборудованию водоотлива.

Вертикальные стволы, служащие в качестве выходов на поверхность, оборудуются подъемными установками (одна из которых должна быть клетевой) и лестничными отделениями. Лестничные отделения в стволах могут отсутствовать, если в них имеются по две подъемные установки с независимым подводом энергии. Стволы оборудуются так, чтобы по каждому из них все люди могли выехать (выйти) на поверхность. В вертикальных стволах глубиной до 70 м при наличии лестниц в обоих стволах в одном из них подъемная установка может отсутствовать.

В наклонных выработках, по которым предусмотрен выход людей, устраивается свободный проход шириной не менее 0,7 м и высотой 1,8 м, в котором сооружаются при углах наклона: от 7° до 10° - перила, прикрепленные к крепи; от 11° до 25° - трапы с перилами; от 26° до 30° - сходы со ступеньками и перилами; от 31° до 45° - лестницы с горизонтальными ступеньками и перилами.

В лестничных отделениях стволов и других выработок с углом наклона от 45° до 90° лестницы устанавливаются с уклоном не более 80° и должны выступать на 1 м над горизонтальными полками, прочно заделываемыми в крепь с интервалом не более 8 м. Лазы в полках устраиваются шириной не менее 0,6 м, а расстояние от края лаза до лестницы по нормали - не менее 0,7 м. Лазы над первой верхней лестницей оборудуются закрывающимися лядами. Лазы в стволах и других выработках между соседними полками должны быть смещены на ширину лаза. Расстояние между крепью и лестницей у ее основания должно быть не менее 0,6 м. Ширина



лестниц должна быть не менее, а расстояние между ступенями не более 0,4 м.

Если двумя выходами из подземных выработок служат наклонные стволы, то в одном из них оборудуется механизированная перевозка людей и предусматривается возможность выхода людей по свободному проходу ствола шириной не менее 0,7 м и высотой 1,8 м. Эти требования распространяются также и на другие наклонные выработки, оборудованные механизированной перевозкой людей в пассажирских вагонетках.

Из каждой очистной выработки (кроме очистной камеры) устраивается не менее чем два выхода: один из них - на вентиляционный, другой - на откаточный (конвейерный) штрек (выработку). При наличии опережающих лаву выработок нижний выход располагается впереди очистного забоя.

На крутых, крутонаклонных и наклонных пластах, кроме отрабатываемых столбами по падению (агрегатами щитовыми АЩ и др.), где уголь транспортируется вдоль очистного забоя на штрек самотеком, оборудуется не менее двух выходов на откаточный (конвейерный) штрек. Один из выходов располагается впереди очистного забоя. В нижней части лавы устраивается магазинный уступ.

При комбайновой выемке угля в лавах на крутых и крутонаклонных пластах без оставления магазинных уступов, на весьма тонких пластах при транспортировании угля по рештакам, а также при работе по схеме лава - штрек оборудуется второй (дополнительный) выход на откаточный (конвейерный) штрек со стороны выработанного пространства. При подходе очистных выработок к техническим границам допускается оборудование нижнего выхода через задние печи или гезенки.

При вынимаемой мощности пласта 1 м и менее каждая из последовательно проветриваемых очистных выработок должна иметь выход через свои промежуточные штреки на ходок, пройденный на всю высоту этажа и оборудованный для передвижения людей.

При отработке системами с полной закладкой выработанного пространства на крутых пластах из каждого очистного забоя устраивается один выход на вентиляционный и один выход на откаточный горизонты, оборудованные для передвижения людей.

При отработке пластов лавами по падению (восстанию) на участках пластов, угрожаемых по прорыву воды (пульпы или глины),

из каждой очистной выработки обеспечивается выход на вышележащий горизонт.

В коротких очистных забоях, в которых уголь добывается гидравлическим или механогидравлическим способом, разрешается использовать в качестве второго выхода вентиляционные сбойки сечением не менее  $1,5 \text{ м}^2$  или специально оборудованные скважины диаметром не менее 850 мм, проводимые на соседние выемочные выработки (штрек или печь). Расстояние между сбоями или скважинами должно быть не более 30 м. При системе подэтажной отработки второй выход разрешается иметь на расстоянии не более 100 м от места установки гидромонитора.

## **11.2 Требования к паспортам выемочных участков и проведения и крепления выработок**

Паспорта выемочного участка или проведения и крепления выработки составляются для каждой очистной и подготовительной выработки в соответствии с требованиями Инструкции по составлению паспортов выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок (НАОП 10.0.-30-5.36-96). Паспорт составляется начальником участка, проверяется главным технологом и утверждается директором или главным инженером шахты. С паспортом знакомят под расписку горных мастеров и рабочих. При изменении горно-геологических и горнотехнических условий ведения работ в паспорт должны быть немедленно внесены изменения или дополнения.

Паспорт состоит из пояснительной записки (которая должна быть краткой) и прикладываемых к ней графических материалов.

В пояснительную записку паспорта выемочного участка включаются характеристика основной и непосредственной кровли и почвы пласта и описание особенностей их поведения при выемке; обоснование выбора способа управления кровлей и принятого типа крепи; описание конструкции крепи и размеры ее основных элементов; расчетная прочность крепи и другие исходные данные для расчета потребности в крепежном лесе, металлических стойках, материалах для костров, секций крепи, а также способы и порядок доставки их в очистные забои; указания о путях и порядке нахождения и передвижения людей при выполнении работ по креплению и управлению кровлей; меры безопасности при

возведении крепи, управлении кровлей и извлечении крепи. Для крутых пластов в паспорте должны указываться способы крепления борта лавы, ножки уступа, затяжки кровли и почвы, размеры уступов, способы крепления спасательных ниш; при щитовой системе - изготовление щитовых перекрытий, монтаж и демонтаж механизированных щитовых крепей; крепление углеспускных печей; изоляция отработанных участков или их части; при системах с полной закладкой - устройство отшивки выработанного пространства.

Графические материалы паспорта выемочного участка содержат схему очистного забоя (общий вид в масштабе 1:500 или 1:1000) с указанием ниш, сопряжений лавы со штреками, около штрековых целиков или бутовых полос, основного и транспортного оборудования; план и разрез очистного забоя в масштабе 1:100 (детальный 1:50) для наиболее характерных положений (после посадки или наращивания бутовых полос, при минимальной ширине рабочего пространства, перед посадкой или наращиванием бутовых полос, во время работы выемочной машины и др.). На плане и разрезе показываются конструкция и размеры крепи; расстояния между стойками и кострами; расстояние от первого ряда стоек до забоя; очередность установки крепи; ширина обнажения кровли при механизированных крепях и в местах изгиба конвейера; ширина рабочего пространства; размеры бутовых полос; крепление приводов конвейеров, мест изгиба их, сопряжении лав со штреками и комбайновых ниш; очередность и порядок установки временной и постоянной крепи; отставание крепи от забоя и другие характерные элементы крепления и управления кровлей. Здесь же указывают местонахождение людей при выполнении операций по креплению и управлению кровлей; таблица расчета потребности в крепежных материалах; таблица основных технико-экономических показателей; суточный график организации работ в лаве, где указываются последовательность и продолжительность основных производственных операций связанных с выемкой угля: выемка угля, крепление и управление кровлей, пылеподавление, предотвращение выбросов угля и газа и др.

Пояснительная записка паспорта проведения и крепления подготовительной выработки содержит краткую характеристику пласта, боковых пород и их устойчивости, а также предполагаемые геологические нарушения в пределах проектной длины выработки;

обоснование выбора типа и конструкции крепи; описание способа проведения выработки и безопасного ведения работ.

В графической части приводят разрезы выработок (1:100; 1:50), в которых должны быть показаны их размеры, боковые породы, расположение пласта угля, конструкция и размеры постоянной и временной крепи, расположение затяжек, расстояние между осями рам, минимальное и максимальное отставание крепи от забоя, размещение проходческого оборудования и вентиляторных установок местного проветривания, расположение откаточных путей, величины зазоров и свободных проходов для людей, размещение заслонов, мест складирования материалов, водоотводных канав и тротуаров; схему электроснабжения; детали крепи (конструкция замков крепежных рам, заделка стоек в почву и др.) в масштабе 1:10; характеристику выработки, способ откатки и тип вагонеток; таблицу расхода крепежных материалов; конструкцию опалубки (при креплении бетоном или железобетоном) и срок ее снятия.

К паспорту прилагаются паспорт буровзрывных работ (если они применяются) и проект на установку вентиляторов местного проветривания (ВМП).

В проектных документах и паспортах выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок должны быть предусмотрены меры по предотвращению опасных и вредных производственных факторов, а также средства коллективной и индивидуальной защиты от их воздействия.

### **11.3 Меры безопасности при проведении горизонтальных и наклонных подготовительных выработок**

Проведение подготовительных выработок связано с проявлением практически всех природных и производственных опасных факторов. При проведении подготовительных выработок происходит до 35% взрывов метана и угольной пыли, 60% газодинамических явлений, более 9% экзогенных и эндогенных пожаров. В призабойном пространстве выработок при уборке породы, оформлении забоя и креплении происходит более 18% обрушений, 51% обрушений происходит в местах сопряжения с очистными выработками, а 6% - в местах перекрепления выработок. Высокий уровень травматизма при обслуживании машин и механизмов, транспортного оборудования, имеет место поражения электротоком, падение людей и предметов и

др. Возможны несчастные случаи при бурении шпуров и взрывных работах.

Типовые поперечные сечения горизонтальных и наклонных выработок в свету различного назначения регламентируются Правилами безопасности. Минимальные площади поперечных сечений определяются расчетом по факторам допустимой скорости воздушной струи (проветривания), ширине проходов для людей и величине зазоров между крепью, оборудованием или трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава с учетом величины усадки крепи после воздействия горного давления. При прочих условиях влияния горного давления степень «сжатия» выработок со временем их эксплуатации следует принимать не менее чем на 200-300 мм по вертикали.

Ширина проходов для людей и зазоров между крепью, оборудованием или трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава и между составами регламентируется в зависимости от вида выработки и применяемого транспорта и оборудования и составляет для проходов людей от 0,7 до 1,0 м, для зазоров 0,2-0,6 м. Проходы и зазоры должны быть выдержаны по высоте выработки не менее 1,8 м от почвы или тротуара (рис. 11.1).

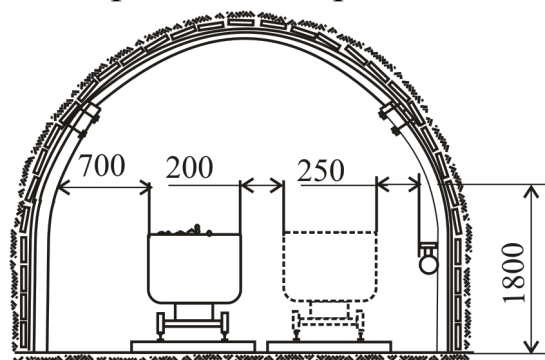


Рисунок 11.1 - Схема расположения зазоров и проходов для людей в горизонтальной двухпутевой выработке

Проходы на всем протяжении одно или двух путевой выработки устраиваются, как правило, с одной стороны выработки, а в двух путевых выработках в местах маневровых работ, разминок, перегрузки оборудования и материалов и стационарных погрузочных пунктов с обеих сторон.

При наличии в выработке двух рельсовых путей, а также при совмещении в одной выработке конвейерного транспорта с рельсовым, монорельсовым или с самоходным нерельсовым проход для людей должен быть со стороны крепи. В наклонных выработках, оборудованных рельсовым и конвейерным транспортом, проход для людей устраивается между крепью выработки и конвейером.

Специфическим опасным фактором, связанным с креплением выработки являются обрушения и вывалы. Для крепления подготовительных выработок применяется постоянная (деревянная, металлическая, анкерная, бетонная, железобетонная и изредка каменная) крепь, возведение которой, а также уборку горной массы после взрывных работ и оформление забоя осуществляют под защитой временной крепи. Наиболее широко применяется металлическая податливая крепь из нескольких звеньев спецпрофиля СВП - арочная, кольцевая, арочно-эллипсообразная, арочная удлиненная, арочная с линейно циркулярным верхняком и др. В зависимости назначения и от горно-геологических условий работы крепи применяют крепи КМП-А5С-19, КМП-А4Э-19, КМП-АС5-23, КМП-К6, КМП-А5Э, КМП-А4Э, КВТ-12, КМП-А4Ц, АПК, КШПУ и др. В отдельных случаях в крепких монолитных породах, находящихся вне зоны влияния очистных работ, за исключением сопряжений, выработки могут эксплуатироваться без крепи.

На начало нового цикла отставание постоянной крепи от забоя (кроме каменной, бетонной, железобетонной) не должно превышать шага ее установки, но не более 3 м. Разрешается отставание постоянной крепи от забоя на расстояние более шага установки крепи (но меньше двойного шага установки) при крепости пород  $f > 7$ .

Временная предохранительная крепь может быть безраспорной, распорной, и автоматически передвигаемой. Наиболее распространенным и простым является вариант безраспорной предохранительной крепи из рельсов с настилом, подвешиваемых к верхнякам постоянной крепи и выдвигаемых в виде консоли в незакрепленную часть выработки (рис. 11.2).

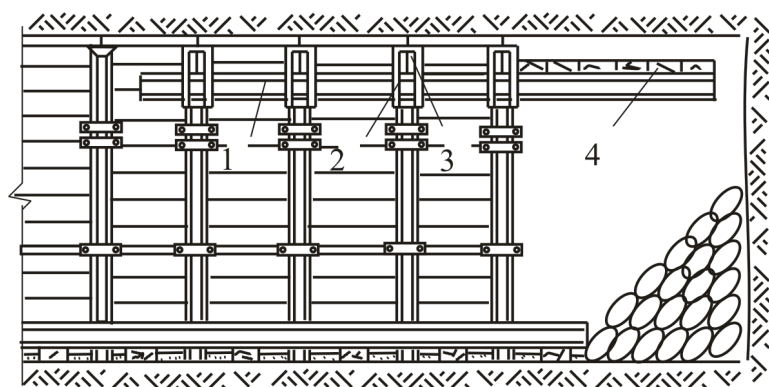


Рисунок 11.2 - Временная безраспорная крепь  
1 - рельсы; 2 - хомуты; 3 - верхняки постоянной крепи; 4 - деревянный настил

При этом последние рамы постоянной крепи прочно должны расшиваться соединительными стяжками и досками, чтобы противостоять удару от возможного обрушения пород и при взрывании шпуровых зарядов. Рабочие, производящие оборку кровли

перед установкой временной крепи, должны находиться под закрепленным участком выработки.

В слабых и неустойчивых породах (сыпучих, мягких, пльвунах, склонных к обрушению, а также обрушенных) выработки проводятся с применением передовой крепи, щитов или другими специальными способами. В легкообрушающихся породах в качестве передовой крепи применяются металлические штанги, заводимые в скважины, пробуренные над аркой или верхняком последней (у забоя) рамы в нетронутый массив и образующие металлический каркас, под которым производятся выемка породы и крепление выработки. При восстановлении выработок (проведении выработок по завалу) применяется забивная крепь. Деревянные колья длиной до 2 м пробиваются над верхняками или аркой рамы постоянной крепи, установленной на границе завала. Забивку кольев производят с наклоном вверх, отделяя ими породы, находящиеся выше контура выработки. По мере выемки и уборки породы при необходимости колья пробиваются дополнительно, пока не будет осуществлена выемка на глубину, равную расстоянию между рамами постоянной крепи. Забитые колья служат каркасом, под который устанавливается крепь. В сложных гидрогеологических условиях (пльвуны, обводненность) применяются способы замораживания, цементации и др.

При проведении подготовительных выработок с подрывкой боковых пород и отдельной выемкой отставание породного забоя от угольного определяется расстоянием не более чем 5 м.

В подготовительных выработках, проводимых вслед за очистным забоем, отставание породного забоя от угольного забоя лавы не должно превышать 5 м, если в очистной выработке применяется индивидуальная крепь, 8 м - при механизированной крепи и 11 м - при выемке угля стругами.

При проведении выработок по углю широким забоем при ширине раскоски более 5 м необходимо иметь соединенный со штреком закрепленный косовичник, служащий запасным выходом, и вентиляционным ходком.

Постоянная крепь эффективно работает при равномерно распределенной на нее нагрузке, т. е. при наиболее полном контакте крепи с окружающей породой по всему периметру выработки. Из этих соображений, а также для предотвращения скопления метано-

воздушной смеси пустоты за крепью должны быть заложены (забучены) негорючим материалом.

Выработки, служащие для перепуска угля породы или закладочных материалов на откаточный (промежуточный) горизонт самотеком, должны иметь два отделения, или для этой цели проводятся две параллельные выработки, сбиваемые между собой через каждые 8-10 м.

Ходовые отделения выработок отделяются от углеспускных (породоспускных) прочной сплошной отшивкой с закрываемыми окнами для пропуска застрявших кусков угля и породы. При спуске угля (закладочного материала, породы) по металлическим трубам отшивку ходового отделения не производят.

При проведении подготовительных выработок буровзрывным способом несчастные случаи, в частности при бурении шпуров, в значительной степени устраняются при применении буропогрузочных машин типа МПБ-2, 2ПМБ-2 или бурильных установок УБ1П 313А, УБШ 252, УБШ 253А, УБШ 255 «Буран», ЭБГП-1М в комплексе с породопогрузочными машинами МП-2, МПК-3У, ПМЛ-5, ППМ-4 и др.

Проведение горизонтальных и наклонных до 12° подготовительных выработок комбайнами позволяет в значительной степени повысить безопасность работ по сравнению с проведением буровзрывным способом. В настоящее время применяют в основном отечественные комбайны избирательного типа 4ПП-5, КСП-21, КГП, КСП-32, 4ПП-2М, П-110, П-165, П-220. При работе этих комбайнов крепление осуществляется вслед за подвиганием комбайна в стесненных условиях, что небезопасно и требует четкого соблюдения безопасных приемов работ, применение специальных средств малой механизации или передвижной временной крепи.

При проведении, углубке или ремонте наклонной выработки работающие в забое должны быть защищены от опасности падения сверху вагонеток и других предметов не менее чем двумя прочными ограждениями. Наиболее распространенными являются ограждения в виде барьеров, один из которых устанавливается в устье выработки, а другой переносной - не выше 20 м от места работы.

Барьер изготавливают из рельса или спецпрофиля, один из концов которого шарнирно закреплен по верхняку рамы, а другой упирается в почву выработки. При спуске вагонетки барьер-балку



поднимают вручную с помощью троса и контрогруза, при подъеме барьер поднимается вагонеткой (рис. 11.3).

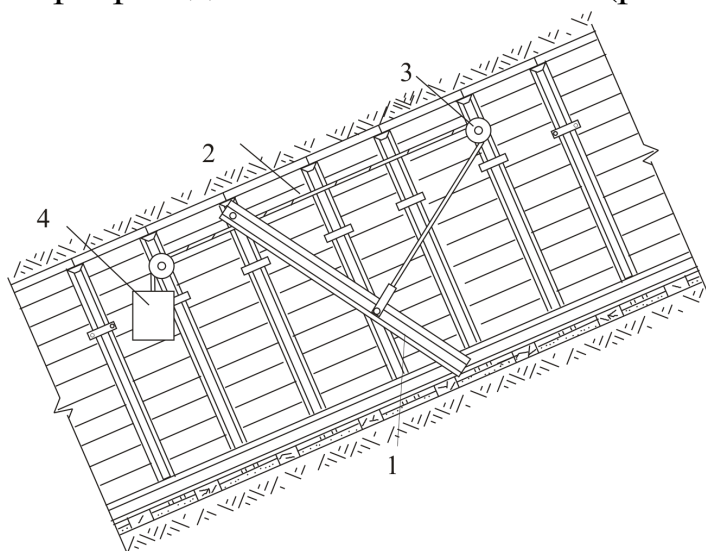


Рисунок 11.3 – Ограждающий барьер

1 – ограждающий рельс; 2 – трос; 3 – блок; 4 - контрогруз

В выработках с углами наклона более  $10^\circ$ , для удержания породопогрузочных (буропогрузочных) машин, предусматриваются специальные лебедки удержания, надежно закреп-

ленные на верхних площадках. Для удержания породопогрузочных (буропогрузочных) машин, удаленных во время взрывных работ, применяют также переносной канатный барьер, а под скаты подкладывают тормозные башмаки.

Обмен горнопроходческого оборудования в забое проводимой выработки допускается с соблюдением следующих требований:

- при размещении пульта управления машиниста в кабине или в торце горнопроходческого оборудования зазор между перемещаемым и неподвижным оборудованием должен быть не менее 0,2 м, а между оборудованием и крепью - не менее 0,25 м с обеих сторон выработки;
- при размещении пульта управления машиниста сбоку горнопроходческого оборудования зазор между перемещаемым и неподвижным оборудованием должен быть не менее 0,2 м, а между оборудованием и крепью - не менее 0,7 м со стороны перемещаемого и 0,25 м - со стороны неподвижного оборудования;
- во время разминовки один из механизмов должен находиться в неподвижном состоянии;
- при использовании самоходных вагонов зазоры до крепи выработок должны быть по 0,7 м с обеих сторон на высоте 1,8 м от почвы.

При проведении наклонных выработок нахождение людей ниже места разминовки горнопроходческого оборудования во время маневровых работ не допускается.

При проведении наклонных восстающих выработок снизу вверх основную опасность представляет обрушение пород и угля. Для

обеспечения безопасности производится тщательная оборка породы и угля в кровле и боках выработки и установка временной крепи.

## 11.4 Меры безопасности при ведении очистных работ

Наибольшее число случаев травматизма и аварий, как на отечественных, так и зарубежных шахтах происходит при очистной выемке. Очистной забой характеризуется постоянно изменяющимися условиями ведения работ, наличием и активным проявлением природных и производственных опасных факторов, сосредоточением людей, рабочих процессов, машин и механизмов в ограниченном пространстве.

На выемочных участках (непосредственно в очистных выработках, выработанном пространстве и в прилегающих выработках с поступающей и исходящей струей) происходит в среднем 64% взрывов метана и угольной пыли, 6% экзогенных и 57% эндогенных пожаров, 72% обрушений (51% из них на сопряжении с подготовительными выработками) и 78% газодинамических явлений при выемке угля. Травматизм при обслуживании машин и механизмов в очистных забоях достигает 86% от общего травматизма на машинах и механизмах (табл. 11.1).

Таблица 11.1 - Удельный вес травматизма на машинах и механизмах в очистных забоях по видам оборудования (в % к общему травматизму от машин и механизмов)

Вид оборудования	Удельный вес травматизма
Выемочные машины	38
Скребковые конвейеры	38
Механизированные крепи	10

К наиболее опасным относятся процессы оформления забоя, крепление призабойного пространства, обслуживание выемочных машин, передвижение механизированных и посадочных крепей. Наиболее опасным местом в лаве является призабойное пространство, где высокая концентрация работающего оборудования (комбайн и вибрирующая тяговая цепь комбайна, скребковый конвейер, электро или пневмосверла и др.), возможен отжим угля, обрушение пород кровли, падение навесов и кусков породы и угля.

При ведении очистных работ уровень травматизма зависит от многих факторов и, прежде всего от технологии очистной выемки.

При разработке пологих и наклонных пластов до 70% случаев травматизма приходится на очистные забои, оборудованные узкозахватной техникой, в том числе около 28% на комплексно-механизированные забои и до 4% на струговые забои с индивидуальной крепью. Однако сравнительно с долей добываемого угля наиболее низкий удельный вес производственного травматизма наблюдается в лавах с механизированными комплексами, самый высокий - в лавах с узкозахватными и широкозахватными комбайнами и прочими видами очистной выемки с индивидуальной крепью. Различие в уровне травматизма при различных видах технологии очистной выемки объясняется неодинаковым составом производственных процессов, числом и временем нахождения работающих в опасных ситуациях. Комплексы оборудования с механизированными крепями изменяют производственную обстановку и состав работ в очистных забоях. Это приводит, в свою очередь к перераспределению причин производственного травматизма (табл. 11.2).

Таблица 11.2 - Распределение травматизма по процессам очистной выемки

Процессы	Распределение случаев травматизма по процессам в лавах (в % к общему числу)			
	с механизированными комплексами	с узко захватными комбайнами и индивидуальной крепью	со струговыми установками	с широкозахватными комбайнами
Выемка ниш	9,0	5,7	5,8	3,8
Монтаж и демонтаж	4,0	1,6	0,4	3,0
Управление и обслуживание выемочной машины	16,5	11,4	10,2	12,6
Оформление забоя	22,8	13,4	10,9	13,6
Управление кровлей	16,9	37,6	38,5	32,4
Передвижка конвейера	4,9	11,1	10,1	8,4
Передвижение по лаве	4,6	5,0	2,0	5,5
Прочие	21,3	14,2	22,1	20,5

Наибольшее число случаев травматизма при рассматриваемых технологиях очистной выемки происходит во время оформления забоя, крепления и управления кровлей (39,7-51,0 %).

Больше всего случаев травматизма на этих процессах наблюдается в лавах, оборудованных узкозахватными комбайнами с индивидуальной крепью. Технология этого способа выемки угля имеет существенные недостатки, повышающие вероятность травмирования при эксплуатации даже по сравнению с широкозахватной выемкой. Узкозахватные комбайны имеют значительные габаритные размеры и требуют увеличения площади обнажения кровли и бесстоечного пространства, в том числе и на участках с повышенным горным давлением. При их работе не обеспечивается постоянная по всей длине лавы ширина вынимаемой полосы, что осложняет работы по креплению. Неполная «навалка» угля на конвейер вызывает необходимость ручной зачистки угля и нахождения работающих в «бесстоечном» пространстве продолжительное время. Применение выдвижных верхняков для индивидуальных стоек обеспечивает значительное повышение безопасных условий труда и снижения случаев травматизма при применении этого способа очистной выемки угля.

В лавах с узкозахватными комбайнами и механизированной крепью возрастает вероятность травмирования по причинам, связанным с монтажом и демонтажом выемочных машин и их обслуживании. Число случаев травматизма по этим причинам на 12-35% выше по сравнению с лавами, закрепленными индивидуальной крепью.

В очистных забоях, оборудованных механизированной крепью, случаев травматизма на процессах, связанных с управлением кровлей, наблюдается в 1,9-2,7 раза меньше в сравнении с другими видами технологии выемки.

Чаще всего непосредственными причинами травм являются отжим угля и обрушение оставшихся навесов угля и породы (табл. 11.3).

Таблица 11.3 - Распределение случаев травматизма от обрушений в лавах

Причины травмирования	Распределение травматизма от обрушений в лавах (в % к общему числу)		
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и индивидуальной крепью	со струговыми установками
1	2	3	4
Оставление навесов	13,2	13,2	21,3
Отсутствие или отставание постоянной крепи	18,8	16,4	22,2

Продолжение таблицы 11.3

1	2	3	4
Отсутствие или недостаточная плотность временной крепи	8,6	16,0	4,4
Несоответствие паспорта горно-геологическим условиям	12,9	8,1	8,0
Несвоевременное крепление нарушенной кровли	12,0	4,0	8,0
Неправильное удаление крепи	3,8	2,2	13,3
Нахождение в незакрепленном пространстве без производственной необходимости	8,7	8,3	4,3
Отжим угля из угольного забоя	6,8	20,0	3,0
Обрушение при передвижке крепи	6,6	6,8	4,9
Прочие	8,6	5,0	10,5

Обрушение и вывалы пород кровли при всех видах технологии очистной выемки остаются одним из основных травмирующих факторов травматизма (табл. 11.4).

Таблица 11.4 - Распределение случаев травматизма по травмирующим факторам при различных технологиях очистной выемки

Средства механизации выемки угля	Распределение случаев травматизма (в % к общему числу)				
	От обрушения породы и угля	При эксплуатации и обслуживании			Прочие
		выемочных машин	конвейеров	крепи	
Механизированные комплексы	35,1	18,1	19,5	16,6	10,7
Узкозахватные комбайны с индивидуальной крепью	61,2	14,3	12,2	10,3	2,0
Струговые установки с индивидуальной крепью	52,2	7,5	21,4	8,2	10,4

Высокий уровень травматизма при очистной выемке от вывалов и обрушения предъявляет определенные требования к применяемым системам разработки и способам крепления и управления кровлей.

Практика показывает, что число случаев травматизма с тяжелым и смертельным исходом при сплошной системе разработки в среднем в три раза выше, чем при столбовой.

При управлении кровлей с частичной закладкой число случаев травматизма от обрушений с тяжелым и смертельным исходом на 25 % больше, чем при управлении кровлей с закладкой

выработанного пространства, а по сравнению с управлением кровлей полным обрушением меньше на 43 %.

Выбор способа управления кровлей зависит от свойств кровли и почвы пластов, глубины разработки, мощности пластов, их угла падения, склонности угля к самовозгоранию и других факторов.

Полная закладка выработанного пространства рекомендуется при породах кровли III и IV классов (в последнем случае - если невозможно управление кровлей плавным опусканием), а также при всех классах кровли на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа. На крутых пластах она также применяется при неустойчивых породах кровли и почвы, при разработке пластов, залегающих в сложных горно-геологических условиях, склонных к самовозгоранию, а также для защиты ответственных сооружений и водоемов на поверхности. Для закладки пользуется порода, добываемая непосредственно в шахте или транспортируемая с поверхности

Частичная закладка рекомендуется при породах кровли II класса в случае недостаточной мощности легкообрушающихся пород непосредственной кровли, не обеспечивающей достаточного подбучивания основной кровли, а также в случаях, когда работы ведутся непосредственно под основной кровлей, представленной более или менее мощными слоями труднообрушающихся пород. Рассматриваемый способ управления кровлей заключается в возведении полос по простиранию или падению из породы, получаемой в бутовых штреках. При этом способе повышается опасность травмирования людей в бутовых штреках (особенно при бурении шпуров и выкладке бутовых полос).

Плавное опускание применяют при залегании в кровле пород, способных плавно опускаться без значительных нарушений сплошности, при почве, склонной к пучению, и мощности пласта не более 1 м. В качестве специальной крепи применяют костры, устанавливаемые в один-два ряда и переносимые по мере подвигания забоя.

Полное обрушение применяют при породах I и II классов. При этом периодически вслед за подвиганием очистного забоя удаляют крепь, что приводит к обрушению пород кровли, распространяющемуся до нового ряда посадочной крепи. При использовании передвижных механизированных крепей, когда крепление забоя и управление кровлей являются единым процессом,

шаг обрушения, т. е. расстояние, через которое производится искусственное обрушение, зависит от конструкции крепи и ширины захвата выемочной машины, при индивидуальных крепях шаг обрушения обычно кратен полезной глубине вруба (один - три, реже более врубов).

При отходе лавы от разрезной печи первичная посадка основной кровли происходит внезапно при площади обнажения (пролете) в 1,85 и 1,4 раза большей, чем последующие. Поэтому для предупреждения произвольных обрушений кровли при ее значительном обнажении и исключения связанных с этим несчастных случаев ведение очистных работ и крепление забоя до первичной посадки и сама первичная посадка производится по специальному паспорту.

Определение шага первичной посадки для шахт Донбасса может быть выполнено с использованием зависимости шага первичной посадки  $L_0$  от мощности основной  $M_0$  и непосредственной кровли  $m_n$ :  
при мощности основной кровли менее 5м

$$L_0 = k\sqrt{M_0} - 0,14 m_n + 0,17 m_n^2, \text{ м,}$$

при мощности основной кровли 5 м и более

$$L_0 = k\sqrt{M_0} - 0,25m_n + 0,30m_n^2, \text{ м,}$$

где  $k$  - коэффициент, равный 7 для глинистых сланцев, 11 - для песчанистых сланцев и 14 - для песчаников.

Зная шаг первичной посадки и мощность непосредственной кровли, можно своевременно выполнить мероприятия по обеспечению безопасности работ. При мощности непосредственной кровли более 5-ти кратной мощности пласта в период перед посадкой основной кровли необходимо увеличить плотность призабойной крепи на 25-30% (до 1,25-1,5 стойки на 1 м<sup>2</sup> поддерживаемой площади). При мощности непосредственной кровли менее 5-ти кратной мощности пласта очистной забой следует располагать или строго по линии падения пласта, или с наклоном в сторону забоя.

При наличии непосредственно над пластом монолитных, устойчивых пород первичную посадку кровли рекомендуется производить на два ряда посадочных стоек ОКУ, располагаемых в шахматном порядке, или на гидравлическую крепь «Спутник», имеющую высокий первоначальный распор. При углах падения

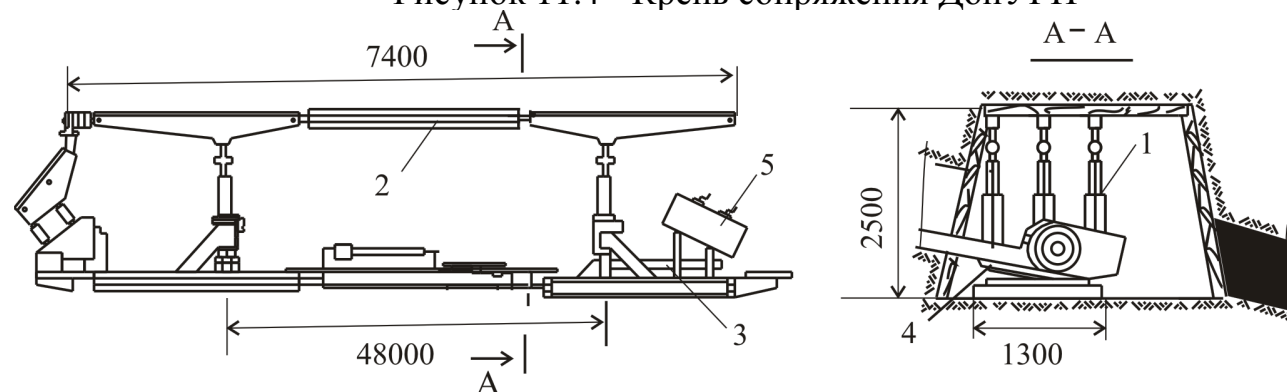
пласта более 15° посадка производится только снизу вверх. Для предотвращения воздушных ударов при посадке кровли рекомендуется возводить деревянные костры, оставляемые затем в выработанном пространстве, с плотностью один костер на 50-60 м<sup>2</sup> площади кровли.

В очистных выработках должна применяться механизированная или индивидуальная крепь с характеристиками, соответствующими горно-геологическим условиям. Постоянная индивидуальная крепь должна состоять из однотипных стоек с одинаковыми характеристиками по несущей способности. В лавах, закрепленных металлической крепью, разрешается применение деревянных верхняков, а деревянных стоек - в качестве контрольных.

В очистных забоях с индивидуальной крепью случаи травматизма от обрушений пород кровли чаще всего наблюдаются в раскрепленном призабойном пространстве, особенно за комбайном в месте изгиба конвейера, т. н. «треугольник смерти». Основным техническим решением здесь является применение индивидуальной металлической крепи с консольными металлическими верхняками, что позволяет отказаться от установки временной крепи и обеспечивает постоянное нахождение людей под крепью. При этом при консольной навеске шарнирных верхняков обязательным является замыкание их в шарнирах, так как только цепочка верхняков обеспечивает устойчивость крепи в случае деформации или падения одной из стоек.

Предупреждение опасности обрушений в нишах и на сопряжениях лавы со штреками достигается отказом от ниш (с самозарубкой комбайнов косыми заездами) и применением механизированной передвижной крепи на сопряжениях. На рисунке 11.4 показана механизированная крепь сопряжения ДонУГИ, состоящая из трех двухстоечных секций 1, соединенных балками 2, двух домкратов передвижки 3, опоры привода конвейера 4 и пульта управления 5.

Рисунок 11.4 - Крепь сопряжения ДонУГИ





Применение другого вида крепи допускается при невозможности применения механизированной передвижной крепи. Конструкция специальных видов крепи сопряжения отражается в паспорте выемочного участка.

В комплексно-механизированных лавах допускается применение индивидуальной металлической крепи на концевых участках, а также деревянной - в местах выкладки бутовых полос и в местах геологических нарушений. Применение деревянной крепи в лавах с индивидуальной металлической крепью допускается в местах геологических нарушений и на концевых участках, в местах выкладки бутовых полос или возведения других сооружений для поддержания сопряжений очистных забоев с примыкающими выработками.

Для предотвращения обрушений в процессе работы должна производиться проверка устойчивости кровли и забоя путем осмотра и отстукивания. При наличии признаков опасности обрушения кровли, забоя или сползания почвы на крутых пластах должна производиться оборка отслоившейся горной массы и устанавливаться дополнительная крепь. В случае остановки работ в очистной выработке на время свыше суток должны быть приняты меры по предупреждению обрушения кровли в призабойном пространстве, загазирования или затопления. Возобновление работ допускается с разрешения главного инженера шахты после осмотра очистной выработки должностными лицами или специалистами.

При работе комбайна вибрирующая тяговая цепь представляет опасность травмирования практически по всей длине лавы, но особую опасность представляет обрыв тяговой цепи. Поэтому при работе комбайна с рамы конвейера на пластах с углами падения  $9^\circ$  и выше и при работе с почвы на пластах с углом падения  $20^\circ$  и выше, а также в условия возможного скольжения выемочных машин по почве обязательным является применение предохранительной лебедки с дистанционным включением.

## **11.5 Меры безопасности при проходке, углубке и армировании вертикальных стволов**

При проходке и углубке вертикальных стволов с помощью буровзрывных работ необходимо применение мероприятий по предупреждению травматизма при бурении шпуров, погрузке породы

в бадьи, а также устранения опасности обрушения пород, падения кусков породы и предметов и падения людей.

Для предотвращения травматизма от падения сверху предметов и кусков породы и людей с высоты обязательным требованием является перекрытие устья выработки на нулевой отметке, ведение работ по проходке и углубке ствола (шурфа) под защитой проходческих полков, а при углубке ствола также изоляции забоя углубляемого ствола от действующих подъемов предохранительным полком или целиком породы, прочность которых рассчитывается с учетом применяемого подъема и возможной массы падающего груза. Предохранительный полк сооружается при величине нерабочей части действующего ствола более 10 м, при величине 5-10 м оставляется предохранительный целик.

При выдаче породы ляды на перекрытии ствола (нулевой раме копра) должны открываться только в момент прохода бадьи. Конструкция ляд должна исключать падение в ствол породы или иных предметов при разгрузке бадей, проем для пропуска бадей должен иметь по периметру сплошное ограждение. В лядях для прохода головных и направляющих канатов имеются зазоры, через которые возможно падение мелких предметов. Для ликвидации этих зазоров на одной из половинок ляд должны быть установлены фартуки из конвейерной ленты.

Ляды открываются рукоятчиком-сигналистом, обслуживающим проемы только одной подъемной машины в момент прохода бадьи. У рукоятчика-сигналиста рядом с кнопками управления проходческими лебедками должно быть устройство аварийного отключения проходческих лебедок. При подходе бадьи на расстояние 40 м до нулевой площадки на специальном табло у рукоятчика загорается лампочка и звучит сирена (звонок). Это является сигналом к открыванию ляд. Если ляды не открыты, то при подходе бадьи на расстояние 20 м от нулевой площадки срабатывает концевой выключатель и подъем останавливается.

Приемные площадки разгрузочных станков в копрах обычно имеют разгрузочные ляды или ограждение высотой не менее 1600 мм, которое в нижней части должно быть сплошным на высоту не менее 300 мм.

Посадка людей в бадью и выход из них производится на нижней приемной площадке. Высадка людей из бадьи или посадка в бадью на верхней приемной площадке разгрузочных станков запрещается, так

как эта площадка имеет наклонные ляды, что может быть причиной опрокидывания бадьи и падения людей. В конструкциях бадей большой емкости типа БПСМ на внутренней и внешней сторонах стенки сосуда имеются специальные заглобления, образующие ступени. В бадьях емкостью до 3 м<sup>3</sup> типа БП, БПС оборудуют специальные навесные лестницы.

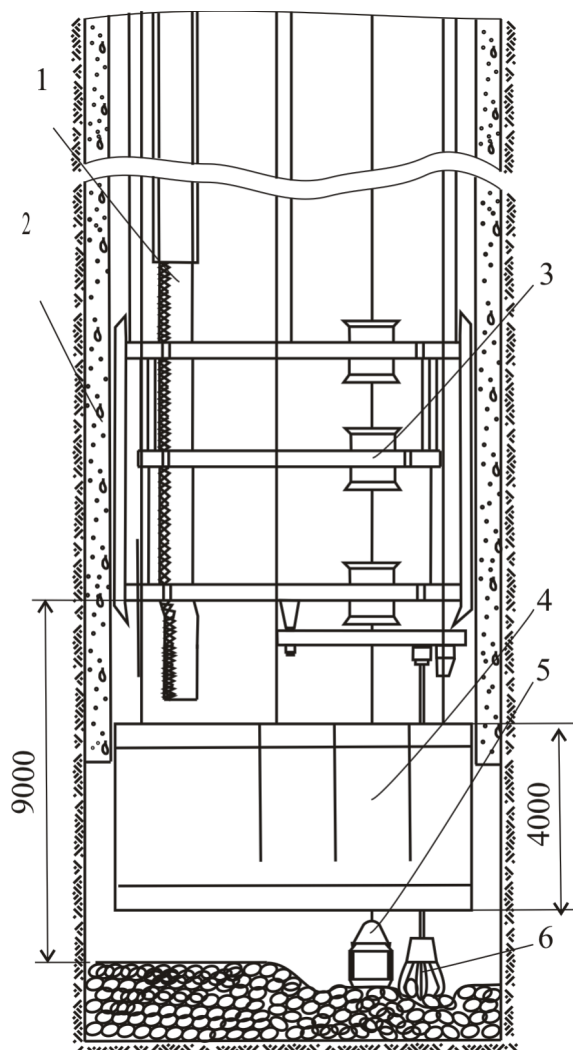
Призабойная часть проходимого или углубляемого ствола оборудуется проходческим подвесным или шагающим полком. Одноэтажные подвесные полки должны быть подвешены к канату не менее чем в четырех местах; двух- или многоэтажные полки должны крепиться к канату так, чтобы при их перемещении не нарушалась горизонтальная устойчивость и исключалась возможность заклинивания.

При совмещенной технологической схеме проходки (рис. 11.5) зазор между полком и крепью ствола должен быть не более 400 мм, при этом на всех этажах полка по его периметру должно быть решетчатое ограждение высотой не менее 1400 мм. Нижняя часть ограждения должна иметь сплошную металлическую обшивку высотой не менее 300 мм. Проемы для раструбов между этажами полка должны быть отшиты металлической сеткой. В нижней части раструба отшивка выполняется сплошным ограждением высотой не менее 300 мм. Высота раструба над верхним этажом полка должна быть не менее 1600 мм.

Рисунок 11.5 - Совмещенная технологическая схема сооружения ствола

1 - вентиляционная труба; 2 - постоянная крепь; 3 - проходческий 2-х этажный полок; 4 - опалубка; 5 - бадья; 6 - грейфер

При параллельной технологической схеме ведения работ по проходке ствола и возведению постоянной крепи с подвесного полка последний должен иметь верхний этаж для защиты



работающих на полке от возможного падения предметов сверху. Зазор между полком и возводимой крепью ствола должен быть не более 120 мм.

Наилучшие условия труда обеспечиваются при применении последовательной технологической схемы ведения работ по уборке породы и возведению постоянной крепи в призабойной части ствола.

Все зазоры между полком, нижним этажом многоэтажного полка и возводимой крепью ствола, опалубкой или щитом-оболочкой и т. п. перекрывают с помощью специальных устройств или двумя слоями транспортной ленты.

Проходческие полки должны быть оборудованы смотровыми щелями, позволяющими проходчику, ответственному за пропуск бадей и грузов через раструбы, видеть положение в забое и оборудование, размещенное ниже полка.

Во избежание попадания взорванной породы на балки нижнего этажа балки должны быть обшиты металлическими полосами под углом 45°. После взрывных работ куски породы, заброшенные на временную крепь, полки и подвесное проходческое оборудование, удаляют.

Несчастные случаи непосредственно при погрузке породы в бадью практически исключены при использовании погрузочных машин типа КСМ-2у, КС-2у/40, 2КС-2у/40, 2КС-1МА с механизированным вождением грейфера, управление которым осуществляется из кабины. Эти машины монтируются под нижним перекрытием проходческого полка на центральной опоре и круговом монорельсе. Для повышения безопасности работ необходимо только четкое взаимодействие работы подъема и погрузочной машины. Когда поворотная рама погрузочной машины находится под бадьевым подъемом подвесного полка, бадья не может опускаться в призабойную часть ствола. В этот момент бадья находится над полком и опускается после сигнала машиниста погрузочной машины, когда поворотная рама освободит бадейный проем полка. При спуске бадьи в забой подъемный канат находится в бадьевом проеме полка и поворотная рама погрузочной машины не может совершить круговое движение. При погрузке породы в бадью погрузочная машина перемещается под бадьевым проемом в подвесном полке, не занятым подъемным канатом.

Для устранения опасности травмирования рук проходчиков дужками бадей применяются опорные кулаки, установленные на

корпусе бадьи с таким расчетом, чтобы расстояние между опущенными дужками и корпусом бадьи было не менее 40 мм. Наибольшая безопасность достигается применением схемы подъема без перецепки бадей.

Бадья должна не догружаться на 100 мм до борта, так как в процессе подъема грузовой бадьи на участке ствола без направляющих канатов или в случае резкого торможения бадьи возможно ее раскачивание и высыпание породы. К днищу бадьи с внешней стороны прилипают куски породы. В связи с этим при отправке грузовой бадьи на поверхность необходимо убедиться, что на днище не осталось кусков породы, кроме того, нужно ликвидировать раскачивание бадьи и только после этого дать сигнал к ее подъему.

Для предупреждения обрушения породы в процессе проходки ствола участок его от забоя до постоянной крепи закрепляется временной металлической крепью либо набрызгобетоном слоем 100 мм. Временная металлическая крепь оставляется при возведении постоянной бетонной крепи. Эффективным средством устранения опасности обрушения пород со стенок незакрепленной части ствола является применение подвесной металлической опалубки, которая подвешивается не менее чем на трех канатах.

В слабых и неустойчивых породах величина отставания крепи или нижней кромки опалубки от забоя не должна превышать 1,0-1,5 м.

Для возведения постоянной бетонной крепи применяется достаточно безопасная технология подачи бетона с поверхности. Бетонопроводы должны быть закреплены дополнительным цельным канатом по всей длине. Работы по ликвидации «затора» бетона в трубопроводе должны выполняться под руководством должностного лица при отсутствии людей ниже «затора».

При креплении стволов тубинговыми кольцами установка тубингов должна производиться с рабочего подвесного полка или непосредственно из забоя. При укладке тубинга на место разрешается освобождать его от захвата только после его закрепления не менее чем двумя болтами. Установка сегмента при одном подъеме должна осуществляться с помощью вспомогательных лебедок или полиспастов и блоков, укрепленных в стволе. Вспомогательные лебедки должны быть установлены на поверхности или на полке, устраиваемом на участке ствола, закрепленном постоянной крепью.

Величина незацементированного закрепленного пространства не должна превышать одной заходки.

Бурение шпуров может производиться вручную. При этом ручные бурильные машины, комплекты буров и оборудование для пылеподавления должны доставляться в специальных контейнерах. Практически полная безопасность и нормализация условий труда при бурении шпуров достигается при использовании бурильных установок типа БУКС-1М и СМБУ-4М.

При рассечке приствольных выработок, в особенности околоствольного двора, возникает опасность обрушения в местах сопряжения кровли выработки со стволом. В зависимости от сечения сопряжения, нарушенности и прочности пород и др. проведение сопряжений осуществляют сплошным забоем, послойной выемкой породы сверху вниз или снизу вверх, а в самых неблагоприятных условиях - независимыми забоями с помощью боковых выработок. Боковые выработки сечением 3,0-3,5 м<sup>2</sup> проходят слоями с оставлением внутри опорного целика. Когда боковые выработки будут пройдены с временной крепью на длину сопряжения в каждом слое, в них возводят постоянную крепь. После полного возведения стен производят выемку под свод рассечки с последующим его бетонированием. Затем производят выемку оставшегося целика пород.

Армирование стволов шахт в целях большей безопасности следует производить по последовательной схеме. Армирование ствола производится со специальных, как правило, переоборудованных проходческих полков. Не допускается использовать подвесные люльки в качестве подъемного сосуда, а также опускать материалы и элементы армировки под бадьями, не имеющими специальных подвесных устройств.

Для освещения забоя ствола, призабойной его части, проходческих полков применяют проходческие сетевые светильники «Проходка-2» и «Свет-4». Лампы для освещения выбирают по световому потоку с допустимыми нормами освещенности: приемные площадки стволов - 10 лк, проходческие полки - 5 лк, призабойное пространство - 10 лк на забое и 5 лк - на стенках ствола.

Неотъемлемой частью безопасного и безаварийного управления технологическими процессами является связь и сигнализация, подаваемая по различным вариантам схемы: забой (полок) - нулевая площадка - центральный пульт управления лебедками

Аппаратура стволовой связи «Вызов» обеспечивает симплексную двустороннюю связь по лучевой схеме с управлением от рукоятчика. Вызов абонента рукоятчиком осуществляется голосом через микрофонный усилитель при нажатии соответствующей переговорной кнопки. При нажатии кнопки блока рукоятчика обеспечивается передача информации от рукоятчика к абоненту, а при отпущенной кнопке - прием абонента. Отключение абонента производится кратковременным нажатием кнопки выключения связи. Вызов рукоятчика осуществляется кратковременным нажатием кнопки у абонента. Рукоятчик после принятия вызова прослушивает разговорную речь абонента. Аппаратура связи «Вызов» может применяться в условиях высоких уровней шумов: на полках - до 100 дБ, в забое - до 117 дБ, на нулевой площадке - до 90 дБ, в машинном отделении подъема - до 80 дБ.

Проходческая стволовая аппаратура связи АСПС 1М предназначена для согласования действий между рукоятчиком и машинистом подъемной машины, оператором пульта управления проходческими лебедками, абонентами забоя и полков при проходке стволов шахт, опасных по взрыву газа и пыли, а также по внезапным выбросам угля, породы и газа. Аппаратура АСПС 1М рассчитана для использования ее в качестве линии связи при проходке стволов глубиной до 2000 м и обеспечивает: симплексную двустороннюю громкоговорящую связь рукоятчика с машинистом подъемной машины, оператором пульта управления лебедками и абонентами полков; машинистом подъемной машины - двусторонняя громкоговорящая связь; рукоятчиком и абонентами ствола (забоя, полка) - двусторонняя громкоговорящая или телефонная связь; рукоятчиком и оператором пульта управления лебедками - двусторонняя громкоговорящая связь. Эту аппаратуру применяют при проходке вертикальных стволов шахт, опасных по взрыву газа и пыли.

Шахтная стволовая сигнализация предназначена для координации действий обслуживающего персонала вертикальных подъемов шахт. Наличие быстродействующей надежной сигнализации, обеспечивающей передачу отчетливых звуковых и световых сигналов и фиксацию их, способствует безопасной работе шахтных механизмов и повышению их производительности.

Каждая подъемная установка, используемая при проходке ствола, должна иметь не менее двух независимых устройств, одно из которых

должно выполнять функции рабочей сигнализации, а другое - резервной и ремонтной. Устройство рабочей сигнализации должно обеспечивать возможность подачи сигналов из забоя на полку, с полка - рукоятчику и от рукоятчика - машинисту, а ремонтной или резервной, если она выполняет и функции ремонтной, - с любой точки ствола.

При наличии в одном стволе, находящемся в проходке, двух равноценных подъемных установок функции резервной и ремонтной сигнализации могут выполняться одним сигнальным устройством при наличии к нему доступа из сосудов обеих подъемных установок.

Если ствол оборудован более чем одной подъемной установкой, то подача исполнительного сигнала должна производиться только рукоятчиком каждой подъемной установки.

Схема стволовой сигнализации всех подъемных установок должна предусматривать возможность подачи сигнала «стоп» с любой точки ствола непосредственно машинисту.

Каждый непонятный сигнал должен восприниматься рукоятчиком, полковым и машинистом как сигнал «стоп». Возобновление работы подъемной установки разрешается только после личного выяснения машинистом причин подачи неясного сигнала.

Отечественной промышленностью серийно выпускаются различные системы аппаратуры стволовой сигнализации только для стволов действующих эксплуатационных шахт, а для стволов, находящихся в проходке, схемы сигнализации разрабатываются в проектах для каждого конкретного случая. Для разработки этих схем используют серийно выпускаемые промышленностью различные аппараты, предназначенные для целей стволовой сигнализации в условиях шахт и рудников: сигнальные выключатели, гудки, звонки, табло и световые указатели, сигнальные колонки и др. Универсальная аппаратура сигнализации и связи УАСС предназначена для координации действий обслуживающего персонала шахтных подъемных установок на стадии сооружения вертикального ствола посредством обеспечения сигнализации и связи по радиоканалу с использованием шахтных каналов в качестве линии связи. Аппаратура обеспечивает: рабочую сигнализацию и связь между полковым и рукоятчиком; ремонтную сигнализацию и связь между сигналистом в бадье и рукоятчиком или машинистом подъемной установки; рабочую и ремонтную проводную громкоговорящую связь

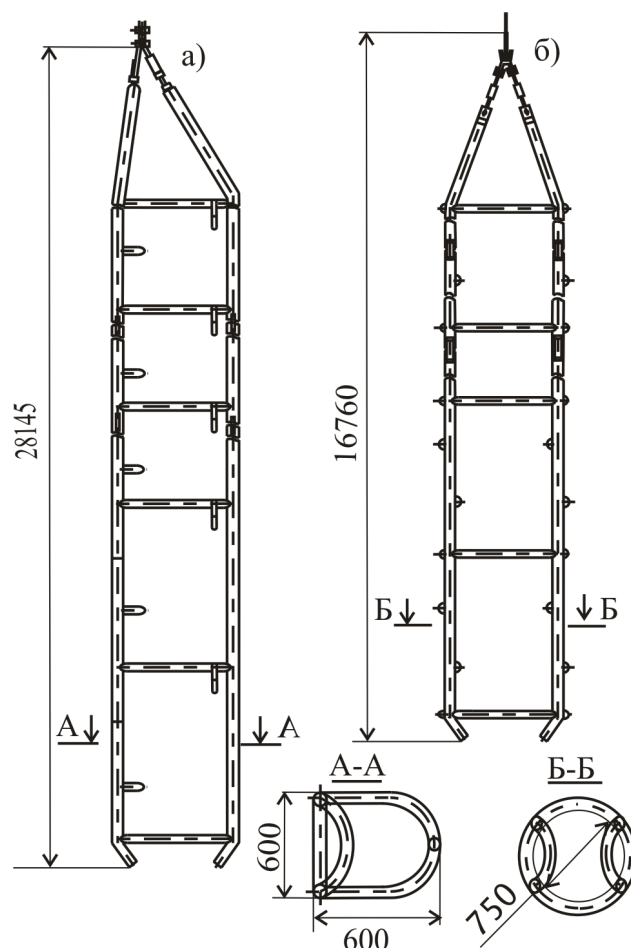


между каждым рукоятчиком и соответствующим машинистом подъемной установки; рабочую и ремонтную проводную громкоговорящую связь между рукоятчиком и машинистом проходческих лебедок.

В случае аварии подъема для выдачи людей на поверхность применяется металлическая аварийно-спасательная лестница, подвешенная на канате к подъемной лебедке с комбинированным (механическим и ручным) приводом. Спасательные лестницы имеют два варианта исполнения ЛС-1 и ЛС-2 для стволов диаметром соответственно до и более 6 м (рис. 11.6).

Рисунок 11.6 - Спасательные лестницы ЛС-1 (а) и ЛС-2 (б)

Лестницы состоят из сборных секций, на каждой из которой размещается соответственно 5 и 6 человек. Для безопасности против каждого сидения предусмотрены поручни, за которые держатся проходчики при подъеме лестницы.



## 11.6 Содержание, ремонт и ликвидация горных выработок

Техническое состояние горизонтальных и наклонных выработок должны проверяться должностными лицами участков, в ведении которых они находятся: горными мастерами участков - ежемесячно, начальниками или заместителями (помощниками) начальников участков - ежедневно, горными мастерами участков ВТБ - при контроле ими состояния рудничной атмосферы.

К нарушениям технического состояния крепи относятся: наличие заколов и пересекающихся трещин в монолитной бетонной или железобетонной крепи (эти нарушения особо опасны, так как обрушение хрупко разрушающегося бетона происходит практически

мгновенно); деформация в виде выполаживания сборной железобетонной или блочной крепи (при этом смежные соединения - шарниры выходят на одну прямую линию, образуя мгновенно изменяемую систему, и сборная крепь теряет свою устойчивость; деформация сегментов металлической крепи из спецпрофиля, разрыв хомутов замковых соединений (обычно такие нарушения являются следствием несоблюдения требований к установке металлической крепи, заключающееся в отсутствии специальной расклинки в районе замковых соединений, при этом крепь не работает в податливом режиме и деформируется); деформация затяжек, в результате чего они не выполняют ограждающих функций; разрушение породы под опорной шайбой анкерной крепи, в результате чего уменьшается натяжение штанги и нарушается условие равновесия горного массива и анкерной крепи, происходит срыв натяжной гайки анкерной крепи при ее перегрузке и недостаточное натяжение штанги, снижающее ее работоспособность; поломы ножек и верхняков деревянной крепи.

Перекрепление (ремонт) выработки с целью замены крепи, пришедшей в негодность, увеличения ее поперечного сечения, устранения пучения почвы и связанный с этим ремонт рельсового пути и др. должно производиться по паспорту, утвержденному главным инженером шахты, с которым знакомят под расписку горных мастеров и рабочих. При этом перекрепление сопряжений штреков с квершлагами, бремсбергами, уклонами, камерами, ходками должно производиться в присутствии сменного руководителя работ на участке.

Работы по перекреплению выработки должны вестись от ствола или от исправных выработок, связанных со стволом, чтобы обеспечивался безопасный выход работающих в случае завала.

Как правило, ремонт крепи требует ее полного или частичного извлечения, сопровождающегося выпуском породы. При этом нарушается равновесие, установившееся со временем между крепью и вмещающим выработку горным массивом, породы снова приходят в движение и могут вызвать повторные деформации отремонтированной или замененной крепи, а существенное уменьшение плотности крепи может привести к обрушению массива. Поэтому допускается одновременное удаление только двух рам (арок) крепи, требуется тщательное заполнение (забучивание) пустот за крепью, а в связи с потерей устойчивости рам (арок), находящихся

впереди и сзади удаляемых, - обязательная их расшивка и усиление распорками или стойками.

При перекреплении горизонтальных выработок с электровозной откаткой должны быть выставлены световые сигналы на расстоянии длины тормозного пути, но не менее 80 м в обе стороны от места работ.

Перекрепление наклонных откаточных выработок при бесконечной откатке разрешается производить только при освобожденном от вагонеток канате. Допускается оставлять вагонетки, предназначенные для ремонта выработки, при условии их надежного закрепления, а в выработках с концевой канатной откаткой, кроме того, прикрепления их к тяговому канату.

Работы по ликвидации завалов в очистных и подготовительных выработках (независимо от размера завала по длине выработки) должны производиться в соответствии со специальными мероприятиями, утвержденными главным инженером шахты. Места завалов наносятся на планы горных выработок.

При проведении ремонтных работ в вертикальных и наклонных выработках запрещается подъем (спуск) и передвижение по ним людей, не занятых на ремонте. Запрещается одновременно производить ремонтные работы в указанных выработках более чем в одном месте, за исключением выработок с углом наклона до  $18^\circ$ . При спуске и подъеме грузов должна быть сигнализация от лиц, принимающих груз, к рукоятчику-сигналисту или машинисту подъемной установки.

Крепь и армировка вертикальных, наклонных (свыше  $45^\circ$ ) стволов и скважин, оборудованных подъемными установками, должны осматриваться ежедневно - специально назначенными лицами, раз в неделю - механиком подъема, не реже одного раза в месяц - главным механиком и одного раза в квартал - главным инженером шахты. Крепь наклонных (до  $45^\circ$ ) стволов ежемесячно осматривается горными мастерами, ежедневно - начальниками участков или их заместителями (помощниками), в ведении которых находятся выработки, и один раз в квартал - главным инженером шахты. Результаты осмотра и принимаемые меры по устранению нарушений заносятся проверяющими в Книгу осмотра стволов шахт.

В период строительства (реконструкции) шахты крепь и армировка стволов при их проходке, углубке и эксплуатации должны осматриваться начальником или главным инженером

шахтопроходческого (шахтостроительного) управления не реже одного раза в месяц. Кроме того, армировка должна осматриваться главным или старшим механиком не реже двух раз в месяц, а механиком подъема - не реже одного раза в неделю.

В проектах строительства главных стволов шахт должно быть предусмотрено наблюдение за состоянием крепи в процессе строительства с помощью контрольно-измерительных устройств. Наблюдение за состоянием крепи возлагается на маркшейдерскую службу организации, осуществляющую строительство. В вертикальных стволах не реже чем один раз в два года должны производиться замер зазоров и профильная съемка армировки.

В проекте по ремонту ствола должно предусматриваться перекрытие ствола ниже места ремонта предохранительным полком, исключая падение в ствол кусков породы, элементов крепи, армировки и инструментов; перекрытие ствола на высоте не более 5 м от места работы для защиты работающих от случайно падающих сверху предметов; производство работ с укрепленного неподвижного или подвесного полка (с этого полка до полка лестничного отделения должна быть подвесная лестница, работающие по ремонту ствола должны использовать предохранительные пояса).

При производстве каких-либо работ в зумпфе движение подъемных сосудов по стволу полностью прекращается, а работающие в зумпфе должны быть защищены от случайного падения предметов сверху.

Погашение выработок должно производиться по проекту, утвержденному главным инженером шахты, предусматривающему применение механизмов для извлечения крепи.

Извлечение крепи из горизонтальных и наклонных выработок с углами наклона до  $15^\circ$  должно осуществляться с погашением выработки в направлении, имеющем выход к стволу шахты. Извлечение крепи в наклонных выработках с углом наклона от  $15^\circ$  до  $30^\circ$  производится только в направлении снизу вверх. Извлечение крепи из стволов и других вертикальных выработок, а также из наклонных выработок с углом наклона более  $30^\circ$  не допускается.

Ликвидация шахт должна производиться по проектам в соответствии с требованиями Инструкции о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых. При разработке проектов ликвидации шахт предусматриваются мероприятия по предотвращению возможного проникновения на

поверхность метана и других газов; предупреждению сдвижения земной поверхности после ликвидации шахты; оценка опасности и предотвращения заражения токсическими веществами атмосферы, поверхностных вод и соседних шахт; оценка опасности и предотвращения возможности подтопления земной поверхности и соседних шахт.

Ликвидируемые вертикальные горные выработки, имеющие выход на поверхность (стволы, шурфы и скважины диаметром 200 мм и более), должны полностью засыпаться негорючими, нетоксичными материалами (кроме глины), а затем перекрываться железобетонными полками. На время ликвидации выработок устья их должны ограждаться. Устья ликвидируемых наклонных выработок, имеющих выход на земную поверхность, должны быть закрыты не менее чем двумя кирпичными, каменными или бетонными перемычками, без извлечения крепи между перемычками и засыпкой участка между ними негорючими и нетоксичными материалами.

Устья ликвидируемых выработок должны быть ограждены водоотводными канавами, а при необходимости принимаются дополнительные меры против затопления действующих горных выработок.

Ликвидированные горные выработки должны быть своевременно отражены на планах горных работ.

## **12 Безопасное производство взрывных работ**

### **12.1 Общие положения. Требования к персоналу**

Взрывные работы применяются на всех угольных шахтах. С их помощью проводится около 70% горных выработок и добывается около 10% угля.

Ведение взрывных работ требует строгого учета расхода взрывчатых материалов (ВМ), с применением чувствительных к внешним воздействиям средств инициирования (СИ) и взрывчатых веществ (ВВ), соблюдение особых мер предосторожности при их транспортировании, хранении и применении. Непосредственно на взрывные работы приходится 0,7% смертельного травматизма. Особую опасность представляют возможные последствия взрывных работ. В среднем в 20% случаев взрывные работы являются причиной взрывов метано - и пылевоздушной смеси, вспышек и горения метана и в 5% случаев причиной экзогенных пожаров.

Взрывные работы на угольных шахтах ведутся специализированными участками буровзрывных работ (БВР) или взрывных работ (ВР) и регламентируется межотраслевыми Едиными правилами безопасности при взрывных работах (ЕПБ при ВР), а на шахтах, разрабатывающих пласты, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, также разработанной на их основе Инструкцией по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины.

На основании требований этих нормативных актов на участках БВР (ВР) действуют с различными сроками более 30 наименований технической и учётно-контрольной документации.

Взрывание зарядов в шпурах производится по паспортам, а взрывание скважинных зарядов - по проектам, с которыми персонал, осуществляющий буровзрывные работы, ознакомливается под роспись.

Руководство взрывными работами на шахте, шахтостроительном управлении и др. возлагается на руководителя, а при подрядном способе ведения работ - на руководителя подрядного предприятия или назначенного им руководителя производственного подразделения этого предприятия.

К руководству взрывными работами допускаются лица, окончившие горные высшие и средние учебные заведения, а также специальные курсы, дающие право на руководство горными и взрывными работами.

К ведению взрывных работ и работ, связанных с подготовкой, хранением и перевозкой ВМ, допускаются лица, назначенные соответствующими приказами.

Взрывные работы выполняются взрывниками, а в шахтах, опасных по газу или пыли, только мастерами-взрывниками. К обучению по этой профессии для угольных шахт, опасных по газу или пыли, допускаются лица не моложе 22 лет, имеющие среднее образование и стаж на подземных работах не менее двух лет, на всех других взрывных работах - не моложе 20 лет и стаж работы не менее одного года. Квалификация «взрывник» («мастер-взрывник») присваивается лицам, прошедшим обучение по соответствующей программе, сдавшим экзамен и получившим «Единую книжку взрывника» (ЕКВ) или «Единую книжку мастера-взрывника» (ЕКМВ). К самостоятельному производству взрывных работ взрывник допускается только после работы стажёром под

руководством опытного взрывника в течение месяца. Разрешается присваивать квалификацию взрывника и выдавать ЕКВ или ЕКМВ без обучения лицам, имеющим право руководства соответствующими взрывными работами, сдавшим экзамены квалификационной комиссии. К самостоятельной работе такие лица допускаются также после соответствующей стажировки.

Не реже одного раза в два года знания взрывников (мастеров-взрывников) проверяет квалификационная комиссия (предварительно они должны пройти подготовку по специальной программе).

Если взрывников (мастеров-взрывников) переводят на новый вид взрывных работ, они должны пройти переподготовку, сдать экзамены и пройти десятидневную стажировку. Взрывники (мастера-взрывники) после перерыва в работе по своей квалификации свыше одного года допускаются к самостоятельному выполнению взрывных работ только после сдачи экзамена и 10-дневной стажировки. При переходе взрывников (мастеров-взрывников) на шахты, опасные по газу или пыли, они должны пройти дополнительную подготовку, сдать экзамен квалификационной комиссии и пройти 15-дневную стажировку. При переходе на шахты сверхкатегорные или опасные по внезапным выбросам, стажировка должна продолжаться 20 дней.

На время зарядания шпуров и монтажа взрывной сети взрывнику (мастеру-взрывнику) выделяют помощников из числа наиболее опытных рабочих, сдавших экзамен и получивших удостоверение на право участия в зарядании шпуров под непосредственным контролем мастера-взрывника. Число помощников принимается в зависимости от числа шпуров или от площади сечения выработки: один - при числе шпуров не более 30 или площади сечения выработки до  $10 \text{ м}^2$ ; два - при числе шпуров от 31 до 60 или площади сечения выработки  $11-20 \text{ м}^2$ ; три - при числе шпуров более 60 или площади сечения выработки более  $20 \text{ м}^2$ . Число помощников в забоях вертикальных шахтных стволов должно быть: не более трёх в забоях, содержащих до 60 шпуров; не более шести в забоях, содержащих свыше 60 шпуров.

Заведующими складами ВМ могут быть лица, имеющие право руководства взрывными работами, окончившие вузы (техникумы) по специальности «Технология ВВ» или с правом на производство взрывных работ, прошедшие обучение по программе подготовки заведующих складами ВМ, и получившие удостоверения о сдаче экзаменов.

Раздатчиками ВМ на складах разрешается назначать лиц с образованием не ниже 8 классов, прошедших подготовку по программе для заведующих складами ВМ, сдавших экзамен и получивших удостоверение. Они допускаются к самостоятельной работе после 10-дневной стажировки.

Лаборантами базисных складов ВМ назначаются лица, прошедшие подготовку по соответствующей программе, сдавшие экзамены и получившие удостоверения.

## **12.2 Классификация взрывчатых материалов и средств взрывания по условиям применения**

Взрывчатые материалы по степени опасности при обращении подразделяют на пять групп.

1. Нитроглицериновые взрывчатые вещества, содержащие более 15% нитроэфиров, а также нефлегматизированные гексоген и тетрил.

2. Нитроглицериновые ВВ, содержащие менее 15% нитроэфиров, флегматизированные гексоген, тетрил, а также детонирующий шнур, аммиачная селитра, аммиачно-селитренные ВВ, тротил и его сплавы с другими нитросоединениями.

3. Порох дымный и бездымный.

4. Капсюли-детонаторы, электродетонаторы и пиротехнические замедлители (детонационные реле).

5. Снаряды (заряды) с установленными в них взрывателями (детонаторами).

Взрывчатые материалы различных групп следует хранить и транспортировать отдельно. Из взрывчатых материалов, допущенных к применению в шахте, допускается совместное хранение детонирующего шнура и электродетонаторов.

В системе классификации ВВ особое место занимает классификация по предохранительности - условиям применения ВВ. В основу классификации положены опасность выработок по метану и угольной пыли, условия взрывания зарядов ВВ и способность (опасность) ВВ воспламенять метано - и пылевоздушные смеси.

По условиям применения промышленные ВВ делятся на две группы и восемь классов. Чем больше номер класса, тем выше уровень предохранительности ВВ, т. е. ВВ более безопасно в отношении воспламенения метанопылевоздушной смеси. Чтобы упростить различие классов ВВ, патроны ВВ помещают в оболочки разного цвета или наносят полосу установленного цвета (табл. 12.1).



Таблица 12.1 - Классификация промышленных ВВ по условиям применения

Класс ВВ	Условия применения	Цвет оболочки патрона (полосы)	Тип ВВ
1	2	3	4
<b>Непредохранительные ВВ</b>			
I	Для взрывания только на земной поверхности	Белый	Граммониты 79/21, 50/50В, 30/70В Гранулиты АС-8, АС-4 Водонаполненные ВВ
I	Для взрывания на земной поверхности и в подземных выработках, в которых отсутствуют выделение горючих газов и образование взрывчатой угольной пыли	Красный	Аммонит скальный №1 Аммониты: 6 ЖВ, ВК-1 Детонит М
<b>Предохранительные ВВ</b>			
III	Для взрывания только по породе в подземных выработках, в которых выделяется метан, но отсутствует взрывчатая угольная пыль	Синий	Аммонит АП-5ЖВ
IV	Для взрывания по углю и породе в подземных выработках, проводимых по пласту, опасному по взрыву пыли, в которых есть выделение метана, кроме выработок с повышенным выделением горючих газов; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок угольных шахт	Жёлтый	Аммониты ПЖВ-20, Т19, Т-19 «Г», Ф-5
V	Для взрывания по углю и породе в подземных выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых по пласту, опасному по взрыву пыли (особо опасных)	- //-	Углениты Э-6, 13П, 13П/Л, 10П Монозаряд шпуровой предохранительный «Энергит»
VI	Для взрывания по углю и породе в выработках с повышенным выделением горючих газов, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с газозооной смесью, находящейся в пересекающих шпур трещинах горного массива либо в выработке; для взрывания в угольных и смешанных забоях восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется горючий газ, при длине выработок более 20 м и проведении без предварительно пробуренных скважин, обеспечивающих проветривание за счёт общешахтной депрессии	- //-	Угленит 12ЦБ

Продолжение таблицы 12.1

1	2	3	4
VII	Для ведения специальных взрывных работ: взрывного перебивания деревянных стоек при посадке кровли, при ликвидации завесаний горной массы в углеспускных выработках, для дробления негабаритов в забоях подземных выработок и др.	-II-	Заряд накладной предохранительный «Энергит»
C (специальный)	Для взрывных работ в шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и тяжёлых углеводородов	Зелёный	

По условиям безопасности в настоящее время на угольных шахтах допущен к применению только электрический способ взрывания. Недостатки данного способа взрывания заключаются в сложности подготовки электросетей, сращивания проводов, опасности ликвидации отказавших зарядов и возможности взрыва от блуждающих токов.

В настоящее время применяют следующие средства электрического взрывания.

В качестве СИ применяют электродетонаторы мгновенного (ЭД-8э, ЗД-8ж), короткозамедленного (ЭДКЗ-ОП, серии ЭДКЗ-1ПМ...ЭДКЗ-7ПМ и ЭДКЗ-1П...ЭДКЗ-7П) и замедленного (серия ЭДЗД-7...ЭДЗД-15) действий. Цифры в сериях ЭДКЗ и ЭДЗД указывают на степень временного замедления взрыва детонатора. К проводам ЭД прикрепляется бирка с цифрой, обозначающей номер замедления. Кроме того, каждая степень замедления имеет свою окраску придонного участка гильзы.

Для угольных шахт с целью исключения подрыва метановоздушной смеси допущены электродетонаторы с замедлением до 2000 мс (до ЭДЗД-7...ЭДЗД-11 включительно), а на шахтах, опасных по выбросам угля, породы и газа, общий период замедления не должен превышать 135 мс при взрывании по углю и 195 мс - по породе.

По предохранительности электродетонаторы делятся на не предохранительные (ЭД-8э, ЭД-8ж, ЭДЗД-7...ЭДЗД-15), имеющие вероятность воспламенения метано - и пылевоздушной смеси 100% и предохранительные (ЭДКЗ-ОП, ЭДКЗ-1ПМ...ЭДКЗ-7ПМ и ЭДКЗ-1П...ЭДКЗ-5П) с вероятностью воспламенения 4-10%.

По иницирующей способности, влияющей на вероятность отказа взрыва заряда, электродетонаторы разделяют на две группы.

Первая - нормальной мощности (ЭД-8э, ЭД-8ж, ЭДКЗ-0П...ЭДКЗ5П и ЭДЗД-7...ЭДЗД-15), вторая - электродетонаторы повышенной мощности (ЭДКЗ-1ПМ...ЭДКЗ-7ПМ).

Для монтажа электровзрывных сетей используют в качестве выводных сетей одножильные провода марки ВП-1, в качестве магистральных - двухжильные провода марки ВП-2.

Для измерения сопротивления детонаторов и взрывных сетей применяют омметры мостикового типа ОВЦ-2, Р 3043, ИМС-1, ХН-2570. Омметр взрывных цепей ОВЦ-2 предназначен для измерения сопротивления взрывных цепей в шахтах. Мост переносной Р 3043 применяют для измерения сопротивления электродетонаторов на расходном складе ВМ, а также измерения сопротивления взрывных цепей из укрытия в шахтах. Метанометр с измерителем взрывной цепи ИМС-1 предназначен для периодического контроля содержания метана (до 3%) в рудничной атмосфере и измерения сопротивления взрывной цепи (из укрытия) в шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли. Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1 предназначен для проверки предельного сопротивления взрывной цепи (до 320 Ом) и проводимости её отдельных элементов при производстве взрывных работ, в том числе в условиях шахт, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли.

В настоящее время разработаны также новые образцы приборов с цифровой индикацией и автоматическим выбором пределов измерения (ХН-2570, ЖЗ-2460, ОВК-12, РК-12). Измеритель сопротивления взрывной цепи ХН-2570 предназначен для контроля взрывных цепей и отдельных детонаторов при ведении взрывных работ, в том числе в шахтах, опасных по газу или пыли. На отдельных шахтах ещё пользуются омметром Р-353, работающим по тому же принципу, что и ОВЦ-2, которым можно измерять сопротивление как отдельных электродетонаторов, так и электровзрывных сетей.

Для проверки сопротивления электродетонаторов в шахтных расходных складах применяют омметры-классификаторы ОКЭД-1 и ОКЭД-2 с пределами измерения сопротивления 0,5-8,5 Ом.

Для проверки исправности взрывных приборов, применяемых в шахтах, опасных по газу или пыли, предназначен прибор контроля взрывных импульсов ПКВИ-Зм, с помощью которого определяют ток и длительность импульса, посылаемого во взрывную цепь.

В качестве источников тока для взрывания электродетонаторов применяют конденсаторные взрывные приборы.

Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/ЮОм имеет взрывобезопасное исполнение и предназначен для взрывания не более 100 электродетонаторов, соединённых последовательно, при общем сопротивлении взрывной цепи не более 320 Ом

Конденсаторный взрывной прибор ПИВ- 100м отличается от прибора КВГМ/ЮОм тем, что в его корпусе заключён ещё и омметр мостикового типа для измерения сопротивления взрывной цепи.

Устройство взрывное программируемое ЖЗ-2460 предназначено для автоматической выдачи импульса тока постоянной величины для инициирования электродетонаторов нормальной и пониженной чувствительности с предварительным непрерывным контролем сопротивления взрывной цепи в шахтах, опасных по газу и пыли в обводненных забоях.

Конденсаторные взрывные приборы ОВК-12 и РК-12 предназначены для инициирования последовательно включенных электродетонаторов во всех выработках за исключением выработок в шахтах, опасных по газу или пыли.

При проходке вертикальных шахтных стволов имеет место сильная обводненность забоев и связанные с этим большие утечки тока во взрывной сети. Для предотвращения отказов в подобных условиях применяют взрывной прибор с большой энергоемкостью источника электрического импульса ВПС-1. Его энергоемкость почти в 170 раз больше, чем энергоемкость взрывного прибора ПИВ-100м.

### **12.3 Хранение, учет, подготовка, выдача и уничтожение взрывчатых материалов**

Хранение ВМ осуществляется в базисных и расходных складах. Базисные склады служат для хранения и снабжения ВМ расходных складов, а расходные - для раздачи ВМ непосредственно взрывникам.

Базисные склады располагают на поверхности на значительных расстояниях от населённых пунктов, линий электропередачи и промышленных объектов, оборудуют и эксплуатируют с соблюдением всех мер безопасности и охраны подобных объектов. Общее количество ВМ для хранения в базисных складах ВМ не ограничивается, но обычно не превышает трёхмесячной потребности обслуживаемых шахт. При этом емкость отдельного хранилища не

должна превышать 420 т взрывчатых материалов. Распаковывать заводскую тару на базисных складах разрешается только для отбора проб на испытание. Испытания проводят в целях определения пригодности для хранения и применения ВМ в случае поступления от заводов-изготовителей или со складов ВМ других предприятий; при возникновении сомнений в доброкачественности (по внешнему осмотру) или при неудовлетворительных результатах взрывных работ (неполные взрывы, отказы) и в конце гарантийного срока. За исключением указанных случаев, снабжение расходных складов осуществляются в заводской упаковке, т.е. не раскупоренными мешками, ящиками и т. п.

Подземные расходные склады ВМ, устраиваемые в угольных шахтах, могут быть камерного и ячейкового типов. На всех современных шахтах, как правило, эксплуатируют и строят подземные склады ВМ ячейкового типа. Подземный склад ВМ оборудуется в горной выработке, в стенках которой размещены хранилища ВМ (камеры или ячейки), включает вспомогательные камеры и подводящую выработку. Ячейки и камеры располагают так, чтобы взрыв ВМ в одной из них не мог вызвать детонацию ВМ в соседних ячейках (камерах). Обязательным является размещение ВВ и СИ в разных ячейках (камерах). К вспомогательным камерам относят камеры для проверки электродетонаторов, выдачи ВМ, хранения кассет и сумок, размещения электрораспределительных устройств и противопожарных средств.

Склады камерного типа располагают не ближе 100 м, а ячейкового - не ближе 60 м от стволов и других важных подземных выработок. От выработок, предусмотренных для постоянного передвижения людей, их удаляют соответственно на 25 и 20 м. Расстояние от склада до поверхности при складах камерного типа должно быть не менее 30, при складах ячейкового типа - не менее 15 м.

Предельная вместимость подземного расходного склада не должна превышать 7-суточного запаса ВВ и 15-суточного СИ. При этом вместимость каждой камеры в складах камерного типа не должна превышать 2 т ВВ. В складах ячейкового типа разрешается в каждой ячейке хранить не более 400 кг ВВ или 15000 электродетонаторов.

Склад необходимо проветривать струей воздуха, обеспечивающей его четырёхкратный часовой обмен. Исходящую из

склада воздушную струю запрещается направлять в выработки со свежей струёй воздуха.

Выработки, в которых расположены ячейки (камеры) для хранения ВМ, не должны непосредственно сообщаться с главными выработками, а соединяться с ними не менее чем двумя подводными прямолинейными или криволинейными выработками, образующими одна с другой прямые углы. Подводящие выработки должны заканчиваться тупиками длиной не менее 2 м и площадью сечения не менее 4 м<sup>2</sup>. Тупики предназначены для того чтобы гасить ударную волну, которая выходит из выработок ослабленная и уже не сможет сделать больших разрушений.

Для освещения склада применяют электролампы во взрывобезопасной арматуре, для электропроводки - бронированный кабель. Разрешается пользоваться рудничными аккумуляторными лампами.

Склад обеспечивается первичными средствами пожаротушения: огнетушителями, ящиками с песком, сосудами с водой. Разрешается оборудование автоматических средств пожаротушения. В начале подводных выработок к камерам или ячейкам склада должны быть устроены противопожарные двери. В шахтах, опасных по газу или пыли, склад должен быть защищён заслонами, которые устраивают в примыкающих к складу выработках.

К разновидности расходных складов относят раздаточные камеры, устраиваемые на горизонтах и участковые пункты хранения ВМ.

При проходке стволов шахт разрешается хранить ВМ в размере сменной потребности в унифицированных зарядных будках, станциях «Заряд-1» или под навесами на расстоянии не ближе 50 м от ствола шахты и от сооружений на поверхности.

Документация, ведущая количественный учёт ВМ, включает четыре типовые формы.

Книга учёта прихода и расхода взрывчатых материалов предназначается для количественного учёта ВМ на базисных и расходных складах. Для каждого вида ВМ в книге открываются отдельные счета, остаток по каждому виду ВМ подсчитывается на конец суток.

Книга учёта выдачи и возврата взрывчатых материалов ведётся на расходных складах. В книге в конце суток подсчитывается,

сколько и какого вида ВМ израсходовано за сутки и под чертой записывается их расход (отпущенных за вычетом возвращенных).

Наряд-накладная предназначена для отпуска взрывчатых материалов с одного склада на другой, например, с базисного на расходный. Она выдаётся бухгалтерией работнику предприятия в целях предъявления вместе с доверенностью на складе для получения ВМ и затем является сопроводительным документом.

Наряд-путёвка на производство взрывных работ предназначена для отпуска ВМ взрывникам (мастерам-взрывникам). В ней указаны место взрывных работ, количество шпуров и ВМ (по видам). Наряд-путевка подписывается начальником участка, на котором должны производиться взрывные работы, либо другим должностным лицом соответствующего уровня. На шахтах, опасных по газу или пыли, наряд-путёвка подписывается, кроме того, главным инженером, начальником ВТБ и начальником участка ВР (БВР).

По окончании работ взрывник (мастер-взрывник) и руководитель взрывных работ подтверждают своими подписями в наряде-путёвке фактический расход ВМ по назначению. По окончании смены взрывник (мастер-взрывник) обязан лично отчитаться на складе ВМ о расходе ВМ и в случае наличия остатков ВМ, сдать их.

Наряд-путёвка служит на складе ВМ основанием для записи выданных ВМ в «Книгу учёта выдачи и возврата взрывчатых материалов», а заполненная после окончания работы - основанием для списания ВМ в «Книге учёта прихода и расхода взрывчатых материалов».

Подготовка ВМ к взрывным работам заключается в приведение ВВ и СИ перед выдачей мастеру-взрывнику в состояние, пригодное для их применения. Так, перед выдачей аммиачно-селитренных ВВ, если они увлажнены сверх допустимой нормы и слежались, должны быть просушены и разрыхлены. Все ЭД перед выдачей проверяют на целостность мостика и на соответствие сопротивления пределам, указанным на этикетках упаковочной тары. Концы детонаторных проводов должны быть замкнуты накоротко.

Для повышения ответственности взрывников (мастеров-взрывников) за полученные ВМ производится их маркировка. Электродетонаторы подлежат маркировке перед выдачей мастерам взрывникам (взрывникам). Для этого на гильзы наносят шесть маркировочных знаков (индексов): два цифровых, обозначающих наименование министерства (ведомства), два буквенных слева от

цифровых и обозначающих предприятие и два буквенных справа от цифровых, обозначающих номер, присвоенный мастеру-взрывнику (взрывнику).

Маркировка ВВ осуществляется на заводах-изготовителях путем нанесения меток несмываемой краской на каждом патроне ВВ. Запись номеров патронов ВВ, выданных взрывникам (мастерам-взрывникам), производится в «Книге учета выдачи и возврата взрывчатых материалов».

Взрывчатые материалы, пришедшие в негодность, подлежат уничтожению. Не пригодность устанавливается при внешнем осмотре как при поступлении на базисный склад ВМ или выдачи взрывникам (мастерам-взрывникам), так и в процессе хранения, а также в случае отказов и неполной детонации в условиях эксплуатации. Уничтожение ВМ производится в установленном порядке с составлением акта взрыванием, сжиганием или растворением в воде.

## **12.4 Перевозка, спуск в шахту и доставка взрывчатых материалов**

Общие требования безопасного транспортирования ВМ сводятся к надежной их защите от возможной тряски, толчков, трения и хищения.

Для доставки ВМ на расходные склады угольных шахт используется в основном автомобильный транспорт. Перевозку осуществляют по установленным и утвержденным Министерством внутренних дел (МВД) маршрутам при обязательном сопровождении ответственного лица (заведующего складом или раздатчиком) и вооруженной охраной. Водителей, а также охрану инструктируют о порядке перевозки, погрузке и выгрузке ВМ. Автомобиль должен быть исправен, оборудован глушителями, иметь два пенных огнетушителя, цепи и другие приспособления для увеличения проходимости и отвечать правилам перевозки ВМ автомобильным транспортом. На каждой одиночной машине, перевозящей ВМ, устанавливают красные флажки, а в ночное время - отражательные знаки, при следовании колонной знаки должны быть на переднем и заднем транспортных средствах. Перед выездом автомобиля заведующий гаражом обязан сделать в путевом листе запись «автомобиль проверен, вполне исправен и пригоден для перевозки взрывчатых грузов». Загрузка автомобиля допускается до полной



грузоподъемности за исключением случаев перевозки ЭД и ВВ, содержащих жидкие нитроэфиры. В этом случае разрешается не более 2/3 его грузоподъемности и не более двух рядов ящиков по высоте. Скорость движения автотранспорта при хорошей видимости не должна быть более 40 км/ч, при неблагоприятных погодных условиях - вдвое ниже. Во время движения должны соблюдаться интервалы: при движении по ровной дороге (на горизонтальном участке) и во время остановки - 50 м, при спуске и подъеме в гору - 300 м.

По стволу ВМ опускают непосредственно в клетки (в бадье) или в вагонетках. Ящики с ВВ могут занимать не более 2/3 высоты клетки, но не выше высоты двери клетки. При спуске ВВ в вагонетках, прочно закрепленных в клетки, ящики не должны выступать выше бортов. Средства инициирования следует опускать (поднимать) отдельно от ВВ, причем ящики с электродетонаторами укладывают в клетки только в один ряд.

В одной клетке разрешается одновременно опускаться несколькими взрывникам с сумками ВМ из расчета 1 м<sup>2</sup> пола клетки на одного человека на этаже. Спуск и подъем взрывников с ВМ по стволу шахты производиться вне очереди.

Запрещается доставка ВМ по стволу шахты во время спуска и подъема людей. При погрузке, разгрузке, перемещении ВМ по стволу шахты, в околоствольном дворе и надшахтном здании допускается присутствие взрывника, раздатчика, нагружающих и разгружающих ВМ рабочих, рукоятчика, стволового и лица надзора, ответственного за доставку ВМ. Скорость движения клетки должна быть не более 5 м/с.

Перевозить ВМ по горизонтальным выработкам можно при помощи электровозного транспорта со скоростью не более 5 км/ч.

Аммиачно-селитренные ВВ разрешается перевозить в обычных вагонетках и загружать их до бортов. Электродетонаторы следует перевозить в закрытых вагонетках с деревянным кузовом или в обычных, футерованных изнутри деревом, войлоком или резиной. Ящики с этими ВМ должны перекладываться мягким материалом (войлоком, мешковиной или резиной) и укладываться по высоте в один ряд.

Перевозка ВМ должна обязательно сопровождаться мастером-взрывником или раздатчиком, для этого предусматривается специально оборудованная вагонетка в конце поезда. При этом

расстояние между вагонетками с ВВ и СИ, а также между электровозом и вагонетками с ВВ и СИ должно быть не менее 3 м.

На передней части электровоза и сзади состава с ВМ должны быть специальные световые опознавательные знаки, со значением которых должны быть ознакомлены все рабочие в шахте (как правило, синие фонари).

Доставка ВМ от расходного склада к месту работы разрешается без охраны, но под обязательным наблюдением мастера-взрывника с привлечением стажеров - взрывников или проинструктированных рабочих (подносчиков). Переноситься ВМ должны в заводской упаковке или в сумках, исключающих возможность их просыпания (выпадения). При этом СИ должны переноситься в отдельной сумке (подсумке).

Мастер-взрывник может переносить одновременно в отдельных сумках (сумка и подсумок) не более 12 кг ВВ и не более 150 электродетонаторов. При переноске ВВ без СИ норма может быть увеличена до 24 кг, а СИ без ВВ - до 500 электродетонаторов.

## **12.5 Обеспечение безопасности ведения взрывных работ**

При ведении взрывных работ основными причинами несчастных случаев общего характера являются: неправильное или небрежное обращение с ВМ при их подготовке на расходных складах и доставке к месту производства взрывных работ или при подготовке зарядов ВВ и при зарядании шпуров и скважин; не обеспечение вывода людей из опасной зоны или преждевременный вход людей в опасную зону; совмещение операций по бурению и заряданию шпуров; ошибочное подключение электровзрывной сети; производство взрывания с опасного расстояния; несоблюдение правил ликвидации отказавших зарядов или их не ликвидация. Указанные причины несчастных случаев носят в основном организационный характер и требуют повышения профессиональной подготовленности и персональной ответственности лиц, занятых на взрывных работах, четкой организации и неукоснительного выполнения требований безопасности и безопасных приемов работ.

Технические причины обусловлены, в основном, высокой чувствительностью к механическому воздействию ВМ, их недостаточной надежностью и связанным с этим и другими причинами отказами зарядов ВМ. Так, по данным МакНИИ

травматизм от механического воздействия на отказавшие заряды ВМ при перебурировании составляет 38%, на патроны-боевики при зарядении шпуров - 6 %, от обрушения горной массы - более 5%. Количество забракованных электродетонаторов на 1000 шт колеблется от 0,5 до 7,2, что свидетельствует о низком качестве поставляемых ЭД, а также о том, что на шахтах не уделяется должное внимание проверке ЭД перед выдачей их мастерам - взрывникам.

Причинами отказов зарядов ВМ может быть также повышение общего сопротивления электровзрывной сети вследствие применения неочищенных, загрязненных контактов, утечек тока на почву при отсутствии соединительных зажимов и в обводненных забоях и др.

Причинами пожаров и взрывов метано - и пылевоздушной смеси при взрывных работах являются обнажение зарядов при взрыве из-за их сближения (в среднем 25% от общего числа взрывов и пожаров по этой причине от взрывных работ); выгорание зарядов (24%); наличие трещин в массиве (18%); отсутствие или недостаточная длина забойки (12%); искрение во взрывной сети (2%); вылет раскаленных частиц электродетонаторов, загорание бумажной оболочки патронов и др. (19%).

Основными параметрами, определяющими безопасное применение короткозамедленного взрывания в шахтах опасных по газу, пыли и выбросам угля, породы и газа являются: общее время взрыва зарядов ВВ; интервал замедления между взрывами смежными зарядами; расстояние между зарядами и расстояния от зарядов до открытой поверхности.

Общее время взрыва зарядов ВВ должно быть таким, чтобы при взрывании последней ступени электродетонаторов зарядов ВВ в призабойном пространстве не образовывалась взрывчатая метановоздушная смесь. По результатам экспериментальных исследований МакНИИ через 260-520 мс после взрывания зарядов концентрация метана вблизи забоя достигает 2,5-4,2%. Поэтому общее время взрыва при применении взрывчатых веществ III и IV классов должно быть не более 220 мс, V и VI классов - 320 мс.

Интервал замедления между взрывами смежных зарядов должен быть таким, чтобы исключалось боковое обнажение шпурового заряда ВВ к моменту его взрывания. Установлено, что время образования дополнительных поверхностей 25-46 мс. Поэтому, несмотря на некоторое снижение эффективности разрушения,

замедление между взрывами смежных зарядов принимается равным не более 40 мс.

Исследования МакНИИ доказали, что основными причинами выгорания ВВ является взрыв сближенных зарядов, что приводит к неполной детонации ВВ и ее затухания на стыках патронов вследствие переуплотнения ВВ, раздвижке патронов и образования угольных и породных пересыпок между патронами за счет откольных явлений. В частности установлено, что аммонит бЖВ в мягких породах дает неполные детонации при расстоянии между зарядами до 40 см, в породах средней крепости - до 30 см и в крепких - до 20см. Это определяет минимально допустимые расстояния между шпуровыми зарядами ВВ различных классов зависимости от условий взрывания (табл. 12.2).

Таблица 12.2 - Минимально допустимые расстояния между шпуровыми зарядами ВВ

Условия взрывания	Минимально допустимые расстояния между зарядами в зависимости от класса ВВ, см			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,60	0,60	0,50	0,40
По породе, если коэффициент крепости				
$f < 7$	0,50	0,45	0,30	0,25
$f = 7-10$	0,40	0,30	-	-
$f > 10$	Определяется нормативами, разработанными по согласованию с МакНИИ			

Важным параметром, определяющим безопасность взрывных работ, является минимально допустимое расстояние от шпурового заряда ВВ до открытой поверхности, т. е. минимальная угольная или породная перегородка, через которую взрыв заряда ВВ не воспламенит взрывчатую метано - или пылевоздушную смесь. По результатам экспериментов установлено, что расстояние от заряда ВВ до ближайшей открытой поверхности должно быть по углю не менее 0,5 м при применении ВВ классов IV и V и не менее 0,3 м - класса VI; по породе - не менее 0,3 м.

Важным условием обеспечения безопасности взрывных работ, в особенности в шахтах, опасных по газу или разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, является обязательное применение доброкачественной, тщательно выполненной забойки.

Забойка, помимо увеличения полезной работы разрушения, приводит к охлаждению раскаленных продуктов взрыва за счет теплоотбора и потери энергии при расширении в инертной среде;

повышает устойчивость детонации шпурового заряда за счет предотвращения раздвижки патронов ВВ в сближенных шпурах; препятствует развитию откольных явлений в шпурах, заполненных водой, и созданию условий перехода горения в детонацию; способствует флегматизации рудничной атмосферы призабойного пространства выброшенным из шпуров (в виде аэрозоля) забоечным материалом и снижению ее запыленности на 40-60%.

Применяется забойка из пластичных и сыпучих зернистых материалов, гидрозабойка и ингибиторная забойка.

Песчано-глинистую забойку в виде раздавливаемых пластичных «пыжей» допускается применять только в пластовых выработках, в которых отсутствует выделение метана и взрывчатая угольная пыль, а также в полевых выработках независимо от метановыделения.

Забойка из сыпучих материалов (песка или гранулированного шлака) более эффективна, чем песчано-глинистая забойка и применяется только при проходке вертикальных стволов.

Гидрозабойка осуществляется путем непосредственной заливки воды в наклонные (вертикальные) шпуры и скважины или в виде водонаполненных полиэтиленовых ампул с обратным клапаном диаметром 37-38 мм, длиной 350 мм и вместимостью 250-280 мл.

Ингибиторная забойка выполнена на основе взрывоподавляющего порошка КСВ-30, состоящего из смеси углекислого кальция (мела) и хлорида натрия с добавкой ПАВ. Применяется в виде пастообразной массы, которая патронируется в полиэтиленовые ампулы (забойка ПЗМ-3), используемые для гидрозабойки.

Гидрозабойку и ингибиторную забойку допускается применять во всех выработках, в том числе тех, в которых имеется выделение метана и взрывчатая угольная пыль.

Для предотвращения раздвижки патронов, выбрасывания воды и ампул с водой из шпура, а также в целях исключения возможности прорыва в выработку продуктов взрыва по радиальному зазору между стенками шпура и поверхностью ампулы, водяная и ингибиторная забойки должны применяться только в сочетании с запирающей забойкой из глины или смеси глины с песком длиной не менее 15 см или из сыпучих крупнозернистых материалов длиной не менее 30 см.

В выработках, проводимых по нарушенному массиву, и в других взрывоопасных условиях применяют донно-устьевую гидрозабойку,

при которой дополнительно у дна шпура (впереди заряда) размещается ампула гидрозабойки.

Гидрозабойка в случае применения ВВ V и VI классов снижает суммарный объем ядовитых газов по сравнению с песчано-глинистой забойкой в 1,5 раза.

При взрывании зарядов по углю и по породе забойка должна быть при длине шпуров от 0,6 до 1 м не менее половины длины шпуров; более 1 м - не менее 0,5 м.

## **12.6 Меры безопасности взрывных работ в шахтах, опасных по газу или пыли**

Применяемый комплекс способов и средств, включающий применение предохранительных взрывчатых веществ и электродетонаторов, ограничение общего времени взрывания зарядов и интервала замедления между смежными зарядами, требование к минимально допустимым расстояниям между зарядами и свободной поверхностью, применение гидро - или ингибиторной забойки и др., не всегда позволяет (вследствие допускаемых нарушений или некачественных ВМ) предотвратить (исключить) воспламенения пыли - и (или) метановоздушной смеси при взрывных работ.

Поэтому полная безопасность взрывных работ в опасных условиях шахт обеспечивается только в сочетании с дополнительной системой мероприятий взрывозащиты. Такая система способна подавить (локализовать) в начальной стадии развития уже начавшееся воспламенение метано - или метанопылевоздушной смеси и, тем самым, предупредить развитие взрыва по сети горных выработок с катастрофическими последствиями. Она включает в себя снижение взрывоопасности призабойного пространства (осланцевание, орошение) и создание предохранительной среды (завесы), предупреждающей и в призабойном пространстве локализующей взрывы (вспышки) метано - или метанопылевоздушной смеси.

Способ орошения осевшей пыли водными растворами смачивателя ДБ (0,1-0,2%-ными) благодаря простоте и высокой эффективности получил повсеместное применение в тупиковых горных выработках. При орошении отложившаяся в выработках пыль на протяжении 20 м от забоя должна быть превращена в шлам (грязь), что является гарантией безопасности. Орошение производится за 20-

30 мин до взрывных работ. В угольных забоях его необходимо применять перед каждым приемом взрывания, а при взрывании по породе - 1 раз на два приема. Для диспергирования раствора в забоях подготовительных выработок целесообразно применять ручной ороситель РО-1 с внутренней дозировкой ДБ. Для дозировки смачивателя могут применяться также дозаторы ДСУ-3 или ДСУ-4.

Осланцевание целесообразно применять в сухих (необводненных и без капежа) выработках, в том числе с пучащими легкоразмываемыми породами. В остальных случаях рекомендуется орошение.

Визуальный контроль за состоянием отложившейся угольной пыли должен осуществляться перед каждым взрыванием.

В качестве предохранительной среды могут быть водораспылительные и аэрозольные порошковые завесы.

Водораспылительные завесы создают путем распыления воды из полиэтиленовых сосудов, вместимостью 20 и 30 л, взрывом заряда ВВ не ниже V класса. Сосуды первого типоразмера с водой подвешивают к крепи, а второго укладывают на почве выработки.

При создании аэрозольных порошковых завес применяют порошковые ингибиторы (ПСБ-ТМ, ПВХ-1н, КСВ-30), которые помещают в полиэтиленовые пакеты вместимостью  $(3\pm 0,3)$  и  $(5,5\pm 0,5)$  кг и распыляют взрывом заряда ВВ не ниже V класса. Пакеты с ингибитором и зарядом ВВ также подвешивают к крепи или укладывают на почве выработки.

Вводить заряды ВВ в сосуды с водой и в пакеты с порошковым ингибитором разрешается только мастеру-взрывнику после заряжания шпуров перед началом монтажа взрывной сети. Электродетонаторы распыляющих зарядов должны соединяться в общую взрывную сеть с электродетонаторами шпуровых зарядов последовательно и взрываться от одного импульса.

Исследованиями МакНИИ в опытной штольне установлено, что распыление воды из одного сосуда объемом 20 л за 25-30 мс до взрыва воспламеняющего заряда, расположенного на расстоянии 3,5-4,5 м от этого сосуда позволяет локализовать взрыв метановоздушной смеси. Однако подобные результаты не достигаются при одновременном взрывании воспламеняющего и распыляющего воду зарядов. Это объясняется тем, что при больших скоростях взрывного горения метановоздушной смеси распыленное облако не успевает

распространяться по всему сечению штольни на достаточную длину и поэтому не способно предотвратить прорыв пламени.

Надежное локализирующее действие водяной завесы достигается при распылении воды из двух полиэтиленовых сосудов, расположенных на расстоянии 2-2,4 м один от другого по длине выработки. При этом скорость горения метана, согласно показаниям датчиков пламени, на первом участке пути при использовании и без применения водяных завес находится в одних и тех же пределах, на втором участке у места расположения сосуда с водой скорость снижается в 2,5-3 раза и у второго сосуда - полностью гасится.

Локализация взрыва метано-воздушной смеси в условиях одновременного инициирования воспламеняющих и распыляющих зарядов ВВ происходит следующим образом. Распространяющееся пламя горения метана подходит к первому сосуду в течение нескольких миллисекунд, за которые успеет образоваться лишь незначительное облако, неспособное еще полностью задержать пламя взрыва. Однако движущееся пламя, встречая завесу, частично гасится, раздробляется на отдельные струи и проходит у стен выработки, где плотность облака еще незначительна, со скоростью в 3,0-3,5 раза меньше обычной. Эта задержка оказывается достаточной для того, чтобы созданная завеса от второго сосуда сумела перекрыть это пространство и создать предохранительную среду на длину, способную в дальнейшем погасить прорвавшееся пламя.

Такая двухрядная завеса получила название локализирующей. Ее протяженность составляет не менее 7 м (протяженность однорядной водораспылительной завесы равна 4,5 м, а аэрозольной порошковой - 4 м). Этой длины достаточно (более чем с двукратным запасом), чтобы обеспечить локализацию (гашение) раскаленных продуктов взрыва шпуровых зарядов и небольшой (до 5 м<sup>3</sup>) очаг воспламенения метановоздушной смеси. В забоях подготовительных выработок с двумя открытыми поверхностями, в том числе при породной подрывке, второй ряд сосудов должен размещаться в опережающей полости.

Пространственные схемы размещения снаряженных сосудов (пакетов) в выработках в зависимости от их поперечных размеров, степени взрывоопасности и количества открытых поверхностей приведены на рисунке 12.1.



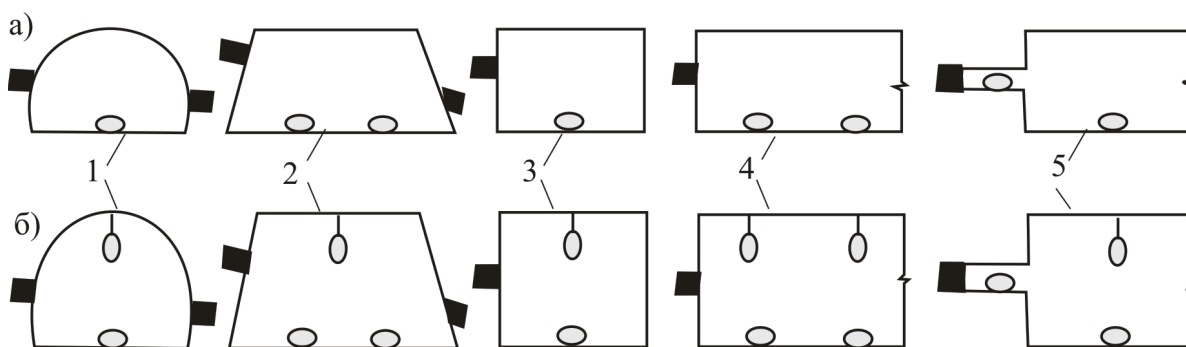


Рисунок 12.1 - Схемы расположения сосудов с водой (пакетов с ингибитором) в призабойном пространстве выработок высотой до 2 м (а) и более 3,5 м (б) для создания предохранительной среды при взрывных работах

1 и 2 - в выработках соответственно шириной до и более 3 (3,6) м (в скобках размеры для пакетов с ингибитором); 3 - однорядная завеса; 4 - двухрядная (локализирующая) завеса; 5 - завеса при породной подрывке

Эффективное время действия водяных завес составляет до 1 с (500-600 мс), а ингибиторной порошковой несколько больше 1,5 с и поэтому они не могут предотвращать воспламенения метано-воздушной смеси от выгорающих зарядов, время выгорания которых может длиться 10-12 мин и более, т.е. на несколько порядков превышает взрывозащитный период предохранительных завес.

Одним из направлений создания длительно действующей предохранительной среды является применение высокократной (кратностью более 300) воздушно-механической пены. Воздушно-механическая пена вытесняет из призабойного пространства метановоздушную смесь и замещает ее пенной массой, характеризующейся высокой пламегасительной способностью. При воздействии высокой температуры пленочная вода быстро превращается в пар, поглощая большое количество теплоты. Кроме того, пена связывает витающую пыль, равномерно увлажняет стенки, кровлю выработки, отбитую горную массу и позволяет отказаться от их орошения. Однако из-за сложности контроля за стабильностью параметров пенообразования и заполнения выработки пеной этот способ в настоящее время практически не применяется.

Поэтому МакНИИ разработаны длительно действующие водовоздушные завесы с помощью генератора тонкодисперсных водяных аэрозолей ГПВ (гидропневматический взрывозащитный). Схема создания длительно действующей предохранительной среды посредством этого генератора приведена на рисунке 12.2.

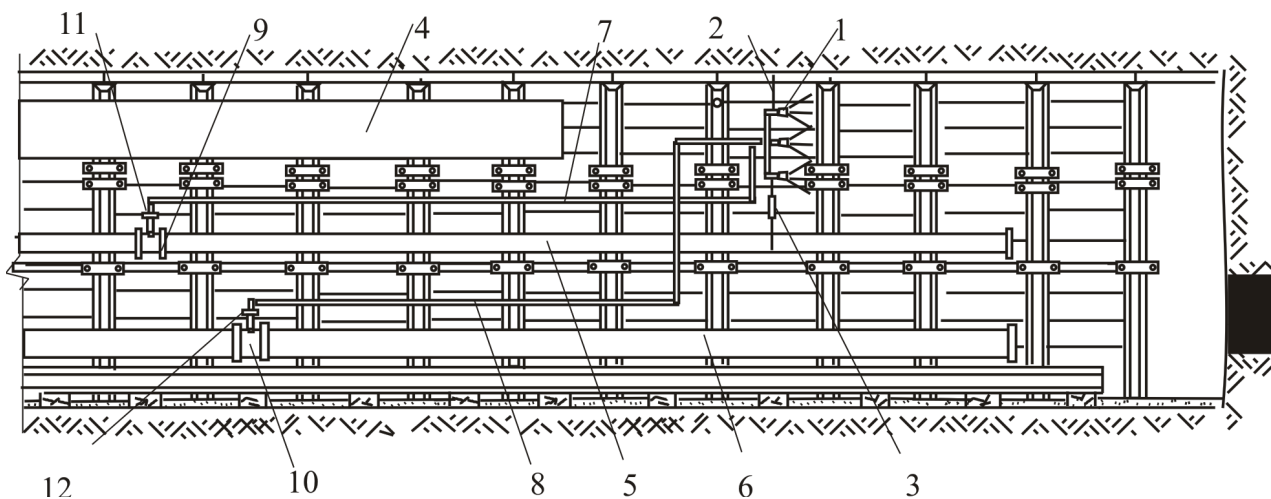


Рисунок 12.2 - Схема размещения генератора ГВП в горной выработке:

1 - генератор ГВП. 2 - растяжка; 3 - натяжное оборудование. 4, 5 и 6 - трубопроводы вентиляционный, сжатого воздуха и пожарно-оросительный. 7 и 8 - шланги для подвода сжатого воздуха и воды; 9, 10 – тройники; 11 и 12 - вентили

Генератор включает два-пять (в зависимости от площади сечения выработки) гидропневматических распылителей, собранных в один блок. Распылитель, входящий в генератор тонкодисперсных водяных аэрозолей, состоит из коаксиально расположенных воздушного и водяного сопел, перед которыми жестко закрепляется распылительный конус с углом конусности не более  $60^\circ$ . Время непрерывной работы генератора (указывается в паспорте БВР) должно быть не менее 10 мин. Причем, включения генератора в работу производится не позже, чем за 2-3 мин до взрывания шпуровых зарядов. Генератор ГВП закрепляют на шахтной крепи со стороны и впереди вентиляционного трубопровода или сбоку от него таким образом, чтобы факел водяной завесы двигался к забою выработки вместе с подаваемой струей свежего воздуха. При этом расстояние от генератора до забоя должно составлять не более 9 м. Переноска генератора осуществляется после каждого цикла взрывания, если глубина заходки превышает 2 м, и через один цикл, если она 2 м и менее. Пуск генератора в работу осуществляется открытием запорных вентилей на водопроводе и магистрали сжатого воздуха.

## 12.7 Порядок безопасного проведения взрывных работ

Общий порядок безопасного проведения взрывных работ сводится к следующему.

Со склада должно быть получено такое количество ВМ, для которого фактически подготовлен забой к концу предыдущей смены.

Полученные электродетонаторы должны быть проверены на соответствие их фактического сопротивления пределам, обозначенным на этикетках упаковки. Проводники электродетонатора должны быть замкнуты накоротко до момента монтажа их во взрывную сеть.

По прибытию взрывник должен проверить качество проветривания, состояние кровли, стенок выработки, число, глубину и правильность расположения шпуров, расстояния между ними.

Если в креплении и проветривании выработки имеются нарушения или параметры расположения шпуров не соответствуют паспорту БВР, то взрывник не должен приступать к заряданию до устранения обнаруженных нарушений.

Перед заряданием шпуры должны быть очищены от буровой мелочи для устранения возможности образования пересыпок между патронами. Очистка шпуров может осуществляться сжатым воздухом с помощью трубки-продувалки или забойником с металлическим лотком-чищалкой.

Запрещается зарядание шпуров, не очищенных от буровой мелочи, зажатых или искривленных, т. е. тех, в которых не исключается застревание патронов при досылке.

Мастер-взрывник должен проверить наличие материалов, необходимых для предусмотренных в паспорте БВР забойки шпуров и предохранительной среды (глины, песка, воды, ингибиторной забойки ПЗМ-3 и пакетов с ингибитором).

Давление жидкости при заполнении ампул должно быть не более 0,05 МПа. Поэтому мастер-взрывник должен убедиться в наличии приспособлений для заполнения полиэтиленовых ампул с водой (специального стационарного или переносного устройства или переносного бачка).

Механизмы, аппараты и кабели перед заряданием шпуров должны быть убраны из призабойного пространства или надежно защищены, чтобы при взрыве зарядов не повредить их разлетающимися кусками породы и не вызвать короткого замыкания, а также горения кабеля при включении тока, так как от последнего может произойти взрыв метано - и пылевоздушной смесей. На расстоянии 20 м от места взрыва выработка расчищается от всевозможных загромождений, затрудняющих проветривание забоя и выход из него.

Непосредственно перед заряданием шпуров (а также перед взрыванием зарядов и при осмотре забоя после взрывания) мастер-взрывник обязан измерить содержание метана в куполах и выработке на протяжении 20 м от забоя, а также в месте, откуда будет производиться взрывание (в месте укрытия). Замер концентрации метана должен производиться по всей площади сечения, но не ближе 10 м от забоя.

Кроме того, мастер-взрывник обязан проверить наличие орошения или осланцевания в выработках на протяжении 20 м от забоя (на шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли). Если при замере будет обнаружено наличие 1% и более метана и (или) отсутствие пылевзрывозащиты, то зарядание шпуров и взрывание зарядов запрещается до приведения забоя в состояние, допускающее безопасное ведение взрывных работ.

Непосредственно перед заряданием взрывник подает первый, «Предупредительный» (один продолжительный) сигнал, по которому люди, не связанные с ведением взрывных работ, выводятся в предусмотренные безопасные места с нормальным проветриванием и защищенные от обрушения и разлета обломков. В местах возможных подступов к забою выставляются посты охраны из специально проинструктированных дисциплинированных работников. Выработки с исходящей вентиляционной струей, по которым направляются газообразные продукты взрыва закрываются с запретом входа в них.

Подготовка зарядов ВВ, зарядание и монтаж взрывной сети производятся собственноручно взрывником. Патроны-боевики подготавливаются непосредственно у забоя. При проходке стволов их разрешается готовить на поверхности в зарядных будках и спускать по стволу отдельно от ВВ.

Порядок изготовления патронов-боевиков следующий: не разворачивая оболочки на одном из торцов патрона деревянной или медной (латунной) наколкой делают углубление, в него вводят электродетонатор, затем на патрон набрасывают петлю из детонаторных проводов и обвязывают его. Прессованные ВВ поставляются с готовыми отверстиями под электродетонатор.

После окончания зарядания шпуров и размещения сосудов (пакетов) в призабойном пространстве для создания предохранительной среды, удаляются помощники в укрытие и мастер-взрывник (лично) приступает к монтажу взрывной сети. Для

этого он соединяет одним из допущенных способов (в горизонтальных и наклонных выработках чаще всего последовательно) между собой проводники всех электродетонаторов шпуровых и распыляющих зарядов ВВ.

С момента монтажа взрывной сети со всех электроустановок и кабелей, находящихся в пределах зоны монтажа, т. е. в выработках, в которых монтируется электровзрывная сеть, напряжение должно быть снято (при сотрясательном взрывании электроэнергия отключается перед заряданием). Допускается не отключать находящиеся в пределах зоны монтажа осветительные электрические сети и вентиляторы местного проветривания.

После проверки целостности взрывной сети в призабойном пространстве два свободных конца детонаторных проводов подсоединяют к выводным, а те - к магистральным проводам, замкнутым накоротко на другом конце (при сотрясательном взрывании выводные провода подсоединяют к постоянной взрывной магистрали). По пути движения к месту укрытия мастер-взрывник разматывает провода.

Места укрытия мастеров-взрывников должны находиться в выработках, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, и располагаться на безопасных расстояниях, регламентированных ЕПБ при ВР для конкретных условий взрывания.

После проверки исправности сети и определения ее сопротивления (из укрытия) мастер-взрывник подсоединяет магистральные провода к взрывному прибору, вставляет ключ в гнездо и дает второй сигнал – «Боевой» (два продолжительных). По этому сигналу производится взрыв (мастер-взрывник поворачивает ключ на «взрыв»).

Если взрыв не произошел, отсоединяют магистральные провода от источника тока и накоротко замыкают их концы. Ключ от источника тока берут с собой и не менее чем через 10 мин (независимо от типа электродетонаторов) разрешается подходить к месту взрыва для выяснения причины отказа. После устранения дефектов монтажа сети производят повторное взрывание.

После взрыва, проветривания выработки и личного осмотра места взрыва мастер-взрывник дает (если все в порядке) третий сигнал – «Отбой!» (три коротких), по которому рабочие возвращаются в выработку.

Допуск людей к месту взрыва для последующих работ может быть разрешен руководителем взрывными работами в данной смене, или мастером-взрывником только после того, как будет установлено, что работа в месте взрыва безопасна и содержание метана менее 2%..

При обнаружении отказавших зарядов мастер-взрывник должен известить об этом технический надзор и приступить немедленно к ликвидации отказов.

Если в отказавшем заряде имелись электродетонаторы и проводники их обнаружены, то они должны быть замкнуты накоротко.

В случае невозможности точно установить полноту взрыва погрузка породы или угля в месте предполагаемого отказа производится под наблюдением мастера-взрывника. Как только будет обнаружен отказавший заряд, мастер-взрывник удаляет рабочих и приступает к его ликвидации. Когда эти работы не могут быть закончены в данной смене, их продолжение поручают взрывнику очередной смены с соответствующей отметкой в наряд-путевке и журнале для записи отказов и времени их ликвидации.

Ликвидацию отказавших шпуровых зарядов разрешается проводить взрыванием зарядов во вспомогательных шпурах, пробуренных параллельно отказавшим на расстоянии не ближе 30 см. Число вспомогательных шпуров и места заложения должны определяться лицом технического надзора. Для установления направления таких шпуров разрешается вынимать из них забоечный материал на длину до 20 см от устья.

В выработках шахт, не опасных по газу или пыли, в случае обнаружения проводов электродетонаторов отказавшего шпурового заряда взрывнику разрешается из безопасного места проверить допущенными для этой цели приборами проводимость мостика электродетонатора и взорвать отказавший заряд в обычном порядке.

После ликвидации отказа осматривают горную массу и собирают обнаруженные ВМ отказавшего заряда, после чего допускают проходчиков к разборке и уборке породы вручную и устанавливают отсутствие остатков ВМ. Собранные ВМ сдают на склад.

## **13 Меры безопасности при передвижении и перевозке людей и транспортировании грузов по горным выработкам**

### **13.1 Основные опасности при работе подземного транспорта**

Подземный транспорт является важнейшим и одним из самых аварийно - и травмоопасных объектов и технологических процессов шахты. На подземный транспорт приходится в среднем свыше 31% аварий и около 20% случаев смертельного травматизма.

Потенциальная опасность эксплуатации подземного транспорта обусловлена подвижностью транспортных средств и их частей в условиях стесненного пространства, недостаточной освещенностью и повышенным уровнем шума затрудняющих ориентацию людей и т. п., а также несовершенством самих транспортных средств.

Наибольшее число несчастных случаев, около 69% от общего числа несчастных случаев на транспорте и подъеме, приходится на рельсовый подземный транспорт и более 16% - на конвейерный транспорт.

Среди технологических процессов на подземном рельсовом транспорте наиболее травмоопасной является локомотивная откатка, на которую приходится около 51% несчастных случаев. При этом более 38% несчастных случаев происходит при пешем передвижении по горным выработкам, 23% - связано с ездой на транспортных средствах, 15% - с управлением электровозом и около 8% - со сходом и последующей постановкой на рельсы подвижного состава. В среднем около 85% смертельного травматизма на рельсовом транспорте связано с организационными причинами, в т. ч. 54% - при передвижении по горным выработкам. Среди травмированных на рельсовом транспорте более 28% составляют работники шахтного транспорта и около 72% работники других участков шахт.

К техническим причинам травматизма на локомотивном транспорте относятся конструктивные несовершенства транспортных средств, например, плохой обзор из кабины аккумуляторных электровозов, ненадежное крепление батарейного ящика, неудовлетворительное освещение пути при маневровых работах, отсутствие на электровозах скоростемеров, несоответствие кабины

электровозов эргономическим требованиям, отсутствие специальной сигнализации и блокировок, ручная сцепка и расцепка вагонов, ручной перевод стрелок, обрыв тяговых и предохранительных канатов и несрабатывание парашютных устройств пассажирских вагонеток при условии их правильной эксплуатации.

Основные организационные причины, вызывающие травматизм при эксплуатации транспорта - неудовлетворительное поддержание горных выработок, рельсовых путей и захламление выработок, приводящее к уменьшению регламентированных зазоров и проходов для людей, эксплуатация неисправных транспортных средств и защиты, несоблюдение применения или неисправность предупредительной сигнализации и путевых знаков, превышение числа одновременно опускаемых или поднимаемых транспортных сосудов, использование нестандартных устройств и работа при неисправных стопорах и барьерах, нарушение технологии транспортирования, управления машинами и механизмами лицами, не имеющими права этого делать, слабая трудовая дисциплина, неудовлетворительное обучение безопасным приемам работы, недостаточный контроль за работой и пр.

Большое число несчастных случаев происходит по личностным причинам в результате неправильных, ошибочных, рискованных приемов работы и действий рабочих: езда на грузовых вагонетках, в кабинах электровозов вместе с машинистом; попытки сесть в пассажирский вагон или выйти из него во время его движения; нахождение людей на рельсовых путях или со стороны минимальных зазоров в откаточных выработках при пешем передвижении; нахождение на наклонных выработках при откатке грузов или доставке людей в людских вагонетках; постановка сошедших с рельсов вагонеток и электровозов подручными средствами; производство сцепки вагонеток без специальных приспособлений.

Травматизм машинистов электровозов вызывается следующими опасными действиями: превышением скорости, несвоевременным и резким торможением электровоза; управлением стоя или вне кабины; выпрыгиванием из кабины электровоза на ходу; троганием без сигналов или несвоевременной подачей сигналов.

На конвейерном транспорте 50% несчастных случаев обусловлены техническими причинами, остальные связаны с организационными причинами и личностными факторами неадекватного поведения работников.



Техническими причинами на конвейерном транспорте являются: отсутствие возможности регулирования скорости ленты вплоть до полной остановки для выполнения работ; несовершенство системы натяжения конвейерной ленты и загрузочных устройств конвейеров; неудовлетворительные конструкции по очистке ленты, расштыбовке и пр.

Организационными и личностными причинами являются: неисправность предупредительной сигнализации и пуск конвейера в работу без предупреждения; езда на конвейере, не оборудованном для перевозки людей; переход через конвейер в запрещенном месте; выполнение работ при работающем приводе или незаблокированном пускателе; работа вблизи натяжных и приводных головок конвейеров, не имеющих ограждений, неправильные приемы разгрузки скребковых конвейеров и т. п.

### **13.2 Общие требования к организации и средствам подземного транспорта**

На шахте должна быть, утвержденная главным инженером, схема конвейерного транспорта и главных откаточных путей, на которой указываются виды откаток, длина откаточных путей, разминовки и их ёмкости, пронумерованные стрелочные переводы, места посадки (высадки) людей, виды и длина конвейеров. Со схемой должны быть ознакомлены рабочие и должностные лица участка шахтного транспорта (УШТ).

Перевозка людей обязательна при расстоянии до места работы 1 км и более по горизонтальным, а по вертикальным и наклонным подготовительным выработкам, если разность между отметками конечных пунктов выработки превышает 25 м.

На действующих шахтах применяются, как правило, комбинированные транспортные системы: конвейерно-локомотивная, конвейерно-локомотивно-канатная или локомотивно-канатная с шириной рельсовой колеи 600 или 900 мм.

Для обеспечения безопасной и безаварийной работы необходимо использовать средства транспорта только в тех условиях и для тех целей, для которых они предназначены.

В выработках шахт, опасных по газу или пыли, должны применяться электровозы в рудничном взрывобезопасном

исполнении (РВ). При этом в выработках с исходящей струёй воздуха и тупиковых выработках, проветриваемых ВМП, шахт III категории, сверхкатегорных по газу и опасных по внезапным выбросам, на электровозах должны предусматриваться переносные (индивидуальные) автоматические приборы контроля содержания метана или электровозы должны иметь автоматическую газовую защиту.

Допускается применение аккумуляторных электровозов в рудничном исполнении повышенной надежности (РП) в откаточных выработках шахт I и II категории по газу или опасных по пыли, а также в откаточных выработках со свежей струёй воздуха шахт III категории, сверхкатегорных по газу и в таких же выработках на пластах, не опасных по внезапным выбросам, шахт, опасных по выбросам; в выработках со свежей струёй воздуха на шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа и суфлярными выделениями, при условии подхода их к очистным забоям на расстояние не ближе 50 м.

Откатка рудничными контактными и аккумуляторными электровозами в исполнении рудничном нормальном (РН) допускается во всех выработках шахт, не опасных по газу или пыли, в выработках со свежей струёй воздуха шахт I и II категории по газу или опасных по пыли.

Гировозы типа ГР-6 предназначены для транспортирования составов вагонеток со вспомогательными грузами и перевозки людей по выработкам с исходящей струей воздуха и подготовительным выработкам, проветриваемые ВМП, на шахтах III категории и сверхкатегорных по газу при содержании метана не более 1%; выработкам на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа и суфлярным выделениям.

Для транспортирования грузов по горизонтальным и наклонным выработкам с углом наклона до 30° применяют грузовые вагонетки с глухим кузовом ВГ-1,3;-1,4;-1,6;-2,5 и -3,3. Транспортирование вспомогательных грузов (железобетонных шпал, арочной крепи, сыпучих и пакетированных материалов и др.) следует осуществлять с использованием специальных поддонов, кассет и контейнеров типа 1К2,5, 2К4 и др. на универсальных платформах, созданных на основе вагонеток ВГ-1,4;-1,6;-2,5 или -3,3.

Для транспортирования горной массы по горизонтальным выработкам допускается применение секционных поездов типа ПС-1,5, ПС-3,5.

Перевозку людей по горизонтальным выработкам следует осуществлять в пассажирских вагонетках типа ВП12 или ВП18. В порядке исключения допускается перевозка людей в оборудованных сидениями грузовых вагонетках с глухим кузовом.

В выработках с углом наклона 5-30° наибольшее распространение получила канатная концевая откатка с использованием однобарабанных и двухбарабанных лебедок и малых подъемных машин типа Ц-1,2Х1,0, Ц-2,5Х2АР, 2Ц-2,5х1,2, IX3Х2.2АР и др.

Транспортирование горной массы и грузов осуществляют в грузовых вагонетках и платформах, спуск и подъем людей только в пассажирских вагонетках - головных и прицепных типа ВЛН1-10Г, ВЛН1-10П и др. При больших углах наклона до 80° спуск и подъема людей может производиться пассажирскими вагонетками типа ВНРЗ-6Г и ВНРЗ-6П.

Концевая откатка, предназначенная для спуска и подъема людей пассажирскими вагонетками, должна оборудоваться специальными людскими подъемами, располагаемыми в отдельных выработках. Это требование не распространяется на период проведения и ремонта наклонных выработок. Запрещается в одной наклонной выработке одновременная работа средств рельсового транспорта для спуска (подъема) людей и грузов.

Для обеспечения безопасности погрузо-разгрузочных и маневровых работ следует использовать по назначению серийно выпускаемое оборудование.

Передвижной штанговый безфундаментный с электрическим приводом толкатель ТКП предназначен для маневровых работ на погрузочных пунктах и приемно-отправительных площадках наклонных выработок. Электрогидравлическими толкателями ПТВ-1м; -2м; 3м и ТКПГ перемещают нерасцепленные составы при погрузке и разгрузке. С помощью безфундаментных реверсивных электрогидравлических толкателей ППГ и ОППЗ,3, являющимися составной частью автоматизированных комплексов погрузочных пунктов, обслуживаются нерасцепленные составы в процессе заполнения вагонов горной массой. Эти толкатели имеют две пары кулаков (толкающих и придерживающих), чем обеспечивается цикличность и безопасность проталкивания вагонеток.

Канатными толкателями ТКС16, ТКС22, ККТ1 и ККТ2 перемещают одиночные вагоны на расстояние 50-100 м.

Обмен вагонеток в клетях выполняют цепными толкателями типа ТЦК8-3,5;-4;5 и ТЦП8-4,5;-5. Когда по условиям безопасности применение цепных электрических толкателей невозможно, применяют пневматические толкатели с пневмоприводом.

На стационарных погрузочных пунктах и около опрокидывателей применяются стационарные толкатели типа ТЦС40, ТЦС60. Управление толкателями должно осуществляться из пунктов, расположенных в нишах или других местах, безопасных для обслуживающего персонала, при обязательном наличии блокировки, препятствующей одновременному включению опрокидывателя и толкателя.

На других погрузочных пунктах и для выполнения маневровых работ и откатки вагонеток в горизонтальных выработках допускается применение маневровых лебедок, имеющих скорость до 1 м/с, типа ЛВД24, ЛМВ24, ЛМП, МК и др. или электровозов.

Для транспортировки материалов и оборудования, а также для выдачи породы от ремонта и перекрепления в наклонных выработках могут применяться лебедки, отвечающие следующим требованиям: отношение диаметра барабана (шкива) к метру каната должно быть не менее 20 (допускается многослойная навивка каната на барабан); скорость движения каната на среднем радиусе навивки не должна превышать 1,8 м/с; лебедки должны иметь два тормоза, один из которых должен воздействовать на барабан (шкив); каждый из тормозов должен обеспечивать при заторможенном состоянии привода не менее чем двукратное отношение величины тормозного момента к статическому.

Обязательным является применение стопоров для остановки и удержания вагонеток, затворов для перекрытия межвагонеточного зазора, при скорости движения от 1 до 3 м/с.

Высокий уровень безопасности достигается при правильной эксплуатации автоматизированных комплексов типа ГУАПП, ГПК и др., технологично и конструктивно объединяющих все транспортные средства и агрегатов типа АГ или АП для обмена вагонеток в клетях.

Для выполнения вспомогательных работ следует применять средства малой механизации: самоставы вагонеток, специальные натяжные устройства конвейеров, тали (жаки) и др.

Ленточные конвейера типа 1Л80У, 1Л100У, 1ЛБ100, 2ЛУ120, 2ЛБ120 и др. предназначены для транспортирования горной массы по прямолинейным (в плане), горизонтальным и наклонным выработкам (уклонам и бремсбергам) с углом наклона от  $-16^{\circ}$  до  $+18^{\circ}$ .

Телескопические ленточные конвейеры типа 1ЛТП80У, ЛТ80У, ЗЛТ100У, ЗЛТ100У применяют для транспортирования угля от очистных забоев по прямолинейным (в плане) постоянно укорачивающимся (вслед за подвиганием забоев) горизонтальным и наклонным выработкам с углом наклона от  $-12$  до  $4-6^{\circ}$ .

Грузолюдские ленточные конвейера типа 2ЛЛ100 предназначены для транспортирования горной массы и перевозки людей по уклонам при углах наклона до  $+18^{\circ}$ .

Ленточные перегружатели типа УПЛ-2, ППЛ-1, Изгиб-1К и др., которые изготавливаются на базе обычных конвейеров, обеспечивают непрерывность погрузки горной массы в забоях подготовительных выработок.

Скребковые конвейеры СК38, С50, СП202, СП202, СП48М и др. предназначены для транспортирования угля, породы и горной массы из очистных и подготовительных забоев по горизонтальным и наклонным выработкам при длине транспортирования 120-300 м.

При откатке вагонеток (платформ) бесконечным и концевым канатами должны применяться сцепные и прицепные устройства, не допускающие самопроизвольного расцепления, а при откатке бесконечным канатом в выработках с углом наклона более  $18^{\circ}$ , кроме того, - контрцепи (контрканаты).

Сооружение и эксплуатация подвесных канатно-кресельных, монорельсовых и напочвенных дорог производится в соответствии с Инструкцией по безопасной эксплуатации подземных пассажирских подвесных канатных дорог, Временными требованиями безопасности при эксплуатации монорельсовых дорог в угольных шахтах и Инструкцией по безопасной эксплуатации рельсовых напочвенных дорог в угольных шахтах (НАОП 1.1.30-5.12-85).

Эксплуатация в шахтах транспортных машин с дизельным приводом осуществляется в соответствии с действующими нормативами и техническими требованиями для безопасной эксплуатации дизельных локомотивов (машин) в угольных шахтах.

Все путевые устройства, стрелочные переводы, сигналы, зазоры и проходы в горизонтальных и наклонных выработках, а также контактная сеть электровозной откатки не реже одного раза в месяц

осматриваются начальником внутришахтного транспорта и его заместителем и не менее двух раз в месяц - мастером.

Грузовые вагонетки, транспортные единицы секционных поездов, монорельсовых и напочвенных дорог немедленно подлежат изъятию из эксплуатации: с неисправными полускатами (расшатанными колесами, недостающими крепежными болтами и валиками, изогнутыми осями колесных пар и трещинами на осях, глубокими выбоинами на колесах и пр.); с неисправными сцепками, серьгами и другими тяговыми частями, а также со сцепками, сработанными сверх допустимой нормы; с неисправными буферами и тормозами; с неисправными запорными механизмами и неплотно прилегающими днищами вагонеток (секционных поездов) с разгрузкой через дно; с деформированными или разрушенными подвагонными упорами; с разрушенными или выгнутыми наружу более чем на 50 мм стенками кузовов вагонеток; с неисправными межсекционными перекрытиями секционных поездов.

### **13.3 Передвижение и перевозка людей по горным выработкам**

Регламентированные Правилами безопасности требования к минимальным площадям поперечных сечений выработок в свету должны соблюдаться в течение всего времени эксплуатации выработок по их назначению.

На шахте ежегодно должен разрабатываться график приведения горных выработок в соответствие с требованиями Правил безопасности. При этом должны пересматриваться паспорта крепления и перекрепления основных горных выработок, служащих для транспортирования грузов и передвижения людей, в целях создания запаса сечения, позволяющего при дальнейшей эксплуатации избежать их перекрепления.

Все действующие выработки должны ежемесячно осматриваться лицами сменного надзора участка, в чьем ведении эти выработки находятся, и ежедневно - начальником участка или его заместителями. При обнаружении нарушений крепи движение по этим выработкам запрещается до приведения их в безопасное состояние.

Проходы для людей не должны быть захламлены, обводнены и загромождены оборудованием или материалами. Оборудование на

стороне прохода людей должно размещаться в нишах. Тротуары, трапы, лестницы, переходные мостики должны быть исправными и чистыми.

Маршруты пешего следования должны выбираться так, чтобы было меньше переходов через составы вагонеток и места постоянных маневровых работ. Если маршрут следования пересекает транспортные выработки околоствольного двора, должна быть установлена предупредительная сигнализация на подходе к таким выработкам, движение составов и маневровые работы в них на время спуска и подъема смены должны прекращаться, выработки в местах движения людей должны быть свободны от подвижного состава.

Выход из лавы на откаточный штрек должен устраиваться на сторону свободного прохода непосредственно или посредством переходных мостков. Переходные мостики с перилами следует устанавливать также в местах перехода через конвейеры и рельсовые пути с интенсивной откаткой. Ширина мостков не менее 0,6 м, зазор между лентой и нижней частью мостика должен быть не менее 0,8 м.

Параллельно уклонам и бремсбергам проводят людские ходки. Наличие ходков необязательно при уклонах и бремсбергах, оборудованных конвейерами или трубопроводами и желобами, если кроме этих выработок имеется один или более выходов с горизонта, а уклон или бремсберг оборудованы под механизированную перевозку и пешее передвижение людей.

На нижних приемных площадках бремсбергов и уклонов (кроме оборудованных конвейерами) должны устраиваться обходные выработки. В местах пересечения бремсбергов и уклонов с промежуточными действующими выработками, по которым постоянно передвигаются люди, также должны проводиться обходные выработки или устанавливаться мостики.

В устьях наклонных выработок, в местах пересечений наклонных выработок с другими выработками должны устанавливаться барьеры, световые табло и знаки о запрещении передвижения людей в выработках во время откатки грузов.

Запрещается передвижение людей по наклонным выработкам, по которым производится откатка грузов вагонетками или другими откаточными сосудами. Передвижение по таким выработкам разрешается только при остановленной откатке.

Во время действия подъемных установок в наклонных выработках запрещается входить на площадки, на которых

производится сцепка и расцепка вагонеток, лицам, не участвующим в этой работе.

Не допускается проходить между вагонетками и перелезать через них во время движения состава, переносить громоздкие и длинные предметы по путям во время перевозки людей.

Должностные лица должны знакомить всех работающих на шахте с маршрутом следования до рабочих мест (включая поверхность шахты), а также с правилами поведения в пути. Особое внимание следует обращать на необходимость соблюдения осторожности в местах посадки в клетки, пассажирские вагонетки и другие виды механизированного транспорта и выхода из них, в местах пересечения транспортных выработок, в зоне маневровых работ и работающих средств транспорта.

Все работающие в шахте должны знать типовые сигнальные знаки, уметь подавать знаки остановки машинисту транспортных средств и уметь останавливать транспортные средства, работающие автоматически, без присутствия машинистов. Рабочие должны знать и соблюдать правила переноски и перевозки ручного инструмента и длиннономерных материалов.

Перевозка людей по горизонтальным выработкам в пассажирских вагонетках (поездах) должна производиться со скоростью движения, не превышающей 20 км/час. Ввиду того, что грузовые вагонетки не имеют тормозных устройств, снабжены жесткими кузовами и буферно-сцепными устройствами, скорость перевозки людей грузовыми вагонетками, оборудованными сидениями, ограничивается до 12 км/ч. В грузовой состав допускается включение одной пассажирской вагонетки. Эта вагонетка должна располагаться за локомотивом в голове состава и не должна быть сцеплена с платформой или вагонеткой с негабаритным грузом.

Пассажирские вагонетки оборудуют, как правило, тросовыми устройствами для подачи сигналов машинисту локомотива. Сигнальные устройства располагают в легкодоступных для пассажиров местах.

Запрещается перевозка в поездах с людьми инструментов и запасных частей, выступающих за борт вагонеток, взрывчатых, легковоспламеняющихся и едких материалов; прицепка грузовых вагонеток к людским составам, за исключением не более двух вагонеток в конце состава для перевозки инструмента в горизонтальных выработках; езда людей на локомотивах, в



необорудованных вагонетках, на платформах (площадках) и т. п. Допускается с разрешения машиниста электровоза проезд на локомотиве должностным лицам и стажерам машиниста локомотива при наличии второй кабины (сиденья).

Ежесменно перед началом перевозки людей машинист локомотива должен произвести осмотр вагонеток, причем особое внимание должно быть обращено на сцепные и сигнальные устройства, полускаты и тормоза. Результаты осмотра докладываются сменному руководителю работ (диспетчеру). Разрешение на перевозку людей записывается должностным лицом (диспетчером) в путевой лист машиниста локомотива.

Концевая откатка для спуска и подъема людей пассажирскими вагонетками, должна оборудоваться специальными людскими подъемами, располагаемыми в отдельных выработках. Это требование не распространяется, на период проведения и ремонта наклонных выработок. Запрещается в одной наклонной выработке одновременная работа средств рельсового транспорта для спуска (подъема) людей и грузов.

Пассажирские поезда (вагонетки) для перевозки людей по наклонным выработкам обязательно снабжаются парашютами, устройствами, медленно останавливающими поезд (вагонетку) в случае обрыва каната, прицепного устройства или сцепки, а также при превышении установленной скорости на 25%, например, при отказе тормозной системы подъемной машины (рис. 13.1).

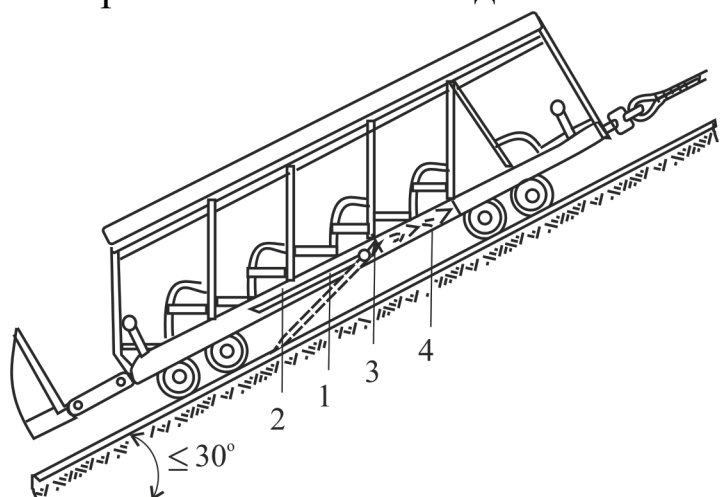


Рисунок 13.1 - Схема работы парашютного устройства пассажирской вагонетки

Срабатывание парашютного устройства происходит: при обрыве в результате освобождении от натяжения рычажной системы, при превышении скорости и натянутом канате - за счет воздействия на пружинный привод ограничителя скорости. При срабатывании парашютного устройства парашютный упор 1 внедряется в полотно

пути, тормозная каретка 2 останавливается, резцы 3 внедряются в брусья-амортизаторы 4 вагонетки и останавливают ее. Парашюты устанавливаются на каждой вагонетке и связываются общей тягой, обеспечивающей одновременность их действия. Возможность приведения в действие парашютов предусматривается также от ручного привода кондуктором, который во время перевозки людей должен находиться в кабине (передней части) головной по направлению движения вагонетки.

Вагонетки для перевозки людей по выработкам с углом наклона свыше  $30^\circ$  оборудованы парашютами с рельсовыми захватами для заклинивания на головках рельсов при торможении. В транспортном положении рельсовые захваты подняты над рельсами, во время торможения концы их опускаются ниже подошвы рельсов на 50 мм. Для таких вагонеток крепление рельсов к лежачкам или шпалам должно быть без металлических подкладок, не требуется устройство ручного привода парашютов, а также обслуживание специальным кондуктором.

Испытание парашютов производится при навеске вновь вводимых в эксплуатацию вагонеток и периодически не реже одного раза в 6 месяцев в соответствии с инструкцией (руководством) изготовителя.

Обязательным является соединение головных и прицепных вагонеток между собой двойными сцепками и снабжение световым сигналом головной вагонетки по направлению движения состава. У вагонеток, используемых для перевозки людей по двухпутевым выработкам, а также по выработкам, в которых посадочные площадки расположены с одной стороны, проемы с нерабочей стороны и междупутья, должны быть закрыты.

Поезд (вагонетка) обслуживается специально обученным горнорабочим (кондуктором), который во время перевозки людей должен находиться в кабине головной по направлению движения вагонетки.

Правилами безопасности допускается до завершения работ по проведению, углубке и капитальному ремонту наклонных выработок спуск и подъем людей по ним в клетях и специальных вагонетках без парашютных устройств, а также в переоборудованных скипах. Подъемный канат при этом подвергается обязательному инструментальному контролю, а конструкция специальных вагонеток или скипов и технологические схемы перевозки людей должны быть

согласованы с МакНИИ. Также разрешается при ремонтах людских ходков грузовую вагонетку прицеплять к незагруженному пассажирскому поезду при соблюдении следующих условий: скорость движения поезда не должна превышать 3 м/с; для прицепки грузовой вагонетки должны применяться заводского изготовления прицепные устройства; нагрузка на прицепное устройство головной пассажирской вагонетки и на подъемную машину (лебедку) не должна превышать расчетную; перевозка людей в пассажирском поезде (вагонетке) с прицепленной грузовой вагонеткой не допускается, за исключением лиц, занятых на ремонте данной выработки.

Ежесменно перед началом перевозки людей вагонетки и клетки, служащие для спуска и подъема людей по наклонным выработкам, а также парашютные и прицепные устройства и запанцировка каната должны осматриваться дежурным электрослесарем и горнорабочим (кондуктором).

Ежесуточно осмотр указанного оборудования и проверка парашютных устройств включением ручного привода должны производиться механиком подъема или должностным лицом. Такая же проверка один раз в месяц должна производиться главным механиком или должностным лицом, назначенным для этой цели.

Еженедельно пассажирские и специально оборудованные вагонетки должны осматриваться механиком участка шахтного транспорта с записью результатов осмотра в специальную книгу. Результаты осмотров заносятся в Книгу осмотра подъемной установки.

В наклонных выработках, оборудованных людскими и грузолюдскими подъемными установками, крепь и пути должны ежесуточно осматриваться ответственным лицом, назначенным приказом руководителя предприятия, а перед спуском (подъемом) смены рабочих порожние вагонетки (клетки) должны один раз пропускаться по выработке в оба конца. Результаты осмотров заносятся в Книгу осмотра подъемной установки.

На шахтах назначаются лица, ответственные за организацию перевозки людей по наклонным выработкам. Эти лица должны назначаться приказом руководителя предприятия.

Конвейеры для перевозки людей оборудуются в соответствии с Инструкцией по перевозке людей ленточными конвейерами в

подземных выработках угольных и сланцевых шахт (НПАОП 10.0-5.23-84).

Максимальный угол наклона выработки для перевозки людей конвейером не должен превышать  $18^\circ$ , скорость движения ленты 1,6 м/с, ширина ленты - не менее 800 мм. Перевозка осуществляется в обе стороны, в том числе вместе с горной массой: по верхней ветви ленты - вверх, по нижней - вниз.

Расстояние от верхнего полотна до кровли выработки, переходных мостков и других устройств должно быть не менее 1 м, а в местах установи площадок посадки и схода на протяжении 10 м - не менее 1,5 м. Площадки для посадки и схода людей состоят из опорного каркаса, настила, перил и ступенек до почвы выработки. Настил площадки схода располагается ниже, а площадки посадки выше или на одном уровне с лентой. При этом превышение площадок ленты или ленты площадок не должно быть более 50 мм. Длина площадок посадки не менее 1,5 м, схода - 8м, ширина площадок 0,7 м. Ролики конвейера у площадок ограждаются для предотвращения прикосновения с ними людей, зазор между лентой и площадкой перекрывается. Площадки схода и посадки устраивают также до и после места погрузки угля, между которыми прокладывают продольный, вдоль конвейера, трап с перилами.

Кроме предусмотренной схемой автоматизации конвейеры оснащаются дополнительными средствами безопасности (рис. 13.2): вдоль конвейера оборудуется тросовое устройство для экстренной остановки привода, которое располагается в выработке с неходовой стороны на высоте 200-400 мм от ленты; для предупреждения о подъезде людей к площадке схода на расстоянии 8-10 м перед площадкой подвешивают на раме, полосы конвейерной ленты, концы которых находятся над лентой на

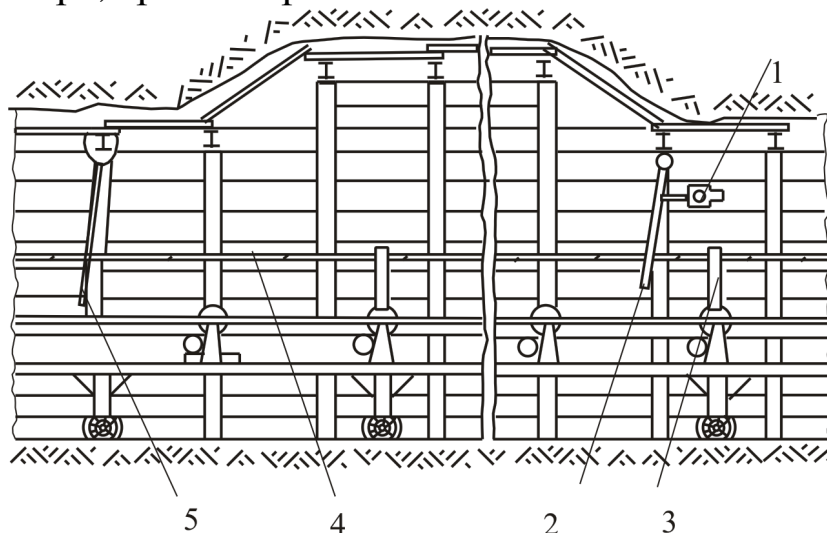


Рисунок 13.2 - Схема отключающего устройства  
1 — конечный выключатель типа ВКВ-380; 2 — щиток конечного выключателя; 3 - держатель; 4 — аварийный трос; 5 — полосы конвейерной ленты

высоте 300 мм; для отключения привода конвейера в случае проезда людьми площадок схода устанавливают на высоте 300 мм от ленты сплошной из конвейерной ленты шит - устройство отключения привода конвейера; на расстоянии 15 м от начала площадки схода устанавливается желтый свет, над площадкой схода - красный; конвейеры снабжаются датчиками бокового схода ленты и устройствами, отключающими конвейер при превышении скорости на 8%.

Перевозка людей разрешается после приемки конвейера специальной комиссией. Ответственность за безопасность перевозки людей возлагается на начальника участка, в ведении которого находится конвейерная линия, а в смене - на горного мастера, который перед началом смены обязан проверить исправность конвейерных установок. Начальник участка или его помощник обязан не реже одного раза в сутки производить осмотр крепления выработок, зазоров для прохода людей и средств безопасности, которыми оснащен конвейер.

Перевозка людей в течение суток осуществляется по графику, утвержденному главным инженером шахт. На каждом пункте посадки людей должна быть вывешена инструкция о порядке перевозки и правилах поведения людей с указанием значений сигналов. Световая и звуковая сигнализация подается при пуске и остановке конвейера.

Посадка на ленточный конвейер производится по одному человеку с соблюдением интервала не менее 5 м, а при перевозке людьми инструментов – 10 м. Перевозка инструментов массой не более 20 кг разрешается только в чехлах. Положение людей на ленте конвейера должно быть «лежа на локтях».

При ненормальном движении ленты (сход в сторону, рывки, дергание и т. п.) необходимо остановить конвейер средствами аварийной остановки и сойти с него. При срыве ленты все люди должны сойти с конвейера.

Во избежание несчастных случаев запрещается: посадка и сход вне площадок или когда последние неисправны; проезд с выключенными индивидуальными светильниками; перевозка горнорабочих, имеющих при себе взрывчатые материалы; перевозка людей на мокрых лентах конвейера при уклонах более 10°.

В прямолинейных выработках с углом наклона до 25° применяют дорогу МДК с замкнутым канатным тягово-несущим органом.

Перевозка людей осуществляется на подвесных сидениях, закрепленных на тяговом канате. В местах посадки и схода людей в выработке должны быть горизонтальные участки. Для экстренной остановки дороги служит располагаемый вдоль выработки кабельтроссовый выключатель.

### **13.4 Путьевое хозяйство. Безопасность откатки рельсовым транспортом**

Одной из основных причин схода с рельсов вагонеток и связанных с этим аварий и несчастных случаев является неудовлетворительное состояние рельсовых путей. Состояние рельсовых путей определяется соблюдением регламентированных Правилами безопасности требований к настилу рельсовых путей, расширений, радиусов закруглений, стрелкам и их переводам, износа головок рельсов и зазоров между ними и др.

Рельсовые пути горизонтальных выработок должны иметь уклон в сторону околоствольного двора не более 0,005. Такой уклон обеспечивает эффективный сток воды и уменьшает расход энергии локомотивами при доставке горной массы к стволам. Увеличение уклона приводит к повышению нагрузки при доставке грузов и порожняка на добычные участки, увеличению длины тормозного пути при движении под уклон и создает опасность самокатного движения незаторможенных вагонеток и локомотивов. Эксплуатация горизонтальных выработок с уклонами более 0,005, но не более 0,050 допускается по проекту и только в тех случаях, когда это связано с особенностями залегания и разработки угольных пластов.

В выработках с углом наклона больше  $10^\circ$  шпалы должны заглубляться в почву на  $2/3$  своей толщины. В этом случае балласт засыпается в канавку под шпалой слоем толщиной не менее 50 мм. В выработках с углом наклона до  $10^\circ$  шпальные ящики должны засыпаться балластом на  $2/3$  толщины шпалы.

Длина деревянных шпал должна быть не менее 1200 мм при ширине колеи 600 мм и не менее 1700 мм при колее 900 мм. При сроке службы выработки более 3 лет рекомендуется укладка рельсового пути на железобетонные шпалы.

Для подземных рельсовых путей должны применяться рельсы Р24, Р33 и Р38. В околоствольных дворах, главных откаточных выработках, наклонных стволах, уклонах и бремсбергах при

вагонетках емкостью до 2 м<sup>3</sup> должны применяться рельсы Р-24. При большей емкости вагонеток и в выработках с интенсивной откаткой должны применяться рельсы Р-33 и Р-38.

Износ головки рельса по вертикали снижает его прочность и приводит к касанию реборды колес головок болтов или гаек, что может привести к нарушению нормальной работы откатки. Рельсы необходимо заменять новыми при износе головки рельса Р-24 по вертикали более 12 мм, рельсов Р-33 более 16 мм и рельсов Р-38 более 20 мм.

Рельсы должны укладываться на клинчатых подкладках. Концы рельсов соединяют с помощью накладок и болтов или способом сварки. Стыки необходимо располагать так, чтобы на обеих нитках пути они находились один напротив другого.

Расстояние от стыка рельс до оси шпал принимается не более 200 мм. Стыковой зазор между рельсами должен быть не более 5 мм, превышение рельсов - не более 4 мм, отклонение рельсов от оси пути (излом) - более 50 мм на длине рельса менее 8 м.

Величины радиусов закруглений и переводных кривых обуславливают плавность вписывания подвижного состава в кривые рельсовых путей и его устойчивость. Радиусы закруглений рельсовых путей и переводных кривых во вновь вводимых выработках должны быть не менее 12 м для колеи 600 мм и не менее 20 м для колеи 900 мм. В действующих выработках разрешается эксплуатация рельсовых путей с закруглениями радиусом не менее 8 м для колеи 600 мм и не менее 12 м, а на сопряжении выработок, не предназначенных для локомотивной откатки, допускается закругление пути радиусом не менее четырехкратной наибольшей жесткой базы подвижного состава.

Во избежание схода вагонов или заклинивания скатов между рельсами допускается при укладке расширение пути против нормально установленной ширины рельсовой колеи на 4 мм и сужение не более чем на 2 мм. В процессе эксплуатации расширение пути не должно превышать 15 мм на прямолинейных участках и 10 мм - на криволинейных.

Неисправность стрелочных переводов является одной из причин схода локомотива и вагонеток с рельсов, поэтому не допускается эксплуатация стрелочных переводов при сбитых, выкрошенных и изогнутых остриях, разъединительных стрелочных тягах, замыкания стрелок с зазором более чем 4 мм между острием и рамным рельсом,

отсутствии фиксации положения стрелочных переводов и открытых канавах стрелочных переводов.

Механические и ручные приводы стрелочных переводов откаточных путей устанавливаются со стороны людского прохода с таким расчетом, чтобы расстояние от наиболее выступающей части привода до кромки подвижного состава было не менее 0,7 м. При недостаточной ширине выработки приводы устанавливаются в нишах.

Применение стрелочных переводов с дистанционным управлением способствует снижению травматизма. Потому постоянно используемые стрелочные переводы в околоствольных дворах, на пересечениях главных откаточных выработок (между собой и с участковыми) оборудуются дистанционным управлением из кабины движущего локомотива, на заездах наклонных откаточных выработок - дистанционным управлением с пультов.

При осмотрах горным мастером или специально назначенным приказом руководителя предприятия лицом должны замеряться ширина рельсовой колеи и превышение одного рельса над другим. Не реже одного раза в год должны производиться проверка износа рельсов и нивелирование профиля откаточных путей. Результаты нивелирования фиксируются службой главного маркшейдера шахты.

Тормозной путь состава на максимальном уклоне при перевозке грузов не должен превышать 40 м, а при перевозке людей - 20 м. В отдельных случаях в прямолинейных выработках с уклоном не более 0,005, освещенных стационарными светильниками допускается увеличение тормозного пути до 80 м при перевозке грузов и до 40 м при перевозке людей.

Локомотив во время движения должен находиться в голове состава. Нахождение локомотива в хвосте состава разрешается только при маневровых операциях, выполнять которые разрешается на участке протяжением не более 300 м при скорости движения не более 2 м/с. Разрешается заталкивание составов вагонеток к забою при проведении однопутевых подготовительных выработок на расстоянии не более 400 м.

Для светового обозначения идущего поезда на последней вагонетке устанавливается светильник с красным светом. В случае передвижения локомотива без вагонеток и отсутствия на локомотиве фары с красным светом светильник устанавливается на задней (по ходу) части локомотива. При нахождении локомотива в хвосте



состава мигающий или красного цвета светильник подвешивают на передней наружной стенке первой по ходу движения вагонетки.

При перевозке грузов не разрешается: проталкивание несцепленных составов, прицепка к локомотиву платформ или вагонеток с длинномерными материалами, а также платформ, груженых лесом или оборудованием; ручная сцепка и расцепка вагонеток во время движения состава, а также сцепка и расцепка крюковых сцепок без применения специальных приспособлений; сцепка и расцепка вагонеток в наклонных выработках и в выработках с самокатным уклоном и на закруглениях; оставлять подвижной состав на участках выработок, имеющих самокатный уклон; формирование составов из вагонеток со сцепками разных типов; проталкивание составов локомотивами с помощью стоек, распилов, досок, а также локомотивом, движущимся по параллельному пути; сцепка и расцепка вагонеток на расстоянии ближе 5 м от опрокидывателей, вентиляционных дверей или других препятствий; применение для затормаживания и удержания подвижного состава подручных средств; оставлять вагонетки, составы или локомотивы на разминовках ближе 4 м от рамного рельса стрелочного перевода.

При доставке длинномерных материалов и оборудования специально предназначенные для этих целей платформы и вагонетки должны быть сцеплены между собой жесткими сцепками. Длина жесткой сцепки выбирается с таким расчетом, чтобы между находящимися на смежных платформах длинномерным материалом или оборудованием выдерживалось расстояние, обеспечивающее прохождение состава на закруглениях и перегибах рельсового пути, но не менее 300 мм.

Управление толкателями на стационарных погрузочных пунктах и около опрокидывателей должно осуществляться из пунктов, расположенных в нишах или других местах, безопасных для обслуживающего персонала, при обязательном наличии блокировки, препятствующей одновременному включению опрокидывателя и толкателя.

При откатке концевыми канатами в наклонных выработках с горизонтальными заездами должны устанавливаться задерживающие стопоры, а ниже верхних и выше нижних приемных площадок и в заездах промежуточных выработок - барьеры с дистанционным управлением. При этом на верхних приемных площадках, заездах промежуточных выработок и в выработках с углом наклона до 10°

при небольшом числе вагонеток в составе могут устанавливаться барьеры жесткого типа, а в выработках длиной до 30 м, предназначенных для транспортировки вспомогательных материалов и оборудования, допускается применение барьеров с ручным управлением.

При откатке бесконечным канатом на путях грузовой и порожняковой ветвей ниже верхних и выше нижних, а также выше и ниже всех промежуточных площадок должны устанавливаться по два ловителя, один из которых - на расстоянии 5 м от приемной площадки, а второй - на расстоянии 5 м от первого.

На нижних и промежуточных приемных площадках, на горизонтальных участках выработок должны устраиваться ниши для укрытия работающих и размещения пультов управления и связи.

Постановка на рельсы сошедших с них вагонеток или локомотивов должна производиться в соответствии с Инструкцией по безопасной постановке шахтного подвижного состава на рельсы (НАОП 1.1.30-5.1-81). На каждом локомотиве, а также в околоствольном дворе и на приемно-отправительных площадках наклонных выработок должны находиться домкраты, самоставы или другие специально предназначенные средства для постановки на рельсы, а также тормозные башмаки и приспособления для сцепки и расцепки вагонеток.

При ручной подкатке на внешней стороне передней стенки вагонетки должен быть подвешен включенный специальный светильник. Расстояние между вагонетками при ручной подкатке должно быть не менее 10 м на путях с уклоном до 0,005 и не менее 30 м на путях с большим уклоном. При уклоне более 0,01 ручная подкатка запрещается.

### **13.5 Требования безопасности к контактной сети и зарядке аккумуляторных батарей**

Правила безопасности предъявляют дополнительные требования к перевозке людей и откатке грузов контактными электровозами.

Для откатки контактными электровозами допускается применение постоянного тока напряжением не выше 600 В. Питание шахтных контактных сетей может осуществляться от генераторов постоянного тока или от сети переменного тока промышленной частоты через выпрямители.

Контактная сеть постоянного тока в подземных выработках шахт должна соответствовать проекту, выполненному согласно требованиям Руководства по монтажу и эксплуатации контактных сетей подземного транспорта.

В тяговых подстанциях и зарядных установках электровозной откатки должна осуществляться защита от перегрузки, токов утечки на землю и короткого замыкания в преобразователях, трансформаторах и отходящих присоединениях, питающих контактную сеть. Для указанной цели должны применяться защиты без выдержки времени.

В контактных сетях защита от токов короткого замыкания осуществляется с помощью автоматических выключателей постоянного тока серий ВАБ и АВ, а также автоматических фидерных выключателей серии АФВ. Для более полного удовлетворения требований селективности и надежности отключения аварийного участка сети должна предусматриваться защита как для основной магистрали, так и для ее ответвлений. Поэтому автоматические выключатели должны устанавливаться во всех питающих кабелях ответвлений и на удаленных секциях основной магистрали.

Установки срабатывания токовой защиты должны выбираться, исходя из того, чтобы не нарушалась работа сети из-за толчков тока, возникающих при нормальной работе электровозов, и чтобы обеспечивалось надежное отключение минимального тока короткого замыкания на защищаемом участке сети.

Защита от токов короткого замыкания преобразовательных подстанций со стороны питания осуществляется с помощью устройств защиты, имеющихся в ячейках, а зарядных устройств - с помощью пускателей. Силовые цепи постоянного тока зарядных устройств защищаются с помощью встроенных устройств защиты.

В шахтной контактной сети обратным токоведущим проводом является рельсовый путь. Поэтому для уменьшения блуждающих токов за счет уменьшения сопротивления рельсового пути на стыках рельсов устанавливают электрические соединители.

На шахтах, где производится электровзрывание, все рельсовые пути, не предназначенные для откатки контактными электровозами, в местах соприкосновения с токоведущими рельсами должны быть электрически изолированы от последних в двух точках, отстоящих

одна от другой на расстоянии максимально возможной длины состава.

Высота подвески контактного провода на участке от ствола до места посадки людей в пассажирские вагонетки допускается не менее 2,2 м от головки рельса. На время спуска и подъема смены рабочих контактный провод на этом участке должен отключаться.

В местах меньшей интенсивности движения людей (на посадочных площадках в других горных выработках, на погрузочно-разгрузочных площадках, в местах пересечения выработок, в выработках, по которым передвигаются люди) подвеска делается на высоте не менее 2 м от головки рельса. Разрешается подвеска провода на уровне 1,8 м в выработках для механизированной перевозки людей и выработках, имеющих отдельное ходовое отделение.

Контактная сеть должна быть секционирована выключателями (допускается применение секционных разъединителей и автоматических выключателей, используемых в сетях переменного тока), расстояние между которыми не должно превышать 500 м. Секционные выключатели должны устанавливаться также на всех ответвлениях контактного провода. В контактных сетях двухколейных и многоколейных участков допускается параллельное соединение контактных проводов при помощи выключателей. При питании контактной сети от нескольких подстанций сети должны быть изолированы одна от другой.

Контактный провод в местах ремонта выработок, выгрузки (погрузки) длинномерных материалов и оборудования и на посадочных площадках должен отключаться на время выполнения этих работ и посадки (высадки) людей.

На погрузочных пунктах, посадочных, погрузочно-разгрузочных площадках и пересечениях выработок, по которым передвигаются люди, а также в местах выхода людей из лав, печей и других выработок, должны быть предусмотрены средства для отключения участка контактного провода. Места пересечения контактного провода с канатами, кабелями, трубами и т. п. должны выполняться таким образом, чтобы исключалась возможность их соприкосновения.

Заряд аккумуляторных батарей производится в зарядных камерах электровозных гаражей на заземленных зарядных столах. При этом допускается производить заряд аккумуляторных батарей на раме электровоза во временных камерах при подготовке новых горизонтов.

Для питания электродвигателей аккумуляторных электровозов применяются тяговые никель-железные (никель-кадмиевые) аккумуляторные батареи. Никель-железные (никель-кадмиевые) аккумуляторы, залитые электролитом (раствором едкой щелочи NaOH или KOH плотностью 1,18-1,21), способные выделять водород  $H_2$  и кислород  $O_2$  (электролитический газ). Смесь водорода с воздухом 4% и выше является взрывоопасной и легко воспламеняется электрическими искрами. Интенсивность выделения водорода из аккумуляторов зависит от режима их работы (заряд, разряд и саморазряд). Наибольшее количество водорода выделяется в режиме заряда аккумуляторов. Так, при полном заряде аккумуляторной батареи, состоящей из 126 никель-железных аккумуляторов емкостью 550 А-час, выделяется около  $15 \text{ м}^3$  водорода. Поэтому, чтобы избежать образования в окружающей рудничной атмосфере опасной концентрации водорода, зарядные камеры должны проветриваться. Для того, чтобы избежать разрушения аккумуляторов под воздействием избыточного давления электролитического газа крышки (пробки) горловин аккумуляторов должны быть в течение всего времени заряда открытыми, а для исключения образования местного скопления взрывчатой концентрации под крышкой батарейного ящика последняя должна быть полностью снята. В связи с высокой интенсивностью выделения водорода из аккумуляторов при их заряде последний должен производиться только при полностью снятой крышке батарейного ящика. Аккумуляторы и батарейный ящик разрешается закрывать только после прекращения газовыделения из аккумуляторов, но не раньше чем через час после окончания заряда, так как только по истечении этого времени происходит остывание электролита и прекращается интенсивное выделение электролитического газа в режиме саморазряда.

Батарейный ящик во время заряда батареи должен быть заземлен. Запрещается заряжать и эксплуатировать неисправные или загрязненные аккумуляторные батареи.

Поскольку принятые во взрывобезопасных батарейных ящиках конструктивные меры (естественная вентиляция батарейных ящиков в исполнении повышенной надежности РП, палладированные катализаторы для беспламенного окисления водорода и вентиляционно-разгрузочные устройства батарейных ящиков во взрывоопасном исполнении РВ) обеспечивают их взрывобезопасность только при условии содержания водорода не

более 2,5%, перед работой взрывобезопасного электровоза необходимо проверить содержание водорода в батарейном ящике (приборами автоматического контроля водорода типа ТП 1133 В или периодического контроля водорода типа ПКВ-2).

Перед выпуском аккумуляторной батареи из зарядной камеры необходимо также измерить ее сопротивление изоляции, которое не должно быть меньше 10 000 Ом, так снижение сопротивления изоляции ниже указанной величины приводит к опасному увеличению токов утечки, что может привести к искрению, короткому замыканию и пожару в батарее. Измерение сопротивления изоляции должно производиться в соответствии с Временными требованиями к сопротивлению изоляции электрооборудования рудничных аккумуляторных электровозов, находящихся в эксплуатации.

Автоматический контроль сопротивления изоляции при зарядке аккумуляторных батарей должен осуществляться реле контроля утечки, встроенными в зарядные установки.

В зарядных камерах всех шахт допускается использование аккумуляторных пробников общего назначения при условии измерения напряжения не ранее чем через 10 минут после снятия крышки с батарейного ящика.

В шахтах, опасных по газу и пыли, ремонт аккумуляторных электровозов, связанный со вскрытием электрооборудования, разрешается производить только в гараже.

### **13.6 Безопасность при работе конвейерного транспорта**

Для обеспечения безопасной эксплуатации ленточных конвейеров обязательным условием является прямолинейность выработки по всей длине става конвейера и отсутствие участков с резким изменением угла ее наклона в вертикальной плоскости.

В соответствии с требованиями Правил безопасности ленточные конвейера должны оборудоваться: датчиками контроля бокового схода ленты типа КСЛ, отключающими привод конвейера при сходе ленты в сторону более 10% ее ширины; устройствами по очистке лент и барабанов; тормозными устройствами; устройствами, улавливающими грузовую ветвь ленты при ее разрыве, или устройствами, контролирующими целостность тросов и стыковых соединений резиновых лент в выработках с углом наклона

более  $10^\circ$ ; средствами защиты, обеспечивающими отключение привода конвейера при превышении допустимого уровня транспортируемого материала в местах перегрузки, снижении скорости ленты до 75% номинальной (пробуксовка), превышении номинальной скорости ленты бремсберговых конвейеров на 8%; устройством для отключения привода конвейера из любой точки по его длине; средствами пылеподавления в местах перегрузок; средствами автоматического и ручного пожаротушения.

Сход конвейерной ленты может привести к разрушению ее бортов, воспламенению ленты (пожару) от трения о неподвижные элементы конвейера или выработки. Основными причинами схода ленты в сторону являются, неудовлетворительный монтаж (кривизна) конвейерного става, некачественная стыковка ленты (с перекосами), серповидность ленты, загрузка материала не по центру, налипание транспортируемого материала на барабаны и ролики, перекосы барабанов и роликоопор и наличие не вращающихся роликов.

Центрирование ленты может осуществляться регулированием положения концевых барабанов и роликоопор, которые следует разворачивать с выносом вперед той стороны, на которую сходит лента. Принцип работы специальных конструкций центрирующих роликоопор основывается, как правило, на использовании схода ленты для самоустановки роликоопоры в требуемое положение. Нижняя ветвь ленты достаточно эффективно центрируется при лотковой форме поддерживающих роликоопор.

Загрузочные устройства конвейеров должны направлять материал на середину ленты, способствовать поступательному движению загружаемого материала и снижению его вертикальной скорости до минимума, чтобы при этом исключалась возможность просыпания транспортируемого материала. При высоте свободного падения материала более 300 мм необходима установка направляющего лотка, располагаемого под углом  $45-65^\circ$  к горизонту. Для формирования потока материала перегрузочные устройства должны иметь направляющие борта с расстоянием между ними, равным примерно  $2/3$  ширины ленты. Длина направляющих бортов в зависимости от скорости движения ленты должна составлять: при скорости 1,6 м/с - 5,6 м; при 2 м/с - 7 м и при 3,15 м/с - 11 м. Нижняя кромка направляющих бортов должна иметь обортовку из огнестойкой резины не соприкасающейся с лентой.

Скребки очистных устройств должны быть прижаты к ленте контргрузами, пружинами и т. п. по всей ее длине. Для более эффективной очистки рекомендуется устанавливать несколько скребков подряд, в том числе из твердой эластичной резины. Эффективным средством очистки ленты в случаях транспортирования очень влажного угля, особенно с примесью липких пород, является смыв ее водой под высоким напором. Для предупреждения попадания между лентой и барабаном кусков угля, породы и посторонних предметов на нижней ветви ленты перед хвостовым барабаном устанавливаются сбрасыватели. Мощные магистральные конвейеры могут оснащаться специальными погрузчиками для погрузки на последующий конвейер удаляемого с ленты и барабанов штыба.

При отключении привода наклонного (более  $6^\circ$ ) конвейера возможно самопроизвольное движение ленты вниз из-за различного натяжения ее ветвей, что может привести к завалу грузом отдельных мест конвейера, поломке его узлов и явиться причиной травмирования людей. В уклонных конвейерах в качестве тормозных устройств могут быть применены колодочные и ленточные тормозы, а также обратные остановы, работающие по принципу механического зацепления и фрикционного заклинивания. Бремсберговые конвейеры снабжают тормозами колодочного типа.

Улавливание оборвавшейся конвейерной ленты производится ловителями, которые прижимают ленту к роlikоопорам (на грузо-людских конвейерах в целях безопасности людей только по краям ленты) при срабатывании датчиков, реагирующих только на обрыв ленты независимо от направления ее движения. В конструкции ловителей необходимо предусматривать устройство, отключающее привод конвейера при срабатывании ловителей. Для конвейеров, оснащенных резинотросовыми лентами, допускается вместо ловителей использовать устройство контроля прочности ленты по всей ее длине типа УКЦТ-1, УКПЛ-1, позволяющее осуществлять профилактическую проверку состояния тросовой основы, своевременно обнаруживать дефекты и предупреждать порыв ленты.

Превышение скорости бремсберговых конвейеров свыше 8% может вызывать неуправляемое движение ленты, сопровождающееся завалом мест перегрузки и нагревом тормозов до недопустимо высоких температур. Для предупреждения этих явлений на бремсберговых конвейерах применяют аппаратуру контроля скорости



типа УКСЛ-1 или АКП, которая подключается к управлению приводом.

Допустимой по условиям пожаробезопасности является температура нагрева приводных барабанов конвейеров  $65 \pm 10$  °С. Так как такая температура возникает при пробуксовках свыше 25%, то средства защиты должны отключать привод конвейера при снижении скорости ленты до 75% номинальной ее величины. Для этого используются датчики (реле) скорости типа УПДС, оборудованные устройствами блокировки, исключающими возможность повторного включения конвейера в случае превышения регулируемого параметра в установленных пределах. Выходной сигнал от датчика скорости (пробуксовки) поступает в цепи управления магнитной станции или пускатель.

Датчики контроля допустимого уровня загрузки транспортируемого материала (датчики заштыбовки) типа ДЗШ (или реле ИКС-2М) устанавливаются в местах перегрузки и подключаются к цепям управления приводом конвейера.

Линия экстренной остановки конвейера (кабель-троссовый выключатель КТВ) прокладывается вдоль конвейера со стороны прохода людей на высоте 1,8 м.

Для подачи звукового предупредительного сигнала перед пуском конвейера (конвейерной линии) длительностью не менее 5 с используется сирена звуковая ВССЗ и др.

Аппаратура автоматического или дистанционного автоматизированного управления конвейерными линиями типа АУК-10ТМ, БИСУК-1, РКЛД-2М и др., кроме вышеуказанных требований должна обеспечивать: включение каждого последующего конвейера в линии только после установления номинальной скорости движения тягового органа предыдущего конвейера; автоматическое отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер, а в линии, состоящей из скребковых конвейеров, при неисправности одного из них отключение, кроме того, и впереди стоящего; невозможность дистанционного повторного включения неисправного конвейера при срабатывании электрических защит электродвигателя, неисправности механической части конвейера (обрыв или заклинивание рабочего или тягового органа), при срабатывании защит из-за затянувшегося пуска конвейера, снижения скорости ленты до 75% номинальной (пробуксовка) и превышении номинальной скорости ленты бремсберговых конвейеров на 8%;

местную блокировку, предотвращающую пуск данного конвейера с пульта управления; отключение электропривода при затянувшемся пуске; двустороннюю телефонную или громкоговорящую связь между пунктами установки приводов конвейера и пультом управления; блокировку пуска конвейера при снятом ограждении; блокировку пуска конвейера при отсутствии давления воды в противопожарном ставе.

На конвейерах должны применяться неэлектростатичные ленты в огнестойком исполнении и только тех типов, которые указаны в заводской инструкции. Применение другого типа ленты допускается только с согласия завода-изготовителя конвейера. Соединение лент должно осуществляться: резиноканавчатых - методом горячей вулканизации; резиноканавчатых - методом горячей или холодной вулканизации или механическим способом с помощью П-образных или крючкообразных проволочных скоб. Запрещается соединять ленты с помощью заклепок внахлестку и шарнирами, а также соединять резиноканавчатые и синтетические ленты с резиноканавчатыми. Для горячей вулканизации служат переносные прессы типа ВГШ и ПВ.

Соединение лент методом холодной вулканизации осуществляется с помощью клея СВ-5 при нормальной температуре и давлении.

Запрещается ремонт, смазка движущихся деталей и очистка конвейеров во время их работы, работа при заштыбованном конвейере и неисправных и отсутствующих роликах, а также при касании лентой неподвижных элементов конвейерного става или крепи.

Осмотр конвейера, аппаратуры управления, роликов, натяжных и загрузочных устройств, ленты и ее стыков, а также устройств, обеспечивающих безопасность эксплуатации конвейера (тормозных устройств, средств улавливания ленты и др.), должен производиться ежемесячно горным мастером участка.

Осмотр и проверка работы аппаратуры управления и защиты (датчиков схода и пробуксовки ленты, уровня загрузки, экстренной остановки и др.), устройств, обеспечивающих безопасность эксплуатации конвейеров (тормозов, ловителей ленты, блокировки ограждений и др.), средств противопожарной защиты и наличия воды в противопожарном ставе должны производиться один раз в сутки механиком участка или специально назначенным лицом.

Ежемесячно стационарные конвейеры должны осматриваться механиком участка с записью в журнале осмотра.

Перед вводом в эксплуатацию и в дальнейшем один раз в год специализированная наладочная организация должна производить ревизию и наладку магистральных ленточных стационарных конвейерных линий.

В наклонных выработках, оборудованных конвейерами, разрешается настилка рельсового пути и установка лебедок, предназначенных для транспортирования материалов и оборудования. Одновременная работа конвейера и лебедки запрещается, что должно обеспечиваться соответствующими электрическими блокировками. Не допускается совмещение локомотивной откатки в выработках, оборудованных конвейерным транспортом, кроме случаев доставки грузов для обслуживания и ремонта выработок и конвейеров.

Несчастные случаи при обслуживании скребковых конвейеров происходят из-за несогласованности действий при передвижке и ремонте конвейера, передвижении по конвейеру, пуске конвейера без предупредительной сигнализации, производстве работ на конвейере при незаблокированной кнопке, при натяжении цепи с использованием двигателя конвейера или комбайна и различных подручных средств, срыве и развороте приводных и натяжных головок, непрочном закреплении распорными стойками, при расштыбовке нижней ветви конвейера вручную без его остановки, а также при передвижке (переноске) конвейера без применения специальных средств механизации этих работ и при выбивке стоек крепи без установки взамен других стоек.

Одним из направлений устранения этих, в основном организационных причин, является предписываемое Правилами безопасности использование для надежного закрепления головок, передвижки конвейера, его расштыбовки и натяжения цепи специальных приспособлений и устройств заводского изготовления.

## **14 Безопасность работы шахтных подъемов**

### **14.1 Опасности при работе шахтных подъемов**

Аварийность на шахтном подъеме составляет около 4%, а смертельный травматизм более 3% от общего числа аварий и случаев смертельного травматизма на шахтах.

При канатном подъеме в качестве подъемных сосудов в действующих вертикальных и наклонных выработках применяют скипы, клетки, опрокидные клетки, а в период проходки выработок - бадьи.

Основные опасности на канатном подъеме и спуске людей и грузов по вертикальным и наклонным выработкам следующие: падение в вертикальных или свободное скатывание в наклонных выработках грузовых и людских подъемных сосудов; удары и резкие остановки людских подъемных сосудов; падение в выработку перевозимых в сосудах грузов или иных предметов; падение людей.

Падение (свободное скатывание) подъемных сосудов, приводящее к травмированию людей, находящихся в подъемном сосуде или ниже сосуда, происходит при обрыве подъемных канатов или сцепок. Удары людских подъемных сосудов о крепь или армировку при несоблюдении установленных зазоров, а также удары и резкие остановки при переподъеме сосуда или напуске каната могут привести к серьезному травмированию людей, находящихся в подъемном сосуде. Падающие в выработку грузы и предметы опасны для работающих в ней и перевозимых людей. Очевидна также опасность падения людей в выработки при посадке в подъемный сосуд, высадке из него или при его движении.

Меры безопасности эксплуатации канатных подъемов заключаются в предотвращении возникновения перечисленных опасностей и предупреждении травмирования людей в случаях возникновения этих опасностей.

Эти меры реализуются путем применения в подъемных установках специальных средств защиты, блокировки, автоматизации, сигнализации, осуществления систематического контроля за состоянием установок и организации их безопасной эксплуатации.

## **14.2 Основные требования безопасности к канатным подъемам**

Максимальные скорости подъема и спуска людей в клетях по вертикальным выработкам не должны превышать 12 м/с, по наклонным выработкам в вагонетках не более 5 м/с. Ограничивается также скорости спуска и подъема грузов в бадьях и негабаритных грузов в зависимости от вида выработки и подъема.

В каждой подъемной машине должно быть предусмотрено рабочее и предохранительное механическое торможение с независимым друг от друга включением привода. Рабочее торможение используется при нормальном режиме работы подъема, предохранительное - при отключении от нормального режима. Предохранительное торможение подъемной машины должно осуществляться как машинистом, так и автоматически. При включении предохранительного тормоза подъемный двигатель отключается от сети. Всякое размыкание цепи защиты независимо от его длительности должно вызывать предохранительное торможение, действие которого может быть прекращено только машинистом или обслуживающим подъем персоналом.

Продолжительность холостого хода предохранительного тормоза действующих подъемных машин не должна превышать: 0,5 секунды - при пневмогрузовом приводе; 0,6 секунды - при гидрогрузовом приводе; 0,3 секунды - при пневнопружинном и гидропружинном приводах.

Время срабатывания тормоза, независимо от типа привода тормоза, не должно превышать 0,8 секунды. Для подъемных машин со шкивами трения, оснащенных системами избирательного или автоматически регулируемого предохранительного торможения, это требование распространяется только на режим спуска груза (противовеса). Для проходческих лебедок продолжительность холостого хода не должна превышать 1,5 секунды.

Подъемные машины, предназначенные для спуска людей, должны иметь электрический привод, работающий в период замедления в режиме электродинамического торможения. Система электрического торможения в случае нарушения ее схемы должна воздействовать на предохранительный тормоз.

Величина среднего замедления подъемной установки, как при предохранительном, так и при рабочем торможении при подъеме груза в зависимости от угла наклона выработки должна находиться в пределах  $0,8 - 5,0 \text{ м/с}^2$ . Величина среднего замедления установки при предохранительном торможении при спуске груза должна быть не менее  $0,75 \text{ м/с}^2$  при углах наклона выработок до  $30^\circ$  и не менее  $1,5 \text{ м/с}^2$  при углах наклона выработок более  $30^\circ$ .

К числу аварийных ситуаций, создающих опасность для людей, относится превышение безопасной высоты переподъема. Ею считается высота, на которую свободно может подняться подъемный

сосуд от нормального верхнего положения при разгрузке или посадке людей до соприкосновения верхнего жимка каната с ободом направляющего шкива или отдельных частей сосуда с элементами копра. Для опрокидных клетей при подъеме и спуске людей и отсутствии отвода разгрузочных направляющих безопасной высоты переподъема считается высота, на которую может подняться клеть от нормального положения при посадке людей до начала поворота платформы клетки. Превышение безопасной высоты переподъема в этом случае создает опасность опрокидывания сосуда с людьми.

Для защиты от переподъема и превышения скорости шахтная подъемная установка должна быть снабжена следующими предохранительными устройствами:

- концевым выключателем, установленным в выработке или на копре и предназначенном для включения предохранительного тормоза при подъеме сосуда или противовеса на 0,5 м и выше уровня верхней приемной площадки и дублирующим концевым выключателем на указателе глубины;

- ограничителем скорости, вызывающим включение предохранительного тормоза, если скорость подхода подъемных сосудов к приемным площадкам при подъеме людей превышает 1 м/с, а при подъеме груза - 1,5 м/с и в случае превышения скорости равномерного подъема на 15%;

- амортизирующими устройствами, устанавливаемыми на копре и в зумпфе ствола с многоканатной подъемной установкой.

Замедления сосудов, создаваемых амортизаторами предохранительных устройств, не должны превышать пределов, безопасных для человека. При торможении сосудов, движущихся вниз, возникает общая перегрузка организма. Безопасной считается 5-кратная кратковременная перегрузка, т. е. замедление, не превышающее  $50 \text{ м/с}^2$ . При торможении сосудов, движущихся вверх, возникает опасность травмирования людей при отрыве их от пола. Замедление в этом случае не должно превышать  $20 \text{ м/с}^2$ .

Шахтные подъемные установки должны быть оборудованы следующими защитными и блокировочными устройствами:

- блокировкой от чрезмерного износа тормозных колодок, срабатывающей при увеличении зазора между ободом барабана и тормозной колодкой более чем на 2 мм;

- максимальной и нулевой защитой;

- защитой от жесткой посадки клетей людского и грузолюдского подъемов;

- устройством блокировки предохранительных решеток, исключающим возможность их открывания до прихода подъемного сосуда на приемную площадку и включающим сигнал «стоп» у машиниста при открытых решетках.

- устройством блокировки, позволяющим включать двигатель после переподъема сосуда только в сторону ликвидации переподъема;

- устройством блокировки, не допускающим снятия предохранительного тормоза, если рукоятка рабочего тормоза не находится в положении «заторможено», а рукоятка аппарата управления (контроллера) - в нулевом положении;

- устройством блокировки, обеспечивающим остановку бадьи при подходе ее к нулевой площадке с закрытыми лядами, а также устройством блокировки, обеспечивающим при проходке ствола остановку бадьи за 5 м до подхода ее к рабочему полку и при подходе к забою ствола;

- устройством, подающим сигнал машинисту и стволловому при выдергивании тормозных канатов в месте их крепления в зумпфе;

- устройством, подающим сигнал машинисту при недопустимом поднятии петли уравнивающего каната;

- дублирующим ограничителем скорости или устройством, обеспечивающим контроль целостности передачи от вала подъемной машины к указателю глубины;

- устройством, сигнализирующим машинисту о положении качающихся площадок и посадочных кулаков;

- автоматическим звонком, сигнализирующим о начале периода замедления.

Предохранительные решетки для предупреждения перехода людей через подъемные отделения должны быть установлены перед стволами на всех горизонтах шахты.

На промежуточных горизонтах запрещается применение посадочных кулаков.

Все промежуточные, нижние и верхние приемные площадки вертикальных стволов, по которым производится подъем и спуск грузов в вагонетках, а также площадки перед опрокидывателем должны быть оборудованы стопорными устройствами, обеспечивающими единичную дозировку и предотвращающими

произвольное скатывание вагонеток. При подъеме и спуске людей, а также при работе подъема в режиме «ревизия» механизмы обмена грузов (вагонеток) на всех приемных площадках ствола должны автоматически отключаться.

К опасным явлениям при эксплуатации подъемных установок относится напуск головного каната, который происходит при застревании опускающегося подъемного сосуда. При отсутствии натяжения каната сосуд либо свободно падает в ствол, либо обрывает его, либо практически мгновенно останавливается, в результате чего могут быть травмированы находящиеся в нем люди. Напуск тем опаснее, чем больше его величина. Каждая подъемная установка должна иметь защиту от провисания струны каната и от напуска его в ствол. Защита от провисания осуществляется с помощью концевых выключателей, приводимых в действие поперечным тросом, протянутым под струной подъемного каната.

Для обеспечения строго направленного движения и исключения качаний или кручения подъемные сосуды снабжены направляющими башмаками, которые скользят по проводникам. Проводники являются элементами армировки стволов и могут быть жесткими или эластичными. В качестве жестких проводников применяют рельсы, металлический коробчатый профиль или деревянные брусья, в качестве эластичных - канаты. Направляющие башмаки на подъемных сосудах могут быть скользящими жесткими или упругими - в виде подпружиненных роликовых опор. Достоинство подпружиненных роликовых опор состоит в том, что они находятся в постоянном контакте с проводниками, тогда как по мере износа контактных поверхностей жестких направляющих башмаков скольжения и проводников зазор между ними увеличивается. Однако упругие направляющие менее надежно удерживают подъемные сосуды от боковых смещений. Поэтому их применяют только в сочетании с жесткими башмаками, которые служат в качестве предохранительных. Их устанавливают непосредственно на несущей конструкции подъемного сосуда.

Зазоры между контактными поверхностями направляющих башмаков и проводников строго регламентируются в зависимости от типа и материала проводников и направляющих. Суммарный зазор между направляющими башмаками скольжения подъемного сосуда (противовеса) и проводниками при их установке должен составлять: на базовой отметке для рельсовых проводников - 10 мм, для



деревянных - 20 мм; по глубине ствола для рельсовых проводников -  $10\pm 8$  мм, для деревянных -  $20\pm 10$  мм. Суммарный зазор между контактными поверхностями предохранительных башмаков скольжения проводников при их установке должен составлять на базовой отметке: для рельсовых проводников - 20 мм; для проводников прямоугольного сечения - 30 мм.

Уменьшение зазоров ниже регламентированных повышает опасность ударов на стыках проводников или заклинивания сосудов; увеличение зазоров повышает опасность лобового (по отношению к проводникам) качания сосуда или выхода башмаков из зацепления с проводниками. Увеличение зазора происходит за счет износа, как направляющих башмаков, так и проводников. Так как башмаки изнашиваются быстрее проводников, при достижении предельного зазора первоочередной замене подлежат башмаки. При этом должен быть обеспечен первоначальный минимальный зазор, т. е. компенсирован износ, как башмака, так и проводника.

Башмаки скольжения либо их сменные вкладыши подлежат замене при износе контактных поверхностей свыше 8 мм на сторону.

Суммарный износ проводников и башмаков на сторону не должен превышать: для рельсовых проводников - 10 мм; для деревянных - 18 мм. При этом допускается общий износ боковых поверхностей башмака и рельсового проводника двустороннего расположения до 20 мм.

Проводники подлежат замене при износе на сторону: рельсовые - свыше 8 мм; деревянные - свыше 15 мм; коробчатые - свыше половины толщины стенки. При этом допускается суммарный боковой износ рельсовых проводников при их двустороннем расположении относительно сосудов до 16 мм.

Износ полки, соединяющей головку рельсовых проводников с подошвой, допускается не более чем на 25% номинальной ее толщины.

При парашютах резания деревянные проводники в стволе подлежат замене при суммарном их износе свыше 20 мм.

Полная инструментальная проверка износа металлических проводников должна производиться на каждом ярусе армировки через один год, деревянных - через шесть месяцев.

Для предотвращения ударов подъемных сосудов друг о друга, о крепь и элементы армировки регламентируются минимальные величины зазоров между выступающими частями подъемных сосудов,

крепью и армировкой в зависимости от вида подъема, крепи и армировки, а также возможного износа проводников и направляющих устройств.

Канаты на подъемно-транспортных установках должны отвечать требованиям государственных стандартов Украины (ДСТУ) или технических условий (ТУ). Применение импортных канатов допускается после проведения соответствующих сертификационных испытаний и выдачи заключения.

Определенные ограничения накладываются на применение канатов в зависимости от марки и назначения. Применение канатов с горючей оболочкой в шахтных стволах не допускается. Запрещается применение канатов одинарной свивки из круглых проволок для навески проходческого оборудования, а также закрытых подъемных канатов в качестве проводников бадьевого подъема. На одноканатных подъемных установках с канатными проводниками для обоих подъемных сосудов должны навешиваться головные канаты одного диаметра, конструкции и направления свивки. На каждом многоканатном подъеме, независимо от его назначения, должно быть не менее двух уравновешивающих канатов.

Подъемные и тяговые канаты людских и грузолудских подъемнотранспортных установок должны быть грузолудскими марок ВК и В, остальные не ниже марки I. Качество каната определяется механическими свойствами проволок и указывается в заводском акте-сертификате.

Все подъемные канаты перед навеской должны быть испытаны в МакНИИ. Испытанию подлежат отрезки каната длиной не менее 1,5 м. Пригодность канатов для использования определяется величиной запаса их прочности. Регламентированный запас прочности канатов установлен на основе опыта эксплуатации подъемных установок и обеспечивает безопасность при нормальных режимах их работы

При навеске канаты должны иметь запас прочности не ниже 9-кратного для людских и аварийно-ремонтных подъемных установок с машинами барабанного типа, 8-кратного - для людских, грузолудских и грузовых одноканатных и людских и грузолудских многоканатных подъемных установок со шкивами трения, 7,5-кратного - для грузолудских подъемных установок с машинами барабанного типа и грузолудских трехканатных со шкивами трения, не оборудованных парашютами. Менее значимые значения запаса

прочности, но не менее 3-х кратного, регламентированы для канатов другого назначения (канаты для подвески грузчиков (грейферов) в стволе и проходческих люлек, грузовых). Для канатов, специально предназначенных для восприятия динамических нагрузок (тормозные и амортизационные канаты парашютов), установлен 3-кратный запас прочности по отношению к динамической нагрузке.

В процессе эксплуатации канат подвергается износу за счет коррозии, трения, воздействия на него статических и динамических нагрузок и ударов случайно падающих в ствол предметов. По мере износа каната запас его прочности снижается, и опасность обрыва возрастает. Поэтому канат должен подвергаться повторным испытаниям на канатно-испытательных станциях через каждые 6 месяцев с момента навески. Первое такое испытание канатов грузовых подъемов может производиться через 12 месяцев.

Канат должен быть снят и заменен другим, если при повторном испытании: запас его прочности окажется ниже 7-кратного для людских, 6-кратного - для грузолудских и 5-кратного - для грузовых подъемов; суммарная площадь проволок, не выдержавших испытания на разрыв и перегиб, достигает 25 % от общей площади поперечного сечения всех проволок каната.

На канаты вертикальных стволов глубиной более 600 м распространяется только последнее требование.

Помимо периодических испытаний канатов проводится визуальный и инструментальный систематический надзор за ними. При этих видах надзора устанавливается общее число оборванных проволок по длине каната, число обрывов на одном шаге свивки в наиболее поврежденных местах и утонение каната.

Допустимые нормы обрывов проволок и утонения регламентируются для каждого типа каната. При превышении этих норм канаты подлежат замене. Проверка каната производится электромагнитным прибором типа ИИСК (измеритель износа стального каната).

Так как испытаниями и проверками невозможно определить истинную прочность любого участка каната по всей его длине, то устанавливаются предельные сроки службы, разные для канатов различного типа и назначения. Например, на подъемах со шкивами трения предельный срок службы подъемных канатов составляет 2 года, тормозных и амортизационных - 4 года, проводниковых - 4 года, а проводниковых закрытой конструкции - 15 лет.

В качестве канатных проводников применяют канаты закрытой конструкции или оцинкованные, обладающие наибольшей стойкостью против истирания и коррозии. На установках с канатными проводниками головные канаты обоих подъемных сосудов должны быть одного диаметра, конструкции и свивки. Такие канаты воздействуют на подъемные сосуды с одинаковым по величине и направлению крутящим моментом и вызывают одинаковый поворот подъемных сосудов, что сохраняет установленный зазор между ними.

Подвесные устройства для присоединения канатов к подъемным сосудам должны иметь достаточную прочность и предупреждать возможность закручивания сосуда или каната.

Клетки для людских и грузоподъемных одноканатных подъемов должны иметь двойную независимую подвеску. Крепление головных и нижних уравнивающих канатов к сосудам и противовесам должно осуществляться не менее чем в двух точках.

Каждое подвесное устройство подъемов, служащих для спуска-подъема людей, должно изготавливаться с 13-кратным запасом прочности по отношению к максимальной статической нагрузке, с 10-кратным для подвесных и прицепных устройств сосудов вертикальных и наклонных подъемов с концевыми канатами независимо от их назначения. Большой, чем для канатов, запас прочности подвесных устройств принимается из-за отсутствия надежных методов контроля их состояния в процессе эксплуатации. Общий срок эксплуатации подвесного устройства не должен превышать пяти лет.

Нижние уравнивающие канаты во избежание их скручивания в петлю должны присоединяться к подъемным сосудам через вертлюг. Наиболее целесообразно в качестве уравнивающих применять малокрутящиеся либо плоские канаты.

Износ каната и возникающие в нем напряжения изгиба тем выше, чем меньше диаметр органов навивки (барабанов и шкивов). Поэтому определено минимально допустимое соотношение между диаметром барабанов и направляющих шкивов подъемных машин и диаметром каната. Нормы установлены, исходя из опыта эксплуатации подъемов, и дифференцированы по видам и назначению подъемных установок (от 20 до 120).

Наименьший износ каната и наименьшая вероятность его заклинивания или срыва с барабана обеспечиваются при

однослойной навивке каната на барабан. Поэтому для всех людских и грузоподъемных подъемов (кроме проходческих) допускается лишь однослойная навивка. Двухслойная навивка допускается для грузовых подъемов с машинами, установленными на поверхности, а трехслойная - на отдельных эксплуатационных подъемах и при проходке выработок. При двух - или трехслойной навивке для предотвращения срыва каната реборда барабана должна выступать под верхним слоем на 2,5 диаметра каната. Для снижения износа и вероятности обрыва каната в наиболее опасном месте - при переходе каната с нижнего ряда на верхний - ведется усиленное наблюдение за этим участком и осуществляется передвижка каната на 1/4 витка через каждые 2 мес.

Для ослабления напряжения каната в месте его прикрепления к барабану на поверхности последнего должно быть не менее трех витков трения при наличии футеровки фрикционными материалами и не менее пяти витков трения при ее отсутствии. Число витков зависит от величины силы трения каната о футерованные и нефутерованные поверхности. Кроме витков трения, должны быть запасные витки для периодических испытаний каната.

Независимо от числа слоев навивки футеровка барабанов должна иметь нарезанные канавки для каната в целях уменьшения его износа и предотвращения неравномерной навивки.

Во избежание срыва каната реборды направляющих шкивов должны выступать над канатом не менее чем на 1,5 его диаметра.

Установки для спуска и подъема людей, за исключением многоканатных с числом канатов четыре и более, оборудуются устройствами (парашютами) для улавливания, плавного торможения и остановки клетей и противовесов в аварийных ситуациях (обрыв подъемного каната, подвесного устройства и напуск подъемного каната).

Испытание парашютов производится не реже одного раза в 6 месяцев. Парашютные устройства должны заменяться новыми одновременно с заменой клетки. Парашюты с захватами за тормозные канаты подлежат замене не реже чем через пять лет.

Опыт эксплуатации многоканатных подъемных установок показывает, что одновременный обрыв четырех и более канатов невозможен, поэтому необходимость в парашютных устройствах на таких установках отсутствует.

Меры безопасности при бадьевом подъеме в основном не отличаются от таковых при действующих эксплуатационных подъемах.

При проходке, углубке и капитальном ремонте вертикальных и наклонных стволов допускается спуск и подъем людей с помощью временных подъемных сосудов без парашютных устройств. При проходке вертикальных выработок спуск и подъем людей могут производиться в бадьях, кроме бадей, разгружающихся через дно. Подъем в самопрокидывающихся бадьях разрешается лишь при наличии блокировки, препятствующей подъему бадьи выше нижней приемной площадки.

Для исключения раскачивания бадей они должны оборудоваться направляющими рамками,двигающимися по направляющим проводникам, или в отделениях, обшитых досками на всем протяжении. Движение бадей без направляющих или обшивки подъемного отделения допускается на расстоянии не более 20 м от забоя, а при использовании проходческих агрегатов - не более 40 м.

Чтобы предупредить кручение бадьи при движении в прицепное устройство ее включают вертлюг и применяют малокрутящиеся канаты, кручению бадьи препятствует также направляющая рамка.

Для предохранения рабочих от случайно падающих предметов над бадьями устанавливаются защитные зонты.

С целью предупреждения падения людей посадка и высадка их на полках и натяжных рамах могут производиться только тогда, когда борт бадьи находится на уровне раструба, а на промежуточных горизонтах посадка и высадка должны производиться с откидных площадок. Число людей, одновременно находящихся в проходческой бадье, не должно превышать четырех на 1 м<sup>2</sup> днища.

При глубине ствола более 400 м обязательна установка отбойных канатов или других устройств, предупреждающих возможность столкновения бадей. Эти устройства не требуются, если зазоры между средним и направляющими канатами составляют не менее 250 мм.

Подвесные устройства должны испытываться на двойную концевую нагрузку перед их навеской и не реже одного раза в 6 месяцев в процессе эксплуатации. Замена подвесных устройств новыми предусматривается не реже чем через два года. Подвесные устройства должны иметь приспособления, исключающие самопроизвольную отцепку бадьи.

При подъеме и спуске людей в бадьях по направляющим скорость их движения не должна превышать 8 м/с, а при отсутствии направляющих - 1 м/с, при подъеме и спуске грузов в бадьях - соответственно не более 12 и 2 м/с.

Требования Правил безопасности к канатам, подъемным машинам и лебедкам, их защитным и блокирующим устройствам те же, что и при эксплуатационных подъемах.

### **14.3 Сигнализация и связь на шахтном подъеме**

Каждая подъемная установка вертикальных стволов должна быть снабжена устройством для подачи сигнала от стволового к рукоятчику и от рукоятчика к машинисту, а также ремонтной сигнализацией, радиосвязью, используемой при осмотре и ремонте ствола, подъемных сосудов и элементов копрового станка.

На людских и грузолудских вертикальных и наклонных подъемных установках (с углом наклона выработки более 50°), кроме рабочей и ремонтной сигнализаций, должна предусматриваться также и резервная с обособленным питанием.

При подъеме людей из шахты скипами в аварийных случаях должна быть обеспечена возможность подачи сигналов с посадочной площадки на верхнюю приемную площадку и с верхней приемной площадки машинисту подъема.

Если установка обслуживает несколько горизонтов, то должно быть устройство, показывающее, с какого горизонта подан сигнал, а также устройство, препятствующее одновременному поступлению сигналов с разных пунктов.

На одноклетевых людских подъемных установках, оборудованных сигнализацией из клетки, подача сигнала из клетки машинисту должна осуществляться только лифтером. На грузолудских одноканатных подъемных установках, оборудованных сигнализацией из клетки, кроме того, должна предусматриваться и сигнализация с приемных площадок, а также устройство, не допускающее одновременную, подачу сигналов из клетки и с приемных площадок. Ремонтная сигнализация на таких подъемных установках может отсутствовать.

Схема стволовой сигнализации всех подъемных установок должна предусматривать возможность подачи сигнала «стоп» с любого горизонта непосредственно машинисту.

Запрещается передавать сигнал из околоствольного двора непосредственно машинисту, минуя рукоятчика. Между машинистом подъемной машины и рукоятчиком, а также между рукоятчиком и стволовыми должна оборудоваться прямая телефонная связь. Такая же связь должна быть и на скиповых подъемных установках между машинистом и операторами загрузочного и разгрузочного устройств.

При проходке и углубке стволов должна быть оборудована прямая двусторонняя телефонная связь или громкоговорящая связь поверхности с полком.

В качестве типовых применяют световые сигналы для обозначения режима работы подъемной установки: «Люди», «Груз», «Негабариты», «Ревизия» и звуковые для пуска и остановки подъемной машины: один - «Стоп», два - «Вверх», два редких - «Тихо вверх», три редких - «Тихо вниз».

Каждый непонятный сигнал воспринимается как сигнал «Стоп». Возобновление подъема разрешается только после выяснения машинистом причины неясного сигнала.

#### **14.4 Требования к организации безопасной работы шахтных подъемов**

Ежесменно перед началом перевозки людей клетки и подвесные устройства должны осматриваться дежурным электрослесарем. Подъемные сосуды, парашюты, стопоры, подвесные устройства, направляющие башмаки, посадочные, загрузочные и разгрузочные устройства, направляющие отклоняющие шкивы, их футеровка и подшипники, тормозная система и другие элементы подъемной машины, аппаратура защиты и система управления должны осматриваться и проверяться ежесуточно лицом, назначенным приказом, и еженедельно - механиком подъема. Этим же лицом должна ежесуточно осматриваться армировка и состояние крепи при скорости движения сосудов до 1 м/ и не реже одного раза в неделю при скорости движения 0,3 м/с. Участки стволов, находящиеся в ремонте, должны осматриваться ежесуточно при скорости 0,3 м/с. Перед навеской нового каната и в дальнейшем не реже одного раза в квартал шкивы подлежат осмотру главным механиком шахты или старшим механиком.



Во время работы клетового подъема на приемной (посадочной) площадке надшахтного здания должны находиться рукоятчики, а в околоствольных дворах действующих горизонтов - ствольные. При разносторонней посадке в клеть и выходе людей из клетки рукоятчики и ствольные должны иметь помощников, находящихся по другую сторону клетки.

На всех приемных площадках стволов, оборудованных механическим подъемом и служащих для выдачи людей только в аварийных случаях, согласно плану ликвидации аварий, наличие ствольных и рукоятчиков во всех сменах обязательно. Это требование распространяется и на машинистов подъемных машин.

Если одновременно происходит посадка людей в несколько этажей многоэтажной клетки или выход из них, то на каждой приемной площадке должен находиться рукоятчик, а в околоствольном дворе - ствольной.

На промежуточных горизонтах, на которых не производится прием и выдача грузов и имеется рабочая сигнализация машинисту и рукоятчику, а также прямая телефонная связь с ними, допускается спуск (подъем) людей при нахождении ствольного (лифтера) в клетке.

У всех посадочных пунктов и в машинном отделении должны быть вывешены объявления с указанием расписания подъема и спуска людей, применяемых сигналов, числа людей, одновременно поднимаемых и спускаемых в каждом этаже клетки, бадьи или людской вагонетки и ответственного за безопасную организацию спуска и подъема людей.

О запрещениях или ограничениях пользования подъемной установкой в посадочных пунктах должны быть вывешены объявления и проведен инструктаж машинистов подъема, ствольных, и рукоятчиков с разъяснением причин запрещений или ограничений.

На приемных площадках должны быть вывешены таблицы с указанием допустимой загрузки клетей, а для подъемных установок со шкивами трения - указания об одновременной загрузке этих клетей для предотвращения опасности скольжения.

Спуск и подъем длинномерных материалов или крупногабаритного оборудования под клетью должен производиться под руководством должностного лица согласно паспорту с конкретным указанием технологических операций, обеспечивающих безопасность таких работ.

Перед вводом в эксплуатацию и в дальнейшем один раз в год специализированная наладочная организация с участием представителей энергомеханической службы шахты должна производить ревизию и наладку подъемной установки.

Электрическая часть и аппаратура подъемных установок подлежит ревизии и наладке через 6 месяцев. Не реже одного раза в год маркшейдерская служба шахты или специализированная организация выполняет проверку геометрической связи шахтного подъема и копра.

На каждой подъемной установке должны быть график работы подъема, паспорт подъемной машины и редуктора, детальная схема тормозного устройства, исполнительные электрические схемы (принципиальные, монтажные), схема парашютных устройств, инструкция для машинистов подъемных установок и Книги осмотра стволов, осмотра подъемной установки, осмотра канатов и их расхода, приемки и сдачи смен.

В часы спуска-подъема смены запрещается работа грузовых подъемов, расположенных в этой же выработке. Не допускается спуск и подъем людей в клетях, загруженных полностью или частично грузом, а также перевозка леса, оборудования и инструмента на крышах людских клетей.

Запрещается производить спуск и подъем людей в скипах и грузовых клетях.

Передвижение людей по подъемному отделению наклонных выработок и переход через них разрешаются только во время остановки подъема и лишь при закрытых барьерах, предупреждающих произвольное скатывание подъемных сосудов.

Запрещается переход людей через подъемные отделения стволов. Для этого должны устраиваться специальные обходные выработки либо обшиваться проходы рядом с подъемным отделением.

При спуске-подъеме людей в бадьях запрещается стоять или сидеть на краю бадьи, а также находиться в грузовой бадье.

Машинистами подъемных машин должны назначаться лица, прошедшие специальное обучение, получившие; удостоверение и имеющие стаж работы по обслуживанию подъема не менее одного года. В часы спуска и подъема рабочих, кроме сменного, должен работать второй машинист для наблюдения за процессом подъема и спуска и принятия необходимых мер в случае нарушения нормальной работы машины.

Машинист, принимающий смену, перед началом работы должен проверить исправность машины. Производить спуск и подъем людей разрешается после предварительного перегона клетей вхолостую.

Ремонт и осмотр ствола может производиться с крыши незагруженной клетки или скипа. При этом люди должны прикрепляться к канату предохранительными поясами и быть защищены от случайно падающих предметов защитными зонтами.

## **15 Безопасность эксплуатации электрооборудования**

### **15.1 Общие положения и требования**

Удельный вес аварий, связанных с эксплуатацией электрооборудования, составляет 4,9% от общего их числа по шахтам, а число смертельно травмированных - 4,2%. Однако эксплуатация неисправного электротехнического оборудования в подземных выработках представляет собой двоякую опасность – возможности не только поражения людей электротоком, но и высокой вероятности инициирования взрывов пылегазовой смеси и экзогенных пожаров при дуговом искрении.

Поражение людей электрическим током (электротравма) происходит: из-за случайного соприкосновения с оголенными проводами или предметами, находящимися под напряжением, или недопустимого приближения к ним; от прикосновения к конструктивным элементам или корпусам электрооборудования, которое оказалось под напряжением в результате пробоя изоляции; при нахождении вблизи от места замыкания на землю токоведущих частей.

Смертельный электротравматизм связан, в основном, с ремонтом и обслуживанием электроустановок (55%), при работе на машинах и механизмах (8%). Свыше 37% травм происходит с лицами, не связанными с обслуживанием электротехнического оборудования. При этом в 92% случаев причиной является отключение или шунтирование электрозащиты.

Система электрической защиты в шахтах базируется на общих требованиях Правил безопасности к энергоснабжению,

электроустановкам и кабелям и соответствующих инструкций к ним. Шахтные электроустановки на поверхности должны отвечать требованиям Правил устройства электроустановок и НАОП 1.1.30-1.05-75.

Электроснабжение строящихся и реконструируемых шахт должно осуществляться по схемам с обособленным питанием подземных электроприемников.

Применение в шахтных условиях электрических сетей с заземленной нейтралью трансформаторов не допускается потому, что в подземных выработках при эксплуатации таких сетей оказывается повышенной опасность поражения людей, а также пожара и взрыва рудничного газа от электротока. Сущность этой повышенной опасности обусловлена следующим (рис. 15.1).

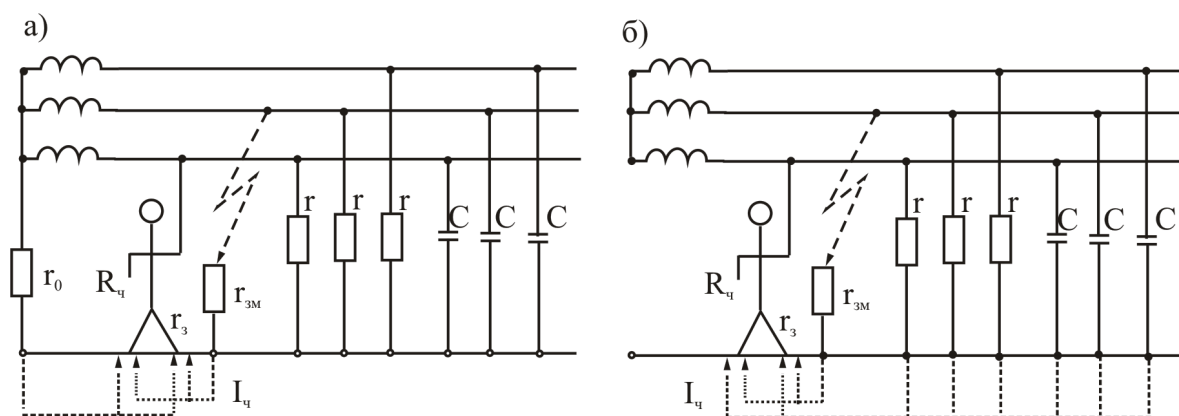


Рисунок 15.1 - Принципиальная схема прикосновения человека  
а - к сети с глухо заземленной нейтралью; б - к сети с изолированной нейтралью

При прикосновении человека к одной из фаз сети с глухозаземленной нейтралью (рис. 15.1, а) даже при нормальном состоянии изоляции по отношению к земле величина тока, протекающего через человека, под действием фазного напряжения, практически ограничивается лишь сопротивлением его тела  $R_{\text{ч}}$ , которое в шахтных условиях может быть в несколько раз меньшим, чем в обычных. Сопротивление изоляции и емкость сети в данном случае практически не оказывают влияния на величину поражающего тока. Еще более опасным может оказаться прикосновение человека к какой-либо фазе сети с заземленной нейтралью при наличии замыкания на землю в другой фазе (на рисунке 15.1 показано пунктирной стрелкой), поскольку напряжение, под которым оказывается человек, всегда превышает фазное. Величина этого напряжения

зависит от соотношения сопротивления заземления  $r_3$  и сопротивления растекания в месте замыкания на землю  $r_{3M}$ , в пределе оно может достигать линейного напряжения.

Иное положение имеет место в сети с изолированной нейтралью трансформатора (рис. 15, б), в которой величина поражающего тока ограничивается не только сопротивлением тела человека, но и сопротивлением изоляции сети (активным и емкостным) по отношению к земле. Поэтому величина тока, проходящего через тело человека, оказывается значительно меньшей, чем в сети с заземленной нейтралью.

И только в том случае, когда сопротивление изоляции какой-либо другой фазы будет снижено до нуля (однофазное глухое замыкание на землю), человек может оказаться под тем же напряжением, что и в сети с заземленной нейтралью. Поэтому, если в сети с изолированной нейтралью обеспечивается автоматический контроль сопротивления изоляции и защитное отключение сети при возникновении повреждений изоляции, то сеть с изолированной нейтралью оказывается значительно безопаснее сети с заземленной нейтралью.

Во всех шахтных сетях переменного тока напряжением от 127 до 1150 В контроль изоляции и защитное отключение обеспечиваются с помощью высокочувствительной аппаратуры защиты от утечек (реле утечки), благодаря чему достигается надежная защита людей от поражения электрическим током.

В сети с глухозаземленной нейтралью величины токов однофазных замыканий на землю могут оказаться недостаточными для срабатывания максимальной защиты и поврежденная сеть не будет отключена. Но, будучи довольно значительными и протекая длительно по открытым цепям заземления (неизолированные заземляющие и соединительные проводники и другие случайные токопроводящие пути), токи замыкания на землю представляют большую опасность в отношении воспламенения угольной пыли и других находящихся в выработках легковоспламеняющихся материалов, а в шахтах, опасных по газу или пыли, они весьма опасны и в отношении воспламенения рудничной взрывоопасной атмосферы.

Но даже и в том случае, если в сети с заземленной нейтралью при однофазных замыканиях на землю происходит срабатывание максимальной защиты, опасность взрыва и пожара не исключается, поскольку в течение времени срабатывания защиты и отключения сети возможны открытые искро- и дугообразования. Повышенная

опасность возникновения пожара и взрыва рудничного газа при замыканиях на землю - это также одна из основных причин запрещения применения в угольных шахтах электрических сетей с заземленной нейтралью трансформатора.

В сети с изолированной нейтралью трансформатора, защищенной с помощью аппаратуры защиты от утечек, возможность возникновения сколько-нибудь значительных токов утечек сведена до минимума. При принятых установках защиты от утечек, обеспечивающих предупреждение поражения людей, длительные (неотключаемые защитой) и кратковременные (отключаемые) токи утечки, которые могут протекать по открытым цепям заземления, оказываются весьма ограниченными по величине и практически не представляют опасности в отношении пожара. Что касается опасности взрыва рудничного газа открытыми искрами, которые могут возникать в цепях токов утечки указанных сетей, то хотя вероятность проявления этой опасности в какой-то мере и существует, но она мала, и путем осуществления некоторых мероприятий (например, путем выполнения на участках непрерывной сети заземлений всего электрооборудования с помощью заземляющих кабелей) может быть практически полностью устранена.

В виде исключения в шахтах допускается заземление нейтрали лишь для специальных трансформаторов, питающих через преобразовательные устройства (выпрямители) контактные сети подземной электровозной откатки, поскольку в них в качестве обратного привода используется рельсовый путь, который изолировать от земли практически невозможно. Однако, поскольку подобная система обладает повышенной опасностью, область использования откатки контактными электровозами в шахтах ограничена. При этом также из соображений безопасности, запрещается присоединение к трансформаторам, питающим преобразовательные устройства контактных сетей, каких бы то ни было других электроустановок трехфазного переменного тока.

Защита людей от поражения электрическим током осуществляется с применением заземления, а в сетях до 1000 В - также и реле утечки тока с автоматическим отключением поврежденной сети. Общее время отключения поврежденной сети не должно превышать 0,2 с. Для сетей напряжением 127 и 220 В, а также зарядных сетей время срабатывания реле утечки устанавливается заводской инструкцией. В контактных сетях электровозной откатки, кроме того,

должно производиться ограждение контактного провода в местах, особо опасных в отношении поражения людей (переходы через выработки, места посадки людей в вагонетки, погрузочно-разгрузочные пункты и т. п.).

Сущность защитного действия заземления состоит в том, что оно образует дополнительный и с очень малым сопротивлением путь для тока замыкания параллельно пути через тело человека. Чем меньше будет сопротивление заземления, тем меньшая часть тока замыкания будет протекать через тело человека. В случае неисправности заземлений их защитные свойства снижаются и при обрыве цепи заземления даже могут быть полностью потеряны. Кроме того, в подземных условиях существует также вероятность возникновения таких повреждений изоляцией электроустановок, при которых даже вполне исправное заземление не в состоянии предупредить опасность поражения электрическим током (например, при так называемых двойных замыканиях на землю).

В связи с этим Правилами безопасности наряду с заземлениями предусматривается также применение и специальной защиты от поражения электрическим током в виде реле утечки. Принцип действия всех реле утечки, применяемых в шахтах, примерно аналогичен и в основном состоит в следующем (рис.15.2).

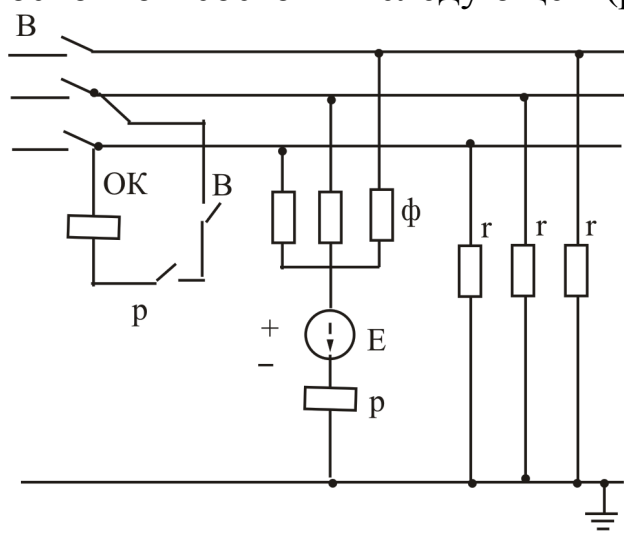


Рисунок 15.2 – Принцип действия защиты от поражения электрическим током

В схеме реле утечки вырабатывается постоянный оперативный ток (обычно путем выпрямления переменного тока с помощью той или иной выпрямительной схемы), который накладывается на рабочий переменный ток сети. До тех пор,

пока сопротивление изоляции проводников остается достаточно высоким, отсутствуют чрезмерные утечки и сеть не представляет опасности, величина протекающего через реле оперативного тока оказывается небольшой, недостаточной для срабатывания реле. При снижении сопротивления изоляции до некоторого предельного уровня, который уже не может быть допущен по условиям безопасности, оперативный ток возрастает до величины тока срабатывания реле,

которое воздействует на расцепитель (отключающую катушку) общесетевого автоматического выключателя, вызывая отключение сети еще до возможного прикосновения человека к токоведущим частям.

Аналогичное срабатывание защиты и отключение сети осуществляются и при непосредственном прикосновении человека к токоведущим проводникам, которое воспринимается защитой как внезапное повреждение изоляции (появление утечки) между фазным проводником и землей. Полное время отключения сети при этом не должно превышать 0,2 с, чтобы даже повышенный ток, который может в данном случае протекать через тело человека, не успевал оказать опасного воздействия на организм. При применении реле утечки, кроме защиты от поражения, осуществляется также защита от прожога взрывобезопасных оболочек электрическим коротким замыканием, а также защиты от длительного выбрасывания раскаленных дугой металлических частиц, так как при касании дуги к стенкам оболочки происходит немедленное срабатывание защиты и отключение сети. Тем самым устраняется возможность нарушения взрывобезопасных свойств электрооборудования при дуговых коротких замыканиях и предупреждается возникновение взрыва в газовых шахтах. Кроме того, поскольку при наличии реле утечки возможные токи утечки из сети в землю оказываются ограниченными по величине, снижается также вероятность взрыва рудничного газа искрами, которые могут возникать открыто в шахтной среде при протекании указанных токов по цепям заземления.

Для шахтных сетей напряжением от 127 до 1140 В применяются реле утечки как в индивидуальном исполнении (в отдельных оболочках), например УАКИ-380, АЗАК-660 и др., так и в блочном исполнении, которые встраиваются в передвижные трансформаторные подстанции и пусковые агрегаты для питания ручных электросверл.

Дистанционное, телемеханическое и автоматическое управления электроприемниками напряжением выше 1200 В разрешается только при наличии устройств, блокирующих включение после срабатывания максимальной токовой защиты или защиты от замыкания на землю. Это требование не распространяется на линии, питающие центральные подземные подстанции (ЦПП) и распределительные подземные пункты (РПП). При отсутствии оперативного персонала в главной поверхностной подстанции (ГПП)



должна быть сигнализация горному диспетчеру о срабатывании защиты от замыканий.

На каждой шахте должны быть схемы подземного электроснабжения, составленные в соответствии с Инструкцией по типовому оформлению схем подземного электроснабжения шахт, а на каждом участке должна быть структурная схема системы электроснабжения и управления очистным комплексом (или комбайном), на которой показаны состав и размещение в выработках (в лаве и на штреках) коммутационной аппаратуры, собранной в распределительный пункт (РП), и отдельно от него машины, оборудование, кабели, пульты и другие средства системы.

Работы по монтажу, наладке, испытаниям, ремонту, ревизии и демонтажу действующего электрооборудования должны осуществляться в соответствии с Инструкцией по безопасному производству работ в подземных электроустановках (НПАОП 10.0-5.16-04) только лицам, имеющим соответствующую квалификацию и право на производство таких работ. Руководитель наладочных и других специальных работ должен иметь V квалификационную группу по электробезопасности, а члены бригады - не ниже IV группы.

Проверка знаний электротехнического персонала на соответствие квалификационной группе по электробезопасности проводится с периодичностью, устанавливаемой Правилами безопасной эксплуатации электроустановок потребителей (НПАОП 0.00-1.21-98) с участием представителя Госгорпромнадзора.

Все электрические машины, аппараты, трансформаторы и другое электрооборудование, их взрывобезопасные оболочки, кабели заземления должны периодически осматриваться: лицами, работающими на машинах и механизмах, а также дежурными электрослесарями участка - ежемесячно перед началом работы; механиком участка или его заместителем - еженедельно с занесением результатов в оперативный журнал; главным энергетиком (главным механиком) шахты или назначенными им лицами - не реже одного раза в 3 месяца с занесением в Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления.

Перед спуском в шахту электрооборудование должно подвергаться ревизии и проверке его взрывобезопасности в соответствии с Инструкцией по осмотру и ревизии рудничного взрывобезопасного электрооборудования (НПАОП 10.0-5.15-04).

Оперативные переключения при ремонтных и наладочных работах, производимых на питающих линиях и комплектных распределительных устройствах центральных подземных подстанций и распределительных пунктах напряжением выше 1200 В, должны производиться с разрешения главного энергетика (главного механика). Все оперативные переключения в электроустановках шахты выполняются по согласованию с горным диспетчером (или энергодиспетчером) шахты с записью в оперативный журнал.

Наладочные и другие специальные работы, когда исключена возможность их выполнения со снятым напряжением, допускается производить вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, по разрешению главного энергетика шахты при условии: наличия наряда на производство работ с указанием мероприятий по технике безопасности, в том числе мер, исключающих непосредственное прикосновение к токоведущим частям искроопасных цепей напряжением выше 42 В; обеспечения непрерывного надзора за работающими; наличия в удостоверениях лиц, производящих работы, записи о допуске к проведению специальных работ согласно квалификационной группе по электробезопасности. Производство таких работ в шахтах, опасных по газу, допускается только в выработках со свежей струей воздуха, проветриваемых за счет общешахтной депрессии. При этом должен быть обеспечен контроль концентрации метана, а наряд согласован с руководством участка ВТБ.

В выработках на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, кроме ЦПП и выработок околоствольного двора, при производстве указанных работ должны дополнительно выполняться следующие условия: места производства работ должны находиться не ближе 600 м от действующих забоев пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа; работы должны выполняться в сменах, когда не ведется добыча угля, не проводятся горные выработки, а также не выполняются противовыбросные мероприятия и не ранее чем через 4 часа после сотрясательного взрывания; непрерывный контроль концентрации метана должен осуществляться горным мастером участка ВТБ. При содержании метана более 0,5% работы должны быть прекращены, а напряжение - снято.

Максимальная токовая защита во всех аппаратах до присоединения их к сети и при эксплуатации должна подвергаться проверке в соответствии с Инструкцией по проверке максимальной токовой защиты шахтных аппаратов (НПАОП 1.0.0-5.17-04).

Аппарат защиты от утечек тока должен проверяться на срабатывание перед началом каждой смены горным мастером участка либо по его указанию электрослесарем. Аппарат защиты с самоконтролем исправности проверяется один раз в сутки в ремонтную смену.

Допускается дистанционная проверка аппаратуры защиты от утечек тока при условии, что отключающий аппарат имеет устройство предварительного контроля изоляции и способен воспроизвести автоматическое повторное включение защищаемой линии после проверки.

Результаты проверки должны заноситься на специальные доски, находящиеся в местах установки аппарата защиты, а в случае неисправности сообщаться горному диспетчеру для записи в журнал и принятия мер.

Общее время отключения сети напряжением 380, 660 и 1140 В при срабатывании аппарата защиты от утечек тока должно проверяться не реже одного раза в 6 месяцев.

Измерение сопротивления изоляции электрооборудования и кабелей перед включением должно производиться после монтажа и переноски, после аварийного отключения защитой, после длительного пребывания в бездействии, если аппарат защиты от утечек тока не позволяет включить сеть, а для стационарного электрооборудования - также периодически, не реже одного раза в год. Сопротивление изоляции относительно земли электрических установок и кабелей на номинальные напряжения 127-1140 В переменного тока, работающих в шахте, должно быть не ниже следующих норм: электродвигателей угледобывающих и проходческих машин - 0,5 МОм; электродвигателей других шахтных машин, осветительных трансформаторов, пусковых агрегатов и ручных электросверл - 1 МОм; пусковой и распределительной аппаратуры, бронированных и гибких кабелей любой длины - 1 МОм на фазу.

На шахте не реже одного раза в 3 месяца специально выделенные и обученные лица должны измерять общее сопротивление заземляющей системы.

На каждом пускателе, автоматическом выключателе и комплектном распределительном устройстве (КРУ) должна быть четкая надпись белой краской, указывающая включаемую установку или участок, а также величину уставки тока срабатывания реле максимального тока или номинального тока плавкого предохранителя. Надпись должна быть лаконична, например, СП-63 лавы, СВМ-6М просека и т. д. При обозначении уставки тока срабатывания реле максимального тока, встроенного в данный аппарат, или величины номинального тока плавкого предохранителя проставляется только их величина без указания размерности в амперах, например  $I_v = 890$ ,  $I_B = 25$ . На кабельных вводах отходящих высоковольтных присоединений, кроме того, помещается бирка с указанием наименования данного фидера, а также сечения и длины питающего кабеля.

Вся распределительная, пусковая и измерительная электроаппаратура должна пломбироваться. Разрешение на выдачу номерных пломбиров лиц, которые могут производить вскрытие и пломбирование электроаппаратуры, утверждается директором шахты по представлению главного механика. Пускатели серий ПВИ, ПВИР, автоматические выключатели АВ-320ДО, магнитные станции МСВ, СУВ, МСВК и другие имеют специальные приспособления для установки пломбы на крышках обслуживаемых отделений. Пломбирование электроаппаратуры, не имеющей специальных приспособлений (например, пускателей серии ПМВИ-0,3М, пусковых агрегатов АП-3,5М АП-4 и др.), осуществляется с использованием проволоки и деталей блокировочного устройства этих аппаратов: винта блокировочного разъединителя (БР), кронштейна рукоятки (БР) и пр. Шинные коробки и тройниковые муфты, которые вскрываются, как правило, только при монтаже, могут не пломбироваться.

## **15.2 Виды исполнения, область и условия применения электрооборудования**

Электрооборудование применяемое на угольных шахтах по исполнению подразделяется на общепромышленное и рудничное, которое по уровню взрывозащиты имеет четыре исполнения:

рудничное нормальное РН (фактически не взрывозащищенное электрооборудование); рудничное повышенной надежности против взрыва РП (взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в предназначенном нормальном режиме его работы); рудничное взрывобезопасное РВ (взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты); рудничное особо взрывобезопасное РО (взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты).

Рудничное взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты: взрывонепроницаемую оболочку, искробезопасную электрическую цепь; защиту вида «е»; масляное заполнение оболочки; кварцевое заполнение оболочки; автоматическое защитное отключение и специальный вид взрывозащиты.

Взрывонепроницаемая оболочка - это оболочка, выдерживающая давление взрыва внутри нее и предотвращающая распространение взрыва из оболочки в окружающую среду.

Искробезопасная электрическая цепь - электрическая цепь, выполненная так, что электрический разряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания.

Защита вида «е» (защита повышенной надежности) - вид взрывозащиты электрооборудования, заключающийся в том, что в электрооборудовании, не имеющем нормально искрящихся частей, принят ряд мер, дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг.

Если в состав электрооборудования входят элементы с различным уровнем взрывозащиты, то общий уровень взрывозащиты устанавливается по элементу, имеющему наиболее низкий уровень.

В подземных выработках шахт, опасных по газу или пыли, в стволах с исходящей струёй воздуха этих шахт и в надшахтных зданиях, примыкающих к этим стволам, а также в стволах со свежей струёй воздуха и примыкающих к ним надшахтных

зданиях шахт, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, если не исключено проникновение шахтного воздуха в эти здания, должны применяться: электрооборудование с уровнем взрывозащиты не ниже РВ, стволовая сигнализация с уровнем взрывозащиты не ниже - РП и аккумуляторные светильники индивидуального пользования с уровнем взрывозащиты не ниже РВ (временно, до оснащения шахт такими светильниками, допускается применение светильников с уровнем взрывозащиты не ниже РП)

В очистных и подготовительных выработках пластов крутого падения, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, а также в выработках с исходящей струей воздуха с таких пластов должно применяться электрооборудование с уровнем взрывозащиты РО или электрооборудование с уровнем взрывозащиты РВ, если оно применяется с системой автоматического быстродействующего отключения напряжения и одновременного закорачивания источников электродвижущей силы (эдс) за общее время не более 2,5 мс при замыкании в силовых цепях между фазами и на землю, или любой фазы на землю, или с другими системами, автоматически отключающими напряжение питания раньше, чем концентрация метана достигнет опасной величины. В выработках с исходящей струей воздуха, непосредственно примыкающих к очистным забоям на крутых пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, может допускаться местным органом Госгорпромнадзор размещение отдельных токоприемников без системы быстродействующего отключения (насос, буровой станок, лебедка, закладочный комплекс), при этом подача напряжения на указанные токоприемники допускается в смены, когда не ведутся работы по выемке угля и выполняются противовыбросные мероприятия. Область и условия применения электрооборудования с уровнем взрывозащиты РВ устанавливаются Инструкцией по электроснабжению и применению электрооборудования на шахтах, опасных по внезапным выбросам, разрабатывающих крутые пласты (НПАОП 10.0-5.11-04).

На пологих и наклонных пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, схемы электроснабжения забойных машин и комплексов должны обеспечивать дистанционное аварийное отключение электроприемников и кабелей лавы с пульта управления этими машинами. Электрооборудование также должно

отключаться стационарными автоматическими приборами контроля содержания метана.

При применении электрооборудования в проветриваемых ВМП тупиковых выработках шахт, опасных по газу, должны выполняться дополнительные требования безопасности в соответствии с Инструкцией по электроснабжению и применению электрооборудования в проветриваемых ВМП тупиковых выработках шахт, опасных по газу (НПАОП 10.0-5.12-04). Один из вариантов электроснабжения и расстановки электрооборудования при проведении откаточного штрека впереди забоя лавы приведен на рисунке 15.3.

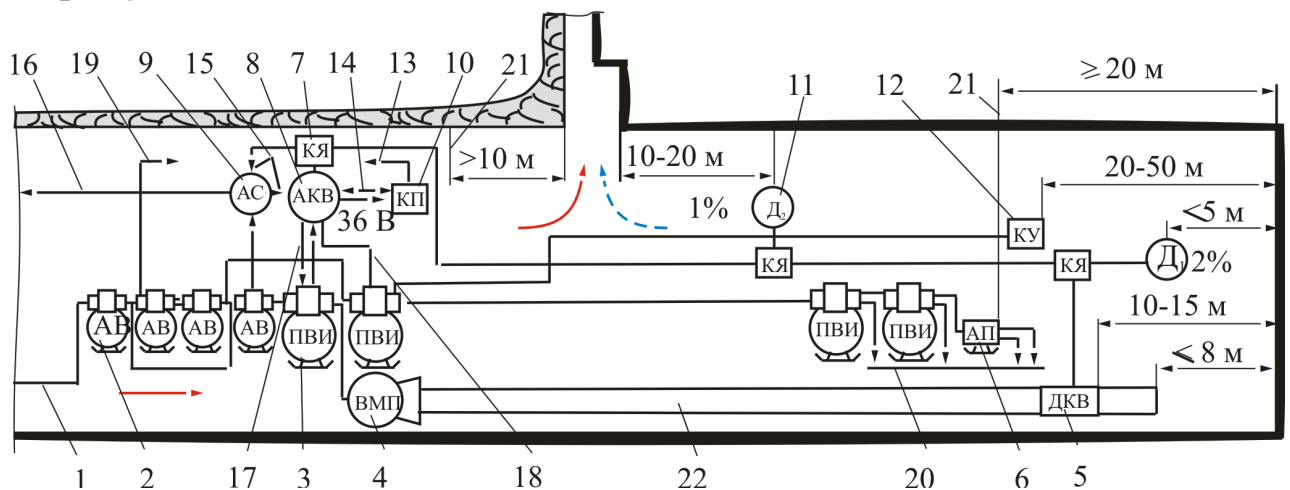


Рисунок 15.3 - Схема электроснабжения и расстановки

электрооборудования при проведении откаточного штрека впереди забоя лавы

1 – от подземной участковой подстанции питания (ПУПП); 2 – автоматический выключатель (АВ); 3 – пускатель взрыво-искробезопасный (ПВИ); 4 – вентилятор местного проветривания (ВМП); 5 – датчик контроля воздуха (ДКВ); 6 - аппарат пусковой (АП); 7 – клемный ящик (КЯ); 8 – аппаратура контроля воздуха (АКВ); 9 - аппаратура сигнализации (АС); 10 – кнопочный пост (КП); 11 - датчик контроля метана (Д); 12- кнопка управления (КУ); 13 – к ПУ «Ветер 1М»; 14 - телеметрические сети и устройства (ТУ – ТУ); 15 - от датчиков Д<sub>1</sub> и Д<sub>2</sub>; 16 - к стойке приема информации (СПИ); 17 – управление ВМП; 18 - от АС, АКВ и КП;); 19 - к аппаратуре управления машинами лавы; 20 – к электрооборудованию штрека; 21 - границы установки распределительных подземных пунктов (РПП) участка и штрека; 22 - вентиляционный воздухопровод

В подземных выработках шахт, опасных по газу или пыли, допускается использование переносных периодически применяемых электрических приборов с уровнем взрывозащиты РП, а также в исполнении РН или приборов общего назначения, если они не имеют нормально искрящих частей и не выпускаются в рудничном исполнении. Присоединению таких приборов к сети или отсоединению их должно предшествовать измерение концентрации метана у места присоединения (отсоединения) прибора, а выработка на всем протяжении участка сети, параметры которого измеряются,

должна нормально проветриваться. Пользование переключателями приборов разрешается до присоединения их к сети.

В откаточных выработках со свежей струёй воздуха шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли допускается применение электрооборудования с уровнем взрывозащиты РП.

В зарядных камерах с обособленным проветриванием в шахтах, опасных по газу или пыли, в том числе опасных по внезапным выбросам, должно применяться электрооборудование с уровнем взрывозащиты не ниже РП. При этом воздушная струя, проветривающая заряжаемые батареи, не должна омывать электрооборудование зарядной камеры.

Во всех выработках шахт, не опасных по газу, но опасных по взрыву угольной пыли, должно применяться электрооборудование с уровнем взрывозащиты не ниже РП. В выработках, проветриваемых свежей струёй воздуха за счет общешахтной депрессии, с разрешения главного инженера шахты допускается применение электрооборудования в исполнении РН.

В стволах, околоствольных выработках со свежей струей воздуха и камерах стационарных установок, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, шахт, опасных по газу или пыли, за исключением случаев, когда в этих и примыкающих к ним выработках, подающих свежую струю воздуха, имеются суфляры или когда шахта отнесена к опасной по внезапным выбросам, допускается применение электрооборудования в рудничном нормальном исполнении РН.

На шахтах, опасных по газу или пыли, в помещениях вентиляционных и калориферных установок допускается применение электрооборудования общего назначения при условии, что в эти помещения не попадают шахтный воздух и угольная пыль. При этом же условии допускается применение электрооборудования общего назначения в электромашинных помещениях подъемных установок, располагаемых на копрах стволов с исходящей струёй воздуха шахт, опасных по газу или пыли.

Во всех выработках шахт, не опасных по газу или пыли, должно применяться электрооборудование в рудничном исполнении. Применение светильников общего назначения, а так же ламп без арматуры допускается только при напряжении не выше 24 В для освещения забоя.



В шахтах, опасных по газу или пыли, допускается периодическое применение переносных электрических приборов в исполнении РП, РН и общепромышленном, если эти приборы не имеют искрящих частей, но с обязательным предварительным замером метана у места присоединения прибора и в выработках на всем протяжении измеряемого участка сети. Измерительными приборами общего назначения разрешается пользоваться во всех выработках шахт, не опасных по газу или пыли.

Применение электрооборудования в шахтах, опасных по нефтегазопроявлениям, должно осуществляться в соответствии с НАОП 1.1.30-5.02-84.

### **15.3 Электрические проводки**

В подземных выработках должны применяться кабели, предназначенные для шахтных условий и не распространяющие горение.

Кабели, проложенные в вертикальных и наклонных выработках, находятся в особо неблагоприятных условиях из-за: наличия воды, часто содержащей кислоты; вибрации и возможности повреждения подъемными сосудами и посторонними предметами. Поэтому Правила безопасности требуют, что в качестве силовых кабелей в капитальных и основных вертикальных и наклонных выработках, проведенных под углом свыше  $45^\circ$ , и в обсаженных скважинах, должны применяться бронированные кабели с проволочной броней в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке с поливинилхлоридной, резиновой или бумажной обеднено пропитанной изоляцией. Для горизонтальных и наклонных выработок, проведенных под углом до  $45^\circ$  включительно, допускается применение бронированных кабелей с ленточной броней с бумажной нормально пропитанной изоляцией.

Этим требованиям отвечают кабели, например, марки ЦСКН и ЭВТ. Кабель ЦСКН имеет бумажную изоляцию, пропитанную специальной нестекаемой массой на основе синтетического церизина. Бронированный кабель ЭВТ с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией предназначен для передачи и распределения электрической энергии при напряжении 660 и 6000 В. Основные жилы кабеля напряжением 6000 В имеют двойной экран из полупроводящего материала и медной фольги, напряжением 660 В - только из медной

фольги. Индивидуальный и общий экраны соединены по всей длине с заземляющей жилой. Наличие в кабеле ЭВТ заземляющей жилы шунтирует наружные искрообразующие контакты в сети заземления. Вспомогательные жилы этого кабеля в основном предназначены для аварийного отключения сети главным образом посредством газовой защиты и выносных пультов управления.

Важным требованием является применение гибких экранированных кабелей. Основное достоинство экранированных кабелей заключается в том, что любое повреждение его изоляции сводится к замыканию на землю, что неизбежно должно приводить к отключению сети посредством реле утечки. Установлено, что любое повреждение гибкого экранированного кабеля при наличии защиты от утечек с нормируемым временем отключения поврежденной сети, равным 0,2 с, не приводит к его воспламенению.

Для присоединения передвижных участковых подстанций и распределительных пунктов участков должны применяться бронированные экранированные кабели повышенной гибкости прочности. При этом допускается применение бронированных кабелей с проволочной или ленточной броней, кроме выработок с исходящей струей воздуха, непосредственно примыкающих к очистным забоям на пластах, опасных по внезапным выбросам. Такие кабели должны прокладываться на расстоянии не менее 150 м от забоев подготовительных и 50 м от забоев очистных выработок. Присоединение распределительных пунктов допускается гибкими экранированными кабелями.

Для питания передвижных машин и механизмов должны применяться гибкие экранированные кабели. Гибкие кабели в подземных выработках угольных шахт работают в тяжелых условиях. Например, на крутых пластах, где машины работают в подвешенном положении, подборка кабеля осуществляется автоматически при помощи специальных кабелеподборщиков. При этом кабель подвергается растягивающим усилиям до 1000 кгс. В этих условиях применяют гибкий экранированный кабель повышенной прочности марки ГРШЭП, наружный шланг его выполнен с двумя оболочками, между которыми имеются усиливающие элементы.

Для присоединения ручных и колонковых электросверл применяют особо гибкие кабели. Требования повышенной гибкости к таким кабелям обусловлены интенсивной вибрацией электросверл во время работы.

Для стационарных осветительных сетей применяют бронированные кабели в свинцовой или пластмассовой оболочке, а также гибкие экранированные или неэкранированные кабели.

Для сетей освещения очистных забоев шахт, не опасных по газу или пыли, при линейном напряжении не выше 24 В допускается применение голых проводов на изолированных опорах. В этом случае в трансформаторе вывод со стороны напряжения 24 В должен быть осуществлен гибким кабелем, а обмотки осветительного трансформатора (низшего и высшего напряжений) должны быть разделены металлическим заземленным экраном.

Для контрольных цепей и цепей управления и сигнализации при стационарной прокладке по вертикальным и наклонным с углом наклона свыше  $45^\circ$  выработкам должны применяться контрольные кабели с проволочной броней, в горизонтальных выработках контрольные кабели с ленточной броней, гибкие контрольные и силовые кабели. Для передвижных шин должны применяться гибкие кабели или вспомогательные жилы силовых гибких кабелей

Для линий общешахтной, диспетчерской и аварийной телефонной связи, а также местной связи подъемных установок применяют шахтные телефонные кабели. Для местных линий связи в забоях допускается применение гибких контрольных кабелей, а также вспомогательных жил гибких силовых экранированных кабелей.

Для искробезопасных цепей управления, связи, сигнализации, телеконтроля и диспетчеризации допускается применение отдельных шахтных телефонных кабелей и свободных жил в кабельных линиях связи.

Допускается применение для линий сигнализации и аварийной остановки электроустановок голых проводов (кроме алюминиевых) при напряжении не выше 24 В. В шахтах, опасных по газу или пыли, дополнительным условием их применения является обеспечение искровзрывобезопасности.

Вспомогательные жилы в силовых кабелях допускается использовать для цепей управления, связи, сигнализации и местного освещения. Использование вспомогательных жил силового кабеля в искробезопасных цепях допустимо только в экранированных кабелях. Использование вспомогательных жил

одного кабеля для не искробезопасных и искробезопасных цепей не допускается, если эти жилы не разделены экранами.

Для питающих кабельных линий напряжением до 1200 В, по которым проходит суммарный ток нагрузки потребителей, должны, как правило, применяться кабели одного сечения. Допускается, для этих линий применение кабелей с различными сечениями жил при условии обеспечения всех участков линии защитой от токов короткого замыкания. В местах ответвления от магистральной питающей линии, где сечение жил кабеля уменьшается должен устанавливаться аппарат защиты от токов короткого замыкания, т.е. коммутационный аппарат со встроенным устройством максимальной токовой защиты, способный отключать все максимально и минимально возможные токи короткого замыкания, которые могут возникнуть в защищаемом присоединении. От питающих линий допускается иметь ответвления длиной до 20 м, если обеспечивается защита от токов короткого замыкания аппаратом магистральной линии.

Применение распределительных коробок без установки на ответвлениях к электродвигателям аппаратов защиты допускается только для многодвигательных приводов при условии, если кабель каждого ответвления защищен от токов короткого замыкания групповым защитным аппаратом.

На гибких кабелях допускается иметь вулканизированные соединения. Допускается соединение отдельных отрезков кабеля с помощью взрывобезопасных устройств, соединение между собой гибких кабелей, требующих разъединения в процессе работы, линейными соединителями напряжения при условии применения искробезопасных схем дистанционного управления с защитой от замыкания в цепи управления. Контактные пальцы соединителей напряжения при размыкании цепи, за исключением искробезопасных цепей напряжением не выше 42 В, должны оставаться без напряжения, для чего их следует монтировать на кабеле со стороны электроприемника (электродвигателя). Допускается соединение и ремонт (восстановление) гибких и бронированных кабелей в шахтах с помощью пастообразных или липких ленточных и других полимерных изоляционных материалов.

Наилучшие условия эксплуатации гибких кабелей обеспечиваются при их подвеске. Поэтому там, где это возможно (например, на пластах

мощностью более 1,5 м), необходимо подвешивать все кабели, питающие машины, в том числе и машины, перемещающиеся в процессе работы. Это относится к кабелям как выемочных, так и проходческих машин, кроме машин, имеющих кабелеукладчик или другое аналогичное устройство.

Если по условиям работы требуется прокладывать кабель по почве, то необходимо тщательно следить за правильной его эксплуатацией и состоянием. В этом случае ближайшая к машине часть кабеля может быть проложена по почве на протяжении не более 30 м. При этом нельзя допускать подтягивания кабеля машиной, так как гибкие кабели обычного исполнения (ГРШЭ или КРПСН) не рассчитаны на растягивающие усилия, которые могут при этом возникнуть. Кабель нужно укладывать так, чтобы исключалась возможность попадания его в рабочие органы машины и на движущиеся части конвейера, кабель не должен заваливаться кусками породы и угля, крепью и т. п.

В лавах на пластах мощностью до 1,5 м подвеска кабеля может затруднить выполнение работ и передвижение людей в забое, поэтому допускается прокладка кабеля по почве на всем протяжении забоя. Растягивание и укладка кабеля вдоль забоя должны производиться только вручную.

Прокладка по почве гибкого кабеля, питающего погрузочные машины, не допускается во избежание наезда на него ходовой частью машины. В этом случае следует надежно подвешивать кабель к крепи непосредственно над машиной так, чтобы исключалось опускание кабеля на почву при необходимых в процессе погрузки перемещениях машины.

Гибкие кабели запрещается держать под напряжением в бухтах и восьмерках, кроме специальных кабелей, которые по условиям эксплуатации должны находиться в бухтах или на барабанах. В этом случае токовая нагрузка на кабель должна быть снижена на 30% относительно номинальной.

В горизонтальных и наклонных выработках кабели должны располагаться на такой высоте, чтобы исключить возможность их повреждения подвижным транспортом. В шахтах, опасных по газу, кабели должны прокладываться на такой высоте, где маловероятно образование слоевых скоплений метана.

Прокладка кабелей связи и сигнализации, а также голых проводов по выработкам должна производиться на расстоянии не

меньше 0,2 м от силовых кабелей. Голые провода должны прокладываться на изоляторах. Запрещается совместная прокладка по одной стороне выработки электрических кабелей и вентиляционных труб.

Все подземные линии искробезопасных систем связи должны быть гальванически отделены от поверхностных линий связи и силовых сетей.

Подземные телефонные линии в шахтах должны быть двухпроводными. Запрещается использование земли в качестве одного из проводов.

Средства шахтной радиосвязи должны обеспечивать совместность работы с системами автоматики, сигнализации, средствами защиты и энергоснабжения.

Питание транспортных сигнальных устройств допускается от контактной сети напряжением не выше 275 В при условии, что сигнальные устройства рассчитаны на указанное напряжение, их присоединение к контактному проводу производится кабелем (а в необходимых случаях и специальными присоединительными устройствами) и осуществляется защита плавкими предохранителями.

Устройства связи с сетевым питанием должны снабжаться резервным автономным источником, обеспечивающим работу на протяжении не менее 3-х часов.

## **15.4 Электрические машины и аппараты**

Для питания электрических машин и аппаратов должно применяться напряжение:

-для стационарных приемников электрической энергии, передвижных подстанций и трансформаторов, а также при проходке стволов - не выше 6000 В;

-для передвижных электроприемников - не выше 1140 В, а в отдельных случаях допускается с разрешения Госгорпромнадзор применение напряжения 6000 В;

-для ручных машин и инструментов - не выше 220 В;

-для цепей дистанционного управления и сигнализации КРУ - не выше 60 В, если ни один из проводников этой цепи не присоединяется к заземлению;

-для цепей дистанционного управления стационарными и передвижными машинами и механизмами - не выше 42 В.

Применяемая в настоящее время аппаратура и оборудование во взрывобезопасном исполнении (взрывобезопасные ячейки, передвижные подстанции, силовые трансформаторы) по своим электрическим характеристикам в режиме короткого замыкания могут быть присоединены к сети, мощность короткого замыкания которой не превышает 100 МВ·А. При этом мощность отключения выключателей КРУ общего назначения при установке их в шахтах должна быть в два раза выше мощности короткого замыкания сети. Это необходимо для обеспечения надежной работы выключателей при отключении токов короткого замыкания, предупреждения выбросов нагретых газов и трансформаторного масла и обеспечения безопасности их обслуживания, так как оперативный персонал может находиться в непосредственной близости от выключателя. В случае, если установка мощных выключателей в подземных выработках невозможна, управление мощными электродвигателями может быть осуществлено с помощью выключателей, устанавливаемых в подстанции на поверхности и имеющих дистанционное управление.

Кабельные вводы электрооборудования должны быть надежно уплотнены. Неиспользованные кабельные вводы должны иметь заглушки, соответствующие уровню взрывозащиты электрооборудования.

Присоединение жил кабелей к зажимам электрооборудования должно производиться посредством наконечников, специальных шайб или других равноценных приспособлений, исключающих наличие проволочек жил кабеля вне зажима. Запрещается присоединение нескольких жил кабелей к одному зажиму, если это не предусмотрено конструкцией зажима.

## **15.5 Камеры для электрических машин и подстанций**

Запрещается применять в подземных выработках коммутационные и пусковые аппараты и силовые трансформаторы, содержащие масло или другую горючую жидкость. Это требование не распространяется на КРУ, установленные в камерах с высшей степенью огнестойкости крепи.

Во всех камерах, где установлено электрооборудование с масляным заполнением, должны устраиваться сплошные пожарные двери и порог высотой не менее 100 мм. В остальных камерах должны быть решетчатые двери с запорным устройством. Двери камер, в которых нет постоянного обслуживающего персонала, должны быть закрыты. У входа камеры должны быть вывешены знаки «Вход посторонним запрещается», а в камере на видном месте должны быть укреплены соответствующие предупредительные плакаты.

В камерах подстанций и электромашинных камерах длиной более 10 м должно быть два выхода, расположенных в наиболее удаленных друг от друга частях камеры.

Между машинами и аппаратами в камерах должны быть оставлены проходы, достаточные для транспортирования машин и аппаратов при их ремонте или замене, но не меньше 0,8 м. Со стороны стен камер должны оставляться монтажные проходы шириной не меньше 0,5 м. Если не требуется доступ к машинам или аппаратам с тыльной и боковой сторон для обслуживания, монтажа и ремонта, их можно устанавливать вплотную друг к другу и стене камеры. Расстояние от верхней части аппарата до кровли должно быть не менее 0,5 м.

Передвижные трансформаторные подстанции, комплектные распределительные устройства должны размещаться в хорошо закрепленных и удобных для обслуживания местах, быть защищены от капежа и механических повреждений и не мешать работе транспорта и передвижению людей. Расстояние от электрооборудования до подвижного состава или конвейера должно быть не менее 0,8 м, до стенки выработки и до кровли зазор должен быть не менее 0,5 м. Запрещается установка подстанций в рельсовых уклонах, за исключением ниш и заездов, оборудованных барьером и ловителем.

В отдельных случаях допускается установка комплектного оборудования, если это предусмотрено конструкцией, над скребковым конвейером. Зазор между электрооборудованием и кровлей в этом случае должен быть достаточным для обслуживания, но не менее 0,5 м, а между бортом конвейера и полком - не менее 0,4 м. В этих местах в кровле не должно быть куполов и других факторов, способствующих образованию местных (слоевых) скоплений метана.



## 15.6 Требования к защитному заземлению

Обеспечение безопасности работающих во многом зависит от правильного выполнения и применения защитного заземления. Заземление должно выполняться и контролироваться в соответствии с Инструкцией по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений (НПАОП 10.0-5.14-04).

Заземлению подлежат металлические части электротехнических устройств, не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции, а также трубопроводы, сигнальные тросы и др., расположенные в выработках, в которых имеются электрические установки и проводки. В шахтах, опасных по газу и пыли, для защиты от накопления статического электричества заземлению подлежат одиночные металлические воздухопроводы и пневматические вентиляторы.

В подземных выработках шахт устраивается общая сеть заземления с главными и местными заземлителями, к которой присоединяются все объекты, подлежащие заземлению независимо от величины напряжения (рис. 15.4).

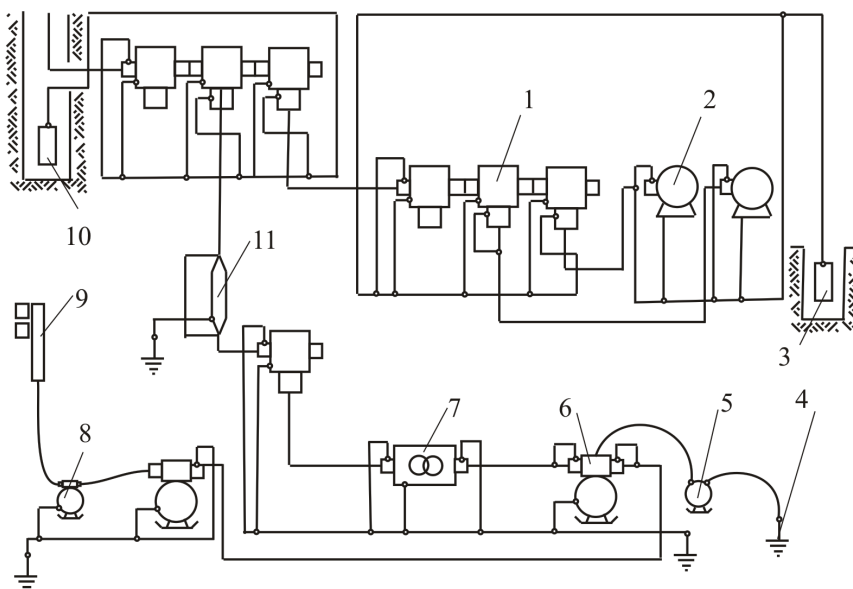


Рисунок 15.4 – Принципиальная схема заземляющей сети в шахте  
1 – комплексные распределительные устройства (КРУ); 2 – электродвигатели насосов; 3 – главный заземлитель в водосборнике; 4 – местные заземлители; 5 – реле утечки; 6 – автоматический выключатель; 7 – трансформатор; 8 – магнитный пускатель; 9 – комбайн; 10 – главный заземлитель в зумпфе; 11 – кабельная муфта

Общая сеть заземления создается путем непрерывного электрического соединения между собой всех металлических оболочек и заземляющих жил кабелей или специально проложенных проводников. Все электрические машины и аппараты, муфты и другая кабельная арматура с присоединенным бронированным кабелем обязательно снабжаются перемычками из стали площадью сечения не менее  $50 \text{ мм}^2$  или из меди площадью сечения не менее  $25 \text{ мм}^2$ , посредством которых и осуществляется непрерывность цепи свинцовых оболочек и стальной брони кабелей.

Кроме того, у тяговой подстанции электровозной контактной откатки к общей сети заземления должны присоединяться токоведущие рельсы, используемые в качестве обратного провода контактной сети.

При наличии в шахте нескольких горизонтов к главным заземлителям должна присоединяться общая сеть заземления каждого горизонта. Для этого допускается использование брони силовых кабелей, проложенных между горизонтами. При отсутствии таких кабелей соединение общей сети горизонта с главным заземлителем должно производиться при помощи специально проложенного проводника.

Главные заземлители устраиваются в зумпфах или водосборниках. Во всех случаях должно быть не менее двух главных заземлителей, расположенных в разных местах, резервирующих друг друга. Главный заземлитель представляет собой стальную полосу площадью не менее  $0,75 \text{ м}^2$ , толщиной не менее 5 мм и длиной не менее 2,5 м. В случае электроснабжения шахты с помощью кабелей, прокладываемых по скважинам, главные заземлители могут устраиваться на поверхности или в водосборниках шахты. При этом в качестве одного из главных заземлителей могут быть использованы обсадные трубы, которыми закреплены скважины. При отдельном электроснабжении блоков и отсутствии главного водоотлива главные заземлители располагают в зумпфах или специальном колодце с водой.

Местные заземлители устраивают у каждой распределительной или трансформаторной подстанции, у стационарных и передвижных распределительных пунктов, у каждого выключателя, кабельной муфты и отдельно установленных машин. Местные заземлители устраиваются в водоотливных канавах и представляют собой стальные полосы площадью не менее  $0,6 \text{ м}^2$ , толщиной не менее 3 мм

и длиной не менее 2,5 м, уложенные на «подушку» из мелких кусков породы и засыпанные сверху. Для местных заземлителей может также использоваться металлическая рамная крепь, в гидрошахтах допускается использовать металлические желоба самотечного гидротранспорта угля.

При откатке контактными электровозами заземление электроустановок постоянного тока, находящихся в непосредственной близости от рельсов, должно осуществляться путем присоединения заземляемой конструкции к рельсам, используемым в качестве обратного провода контактной сети.

Для передвижных машин и забойных конвейеров должен предусматриваться непрерывный контроль заземления. Такие машины, предназначенные для шахт, опасных по газу и пыли, должны иметь искробезопасные схемы непрерывного контроля заземления. Допускается применение схем управления с использованием заземляющей жилы силового кабеля, предварительный контроль целостности которой осуществляется по искробезопасной цепи перед подачей напряжения на машину.

Общее переходное сопротивление сети заземления, измеренное у любых заземлителей, не должно превышать 2 Ом.

## **15.7 Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов**

В подземных сетях напряжением выше 1200 В должна осуществляться защита линий, трансформаторов (передвижных подстанций) и электродвигателей от токов короткого замыкания и утечек (замыканий) на землю. На строящихся и реконструируемых шахтах установка защиты от замыканий на землю должна быть также и на линиях, питающих ЦПП.

На отходящих линиях ЦПП и РПП-6 защита от токов короткого замыкания и утечек (замыканий) на землю должна быть мгновенного действия (без выдержки времени). На линиях, питающих ЦПП, допускается применение максимальной токовой защиты с ограниченно-зависимой выдержкой времени и отсечкой мгновенного действия, зона действия которой охватывает и сборные шины ЦПП, а также защита от замыканий на землю с выдержкой времени до 0,7 секунды.

Для электродвигателей должны предусматриваться также защита от токов перегрузки и нулевая защита.

Во всех случаях отключения сети защитами допускается применение устройства автоматического повторного включения (АПВ) однократного действия, а также применение устройств автоматического включения резерва (АВР) при условии применения аппаратуры с блокировками против подачи напряжения на линии и электроустановки при повреждении их изоляции относительно земли и коротком замыкании.

Выбор отключающих аппаратов, устройств релейной защиты, АПВ и АВР, а также расчет и проверка параметров срабатывания этих устройств должны производиться согласно Инструкции по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением выше 1200 В.

При напряжении до 1200 В должна осуществляться защита: трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения от токов короткого замыкания - автоматическими выключателями с максимальной токовой защитой или мгновенная в пределах до 0,2 секунды; электродвигателей и питающих их кабелей от токов короткого замыкания - мгновенная или селективная в пределах до 0,2 секунды, от токов перегрузки или от перегрева, от опрокидывания и несостоявшегося пуска; нулевая; от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли; искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понизительного трансформатора, встроенного в аппарат, от токов короткого замыкания; электрической сети от опасных утечек тока на землю - автоматическими выключателями или одним отключающим аппаратом в комплексе с одним аппаратом защиты от утечек тока на всю электрически связанную сеть, подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов (при срабатывании аппарата защиты от утечек тока должна отключаться вся сеть, подключенная к указанным трансформаторам, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформаторы с общесетевым автоматическим).

Общая длина кабелей, присоединенных к одному или параллельно работающим трансформаторам, должна ограничиваться емкостью относительно земли не более 1 мкФ на фазу.

При питании подземных электроприемников с поверхности через скважины допускается установка автоматического выключателя с аппаратом защиты от утечек тока под скважиной на расстояние не более 10 м от нее. В этом случае при срабатывании аппарата защиты от утечек тока электроприемники на поверхности и кабель в скважине могут не отключаться, если на поверхности имеется устройство контроля изоляции сети, не влияющее на работу аппарата защиты, а электроприемники имеют непосредственное отношение к работе шахты (вентиляторы, лебедки и др.) и присоединяются посредством кабелей.

Защита от утечек тока может не применяться для цепей напряжением не более 42 В, цепей дистанционного управления и блокировки КРУ, а также цепей местного освещения передвижных подстанций, питающихся от встроенных осветительных трансформаторов, при условии металлического жесткого или гибкого наружного соединения их с корпусом подстанции, наличия выключателя в цепи освещения и надписи на светильниках: «Вскрывать, отключив от сети».

Требование защиты от утечек тока не распространяется на искробезопасные системы.

Во всех случаях защитного отключения допускается однократное АПВ при условии наличия в КРУ максимальной токовой защиты и защиты от утечек (замыканий) на землю, имеющих блокировки против подачи напряжения на линии или электроустановки после их срабатывания.

Величина уставки тока срабатывания реле максимального тока автоматических выключателей, магнитных пускателей и станций управления, а также номинальный ток плавкой вставки предохранителей должны выбираться согласно Инструкции по определению токов короткого замыкания, выбору и проверке уставок максимальной токовой защиты в сетях напряжением до 1200 В (НПАОП 10.0-5.13-04).

## **15.8 Электроснабжение участка и управление машинами**

Электроснабжение участка должно осуществляться от передвижных трансформаторных подстанций, присоединяемых к распределительной сети с помощью КРУ. Допускается подключать к

одному КРУ не более трех одинаковой мощности передвижных подстанций или трансформаторов, питающих электроэнергией технологически связанные машины участка. В отдельных случаях электроснабжение участка может осуществляться от стационарных участковых подстанций. Допускается электроснабжение участка с поверхности через скважины при условии защиты шахтных подстанций на поверхности от грозовых перенапряжений.

Питание передвижных трансформаторных подстанций, устанавливаемых в отдельных случаях в выработках с исходящей струей воздуха, непосредственно примыкающих к очистным забоям пологих и наклонных пластов, опасных по внезапным выбросам, должно осуществляться от обособленной сети с защитой от утечек тока (замыканий) на землю. Места размещения подстанций должны быть оснащены аппаратурой, отключающей питающую сеть при превышении допустимой концентрации метана.

Для присоединения к сети передвижных подстанций и трансформаторов, устанавливаемых в выработках с исходящей струей воздуха шахт III категории по газу и выше, должны применяться КРУ с аппаратами предупредительного контроля изоляции сети относительно земли (БРУ) и дистанционным управлением по искробезопасным цепям. Допускается телемеханическое управление КРУ с пульта горного диспетчера (оператора) при установке КРУ в камерах на свежей струе воздуха.

Для включения РПП участка и другого электрооборудования, расположенного в выработках с исходящей струей воздуха, должны применяться коммутационные аппараты с БРУ, обеспечивающие защитное отключение и автоматический контроль безопасной величины сопротивления цепи заземления.

Все забойные машины должны присоединяться к сети при помощи магнитных пускателей или специальных магнитных станций (станций управления), управляемых дистанционно. Машины, на которых для управления отдельными электродвигателями установлены магнитные станции или ручные выключатели, также должны присоединяться к сети при помощи пускателей с дистанционным управлением. Для подачи напряжения на забойные машины в шахтах, опасных по газу или пыли, должны применяться пускатели (магнитные станции) с искробезопасными схемами управления.

Схема управления забойными машинами и механизмами должна обеспечивать: нулевую защиту; непрерывный контроль заземления корпуса машины; защиту от самопроизвольного включения аппарата при замыкании во внешних цепях управления; искробезопасность внешних цепей управления (для шахт, опасных по газу или пыли).

Запрещается применять однокнопочные посты для управления магнитными пускателями, кроме случаев, когда эти посты применяются только для отключения. В лавах должна предусматриваться возможность остановки конвейера с пульта управления комбайном и со специальных пультов, расположенных в лаве. Запрещается применять схемы, кроме схем управления ВМП, допускающие пуск машин или подачу напряжения на них одновременно с двух и более пультов управления.

Эксплуатация гидромуфт на машинах допускается только при исправной защите, осуществляемой опломбированными температурными реле или специальными калиброванными плавкими предохранительными пробками, заправки гидромуфт негорючими жидкостями и при наличии кожухов на гидромуфтах.

**Литература:** [2, 3, 12, 14, 15, 16]

### **Контрольные вопросы**

1. Основные требования к обустройству запасных выходов из горных выработок и шахты.
2. Кратко изложите основные требования по составлению паспортов выемочного участка и проведения и крепления выработки.
3. Приведите проявление основных природных и производственных опасных факторов при проведении подготовительных выработок.
4. С учетом, каких факторов регламентируются поперечные сечения горизонтальных и наклонных подготовительных выработок? Основные требования к ширине проходов и зазоров в выработках различного назначения.
5. Виды постоянной, временной и передовой крепи. Назначение крепей, их характеристика, требования к технологии возведения и установки.
6. Какие основные меры безопасности следует применять при проведении, углубке и ремонте наклонных выработок?
7. Изложите основные требования безопасности при обмене горнопроходческого оборудования в забое проводимой выработки.
8. Охарактеризуйте особенности и возможности проявления основных природных и производственных опасных факторов в очистных выработках пологих и крутых пластов.

9. С позиций безопасности ведения работ приведите основные рекомендации по применению способов управления кровлей.
10. Приведите основные мероприятия при первичной посадке кровли.
11. Изложите основные требования при креплении очистных забоев индивидуальной крепью, особенно в так называемом «треугольнике смерти».
12. Какие мероприятия следует применять для предупреждения опасности обрушений в нишах и на сопряжениях лавы со штреками?
13. Какие меры предусматриваются для предупреждения травматизма при обрыве тяговой цепи очистного комбайна?
14. Какие меры и средства применяют при проходке и углубке вертикальных стволов для предотвращения травматизма от падения сверху предметов и кусков породы и падения людей?
15. Меры безопасности при погрузке породы в бады.
16. Предупреждение обрушения породы в процессе проходки ствола (крепление призабойного пространства и виды крепления).
17. Возведение постоянной бетонной крепи (виды крепи, безопасная технология возведения крепей).
18. Меры безопасности при бурении шпуров (требование к доставке инструмента, применение установок).
19. Основная опасность при рассечке приствольных выработок (вид опасности, способы и технология проведения сопряжений).
20. Меры безопасности при армировании вертикальных стволов.
21. По какой схеме (вариантам схемы) и с использованием какой аппаратуры осуществляется стволовая связь и сигнализация?
22. Требования к освещению забоя ствола, призабойной его части и проходческих полков (виды светильников, нормы освещенности).
23. Аварийный подъем людей на поверхность (варианты исполнения, конструкция, вместимость секций аварийно-спасательных лестниц).
24. Перечислите основные нарушения технического состояния крепи.
25. Изложите организацию контроля за состоянием и безопасной технологией перекрепления горных выработок.
26. Особенности ведения ремонтных работ в вертикальных и наклонных выработках.
27. Организация контроля за состоянием и выполнением ремонтных работ в стволах и скважинах, оборудованных подъемными установками.
28. Требования безопасности при извлечении крепи из горизонтальных, наклонных и вертикальных выработок.
29. Основные требования к ликвидации и консервации шахт и горных выработок, имеющих выход на поверхность.
30. Приведите анализ основных опасностей ведения взрывных работ и их возможных последствий.
31. Изложите общую организацию ведения взрывных работ на шахтах и основные требования к персоналу.
32. Как классифицируют взрывчатые материалы и средства взрывания по условиям применения?



33. Кратко изложите (проработайте) как осуществляется хранение, учет, подготовка, выдача и уничтожение взрывчатых материалов.
34. Кратко изложите (проработайте) организацию перевозки, спуска в шахту и доставки взрывчатых материалов.
35. Изложите основные требования обеспечения безопасности ведения взрывных работ.
36. Какие дополнительные меры безопасности применяют при взрывных работах в шахтах, опасных по газу или пыли?
37. Изложите порядок безопасного проведения взрывных работ.
38. Приведите основные причины травматизма на транспорте.
39. Изложите общие требования к организации и средствам подземного транспорта.
40. Основные требования по организации безопасного передвижения и перевозки людей по горным выработкам.
41. Требования к путевому хозяйству. Безопасность откатки рельсовым транспортом.
42. Какие основные требования безопасности предъявляются к контактной сети и зарядке аккумуляторных батарей.
43. Безопасность при работе конвейерного транспорта.
44. Укажите основные опасности, имеющие место при работе подъемных установок.
45. Каким требованиям безопасности должны отвечать основные элементы подъемных установок?
46. Какие задачи решает, и из каких элементов состоит система автоматизации подъемных установок?
47. Изложите организацию безопасной работы подъема.
48. Какую двойную опасность представляет эксплуатация неисправного электрооборудования?. Перечислите основные причины электротравматизма.
49. Почему в шахтных условиях допускается применение электрических сетей только с изолированной нейтралью трансформатора?.
50. Как осуществляется защита людей от поражения электрическим током?
51. Кратко изложите организацию эксплуатации шахтного электрооборудования.
52. Виды исполнения, область и условия применения электрооборудования.
53. Какие требования предъявляются к шахтной кабельной сети?
54. Какое напряжение допускается для питания шахтных электрических машин и аппаратов различного назначения?
55. Изложите требования к обустройству камер для электрических машин и подстанций.
56. Основные требования к защитному заземлению.
57. Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов.
58. Электроснабжение участка и управление машинами.

---

## Часть 4

# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

## 16 Аварийная опасность угольных шахт

Аварийная опасность производственных процессов и объектов шахты определяется, прежде всего, горно-геологическими условиями разработки угольных пластов и зависит от устранения возможного проявления природных и эксплуатационных опасностей при принятой технологии ведения горных работ, эффективности системы противоаварийной защиты и профессиональной подготовленности к безаварийной работе производственного персонала.

Горно-геологические условия разработки, влияющие на проявление природных опасных факторов, классифицируют следующим образом.

Условия залегания угленосной толщи: количество угольных пластов в свите, расстояние между пластами, мощность пластов угля и слоев пород, глубина залегания, угол падения, вид геологических нарушений (пликативные, дизъюнктивные), обводненность месторождения и характер подземных вод (пластовые, трещинные, карстовые), естественная температура.

Физико-механические и химические свойства угля и вмещающих пород: крепость, обрушаемость, трещиноватость, степень метаморфизма, склонность угля к окислению, взрывоопасность пыли, доля свободного диоксида кремния, склонность к горным ударам.

Газоносность пластов угля и пород: виды газовыделения (обычные, суфлярные), опасность по газодинамическим проявлениям.

Основные опасности природного происхождения проявляются в виде длительного зависания и обширных обрушений пород кровли, обычных и суфлярных выделений метана, газодинамических явлений, склонности угля к самовозгоранию, взрывоопасности угольной пыли, наличия обводненных зон геологических нарушений в горном массиве, увеличения природной температуры пород с глубиной.

Опасности эксплуатационного происхождения разделяются на две группы: способствующие проявлению природных опасностей и собственно техногенные опасности.

К первой группе относятся нарушение естественного состояния

массива при проведении горных выработок и выемке угля, вызывающее возникновение горного давления; проявление подработки и надработки; перераспределение напряжений в массиве и давления газа в метаноносных угольных пластах и породах; искусственное создание каналов гидравлической и аэродинамической связи между земной поверхностью и горизонтами ведения горных работ, а также между горизонтами, что вызывает миграцию подземных вод и доставку с воздухом кислорода к поверхностям угля, склонного к самовозгоранию, и ко всем находящимся в шахте горючим материалам.

Ко второй группе факторов техногенного происхождения относятся оставление угля в целиках, в местах перехода геологических нарушений, в невынимаемых пачках угля; потери угля в лаве и выработанном пространстве; утечки воздуха через закрепное пространство в выработках, вентиляционные сооружения, выработанное пространство, изолирующие перемычки, раздавленные целики угля; недостаточное проветривание тупиковых выработок, выемочных участков, камер; проявления подработки и надработки; нагревание от трения конвейерных лент, исполнительных органов машин; искрение и короткое замыкание в электроустановках, между жилами кабеля, в светильниках, при обрушениях пород, в механических установках и инструменте; нарушения герметичности изолирующих и водоупорных перемычек, правил ведения огневых, взрывных, ремонтных работ, режима проветривания, пылевого режима, газового режима, мероприятий по предотвращению газодинамических явлений, паспортов крепления и управления кровлей, паспортов дегазации источников газовыделения, правил технической эксплуатации электроустановок, машин и механизмов, правил перевозки людей.

Наличие и проявление вышеперечисленных природных и производственных опасных факторов, их взаимодействие и степень участия в сущности и определяют вид аварии, места возникновения, особенности протекания, возможные осложнения, тяжесть последствий аварий и др.

В соответствии с действующей формой государственной статистической отчетности в Украине в общее число аварий включаются техногенные аварии, вызванные действием опасных факторов и различного рода простои из-за отказов оборудования, остановок по предписаниям надзора и т. п., приведшие к

значительным потерям рабочего времени и добычи угля. По данным МакНИИ и НИИГД «Респиратор»<sup>5</sup> ежегодно в среднем происходит около 2 тысяч аварий с простоем шахт и добычных участков более суток и потерей добычи 10-15 млн. тонн.

Распределение аварий в зависимости от объектов, на которых они происходят, и основные виды подземных аварий по опасным и травмирующим факторам приведены в таблице 16.1.

Таблица 16.1 - Структура аварийности на угольных шахтах Украины

Объекты и виды аварий	Аварийность	
	Среднее ежегодное число аварий	Удельный вес, %
Основные объекты аварий		
Горные машины и механизмы,	1072	54,7
в т. ч. в очистных забоях	129	-
Подземный транспорт	610	31,1
Подъем	76	3,9
Электрооборудование	114	6,0
На поверхности	32	1,7
Прочие объекты	53	2,6
Всего	1958	100
Основные виды аварий		
Обвала и обрушения,	138	36,4
в т. ч. в очистных забоях	98	-
Газодинамические явления	151	40,0
в том числе внезапные выбросы угля и газа	5	-
Взрывы метана и угольной пыли	4	1,0
Вспышки и горение метана	8	2,0
Прорывы воды и пливунов	3	0,7
Подземные пожары	75	20,0
Всего	379	100

Данные таблицы 16.1 показывают, что наибольшее число аварий на шахтных объектах связано с эксплуатацией горных машин и механизмов, подземного транспорта и электрооборудования (80,2% от общего числа аварий). Около 16,8% аварий вызвано обвалами и обрушениями, газодинамическими явлениями, подземными пожарами, взрывами и вспышками метановоздушной смеси и угольной пыли.

Число аварий I-й и II-й категорий со значительными разрушениями и смертельным травмированием людей, в ликвидации

220\_\_\_\_\_

<sup>5</sup>Научно исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор» (г.Донецк).

которых принимала участие ГВГСС, находится ежегодно в пределах 120-180 аварий. Большинство аварий, ликвидированных ГВГСС (табл. 16.2), связано с пожарами, удельный вес которых составляет более 56%, с обрушениями горных пород до 22% и загазованностью до 7%.

Таблица 16.2 - Число аварий на угольных шахтах Украины, в ликвидации которых приняла участие ГВГСС

Вид аварии	Среднее ежегодное число аварий	Удельный вес подземных аварий (относительно общего числа), %
Пожары	75	56,3
Обрушение пород	29	21,8
Загазирование горных выработок	9	6,7
Внезапные выбросы	5	3,7
Взрывы газа и угольной пыли	4	3,0
Затопление горных выработок	1	1,0
Другие подземные аварии	10	7,5
Всего подземных аварий	133	100 (86,3)
Аварии на поверхности шахт	21	(13,7)
Итого аварий	154	100

Приведенная структура аварий свидетельствует о высокой аварийности на угольных шахтах Украины. При объеме добычи угля 2% от мировой число аварий I-й категории, связанных с взрывами газа и пыли на украинских шахтах, составляет 37% от общего числа таких аварий в угольной промышленности всех стран мира.

## **17 Предупреждение и локализация взрывов газа и угольной пыли**

### **17.1 Условия возникновения и протекания взрывов метано и пылевоздушных смесей**

Теоретические основы горения и взрыва газо-воздушных смесей, заложенные классическими трудами Н.Н Семенова, Я.Б. Зельдовича, получили свое дальнейшее развитие в исследованиях А.И. Розловского, Г.Д Саламандры, Р.И. Солоухина, А.С. Соколика. Большой вклад в исследование взрывов газопылевых смесей в горных выработках и разработку способов и средств борьбы с ними внесли В.Я. Балтайтис, А.А. Гурин, Н.Р. Шевцов, П.М. Петрухин, М.И. Нецепляев, В.Н. Качан, В.С. Сергеев, И.Ф. Ярембаш, А.М. Чеховских, В.М. Плотников, В.И. Гудков, А.Г. Абинов, С.Н. Осипов, Ю.Ф. Булгаков и другие ученые.

Воспламенения газопылевоздушных смесей в атмосфере горных выработок обусловлены протеканием экзотермических реакций окисления метана и угольной пыли с кислородом воздуха, т.е. различного рода процессов горения, рассматриваемых с позиции теории теплового взрыва и цепной кинетики протекающих реакций.

Фактически в горные выработки выделяется смесь метана с примесями других горючих газов (водорода, этана, пропана, бутана, пентана и др.). Водород, а также этан и другие углеводороды по своим взрывчатым свойствам отличаются от метана, имеют иные температуры воспламенения, пределы взрываемости и периоды запаздывания воспламенения. Эти примеси, как правило, составляют незначительную долю, но при определенных условиях могут оказать существенное влияние на взрывчатость метана. Взрывчатыми свойствами обладают и другие газы (оксид углерода, сероводород и пр.), однако выделения их в горные выработки, как правило, не достигают взрывоопасной концентрации и основная опасность этих газов заключается в их ядовитых свойствах.

Для того чтобы возникло пламенное или взрывное горение рудничного газа, необходимо смешивание исходных компонентов в определенных пропорциях, т. е. образование горючей смеси, так называемого гремучего газа. В горных выработках образование горючей метановоздушной смеси может происходить двумя путями.

Первый путь, наиболее распространенный и наиболее опасный, когда воспламеняется предварительно перемешанная и, следовательно, максимально реакционно-способная горючая смесь рудничного газа и воздуха. Это часто происходит в результате нарушения нормального режима проветривания горных выработок и загазования их атмосферы до взрывоопасных концентраций. Взрывоопасные концентрации горючих газов образуются и при подземных пожарах, когда также нарушается нормальный режим проветривания аварийного участка, а процесс выделения горючих газов в зоне высоких температур резко интенсифицируется. В этих случаях взрывоопасная среда иногда успевает сформироваться на довольно большом протяжении горных выработок, сгорание ее может происходить почти мгновенно с образованием мощных ударных волн с катастрофическими последствиями.

Второй путь образования горючей смеси, более редкий, но не менее опасный, когда рудничный газ и воздух не были предварительно перемешаны и их сгорание происходит уже в

процессе взаимного смешивания. Примером может служить факельное горение метана при суфлярном его выделении в атмосферу горной выработки. Кислород в зону пламенного горения метана поступает в этом случае путем диффузии из окружающего пламя воздуха.

Пределы взрыва смесей метана с воздухом наглядно могут быть представлены на диаграмме взрываемости метана (рис. 17.1).

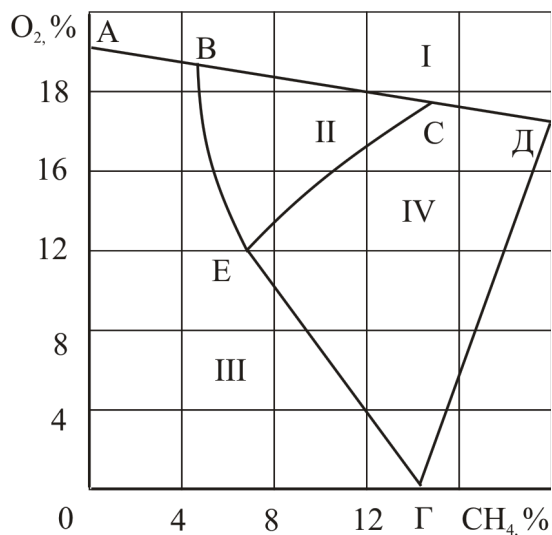


Рисунок 17.1 - Диаграммы взрываемости метановоздушных смесей

I - неосуществимая смесь; II и III - взрывчатые и невзрывчатые смеси; IV - смеси, могущие стать взрывчатыми при добавлении воздуха

Так, все практически осуществимые смеси метана с атмосферным воздухом представлены площадью ниже линии АД. Точка В соответствует нижнему концентрационному пределу взрываемости метана в воздухе (5% метана и 95% воздуха), а точка С - верхнему (15% метана и 85% воздуха). Точка Е соответствует нижнему концентрационному пределу взрываемости смеси по кислороду, который равен 12%. Точки В, С и Е замыкают контур, называемый треугольником взрываемости, в пределах которого метановоздушная смесь взрывоопасна. Линия ВЕ является линией нижних, а линия СЕ верхних концентрационных пределов взрываемости. Область, ограниченная контуром АВЕГОА составляет зону невзрывчатых смесей метана с кислородом воздуха, а область зона справа от линии ЕГ, ограниченная контуром ЕГДСЕ - зону невзрывчатых смесей метана с кислородом воздуха, но которые могут стать взрывчатыми при добавлении свежего воздуха.

В общем виде, в реальных условиях метановоздушная смесь с содержанием метана до 5-6% горит при наличии постоянного источника воспламенения, от 5-6 до 14-16% - взрывается и свыше 14-16% - не горит и не взрывается.

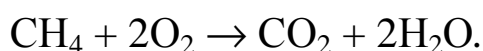
Характер воспламенения метановоздушной смеси зависит не только от концентрации метана, но и других условий: начального давления, температуры и влажности метановоздушной смеси, гидравлического сопротивления продвижению фронта пламени и условия теплоотдачи из очага и др.

Процесс горения в условиях горных выработок может распространяться по метановоздушной смеси с самыми различными скоростями. Причем, с количественным изменением скорости распространения резко меняется и качественная картина протекающего процесса. Возникая от слабого источника зажигания, волна горения может с довольно незначительной скоростью распространиться по слоевому скоплению метана, но может и быстро разогнаться с образованием впереди себя сильной волны сжатия, которая уже может произвести разрушительную работу. Волна сжатия быстро переходит в еще более мощную ударную волну, скорость распространения которой может достигать нескольких сот метров в секунду. При определенных условиях ударная волна может перейти в детонационную, скорость распространения которой становится постоянной. Детонационное горение метана в горных выработках может возникнуть не только в результате саморазгона волны горения, но и непосредственно - от ударной волны другого взрыва.

В зависимости от скорости распространения фронта пламени и давления в ударной волне различают несколько типов воспламенения:

Воспламенение	Давление во фронте пламени (ударной волны), Мпа	Скорость движения фронта пламени, м/с
Замедленное		0,3-0,6
Вспышка	0,015	2-10
Взрывное горение	0,015-1	10-300
Детонация	2-5	1000-8000

Вблизи источника воспламенения и при притоке кислорода извне может гореть спокойным пламенем. Сгорание метана в этом случае происходит в соответствии с уравнением



Однако в горных выработках горение метана часто происходит при недостаточном содержании кислорода, что приводит к появлению в составе пожарных газов оксида углерода



Диффузионное горение метана при постоянном его выделении и поступлении воздуха не приводит к распространению пламени в объеме горной выработки, но изменение этих факторов обычно



приводит к изменению объема пламени. Так, при увеличении скорости диффузии кислорода пламя уменьшается в объеме, температура его увеличивается; увеличение же количества выделяющегося метана, наоборот, приводит к увеличению объема пламени.

Горение метана почти во всех случаях наблюдается под кровлей выработки, иногда за крепью выработки, в зарубных щелях и вертикальных действующих выработках (стволах, шурфах и т. д.). Горение метана часто наблюдается в виде «бегущего» по забою пламени.

Быстрое сгорание метана в виде вспышки происходит только вблизи нижнего и верхнего концентрационных пределов взрываемости.

Переход вспышки во взрыв происходит при скорости химического превращения менее 1 м/с, для чего необходим или приток смеси в очаг, или перемещение самого очага (фронта пламени) со скоростью звука и выше. Это требует низкого сопротивления выработок, особенно отсутствия поворотов, сужений, расширений, преград (дверей, перемычек, транспортных сосудов и т. д.), а также сохранения высокой температуры во фронте пламени для метановоздушной смеси, например, не ниже 1300 °С.

Обычное (замедленное) воспламенение переходит во взрыв (взрывное горение) постепенно: скорость и давление возрастают относительно плавно.

С ростом количества метана в воздухе от 5 до 15% сила взрыва вначале нарастает, достигает максимума при содержании метана близкому к стехиометрическому, т. е. 9,46% по объёму, а затем, при дальнейшем повышении содержания метана, уменьшается. В этом случае часть метана остается несгоревшей из-за недостатка кислорода. Вследствие высокой теплоемкости метана эта часть охлаждает пламя взрыва, а при содержании метана свыше 14-16% происходит его полное самогашение, и взрыва не возникает.

Температура продуктов взрыва метана в неограниченном объеме достигает 1875 °С, а внутри замкнутого объема 2150-2650 °С. Давление газа в месте взрыва в среднем в 9 раз превосходит начальное давление метановоздушной смеси до взрыва. При распространении взрывной волны по выработке появлению пламени всегда предшествует волна сжатого воздуха. Встретив на своем пути скопление газа, она сжимает его, а подошедшее пламя воспламеняет.

Такое предварительное сжатие всегда способствует развитию высоких давлений во взрывной волне (до 3 МПа и выше) и увеличению скорости ее распространения.

Взрывное горение переходит в детонацию скачкообразно и сопровождается разгоном фронта пламени до сверхзвуковой скорости (в 3-20 раз больше скорости звука), ростом давления перед фронтом до 2-5 МПа и соответствующим повышением температуры.

В шахтных условиях может реализовываться два способа воспламенения газовых смесей - самовоспламенение и зажигание.

При самовоспламенении горючая смесь вся целиком доводится до такой температуры, выше которой она самостоятельно без внешнего воздействия воспламеняется. В условиях горных выработок случай самовоспламенения может реализовываться, например, при смешивании исходящей из тупиковой выработки высокотемпературной струи пожарных газов, содержащей взрывоопасные концентрации горючих газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  и т. д.), но очень малый процент кислорода, и холодной вентиляционной струи свежего воздуха.

Зажигание - наиболее распространенный случай воспламенения газа в условиях горных выработок. Источником теплового импульса воспламенения может быть нагретая поверхность рабочего органа комбайна, электроэнергия, взрывные работы, фрикционное искрение, очаг самовозгорания, открытый огонь и т. п.

Зажигание от локального теплового источника всегда происходит при более высокой температуре, чем самовоспламенение метановоздушной смеси, что обусловлено условиями и процессами, протекающими в слое смеси на границе нагретого тела: снижением концентрации метана в тонком пограничном слое вследствие реакции горения и необходимостью выделения в результате реакции такого количества тепла, при котором процесс в зоне реакции становится независимым от источника и может самостоятельно перемещаться в пространстве. При этом, чем меньше размеры теплового источника и больше скорость обтекающего потока, тем выше должна быть температура зажигания.

Так, воспламенение метана в условиях горных выработок не всегда может происходить от фрикционных искр. Такие мелкие частицы в состоянии красного или белого каления при весьма кратковременном контакте с взрывчатой смесью метана в редких случаях дают воспламенение газа. Воспламенение возможно в том

случае, когда температура частиц настолько высока, что период индукции весьма мал, а времени контакта с взрывчатой смесью достаточно, чтобы успели начаться бурные экзотермические реакции горения метана. Особую опасность по воспламенению метана представляют искры, получаемые при ударе оборудования, изготовленного из легких сплавов, по заржавленному железному или стальному предмету или листу.

Обрушение кровли, производящее очень большое давление между поверхностями пород, а также скольжение обрушающейся породы по острым краям других пород могут также вызвать воспламенение метана в чрезвычайно короткий промежуток времени. Песчаники с большим содержанием кварца являются наиболее опасными в отношении искрообразования.

Пламя применяемых взрывчатых веществ существенно отличается от обыкновенного пламени кратковременностью своего действия, которое должно быть меньше индукционного периода воспламенения метана. Нарушение этого условия обычно приводит к воспламенению метана или его взрыву. Величина индукционного периода находится в прямой зависимости от размеров пламени. Чем больше размеры пламени, тем меньше индукционный период воспламенения взрывчатой смеси газов.

Зажигание электрической искрой или дугой тока короткого замыкания всегда представляет собой повышенную опасность. Механизм этого процесса очень сложен, поскольку при возникновении искры имеет место очень интенсивное местное возбуждение молекул газа и их ионизация. Это обстоятельство может в сильной степени интенсифицировать и изменить протекание химических процессов в области искры и соответственно изменить критические условия зажигания.

Длительно, действующее пламя, как бы мало оно ни было, всегда способно воспламенить газовую смесь метана с воздухом.

Для предупреждения фрикционного искрения пока не найдены надежные технические решения. Самовозгорание также не всегда может быть предсказано и выявлено с необходимой точностью. Все другие источники теплового импульса технически устранимы. Их наличие во многих случаях является результатом нарушений технологической дисциплины.

При взрыве метана в шахтах наблюдается два удара - прямой и обратный. Прямой удар представляет собой волну,

распространяющуюся от источника воспламенения к периферии. Обратный удар - волна, распространяющаяся в обратном направлении - к центру взрыва, вследствие возникшего там разрежения после конденсации образующихся при взрыве паров воды и остывания продуктов сгорания. Обратный удар обычно слабее прямого. Соответственно различают и два вида пламени - первичное и вторичное. Первичное пламя является собственно пламенем взрыва, вторичное - результат дожигания оставшегося на пути взрыва метана при поступлении к нему кислорода из прилегающих выработок. Не исключена возможность, что в результате такого поступления снова образуется взрывчатая смесь, тогда при наличии источника воспламенения происходит вторичный и часто более сильный взрыв.

Угольная пыль, отложившаяся на почве, стенках и кровле выработок горит как твердое вещество, а горение пыли, находящейся во взвешенном состоянии происходит в виде взрыва. Пылевоздушные смеси взрываются легче метановоздушных, а при наличии в шахтном воздухе взвешенной угольной пыли воспламенение метановоздушной смеси может произойти при доле метана около 3%. Это объясняется тем, что в отличие от метановоздушных смесей угольная пыль возгорается при температуре 300-365 °С, бурого угольная - при 200-230 °С.

Тепловая теория воспламенения Н.Н. Семенова позволяет представить взрыв угольной пыли следующим образом. Под действием теплового источника воспламенения частицы пыли быстро прогреваются с выделением взрывчатых продуктов пиролиза, образующих вокруг частицы газовую оболочку. Как только концентрация газа в этой оболочке достигает взрывоопасных пределов, происходит ее воспламенение. Тепловой импульс от горячей частицы в виде излучения передается негорящим, которые интенсивно поглощают лучистое тепло и частично прогревают окружающий их газ кондукцией. Если выделяющееся тепло не успевает отводиться в окружающую среду, то происходит нарастание температуры и ускорение протекания реакции, и горение взвешенной в вентиляционном потоке угольной пыли приобретает лавинообразный характер.

При взрыве угольной пыли реакция горения протекает не только в газовой фазе, но и на поверхности угольных частиц. При нагреве частицы на ее поверхности образуется пленка жидкой фазы, насыщенная пузырьками газообразных продуктов пиролиза. При

остывании жидкие пленки соседних пылинок могут сливаться вместе и образовывать сплошную массу, заполненную газообразными и твердыми продуктами пиролиза. Такие образования называются «коксыком» и служат одним из признаков, по которому судят об участии угольной пыли во взрыве в шахтных условиях. Образование «коксыков» присуще только пыли спекающихся углей марок Г, Ж, К, ОС. Это обстоятельство в определенной степени объясняет установленный факт, что опасными по взрывам пыли являются пласты угля с выходом летучих веществ 15% и более.

Влияние летучих веществ на процесс воспламенения пыли в основном заключается в воспламенении сначала выделившихся летучих компонентов, которые быстро выгорают, поднимая температурный уровень процесса, обеспечивая воспламенение и последующее интенсивное горение коксового остатка частиц пыли.

Степень дисперсности оказывает сильное влияние на взрывчатые свойства угольной пыли. С увеличением степени дисперсности пыли повышаются ее удельная поверхность, химическая активность, адсорбционная способность, склонность к электризации, понижается температура самовоспламенения и величина нижнего концентрационного предела воспламенения.

Во взрыве пыли принимают участие пылинки, начиная от частиц размером 0,75-1 мм, а основным носителем взрывчатых свойств пыли являются фракции размером менее 75 мкм. Причем взрывчатость угольной пыли с увеличением степени дисперсности и, как следствие, ее удельной поверхности непрерывно возрастает (рис. 17.2).

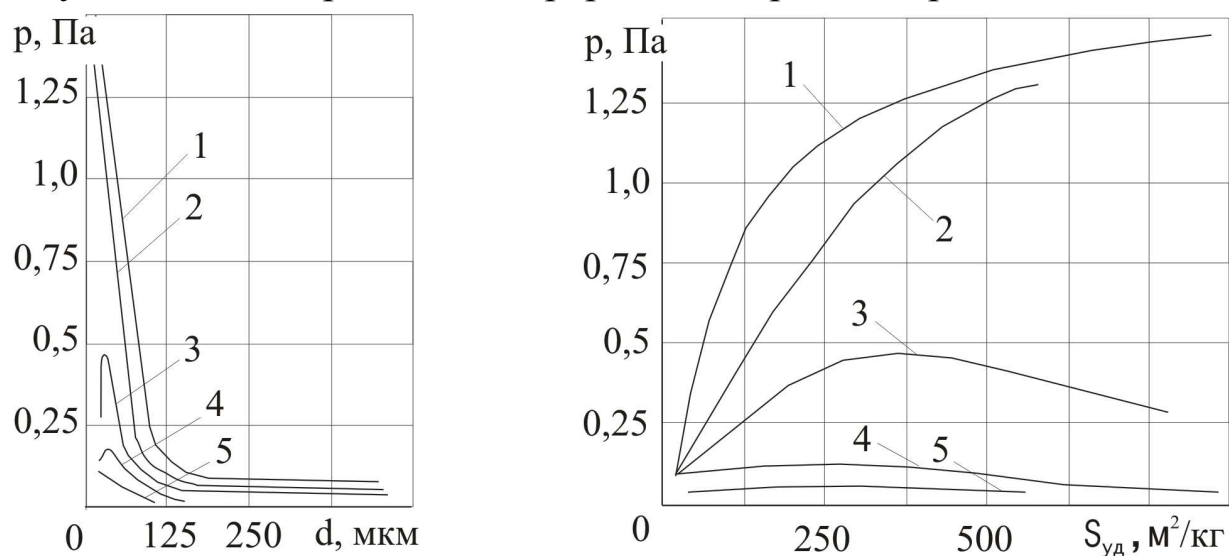


Рисунок 17.2 - Зависимость давления при взрыве угольной пыли от ее дисперсности а) и от удельной поверхности б)  
 1 -  $V^{\text{daf}} = 40,5 \%$ ; 2 -  $V^{\text{daf}} = 34,5 \%$ ; 3 -  $V^{\text{daf}} = 24,0 \%$ ; 4 -  $V^{\text{daf}} = 17,5 \%$ ; 5 -  $V^{\text{daf}} = 10,5 \%$

Зола, как инертная по отношению к горению добавка, отрицательно влияет на взрывчатость угольной пыли. Она поглощает часть тепла, излучаемого горящими частицами угольной пыли и снижает общий тепловой баланс взрыва, а следовательно, и температуру пламени. Негорючие твердые вещества в смеси с угольной пылью разжижают концентрацию взрывчатых частиц, экранируют тепловые лучи и способствуют обрыву реакционных цепей путем нейтрализации активных центров химической реакции горения.

Указанные свойства негорючих веществ обусловили применение инертной пыли для предупреждения (осланцевания) и локализации (сланцевые заслоны) взрывов угольной пыли.

Влияние содержания негорючих веществ на взрывчатость угольной пыли пластов угля различной степени метаморфизма сказывается неодинаково. Так, для угольной пыли с выходом летучих веществ менее 15% влияние содержания негорючих компонентов на ее взрывчатость сказывается в большей мере, чем это имеет место при большем выходе летучих веществ. Взрывчатость угольной пыли с выходом летучих веществ 15% и менее существенно снижается при зольности 20-30%. С увеличением выхода летучих веществ более 15% степень влияния естественной зольности уменьшается. При выходе летучих веществ более 30% естественная зольность не оказывает существенное влияние на взрывчатость угольной пыли.

Влагосодержание частиц угольной пыли также оказывает существенное влияние на ее взрывоопасность. Во-первых, влага действует как инертная добавка, снижая тепловой баланс системы. Во-вторых, переходя в парообразное состояние, влага создает вокруг горячей частицы экранирующий слой, обогащенный парами воды. В-третьих, влага способствует аутогезии мелких частиц в более крупные, что снижает удельную поверхность пыли и, следовательно, уменьшает ее взрывчатость, отложившаяся увлажненная пыль теряет способность переходить во взвешенное состояние и создавать взрывоопасные концентрации.

На характер возникновения и протекания взрывов угольной пыли влияет также изменение состава шахтного воздуха при перемещении по горным выработкам. Так при прочих равных условиях наличия метана и других горючих газов в воздухе уменьшение содержания кислорода и увеличение содержания азота, углекислого газа и

влажности воздуха оказывает флегматизирующее действие на взрыв пыли.

Одним из основных факторов возникновения взрыва угольной пыли в шахтах является источник ее воспламенения, который характеризуется: количеством выделяемой энергии, ее концентрацией, интенсивностью выделения энергии и длительностью действия. По классификации источники воспламенения пыли разделяются на слабые и сильные.

Слабые источники не образуют выраженной ударной волны и не способствуют переходу отложений угольной пыли во взвешенное состояние. К слабым источникам воспламенения относятся электрические дуги и искры, открытое пламя горения, нагретые тела без образования пламени, тепловые искры.

Сильные источники воспламенения, напротив, вызывают образование ударной волны и переводят отложения угольной пыли во взвешенное состояние. При воспламенении от сильных источников обязательно участвуют метан и угольная пыль. К сильным источникам воспламенения относятся:

- фронт пламени и (или) ударной волны взрывов метана и угольной пыли (наиболее сильный и опасный источник воспламенения, характеризующийся длительным действием в весьма большом объеме);

- продукты детонации взрывчатых веществ (характеризуются весьма малым временем действия в ограниченном объеме);

- ударные волны от взрыва конденсированных веществ (возникают при камуфлетном взрывании, когда продукты детонации задерживаются и не достигают взрывчатой смеси и характеризуются незначительным временем воздействия в ограниченном объеме);

- ударные волны от обрушения больших объемов горной массы (характеризуются незначительным временем воздействия при весьма больших объемах рассеивания энергии ударных волн).

Решающим фактором при воспламенении метана и угольной пыли от сильного источника является температура пламени или продуктов взрыва, а также продолжительность их действия. При этом существенное значение имеет соотношение между температурой источника воспламенения и минимальной температурой воспламенения смеси. Последняя для пылевоздушных смесей связана с выходом летучих.

Минимальная температура воспламенения метановоздушных смесей составляет при адиабатическом сжатии 565 °С, при контакте с накаливаемыми поверхностями 650 °С.

Воспламеняющее действие ударных волн реализуется при скоростях более 1250-1350 м/с, что соответствует температуре за фронтом ударной волны более 500 °С.

Температура фронта пламени взрывов метана и угольной пыли может достигать 2000-2500 °С, температура продуктов детонации взрывчатых материалов 4500 °С.

Средняя температура электрической дуги и электрической искры составляет 4000 °С, температура открытого пламени спички – 1200 °С, тлеющей папиросы - 600-800 °С.

Начальная температура фрикционных искр может достигать температуры плавления оксидов истираемых или соударяющихся металлов: алюминия  $Al_2O_3$  (2045 °С), железа  $Fe_2O_3$  (583 °С), меди  $SiO$  (977 °С).

При оценке действия источника воспламенения на взрыв пыли следует учитывать период индукции, т. е. время с момента ввода источника воспламенения в пылевое облако до его взрыва. Это время зависит от ряда факторов: компонентов смеси, их концентрации, температуры и давления смеси. Наименьшей длительностью действия отличаются ударные волны ( $10^{-7}$ - $10^{-3}$  с). Весьма малое время действия характеризует продукты детонации и электрические искры ( $10^{-6}$ - $10^2$  с). Более длительное время действуют электрические дуги и фронт пламени взрывов газа (метана) и угольной пыли ( $10^{-4}$ -1 с). Максимальным временем отличается действие открытого пламени горения нагретых тел.

Возникновение и распространение взрыва по всему пылевому облаку возможно только в диапазоне нижнего и верхнего концентрационных пределов воспламенения.

Взрывоопасное облако пыли может сформироваться либо до появления источника воспламенения в процессе выемки угля, либо ранее отложившаяся пыль за счет энергии ударной волны источника воспламенения перейдет во взвешенное состояние и тем самым подготовит среду для дальнейшего протекания взрыва. В этой связи необходимо различать еще и нижний предел воспламенения (взрывчатости) отложившейся угольной пыли - минимальное количество отложившейся угольной пыли, отнесенное к единице



объема, при котором еще возможно распространение взрыва по запыленному участку.

По данным МакНИИ нижний предел взрывчатости взвешенной угольной пыли растет с увеличением зольности, снижается при увеличении выхода летучих веществ и описывается формулой

$$\delta_B = 55,3 \exp(-0,045 V^{\text{daf}}) + 1,4 \exp(-0,032 V^{\text{daf}}) A^c, \text{ г / м}^3,$$

где  $\delta_B$  - нижний предел взрывчатости угольной пыли,  $\text{г/м}^3$ ;  $V^{\text{daf}}$  - содержание летучих компонентов, %;  $A^c$  - содержание негорючих веществ, %.

Между нижними пределами взрывчатости отложившейся и взвешенной пыли существует соотношение

$$\delta_{\text{отл}} = 2,5 \delta_B, \text{ г / м}^3.$$

Эти зависимости позволяют с относительной погрешностью, не превышающей 10%, рассчитать значения нижних пределов взрывчатости отложившейся и взвешенной угольной пыли в каждом конкретном случае по данным технического анализа угля. При этом наличие метана в рудничной атмосфере снижает значения нижних пределов взрывчатости угольной пыли, так как метан, адсорбированный пылинками, увеличивает концентрацию взрывчатых газообразных продуктов пиролиза в газовой оболочке вокруг реагирующей частицы, а не адсорбированная часть метана распределяется между частицами пыли, способствуя передаче горения от одной частицы пыли к другой. Концентрационные пределы расширяются также при увеличении содержания в рудничной атмосфере водорода и гомологов (этана, пропана, бутана и др.).

Концентрационные пределы взрывчатости угольной пыли зависят также от источника воспламенения: расширяются при повышении начального давления пылевоздушной смеси (особенно увеличивается верхний предел), начальной температуры смеси (в большей степени изменяется верхний предел) и, напротив, сужаются при повышении скорости движения пылевоздушной смеси и уменьшении размеров взрывоопасного объема.

Источником воспламенения угольной пыли чаще всего является взрыв метана, энергии которого вполне достаточно, чтобы воспламенить облако витающей взрывчатой пыли. Процесс перехода

отложившейся пыли во взвешенное состояние после прохождения ударной волны можно представить следующим образом. При распространении фронта ударной волны над ровной поверхностью отложившейся угольной пыли в ее слое развивается присоединенная волна сжатия, давление фронта которой совпадает с давлением газа за фронтом ударной волны. Отражение этой волны от стенок выработки и свободной поверхности слоя угольной пыли приводит к появлению в слое системы волн сжатия и разрежения (рис. 17.3).

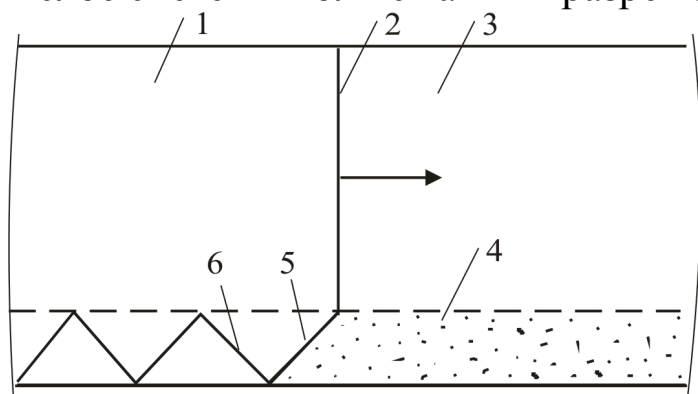


Рисунок 17.3 - Схема перехода отложившейся пыли во взвешенное состояние  
1 - возмущенная среда за фронтом ударной волны; 2 - фронт ударной волны; 3 - невозмущенная среда; 4 - слой отложившейся пыли; 5 - присоединенная волна сжатия в слое пыли; 6 - отраженная волна сжатия в слое пыли

Поверхность слоя отложившейся

пыли становится гидродинамически неустойчивой, и приблизительно через 300 мкс после прохождения ударной волны наблюдается ее подъем с образованием ярко выраженной волнообразной структурой поверхности. За очень короткий промежуток времени (порядка 300 мкс) скорость подъема частиц достигает 10 м/с. Даже при незначительном отставании фронта пламени от фронта ударной волны в поперечном сечении выработки за счет высокой вертикальной составляющей скорости подъема частиц к моменту подхода пламени успевает образоваться взрывоопасная концентрация пыли.

Изменения давления во фронте ударной волны в зоне взрыва угольной пыли носит пульсационный характер (рис. 17.4).

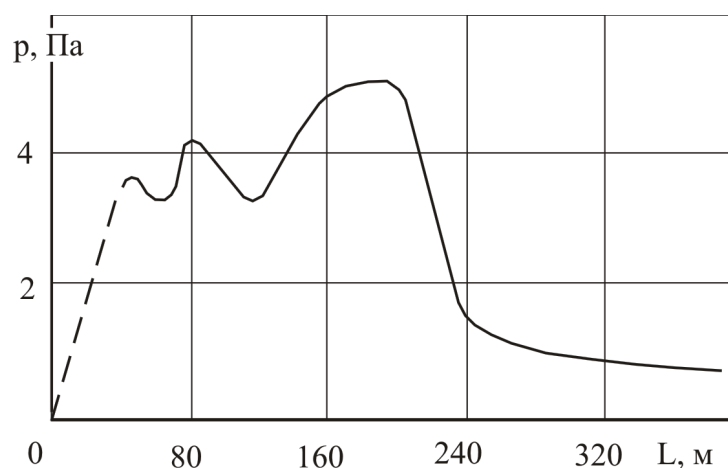


Рисунок 17.4 - График изменения давления на фронте ударной волны при взрыве угольной пыли

За этой зоной давление изменяется уже в соответствии с закономерностью, выведенной для точечного взрыва.

## 17.2 Последствие и причины взрывов газа и угольной пыли

Взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжкими последствиями в экономическом и социальном плане. Мировая и отечественная практика угледобычи сопровождалась катастрофическими последствиями взрывов с большим числом смертельно травмируемых: 1906 г, Франция, шахта Курьер, 1230 человек; 1907 г, США, шахта Иоленд, г. Питсбург, 500 человек; 1907 г, Япония, Тогоока, провинции Бунго, 471 человек; 1908 г, шахта № 4-бис, Юзовка, Донбасс, 264 человека; 1908 г, Рыковский рудник, Юзовка, Донбасс, 273 человека; 1913 г, Англия, Юнивесал, Кардифф, 472 человека; 1939 г, шахта № 13-бис, Макеевка, Донбасс, 101 человек; 1942 г, Китай, шахта Хонкейко (в период оккупации Японией Маньчжурии), 1567 человек; 1946 г, Германия, Гимберг, 404 человек; 1965 г, Индия, Бохори, 375 человек; 1963 г, Япония, Микава, 217 человек; 1972 г, Родезия, Ванки, 400 человек; 1975 г, Индия, Часнала, 431 человек; 1989 г, Перу, Наска, 205 человек; 1997 г, Турция, Армушкук, 217 человек; 2000 г, шахта им. Н.П. Баракова ГХК «Краснодонуголь», 80 человек (взрыв угольной пыли); 2001 г и 2002 г, шахта им. А.Ф. Засядько, соответственно 55 и 61 человек и другие случаи взрывов на отечественных шахтах и шахтах почти всех угледобывающих стран.

Поражающими факторами при взрывах являются ударная волна, высокая температура газообразных продуктов взрыва, содержащих токсичные газы, в основном оксид углерода. Основным травмирующим фактором при взрыве в 75% случаев является отравление оксидом углерода, остальные 25% приходится на ожоги и непосредственные воздействия ударной волны.

Наиболее опасны взрывы метана с участием угольной пыли, так как имеют, во-первых, значительно большую зону поражения вследствие перехода во взвешенное состояние и участие во взрыве пыли отложившейся на стенках выработки, во-вторых, содержание окиси углерода в газообразных продуктах взрыва достигает 1-3% при снижении кислорода до 1-10%. По данным МакНИИ за последние десятилетия на шахтах Украины практически во всех взрывах, в том числе с участием пыли, участвовала метановоздушная смесь. Только в одном случае воспламенение и взрыв угольной пыли произошел от открытого пламени керосинореза без участия метана.

Температура взрыва метановоздушной смеси в горных выработках изменяется от 1850 °С - в начале воспламенения до 2600-2650 °С - при развитии теплового взрыва (взрывного горения).

Давление во фронте ударной волны взрыва может составлять 2,5-3 МПа при безопасном давлении для человека 0,006 МПа.

Эффект нарастания давления во фронте пламени - ударной волны по мере удлинения пути пробега и в местах большого гидравлического сопротивления, приводит к тому, что наибольшие разрушения имеют место не в местах возникновения воспламенения и взрыва, а на границе очага аварии и в местах сужений, крутых поворотов, загромождений выработок и т. п. Поэтому при определении места начального очага исследуют проявления характерных признаков - отброс предметов, обугливание, копоть и др. При этом также учитывается действие обратной ударной волны и вторичного пламени дожигания оставшегося на пути взрыва метана при поступлении к нему кислорода из прилегающих выработок и связанным с этим возможностью вторичного взрыва.

Определения безопасного расстояния от эпицентра взрыва, на котором происходит снижение давления на фронте ударной волны до 0,006 МПа производится по расчетной схеме сети горных выработок. Снижение давления ударной волны оценивается безразмерным коэффициентом  $K$  затухания, значение которого зависит от избыточного давления  $\Delta P_{\phi}$  во фронте ударной волны и относительного расстояния  $L$  ее распространения. Значение  $L$  определяется для каждого участка сети выработок, начиная от очага воспламенения, по формуле

$$L = \sum_{i=1}^m L_i / \sqrt{S_i}, \text{ м,}$$

где  $L_i$  длина  $i$ -й выработки, м;  $S_i$  - площадь поперечного сечения  $i$ -й выработки,  $\text{м}^2$ ;  $m$  - число выработок по пути ударной волны.

Для прямолинейных участков выработок относительной протяженности  $L$  по графику 1 (рис. 17.5) определяется величина  $\Delta P_{\phi}$ . В случаях  $L \geq 65$  м, а также для сильно загроможденных выработок, при  $L > 15$  м значение  $\Delta P_{\phi}$  принимается равным 2,8 МПа. Затем по графику 2 для  $\Delta P_{\phi} > 0,1$  МПа определяется значение  $K$ , а при  $\Delta P_{\phi} < 0,1$  МПа значение  $K$  вычисляется по формуле

$$K = 1 + 9\Delta P_{\phi}.$$

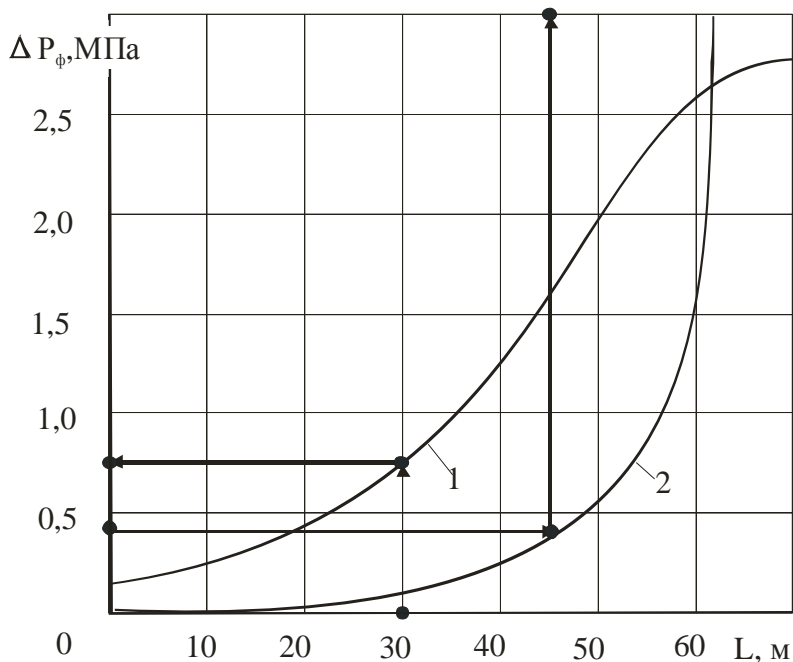


Рисунок 17.5 - Графики для определения коэффициента затухания ударной волны

На расстоянии  $X$  от начального сечения выработки избыточное давление ударной волны определяется по формуле

$$\Delta P_x = \Delta P_\phi \exp(-4K\alpha X / \sqrt{S}),$$

где  $\alpha$  - коэффициент аэродинамического сопротивления выработки.

В выработке с действующим пожаром расчетное значение  $P_\phi$  в конце участка разогрева выработок увеличивается в 1,5 раза и принимается за начальное для последующего участка.

Распределение взрывов по местам происшествий и причинам образования взрывоопасной смеси приведено в таблицах 17.1 и 17.2.

Таблица 17.1 - Распределение взрывов по местам происшествий

Наименование горных выработок (мест происшествия взрывов)	Удельный вес числа взрывов, %
Проходческие и нарезные (тупиковые) выработки	35,0
Очистные выработки (лава)	28,5
Исходящие (вентиляционные) выработки из очистных забоев	23,0
Выработки с поступающей струей воздуха на участки	7,3
Камеры и бункеры	6,2

Таблица 17.2 - Распределение взрывов по причинам образования взрывоопасной смеси

Причины образования взрывчатой метановоздушной смеси	Удельный вес числа взрывов, %
Выделение метана из угля и породного массива в тупиковых выработках и забоях при нарушении проветривания	4,03
Выделение метана из угля и массива в очистных забоях (лавах) при нарушении проветривания	22,2
Внезапные выделения метана в выработки, вызванные газодинамическими явлениями	17,6
Поступление метана в лавы и подготовительные выработки из выработанного пространства	17,0
Накопление метана в выработках при нарушении общешахтной (участковой) вентиляции	5,5
Образование взрывчатой смеси в бункерах и камерах из-за нарушения проветривания	3,7

Основные причины образования взрывчатой смеси в подготовительных, очистных забоях, бункерах и камерах связаны с нарушением проветривания, в основном, из-за остановок ВМП, сверхнормативных утечек воздуха или закорачивания воздушной струи на участках, когда в забои (камеры) свежего воздуха поступает в 2-4 раза меньше расчетного его количества. В более 90% взрывов причины образования взрывчатой смеси носят организационный характер (ВМП не резервирован, утечки воздуха в трубопроводе, закорачивание струи воздуха в лавах, отсутствие замера метана перед производством взрывных работ и др.).

Распределение взрывов по источникам воспламенения приведены в таблице 17.3.

Таблица 17.3 - Распределение взрывов по источникам воспламенения

Наименование источников воспламенения	Удельный вес числа взрывов, %
Электроэнергия	46,4
Фрикционное искрение и трение	19,4
Взрывные работы	16,7
Самовозгорание угля и пород	7,4
Огневые работы	4,6
Курение в выработках	4,6
Пневмоэнергия	0,9

Около половины всех взрывов происходит в результате электрического искрения при нарушенной взрывозащите электрооборудования, повреждении кабелей, при коротких замыканиях, в основном, при неисправной защите от токов короткого замыкания и от утечек тока на землю.

Фрикционное искрение от трения режущего инструмента по крепким породам происходит при отсутствии пылеподавления водой или при использовании систем орошения кустарного изготовления.

Несмотря на особую опасность применения накладного открытого заряда при взрывных работах по дроблению негабаритов горных пород, этот опасный вид работы имеет место.

Некачественное (разовое) составление паспортов БВР, отступление от паспортов, неудовлетворительная забойка шпуров, некачественные ВВ служат причиной выброса пламени и выгорания ВВ и являются источником поджигания и взрыва метановоздушной смеси.

Значительную опасность, как источник воспламенения взрывчатой смеси, представляет самовозгорание угля. В большинстве своем самовозгорание происходит в выработанном пространстве, где имеют место геологические нарушения, оставшийся уголь, метан и не контролируется его содержание.

За последние десятилетия произошло пять взрывов из-за курения в шахте и пять взрывов во время выполнения огневых работ.

Взрывы метана происходят также при ликвидации газообильных пожарных участков.

Основными возможными осложнениями ликвидации последствий взрывов являются: нарушение проветривания вследствие разрушения вентиляционных сооружений; продукты взрыва в непроветриваемых выработках имеют высокую температуру до 50 °С; высокая вероятность возникновения очагов возгорания, сопровождающихся дополнительным поступлением продуктов горения и возможными повторными взрывами метана; обрушение горных пород в результате взрыва (взрывов).

### 17.3 Мероприятия газового режима

Шахты, в которых хотя бы в одной выработке обнаружен метан, относят к опасным по газу и переводят на газовый режим.

Газовый режим предусматривает выполнение комплекса мероприятий по предупреждению опасных скоплений метана, исключения появления источников воспламенения и локализацию взрывов метановоздушных смесей.

Мероприятия газового режима дифференцированы в зависимости от категории шахты, определяющей степень опасности по метану:

Категория шахт по метану	Относительная газообильность шахты, м <sup>3</sup> /т
I	До 15
II	От 5 до 10
III	От 10 до 15
Сверхкатегорные	15 и более; шахты, опасные по суффлярным выделениям
Опасные по внезапным выбросам	Шахты, ведущие работы по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа; шахты с выбросами породы

При обыкновенном выделении метана категорию шахты по газу устанавливают в соответствии с Инструкцией по отбору проб рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану (НПАОП 10.0-5.02-04) на основании

замеров метана и количества воздуха, а также расчетов по определению газообильности всех участков, крыльев, горизонтов, пластов и шахты в целом. В целях исключения предпосылок возникновения аварий (например, не преднамеренного применения не взрывозащищенного электрооборудования на газоносном пласте) категория шахты устанавливается в целом для всей шахты и соответствующий газовый режим должен соблюдаться даже на пластах, выделение газа на которых не обнаружено.

Шахты, опасные по суфлярным выделениям метана относятся к сверхкатегорным независимо от величины относительной газообильности. Это объясняется тем, что суфляры возникают, как правило, неожиданно, а их дебит колеблется в широких пределах от нескольких десятых до нескольких десятков кубических метров в минуту и встреча с ними создает большую опасность, так как при этом атмосфера отдельных выработок, а иногда и целых участков шахты может в течение короткого времени стать взрывоопасной или удушливой. Кроме того, в некоторых условиях даже малоинтенсивные суфлярные выделения могут сопровождаться образованием у кровли выработок слоевых скоплений метана, имеющих весьма большую протяженность и создающих опасность взрыва.

Шахты, разрабатывающие пласты, опасные или угрожаемые по внезапным выбросам угля и газа, а также шахты, на которых происходят выбросы породы, независимо от относительной газообильности относятся к опасным по внезапным выбросам. Для таких шахт соблюдается газовый режим как на сверхкатегорных по метану шахтах, так и как на опасных по внезапным выбросам угля и газа.

Основой безопасности на газовых шахтах является требование к максимально допустимым концентрациям метана в вентиляционных струях, дегазационных и отводящих трубопроводах:

Вентиляционные струи и трубопроводы	Недопустимая концентрация метана по объему, %
Исходящая из тупиковой выработки, камеры, поддерживаемой выработки или из очистной выработки и выемочного участка	Более 1
Исходящая из очистной выработки и выемочного участка при наличии аппаратуры контроля метана	Более 1,3
Исходящая крыла, шахты	Более 0,75
Поступающая на выемочный участок, в очистные выработки, к забоям тупиковых выработок и в камеры	Более 0,5



Местное скопление метана в очистных, тупиковых и других выработках	2 и более
На выходе из смесительных камер	2 и более
Трубопроводы для изолированного отвода метана с помощью вентиляторов (эжекторов)	Более 3,5
Дегазационные трубопроводы	От 3,5 до 25

Предусмотренные нормы разбавления метана необходимы для обеспечения резерва безопасности при различных технологических процессах, а также для того, чтобы при нарушениях проветривания осуществить вывод людей прежде, чем, концентрация метана достигнет взрывоопасного уровня.

Нормы содержания метана в отдельных вентиляционных струях являются концентрациями, осредненными по площади поперечного сечения выработок. Поэтому, если в штреке концентрация метана у кровли составляет 2% и более, а посередине 0,6 и у почвы - 0,2%, то штрек относится к опасным по слоевым скоплениям метана, даже если среднее значение не превышает норм. В этом случае должны быть приняты меры по ликвидации метановых слоев.

Датчики аппаратуры контроля метана (АКМ) настраивают на концентрацию 1,3% в целях избежания отключения электроэнергии при кратковременных повышении концентрации метана. Значение концентрации 1,3% установлено следующим образом (рис. 17.6).

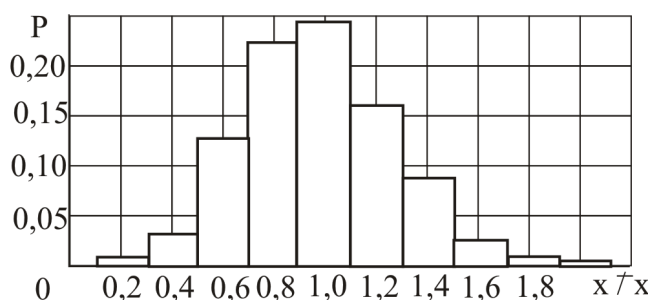



Рисунок 17.6 - Распределение концентрации метана в исходящих вентиляционных струях участков  
 - отношение текущего значения концентрации  $x$  метана к среднему значению  $\bar{x}$

Экспериментально установлено, что концентрация метана в исходящих вентиляционных струях лав и участков изменяется и может превышать среднюю концентрацию в два раза т. е. коэффициент неравномерности концентрации в среднем составляет 2. В то же время, при расчетах необходимого для проветривания количества воздуха вводится (используется) коэффициент неравномерности метановыделения 1,5. Осредненное значение концентрации 1,3% получено как произведение нормативной концентрации 1% на отношение коэффициентов неравномерности концентрации 2 и неравномерности метановыделения 1,5.

При обнаружении в выработках концентраций метана, превышающих нормы (кроме местных скоплений у буровых станков, комбайнов и врубовых машин), рабочие немедленно выводятся на свежую струю, выработки закрепляются, а с электрооборудования, кроме электрооборудования в исполнении рудничном особовзрывобезопасном РО, должно быть снято напряжение.

В случае образования у буровых станков, комбайнов и врубовых машин местных скоплений метана, достигающих 2% и более, необходимо остановить машины и снять напряжение с питающего кабеля. Если обнаруживается дальнейший рост концентрации метана или в течение 15 мин она не снижается, люди должны быть выведены на свежую струю. Возобновление работы машин допускается после снижения концентрации метана до 1%.

При обнаружении недопустимых концентраций метана в трубопроводах для изолированного отвода метана с помощью вентиляторов (эжекторов) и на выходе смесительных камер должны быть приняты соответствующие меры.

В дегазационных трубопроводах при недопустимой концентрации метана должны осуществляться меры, предотвращающие распространение горения метана в трубопроводе, согласованные с МакНИИ.

Газовый режим предъявляет определенные требования при нарушении вентиляции, приводящем к загазированию. В случае остановки вентиляторов местного проветривания, главных и вспомогательных вентиляторов, выхода из строя вентиляционных сооружений (кроссингов, перемычек с дверями, глухих перемычек), завалов выработок и др. необходимо прекратить работы на участках, немедленно вывести людей на свежую струю, снять напряжение с электрооборудования. Если остановка главного вентилятора продолжается более 30 мин, то люди должны выйти к стволу, подающему свежий воздух. Дальнейшие действия должны определяться планом ликвидации аварий.

После каждой остановки вентиляторов (главных, вспомогательных или местного проветривания), а также нарушения вентиляции, включение электрических машин, аппаратов и возобновление работ разрешается только после восстановления нормального режима вентиляции и предварительного замера содержания метана в местах производства работ, у электрических машин, аппаратов и на расстоянии не менее 20 м от мест их

установки во всех прилегающих выработках. Указанные требования распространяются и на случай возобновления работ после их остановки на одну смену и более, а также на случай разгазирования выработок.

Большую опасность представляют скопления метана в отдельных местах горных выработок с концентрациями, превышающими среднюю по сечению выработок. Опасными считаются скопления метана с концентрацией 2% и более. Разновидностью местных скоплений являются слоевые скопления. Под ними понимают скопления метана у кровли выработки с концентрацией метана, превышающей среднюю по сечению выработки на участке длиной более 2 м. На всех газовых шахтах один раз в квартал должен составляться перечень участков горных выработок, опасных по слоевым скоплениям метана. Контроль за слоевыми и местными скоплениями метана должен производиться в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану.

Разгазирование таких выработок и ликвидация слоевых и местных скоплений метана осуществляется в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных выработок и борьбе со слоевыми и местными скоплениями метана.

Одной из основных мер газового режима является деятельное проветривание. Расчет количества воздуха для проветривания ведется в соответствии с Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт (НПАОП 10.0-5.10-04). Проветривание должно быть организовано таким образом, чтобы в горных выработках содержание метана и других горючих газов не превышало установленных концентраций, а количество воздуха, проходящее по выработкам, отвечало расчетным значениям.

Проверка состава воздуха и замер его расхода производится на шахтах I и II категории по газу один раз в месяц, на шахтах III категории - два раза в месяц, сверхкатегорных, опасных по внезапным выбросам - три раза в месяц, а на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию, - не реже двух раз в месяц. При этом во всех местах проверки состава воздуха измеряются его скорость и температура. В местах установки датчиков стационарной аппаратуры контроля содержания метана и датчиков расхода воздуха с выводом телеизмерения на поверхность проверку состава и замеры расхода воздуха допускается производить

не реже одного раза в месяц (кроме пластов угля, склонного к самовозгоранию). Расход воздуха, подаваемый к ВМП, определяется не менее одного раза в месяц. Проверка состава воздуха, правильности его распределения по выработкам и определение газообильности шахт производится должностными лицами участка ВТБ и работниками ГВГСС.

К схемам проветривания выемочных участков предъявляются следующие требования.

Проветривание тупиковых выработок, кроме тупиковых выработок, примыкающих к очистным забоям, должно быть организовано таким образом, чтобы исходящие из них струи не поступали в очистные и тупиковые выработки. На действующих шахтах в отдельных случаях, за исключением шахт, разрабатывающих незащищенные выбросоопасные пласты, допускается выпуск исходящей струи из тупиковых выработок, не примыкающих к очистным забоям, в очистные выработки и последовательное проветривание двух тупиковых выработок. На строящихся шахтах и при подготовке новых горизонтов шахт, за исключением шахт, разрабатывающих пласты, опасных по внезапным выбросам или суфлярным выделениям метана, допускается выпуск исходящей струи в выработки со свежей струей действующего горизонта при условии, что в этой исходящей струе содержание метана не превышает 0,5%, а состав воздуха соответствует требованиям норм.

При выходе исходящей струи из лавы на вышележащие штреки, проведенные с нижней раскоской, одна из вентиляционных печей должна находиться впереди забоя лавы, а расстояние между печами должно составлять от 10 до 30 м, так как при этом достигается надежное проветривание верхней части лавы и обеспечивается более безопасный выход людей из лавы на штрек. По минованию надобности печи тщательно изолируются.

При углах наклона выработок более  $10^\circ$  движение воздуха в очистных выработках и на всем дальнейшем пути следования за ними (кроме выработок длиной менее 30 м) должно быть восходящим. Допускается нисходящее проветривание очистных выработок с углом наклона более  $10^\circ$  при условии, что проветривание их осуществляется по схемам, предусматривающим дополнительную подачу свежего воздуха по выработке, примыкающей к очистному

забою на нижнем горизонте и скорости воздуха в призабойном пространстве не менее 1 м/с.

На пластах, не опасных по внезапным выбросам угля и газа, допускается нисходящее движение исходящей из очистных выработок вентиляционной струи по выработкам с углом наклона более  $10^\circ$  при соблюдении следующих условий: скорость воздуха в выработках должна быть не менее 1 м/с; крепь выработок, кроме примыкающих к очистным забоям, должна быть негорючей или трудногорючей; в выработках не должно быть электрического оборудования и кабелей.

При отработке пласта по падению (восстанию) допускается размещение электрооборудования и кабелей в примыкающих к очистным забоям выработках с нисходящим движением исходящей вентиляционной струи при соблюдении следующих условий: угол наклона выработки не должен превышать  $15^\circ$ ; наклонная длина вынимаемого столба (наклонная высота этажа) должна быть не более 1000 м, и метановыделение в выработки участка не должно превышать 5 м<sup>3</sup>/мин; исходящие из тупиковых выработок вентиляционные струи не должны поступать в свежую струю участка; крепь выработок с нисходящим движением исходящей вентиляционной струи должна быть негорючей или трудногорючей.

Подготовительные выработки, проводимые на выбросоопасных пластах и по выбросоопасным породам, проветриваются, как правило, ВМП с пневматическими двигателями, в которых исключена возможность воспламенения метана при ударе вращающихся частей о корпус вентилятора. В целях исключения механического повреждения ВМП в случае выброса угля или породы и для защитного отключения электропитания вентилятора в случае опрокидывания вентиляционной струи при выбросе и загазировании выработки установка вентиляторов с электродвигателями допускается в выработках со свежей струей на расстоянии не менее 150 м от забоя тупиковой выработки и не менее 50 м от очистного забоя и автоматического контроля концентрации метана у вентиляторов.

На шахтах с высокой газообильностью из-за необходимости ограничения скорости движения воздуха не всегда удается средствами вентиляции обеспечить содержание метана в пределах установленных норм. В таких случаях осуществляется дегазация разрабатываемых и смежных пластов или выработанных пространств.

Дегазация необходима как обязательное средство при условии метановыделения из этих источников: на тонких пластах  $> 2 \text{ м}^3/\text{мин}$ , на пластах средней мощности  $> 3 \text{ м}^3/\text{мин}$ , на мощных пластах  $> 3,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Дегазация должна предусматриваться в проектах строительства и реконструкции шахт, подготовки горизонтов, блоков, панелей и паспортов выемочных участков, проведения и крепления подземных выработок. Условия применения дегазации, проектирование и эксплуатация дегазационных систем регламентируются Руководством по дегазации угольных шахт. Выбор способа дегазации производят на основе данных о структуре газового баланса с оценкой возможной в конкретных условиях эффективности дегазационных работ, которая в зависимости от способа колеблется от 20 до 80%. Для ведения дегазационных работ и обслуживания установок на шахтах организуются специальные участки по дегазации, которые ведут работу в соответствии с проектом. Для обеспечения безопасности дегазационных работ предусматриваются: установка вакуум-насосной станции, как правило, на поверхности; прокладка магистральных газопроводов в специально пробуренных скважинах или стволах с исходящей струей с целью предотвращения попадания метана в случае его утечки в воздушный поток, подаваемый в шахту.

Дегазация угольных пластов и вмещающих пород проводится также с целью борьбы с суфлярными выделениями. Дегазационные скважины пересекают природные или технологические трещины в массиве, и выделяющийся из скважины газ отводится по трубопроводу в выработку с исходящей струей или этот трубопровод присоединяется к участковому газопроводу. Другим способом борьбы с суфлярами является каптаж газа из-под герметизаторов, перекрывающих суфлярные трещины.

На сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам шахтах должен осуществляться прогноз прорывов метана и мероприятия по их предупреждению.

Все случаи суфлярного выделения или прорыва метана из почвы горной выработки должны регистрироваться в Книге замеров метана и учета загазирований (повышенных концентраций углекислого газа).

Шахты, в которых выделяются жидкие и парообразные углеводороды, а также газообразные (кроме метана) углеводороды, если содержание последних превышает 10% от общего объема горючих газов, относятся к опасным по нефтегазопроявлениям.

Порядок ведения работ в таких шахтах регламентируется требованиями Временной инструкции по безопасному ведению работ в угольных шахтах, опасных по нефтегазопроявлениям (НАОП 1.1.30-5.02-84). В случае обнаружения в выработках шахты, не опасной по нефтегазопроявлениям, запаха нефтепродуктов должны быть немедленно отобраны пробы воздуха работниками ГВГСС и направлены в МакНИИ или НИИГД «Респиратор» для анализа на тяжелые углеводороды.

На шахтах с выделением сернистого газа или сероводорода в паспортах выемочных участков, проведения и крепления подземных выработок должны предусматриваться меры по обеспечению безопасности работ в условиях выделения этих газов.

Контроль за возможным появлением метана на негазовых шахтах осуществляют переносными приборами эпизодического действия - шахтными интерферометрами (ШИ-10, ШИ-11).

Для контроля содержания метана в шахтах I и II категории применяются шахтные интерферометры и переносные автоматические сигнализирующие приборы непрерывного действия СММ-1 и Сигнал-2.

Переносные автоматические сигнализирующие приборы подают световой и звуковой сигналы, если концентрация метана в месте установки прибора превышает установленную предельную величину.

В шахтах I и II категории по газу контроль концентрации метана переносными автоматическими приборами осуществляется в забоях тупиковых выработок, на выемочных участках у выемочных машин и в погашаемых вентиляционных выработках, а в шахтах III категории и выше в забоях тупиковых выработок, в местах работы людей в выработках с исходящей струей, у выемочных машин и проходческих комбайнов (если они не оборудованы встроенными автоматическими приборами контроля содержания метана с отключением электроэнергии при недопустимой концентрации метана), буровых станков, на электровозах и при вскрытии электрооборудования. В выработках с исходящими струями и на электровозах контроль концентрации метана переносными автоматическими приборами при наличии у работающих совмещенных с шахтными головными светильниками индивидуальными сигнализаторами метана типа СМС-1 («Маяк»). В шахтах, опасных по внезапным выбросам, все рабочие, ведущие работы в тупиковых и очистных выработках и в выработках с исходящими вентиляционными струями, должны

обеспечиваться индивидуальными сигнализаторами метана, совмещенными с шахтными головными светильниками.

В шахтах III категории по газу, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам кроме переносных приборов (автоматических и эпизодического действия) обязательным является применение стационарной автоматической аппаратуры контроля метана. Комплекс аппаратуры АКМ состоит из широко разветвленной сети анализаторов метана (АТ1-1, АТ3-1) установленных под землей и позволяющих контролировать 30-80 и более точек в шахте (датчики ДМТ-4 и аппарат сигнализации АС-5 или АС-6) каналов связи и устройств (стоек) приема информации (СПИ-1). Комплекс АКМ обеспечивает непрерывный контроль за содержанием метана, автоматическое отключение электропитания контролируемого объекта при превышении установленной концентрации метана, передачу непрерывной информации о содержании метана на поверхность, подачу местной и централизованной звуковой и световой сигнализации при достижении предельного значения концентрации метана. Широко применяется анализатор метана АТВ-3 с выносными преобразовательными блоками БВП-1, который также может входить в состав общешахтной системы АКМ.

Поскольку образование скоплений метана и появление источника открытого огня наиболее часто наблюдаются в призабойном пространстве у комбайновых и врубовых машин, то здесь контроль за содержанием метана должен быть особенно тщательным. Поэтому он выполняется не только сменным надзором участка и работниками ВТБ, но и звеньевыми, бригадирами, механиками участков и электрослесарями. Особенно тщательное измерение содержания метана должно выполняться перед включением машин и механизмов.

Места и периодичность замеров устанавливаются начальником участка ВТБ и утверждаются главным инженером шахты. При этом должны выполняться следующие требования.

У забоев тупиковых выработок, в исходящих струях тупиковых выработок и выемочных участков замеры концентрации метана должны выполняться сменными руководителями работ участков, бригадирами (звеньевыми), работниками участка ВТБ. При отсутствии автоматического контроля содержания метана замеры выполняются: в шахтах I и II категорий - не менее двух раз в смену, в шахтах III категории и выше - не менее трех раз в смену, в том числе не реже одного раза в смену работниками участка ВТБ. При



автоматическом контроле содержания метана при помощи только переносных приборов работники участка ВТБ должны выполнять замеры в шахтах I и II категорий - не реже одного раза в сутки, в шахтах III категории и выше - не реже одного раза в смену. В тупиковых выработках и на выемочных участках шахт III категории и выше, оборудованных стационарной автоматической аппаратурой контроля содержания метана, работники участка ВТБ должны выполнять замеры не реже одного раза в сутки;

В поступающих в тупиковые и очистные выработки и выемочные участки вентиляционных струях, в недействующих тупиковых и очистных выработках и их исходящих струях, в исходящих вентиляционных струях крыльев и шахт, а также на пластах, где выделение метана не наблюдалось, и в прочих выработках замеры концентрации метана должны выполняться работниками участка ВТБ не реже одного раза в сутки.

В машинных камерах замеры концентрации метана должны выполняться сменными должностными лицами участков или персоналом, обслуживающим камеры, не реже одного раза в смену и работниками участка ВТБ - не реже одного раза в сутки.

Результаты замеров концентрации метана заносятся на доски, устанавливаемые в местах замеров. Сменные должностные лица участка ВТБ, кроме того, заносят результаты выполненных ими замеров в наряд-путевки. Данные наряд-путевок в течение суток должны быть перенесены в Книгу замеров метана и учета загазований (повышенных концентраций углекислого газа).

Должностные лица участка ВТБ должны передавать по телефону результаты замеров начальнику (заместителю или помощнику начальника) участка ВТБ, который обязан ознакомить с ними и с показаниями стационарной автоматической аппаратуры контроля содержания метана под роспись начальников (заместителей или помощников начальников) участков, а также лицо, выдающее наряд по шахте.

На строящихся и реконструируемых шахтах III категории по газу и выше должен применяться автоматизированный сбор, представление и обработка информации об аэрогазовой обстановке в горных выработках при помощи электронно-вычислительной машины на базе комплекса аэрогазового информационного (КАТИ) или других, аналогичных по назначению).

Аварийные случаи загазирования выработок, независимо от продолжительности загазирования (кроме местных скоплений у комбайнов, врубовых машин и буровых станков), должны расследоваться. Все случаи загазирования должны регистрироваться в Книге замеров метана и учета загазирования (повышенных концентраций углекислого газа).

Важным элементом газового режима являются мероприятия, предупреждающие возможность появления в горных выработках источников воспламенения: применение предохранительных ВВ, электрического взрывания, взрывозащищенного электрооборудования и светильников, запрещение открытого огня и пр.

Все случаи воспламенения газа и угольной пыли, независимо от вызванных ими последствий, должны расследоваться и оформляться актами. Один экземпляр акта в двухнедельный срок направляется в МакНИИ.

## **17.4 Мероприятия пылевого режима**

К опасным по взрывам пыли относятся пласты угля с выходом летучих веществ 15% и более, а также пласты угля (кроме антрацитов) с меньшим выходом летучих веществ, взрывчатость пыли которых установлена лабораторными испытаниями.

В том случае, если установлена взрывчатость пыли, пласт относят к опасным по пыли и шахта немедленно переводится на пылевой режим. Если разрабатывается свита пластов, из которых не все опасны по пыли, то пылевой режим устанавливается во всех выработках опасных пластов и общешахтных выработках, а также создается защитная зона в выработках, соединяющие опасные по пыли пласты с неопасными.

Соответствующий пылевой режим должен соблюдаться также при проходке стволов, шурфов или других вскрывающих выработок при пересечении пластов угля, опасных по пыли.

Пылевой режим предусматривает выполнение комплекса мероприятий препятствующих образованию пыли и пылевого облака (аэрозоля), исключаящих появление источников воспламенения пыли, предотвращающих участие во взрыве отложившейся пыли и локализацию взрывов пыли.

Мероприятия, препятствующие образованию пыли и пылевого облака, в сущности, реализуются при комплексном обеспыливании воздуха для борьбы с пылью как профессиональной вредностью. Выполнение этих мероприятий (предварительное увлажнение пласта, орошение водой при отбойке, погрузке и разгрузке угля, обеспыливание вентиляцией, пневмоэжекцией и др.) обеспечивает снижение концентрации пыли, даже в случае достижения так называемого технического уровня запыленности, в тысячи раз меньшим, чем нижний предел сильновзрывчатой пыли.

Мероприятия, исключаяющие препятствующие появлению источников воспламенения пыли, те же, что и против воспламенения метана.

Мероприятия, предупреждающие участие во взрыве отложившейся пыли и локализации взрывов пыли регламентируются Инструкцией по предупреждению и локализации взрывов пыли (НПАОП 10.0-5.09-04). В зависимости от вида пылевзрывозащиты применяются следующие мероприятия.

При сланцевой пылевзрывозащите для предупреждения взрывов пыли производится побелка и осланцевание горных выработок, а для локализации взрывов устанавливаются сланцевые заслоны и автоматические системы.

При гидропылевзрывозащите для предупреждения взрывов применяется побелка, обмывка горных выработок (мокрая уборка пыли), связывание отложившейся пыли гигроскопическими смачивающе-связующими составами или с помощью непрерывно действующих туманообразующих завес, а для локализации взрывов устанавливаются водяные заслоны и автоматические системы.

При комбинированной пылевзрывозащите применяются способы и средства предупреждения и локализации взрывов пыли, основанные на использовании как воды, так и инертной пыли.

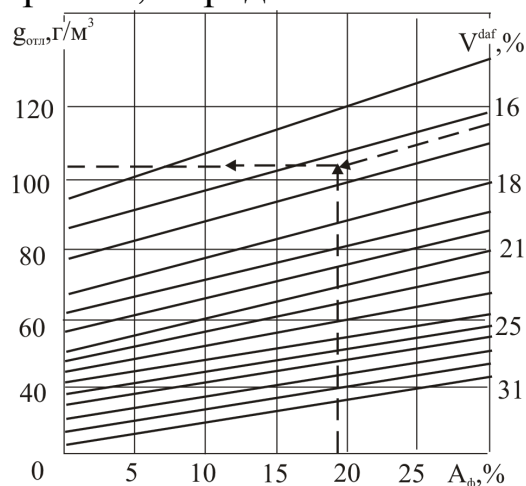
Параметры способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок устанавливаются в соответствии с нижними пределами взрываемости отложившейся угольной пыли, а при сланцевой пылевзрывозащите также и нормой осланцевания, определяемые ежегодно в МакНИИ и подлежащие корректировке при изменении выхода летучих веществ  $V_{сф}^{daf}$  или содержания негорючих веществ  $A_{ф}^d$  более чем на 1%.

Определение и корректировка нижнего предела

взрываемости производится по номограмме, представленной на рисунке 17.7.

Рисунок 17.7 - Номограмма для определения нижних пределов взрываемости отложившейся пыли ( $g_{отл}$ )

Выбор способов и средств предупреждения и локализации взрывов пыли (побелка, обмывка, осланцевание, нанесения смачивающе-связующих растворов, применение туманообразующих завес, установки сланцевых или водных заслонов) для конкретной выработки производится в зависимости от вида и назначения выработки, интенсивности в ней пылеотложения, устойчивости вмещающих пород, температуры и влажности проходящего воздуха.

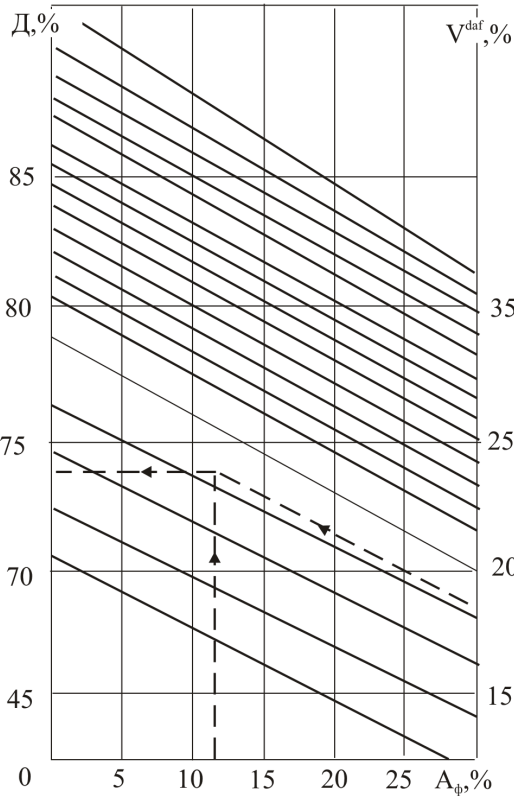


Побелке подвергаются, как правило, выработки околоствольного двора, капитальные откаточные и вентиляционные выработки, людские ходки и камеры с интенсивностью пылеотложения до  $4 \text{ г/м}^3$  сутки. Побелка производится ручным или механизированным способом из расчета не менее  $0,8 \text{ л}$  известкового раствора на  $1 \text{ м}^2$  обрабатываемой поверхности.

Осланцеванию подвергаются все поверхности необводненных и без капежа горных выработок (бока, кровля, почва, доступные места за затяжками)

Инертная пыль готовится главным образом из известняка или глинистого сланца. К ней предъявляются следующие требования: она не должна содержать более 1% горючих веществ и более 10% свободного кремнезема, а содержание вредных и ядовитых примесей не должно превышать санитарных норм; фракция пыли должна быть такой, чтобы она на 99% проходила через сито № 06 и не менее чем на 50% - через сито № 0071; инертная пыль должна обладать способностью переходить во взвешенное состояние (образовывать плотное облако) после пребывания во влажной атмосфере. Для достижения этой цели используют гидрофобные добавки (стеарин - 0,2-0,3% или сплав парафина с канифолью - 0,3-0,4%).

Осланцевание производится вручную или с помощью специальных машин типа ОМК-1, позволяющей в течение 6-часовой смены обработать выработку площадью сечения  $5-6 \text{ м}^2$  и длиной до



Для общешахтных выработок норма осланцевания

принимается наибольшей из установленных для разрабатываемых шахтой пластов угля, а для групповых - наибольшей из установленных для разрабатываемых в данной группе пластов.

Расход инертной пыли на осланцевание одного погонного метра выработки рассчитывается с учетом нормы осланцевания по формуле

$$q = \frac{0,01N\delta S}{100 - N}, \text{ кг / м,}$$

где  $\delta$  - нижний предел взрываемости угольной пыли,  $\text{г/м}^3$ ;  $S$  - сечение выработки,  $\text{м}^2$ .

Во всех горизонтальных и наклонных откаточных и вентиляционных выработках, расположенных на расстоянии более чем 200 м от лав, в тупиковых выработках вне призабойного участка при интенсивности пылеотложения до  $1,2 \text{ г/м}^3$  в сутки производится обмывка водой.

Обмывка производится в вентиляционных, откаточных и конвейерных выработках с интенсивностью пылеотложения до и более  $1,2 \text{ г/м}^3$  сутки. Ограничивающими и дифференцирующими факторами применения обмывки выработки является интенсивность в

1000 м. Рабочие, занятые осланцеванием, снабжаются противопылевыми респираторами и предохранительными очками.

Норма осланцевания определяется и корректируется по фактическому содержанию негорючих веществ в пластовой пробе угля и добавке инертной пыли по формуле

$$N = \frac{A_{\phi}(100 - D)}{100} + D, \%$$

где  $A_{\phi}$  - содержание негорючих веществ, %;  $D$  - добавка инертной пыли, %, определяемая по номограмме (рис. 17.8).

Рисунок 17.8 - Номограмма для определения добавки инертной пыли

ней пылеотложения, устойчивость вмещающих пород и требования по температуре и влажности проходящего воздуха. Обмывка осуществляется путем смыва пыли водой с кровли, боков выработки и доступных мест за затяжками. Расход воды на обмывку принимается не менее 1,5 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности. Оставшиеся после обмывки на почве выработки угольная мелочь и пыль увлажняются до влажности менее 12% и по мере накопления удаляются. Обмывка выработок в районе погрузочных пунктов производится 0,1% водным раствором смачивателя с использованием дозатора смачивателя или ручного оросителя

Для предупреждения обводненности выработок при обмывке систематически должна производиться очистка водосточных канавок.

Связывание отложившейся угольной пыли гигроскопическими смачивающе-связывающими составами может производиться в вентиляционных, откаточных и конвейерных выработках с интенсивностью пылеотложения более 1,2 г/м<sup>3</sup> в сутки независимо от ограничений по устойчивости вмещающих пород и требований по температуре и влажности воздуха. Для связывания угольной пыли применяются жидкие или пастообразные смачивающе-связывающие составы на основе хлористого кальция и смачивателя. Концентрация хлористого кальция и соответствующая ей оптимальная концентрация смачивателя в растворе подбирается в зависимости от относительной влажности воздуха в обрабатываемой выработке.

Обработке смачивающе-связывающим составом должны подвергаться бока и кровля выработки, а также доступные места за затяжками. Почва при этом увлажняется стекающей жидкостью. Расход жидкого смачивающе-связывающего состава должен быть не менее 0,5 л/м<sup>2</sup>, пасты - не менее 3,0 кг/м<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности. Смачивающе-связывающие составы должны наноситься на предварительно обмытые поверхности выработки.

Периодичность побелки, осланцевания, обмывки, нанесения смачивающе-связывающих составов во всех горных выработках (за исключением участков с интенсивным пылеотложением в откаточных выработках) определяется по формуле

$$T_{\text{п}} = \frac{K_{\text{п}} K_{\text{м}} - \delta_{\text{отл}}}{P_{\text{и}}}, \text{сут.},$$

где  $K_{\text{п}}$  - коэффициент продолжительности защитного действия способа (принимается при побелке, осланцевании и обмывке - 1, при

связывании пыли смачивающе-связующим раствором - 5, при связывании пыли смачивающе-связующей пастой - 20);  $P_{\text{и}}$  - интенсивность пылеотложения,  $\text{г/м}^3$  сутки, (принимается, за исключением участков вентиляционных штреков, примыкающих к лавам протяженностью 200 м, по табличным данным НПАОП 10.0-5.09-04);  $K_{\text{м}}$  - коэффициент, учитывающий влияние содержания метана в атмосфере выработки.

Для негазовых шахт  $K_{\text{м}}$  принимается равным 1, а для газовых - в зависимости от допустимого содержания метана:

$\text{CH}_4, \%$	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
$K_{\text{м}}$	0,75	0,6	0,5	0,35	0,25

Интенсивность пылеотложения в вентиляционных штреках протяженностью 200 м от лав определяется методом сбора пыли массой не менее 2 г на специальные подложки. Интенсивность пылеотложения рассчитывается по формуле

$$T_{\text{п}} = 4,35 \frac{bM}{SFt}, \text{ г / м}^3,$$

где -  $b$  - ширина выработки по почве, м;  $M$  - масса осевшей на подложки пыли, г;  $F$  - суммарная площадь подложек,  $\text{м}^2$ ;  $S$  - площадь поперечного сечения выработки в свету,  $\text{м}^2$ ;  $t$  - время пылеотложения, сут.

Туманообразующие завесы устанавливаются для непрерывного связывания угольной пыли рассредоточенно на примыкающем к лаве участке вентиляционного штрека с интенсивностью пылеотложения  $2,2 \text{ г/м}^3$  сутки и более.

Каждый туманообразователь завесы создает факел тумана в виде сплошного конуса, соизмеримым с поперечным сечением выработки. Туманообразователи в первой завесе располагаются при скорости движения воздуха свыше 2 м/с факелами навстречу движению вентиляционной струи, при скорости 2 м/с и менее, а также во второй и последующих завесах - в сторону ее движения.

Расстояние первой завесы от лавы не должно превышать 20 м, между первой и второй завесами принимается в зависимости от скорости движения воздуха в выработке (рис.17.9), а между каждой последующей завесы, начиная с третьей, увеличивается на 25 м. При этом на участке штрека между лавой и первой завесой должно

применяться связывание пыли смачивающе-связующими составами или обмывка, а за участком непрерывного связывания - обмывка.

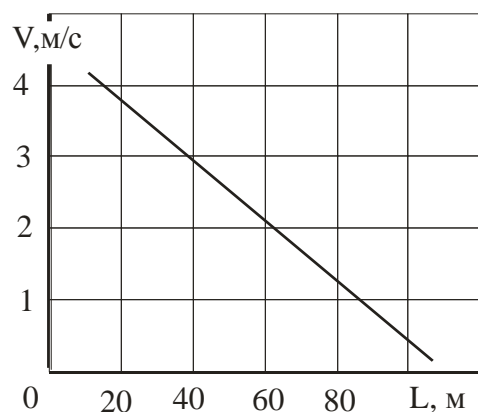


Рисунок 17.9 - Расстояние между первой и второй туманообразующими завесами от скорости движения воздуха в выработке

Туманообразующие завесы располагаются в местах, где не установлена электроаппаратура, периодически по мере подвигания лавы переносятся и должны работать в течение всей смены, когда производится выемка

угля.

Сланцевые заслоны устраивают из ряда устанавливаемых под кровлей поперек выработок легко опрокидываемых полок с инертной пылью, ширина которых при жесткой конструкции составляет 250-500 мм и при свободнолежащем настиле - 600-800 мм, а также с использованием подвешиваемых пленочных бесшовных сосудов ПБС-1. Расстояние между кровлей выработки и верхней поверхностью инертной пыли на полках принимается в пределах 100-300 мм, а между полками заслона должно быть одинаковым и не меньше ширины полки.

Водяные заслоны устраиваются из ряда устанавливаемых на полках шириной 150 мм под кровлей поперек выработки наполненных водой легко опрокидываемых или разрушаемых сосудов емкостью не более 80 л каждый или подвешиваемых под кровлей пленочных бесшовных сосудов ПБС-1. Число сосудов на полках в заслоне должно приниматься с запасом не менее 10%. Расстояние между кровлей выработки верхней кромкой сосуда должно быть в пределах 100-600 мм. Полки с сосудами устанавливаются на равном расстоянии друг от друга, но не менее чем через 500 мм.

Пленочный бесшовный сосуд ПБС-1 представляет собой круг диаметром 800 мм из полиэтиленовой пленки толщиной 0,25 мм, по окружности которого равномерно распределены 32 отверстия. В отверстия продевают капроновый шнур, снабженный восемью опорными кольцами, навешиваемыми при монтаже на двухплечий кронштейн предварительно закрепленный на верхнем элементе крепи.



Заполненный водой или инертной пылью сосуд приобретает форму сферической полости. Зазор между крепью и поверхностью воды или инертной пыли не должно превышать 300 мм. Расстояние между сосудами в одном ряду составляет 200 мм, а между рядами равно шагу крепи, но не более 1 м.

Количество инертной пыли или воды в заслонах всех типов определяется из расчета 400 кг на  $1\text{ м}^2$  поперечного сечения выработки в свету в месте установки заслона. Общая длина сланцевого заслона должна быть не менее 20 м, водяного - не менее 30 м.

Схемы устройства заслонов в выработке, закрепленной металлической арочной крепью показаны на рисунке 17.10.

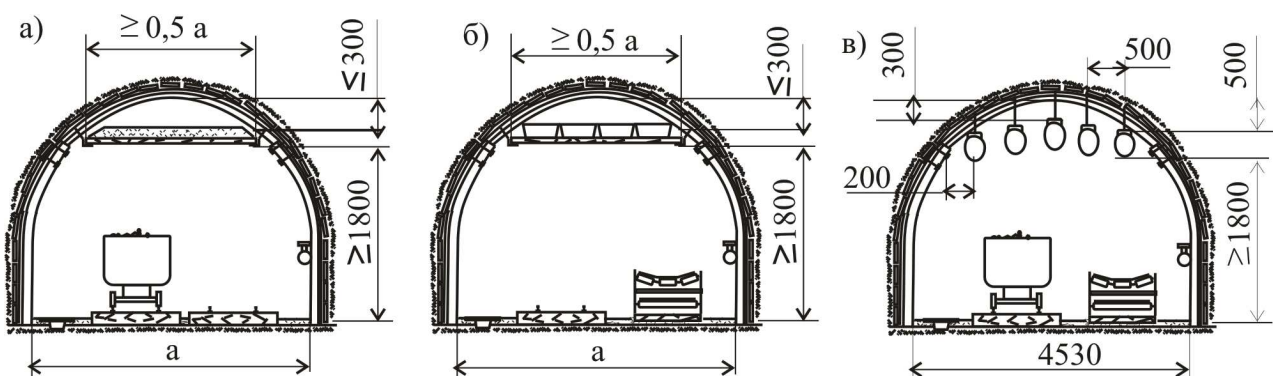


Рисунок 17.10 - Схемы устройства заслонов в выработке с металлической арочной крепью

а - сланцевый заслон; б - водяной заслон; в - сланцевый или водяной заслон из сосудов ПБС-1

Забои пластовых подготовительных выработок защищаются рассредоточенными водяными или сланцевыми заслонами, состоящими из не менее четырех и более рядов полок с инертной пылью или полок с сосудами с водой или сосудов ПБС-1 с водой или инертной пылью, устанавливаемых по схеме приведенной на рисунке 17.11.

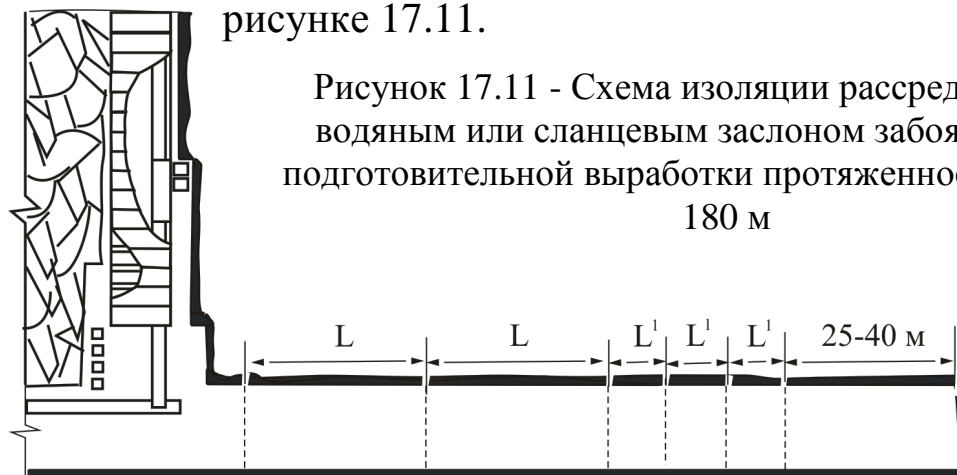


Рисунок 17.11 - Схема изоляции рассредоточенным водяным или сланцевым заслоном забоя тупиковой подготовительной выработки протяженностью от 70 до 180 м

Первый ряд устанавливается не ближе 25 м и не далее 40 м от забоя. Расстояние  $L^1$  между первыми от забоя четырьмя рядами сосудов (полок) принимается не менее 5 м, а удельное количество воды (инертной пыли) в нем независимо от выхода летучих веществ из угля разрабатываемого пласта - не менее  $2,5 \text{ кг/м}^3$  объема выработки между соседними рядами сосудов (полок). При этом должно соблюдаться условие

$$5 \leq L^1 \leq \frac{Q}{2,5S}, \text{ м,}$$

где  $Q$  - суммарное количество воды (инертной пыли) в сосудах (полках) одного ряда заслона,  $\text{м}^3$ ;  $S$  - площадь сечения выработки,  $\text{м}^2$ .

Расстояние  $L$  между последующими рядами полок (сосудов), начиная с 5-го принимается, одинаковым не более 40 м и для каждой выработки определяется из условия

$$L \leq \frac{Q}{q_p S}, \text{ м,}$$

где  $q_p$  - минимальное удельное количество воды или инертной пыли в заслоне,  $\text{кг/м}^3$  объема выработки, принимаемого в зависимости от выхода летучих веществ угля пласта:

$V^{\text{daf}}, \%$	Менее 15	От 15 до 20	От 20 до 25	25 и более
$q_p, \text{кг/м}^3$	0,20	0,35	0,55	0,75

Сланцевыми или водяными заслонами защищают: очистные выработки; забои пластовых подготовительных выработок; крылья шахтного поля в каждом пласте; конвейерные выработки; пожарные участки; склады взрывчатых материалов.

Заслоны размещаются в выработках на входящей и на исходящей струях изолируемых выработок.

Защита забоев подготовительных выработок до внедрения автоматических систем должна осуществляться рассредоточенными водяными или сланцевыми заслонами. При этом в тупиковой части выработки устанавливается не менее четырех рядов сосудов (полок). Первый ряд должен быть установлен не ближе 25 м и не далее 40 м от забоя.

Подготовительные выработки протяженностью менее 40 м должны изолироваться заслонами, устанавливаемыми в примыкающих выработках на минимально допустимом расстоянии от сопряжений (60 м для сланцевых и 75 м для водяных заслонов).

Для изоляции крыльев заслоны устанавливаются в откаточных и вентиляционных штреках у бремсбергов, уклонов, квершлагов и у других примыкающих к ним выработок.

Для защиты конвейерных и пластовых тупиковых выработок сланцевые или водяные заслоны устанавливаются на всем протяжении выработок на расстоянии друг от друга не более 300 м для сланцевых и 250 м для водяных заслонов.

Для изоляции пожарных участков заслоны помещаются во всех примыкающих к ним выработках.

Заслоны устанавливают в горизонтальных и наклонных выработках с углом наклона до  $18^\circ$ . При угле наклона более  $18^\circ$  заслоны устанавливаются в примыкающих выработках на минимальном расстоянии от их сопряжения с изолируемой выработкой.

Сланцевые заслоны должны устанавливаться на расстоянии не менее 60 м и не более 300 м, водяные заслоны - не менее 75 м и не более 250 м от забоев очистных и подготовительных выработок, сопряжений откаточных и вентиляционных штреков с бремсбергами, уклонами, квершлагами, а также от изолирующих пожар перемычек. Установка заслонов на откаточных и вентиляционных штреках, у сопряжений с бремсбергами, уклонами, квершлагами не требуется, если сланцевые заслоны, изолирующие забои очистных и подготовительных выработок, находятся на расстоянии 300 м и менее, а водяные - 250 м и менее от этих сопряжений.

Заслоны должны устанавливаться на прямолинейных участках выработок с выдержанным сечением не имеющих пустоты за крепью (куполы, старые погашенные выработки и др.).

Сохранность и исправность заслонов обеспечивают руководители участков, в выработках которых они установлены. Места установки заслонов должны быть нанесены на планы горных выработок, прилагаемые к плану ликвидации аварий.

## 17.5 Автоматическая система локализации вспышек метана и угольной пыли

На шахтах, разрабатывающих угольные пласты, опасные по взрывам пыли, забои подготовительных выработок, проводимые по углю или породе, а также распрелпункты и другие места групповой установки электрооборудования в участковых выработках должны быть защищены автоматическими системами локализации вспышек метана и угольной пыли.

Автоматическая система состоит из устройства подавления вспышек УПВ-30П, установленного на монорельсе, датчика пламени ДПК, который с помощью захватов крепится на арочной крепи, блока сопряжения с пускателем БСП, который устанавливается на пускателе ПВИ. Устройство подавления взрыва должно располагаться в 10-15 м от возможного очага взрыва, датчик пламени - на расстоянии 4-5 м. Варианты расположения автоматической системы в участковых выработках приведены на рисунке 17.12.

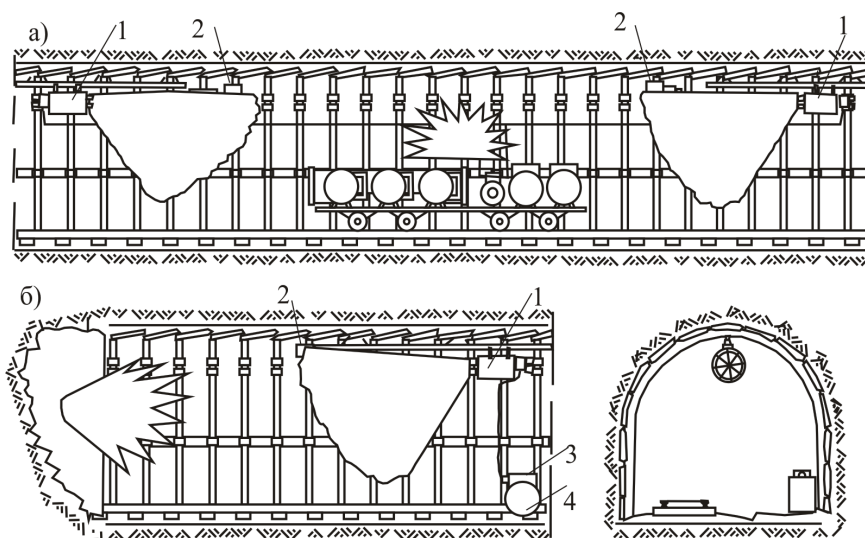


Рисунок 17.12 - Схема расположения автоматической системы локализации вспышек метана и угольной пыли

а - для защиты распрелпункта; б - для защиты тупиковой выработки; 1 - устройство УПВ-30П; 2 - датчик ДПК

Для создания предохранительной среды устройство подавления вспышек УПВ-30П заряжается пламягасящим порошком, газогенерирующим зарядом и пиропатроном. При появлении в зоне обзора датчика ДПК вспышки метана формируется управляющий сигнал для зажигания пиропатрона газогенерирующего заряда. В

результате быстрого сгорания газогенерирующего заряда образуется большое количество газов, поступающих в контейнер взрывоподавителя и выбрасывающих пламягасящий порошок в очаг воспламенения. При этом в объеме выработки на протяжении 15 м создается инертная среда, не позволяющая пламени распространяться по выработке.

Эксплуатация автоматической системы требует специальной организации и подготовки обслуживающего персонала. Монтаж, наладка и обслуживание системы должны проводиться назначенными лицами, прошедшими соответствующее обучение. Зарядку устройства подавления вспышек газогенерирующим зарядом и пиропатроном допускается проводить мастеру-взрывнику по наряд-путевке. Снаряжение устройства подавления вспышек пламягасящим порошком может проводиться как на поверхности, так и непосредственно в месте установки. Снаряжение газогенерирующим зарядом и пиропатроном должно производиться непосредственно на месте установки. Ежедневно горным мастером участка ВТБ должен проводиться контроль работоспособности; датчиков, напряжения питания и состояния цепи пиропатрона, проверка ориентации окна фотоприемника датчика пламени и очистка его от пыли и влаги. Ежемесячно должна проводиться проверка целостности соединений в клеммном отсеке устройства подавления вспышек. Один раз в год должна проводиться замена пламягасящего порошка и мастером-взрывником газогенерирующего заряда. На обслуживание и эксплуатацию автоматизированной системы должен быть заведен журнал, в котором должны отражаться результаты профилактических и текущих осмотров, проверок, ремонтов или замены отдельных деталей и узлов.

## **18 Профилактика и тушение шахтных пожаров**

### **18.1 Общие положения**

К шахтным пожарам относятся подземные пожары в горных выработках и угольном массиве, а также пожары на объектах промплощадки, если они угрожают жизни людей в шахте. Пожары, даже в начальной стадии своего развития, представляют большую угрозу жизни людей, находящихся на пути распространения пожарных газов.

Мировой и отечественный опыт угледобычи свидетельствует о катастрофических последствиях пожаров. В 1910 г на одной из шахт Англии при пожаре погибло 344 человек. В США при пожаре на шахте в 1909 г погибло 267 человек, а в результате двух крупных пожаров в 1911 г соответственно 202 и 341 человек. Тяжелыми последствиями сопровождаются подземные пожары в Донбассе. Так, в 1991 г на шахте Южно-Донбасская №1 ПО «Донецкуголь» произошел подземный экзогенный пожар, в результате которого пострадало 38 чел., в т.ч. 32 - смертельно, а в 1996 г при пожаре на шахте Суходольская-Восточная ПО «Краснодонуголь» и им. Г Димитрова ПО «Красноармейскуголь» погибло соответственно 8 и 4 человека.

Опасность пожара возрастает, как источника воспламенения метановоздушной смеси и поступления взрывоопасных газов. Особую проблему создают развитые сложные пожары, ликвидация которых достигает нескольких месяцев, а иногда и лет. Доля ущерба от подземных пожаров достигла 27% от общего объема и стала доминирующей среди всех видов ущерба от аварий на шахтах. На долю пожаров приходится 74% всех аварий, в ликвидации которых принимает участие ГВГСС.

Количественное соотношение экзогенных и эндогенных пожаров в различных геолого-промышленных районах существенно отличается, и зависит, в основном, от удельного веса добычи в них склонных к самовозгоранию углей, но в целом по шахтам Украины составляет соответственно 76 и 24%.

Также как и наземные, подземные пожары условно разделяются на классы: А - горение твердых веществ и материалов; В - горение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; С - горение газов; Д - совместное горение веществ и материалов с участием металлов или их сплавов; Е - горение электроустановок. При этом пожары категории Д не являются характерными для шахтных пожаров, а категория Е включает пожары на электроустановках до 1140 В.

Основными горючими компонентами в горных выработках являются стойки, затяжки и верхняки деревянной крепи, конвейерная лента, гибкие кабели, минеральные масла и полимерные материалы, уголь, метан. Наибольшее число пожаров возникает в результате воспламенения оболочек кабеля и конвейерных лент - свыше 48% от общего числа пожаров (табл. 18.1)

Таблица 18.1 - Распределение экзогенных пожаров по первичным материалам горения

Материалы горения	Удельный вес, %
Уголь	6,0
Деревянная крепь	10,8
Конвейерная лента	17,8
Оболочка кабеля	29,3
Резиновая оболочка аккумуляторной батареи	1,0
Оболочка в электрических машинах	2,9
Взрывчатые вещества	2,9
Горюче-смазочные материалы	6,6
Метан	10,1
Древесные материалы за крепью	2,8
Прочие	9,8

Экзогенные пожары больше всего (до 70%) происходят в конвейерных выработках, имеющих высокую пожарную загрузку (горючая конвейерная лента, деревянные элементы крепи, минеральные масла в гидромуфтах и редукторах, электрические кабели). Распределение экзогенных пожаров по местам возникновения приведено в таблице 18.2.

Таблица 18.2 - Распределение экзогенных пожаров по местам возникновения очагов

Место пожара	Удельный вес числа пожаров, %
Вертикальные выработки	3,4
Горизонтальные выработки без конвейеров	40,1
Горизонтальные выработки, оборудованные конвейерами	15,5
Наклонные выработки	9,2
Наклонные выработки, оборудованные конвейерами	20,5
Очистные забои	6,5
Тупиковые выработки	5,5
Камеры	6,9
Прочие	4,5

Эндогенные пожары в основном происходят (табл. 18.3) в выработанном пространстве действующих очистных забоев (более 27%), неизолированного отработанного очистного забоя (около 14%), изолированного очистного забоя (более 11%).

Таблица 18.3 - Распределение эндогенных пожаров по местам возникновения очагов самовозгорания

Место пожара	Удельный вес числа пожаров, %
Выработанное пространство:	
действующего очистного забоя	27,5
изолированного очистного забоя	11,5
неизолированного отработанного очистного забоя	14,3
Целики угля	2,2
Горные выработки:	
горизонтальные	7,4
наклонные	7,4
тупиковые	9,7
Прочие	20

На поверхностном комплексе часто наблюдается самовозгорание угля на шахтных складах. Горение угля здесь начинается в виде отдельных небольших очагов, чаще всего в конических скоплениях вблизи металлических опор эстакад. Практически во всех угольно-промышленных районах самовозгораются отвальные породы.

Пожароопасность шахты в целом можно представить следующей зависимостью:

$$P_{ш} = Pf (P_{г}, P_{о}, P_{и}, P_{р}, P_{м}, P_{л}),$$

где  $P_{г}$  - вероятность наличия горючих веществ, материалов и содержащего их оборудования;  $P_{о}$  - вероятность наличия окислителя;  $P_{и}$  - вероятность возникновения опасного теплового импульса;  $P_{р}$  - вероятность развития и распространения пожара;  $P_{м}$  - вероятность нанесения материального ущерба;  $P_{л}$  - вероятность угрозы жизни застигнутых пожаром людей.

Снижение уровня пожароопасности шахты может быть достигнуто за счет уменьшения величин всех рассмотренных выше вероятностей.

Главным по проблеме пожарной безопасности в угольных шахтах является НИИГД «Респиратор», отдельными вопросами пожарной безопасности занимаются МакНИИ, ДонНТУ и другие отраслевые институты и вузы.

Значительный вклад в теорию и практику предупреждения и тушения пожаров на угольных шахтах внесли известные отечественные ученые Скочинский А.А., Балтайтис В.Я., Зборщик М.П., Козлюк А.И., Пашковский П.С., Болбат И.Е.,



Осокин В.В, Осипов Г.Г., Жадан В.М., Маркович Ю.М., Быков Н.И., Мухин В.Е., Булгаков Ю.Ф. и др.

Требования Правил безопасности к пожарной безопасности предусматриваются уже на стадии проектирования и строительства шахты - в проекте строительства (реконструкции) шахты обязательным является разработка раздела «Противопожарная защита». Для действующих шахт в соответствии с требованиями КД 12.07.403-96 «Разработка проекта противопожарной защиты угольных шахт. Методика», разрабатывается «Проект противопожарной защиты шахты». Основные разделы проекта пожарной защиты содержат мероприятия пожарного водоснабжения, противопожарной защиты надшахтных зданий и сооружений, горных выработок, по предупреждению самовозгорания угля, локализации и тушения эндогенных пожаров и др. В процессе эксплуатации шахты проект противопожарной защиты корректируется два раза в год и не реже одного раза в три года проходит экспертизу в НИИГД «Респиратор».

Количество и вид технических средств противопожарной защиты, применяемые огнетушащие средства, источники и средства подачи воды для пожаротушения, запас специальных огнетушащих веществ определяются Инструкцией по противопожарной защите угольных шахт (НПАОП 10.0-5.18-04).

Порядок, способы и средства осуществления пожарно-профилактических мероприятий при разработке пластов, склонных к самовозгоранию, устанавливаются в соответствии с руководящим нормативным документом КД 12.01.402-2000 «Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины» и регламентированным этим документом другой нормативной документацией.

Мероприятия пожарной защиты выемочных участков включаются в паспорта выемочных участков, проведения и крепления подземных выработок.

Ответственным за состояние противопожарной защиты является директор шахты.

## **18.2 Причины экзогенных пожаров**

К наиболее часто повторяющимся причинам возникновения экзогенных пожаров на поверхностных комплексах шахт относятся неправильное ведение огневых и сварочных работ, нарушение правил

эксплуатации отопительных печей и устройств, электрических сетей и электрооборудования, разряды статического и атмосферного электричества, взрывы пылегазовоздушных смесей и паров (в том числе компрессорных), искрообразование и перегрев при трении, особенно при работе ленточных конвейеров, подшипников, редукторов и канатов.

Непосредственные причины подземных экзогенных пожаров: короткое замыкание токоведущих жил в бронированных и гибких кабелях; короткое замыкание контактных проводов; загорание электровозных аккумуляторных батарей; короткое замыкание в обмотках электродвигателей; загорание в пусковом электрооборудовании и контролирующих аппаратах и приспособлениях, возникающее из-за короткого замыкания или нагрева; трение конвейерных лент о приводные барабаны, роликоопоры и элементы крепи; трение канатов о направляющие и отводящие ролики, шпалы и элементы крепи; трение исполнительных органов машин и буровых механизмов о твердые породы (песчаник, колчедан и т. д.); перегрев масла в маслостанциях, гидросистемах и турбомуфтах; пламя при электросварочных работах и газовой резке и сварке; ведение взрывных работ; применение открытого огня.

Короткое замыкание в гибких и бронированных кабелях возникает из-за загробления или неисправности максимальной тепловой защиты, эксплуатации кабелей с поврежденной оболочкой, повреждения кабелей обрушившейся породой, исполнительными органами выемочных машин или подвижным составом.

Загорание оболочек кабелей может вызываться неправильной разделкой или неправильным подсоединением кабелей к электрооборудованию, перегрузками кабелей вследствие неправильно выбранного сечения, эксплуатацией кабеля сверхнормативной протяженности.

Замыкание контактных проводов на элементы крепи может происходить из-за отсутствия оттяжек, плохого их выполнения, неисправности или отсутствия пряжковых изоляторов, а также вследствие неправильного подсоединения к сети отходящих проводов, по которым подается ток.

Загорание элементов электровозных аккумуляторных батарей возникает вследствие отсутствия или несвоевременного контроля сопротивления изоляции батарей, повреждения батарей из-за неудовлетворительного состояния откаточных выработок,

эксплуатации батарей при неисправных блокировочных устройствах и средствах защиты на электровозах.

Короткое замыкание в обмотках электродвигателей может возникнуть при перегрузке электродвигателей, из-за уменьшения сопротивления изоляции обмоток или из-за попадания в обмотки воды или масла.

В обмотках трансформатора, распределительных устройств и пусковых агрегатов короткие замыкания возникают из-за недостаточного количества масла или применения масла, не соответствующего ГОСТу, несвоевременной замены масла, эксплуатации при загроможденной защите.

Трение конвейерных лент о невращающиеся (неисправные, застыбываемые) роликоопоры, пробуксовывающие барабаны натяжных головок перегруженных конвейеров, а также элементы крепи выработок является следствием неправильной установки и неудовлетворительной центровки ставов, эксплуатации ленты с поврежденными бортами и конвейеров при неисправной аппаратуре автоматического контроля и управления или отсутствия автоматической тепловой защиты.

Трение канатов о направляющие и отводящие ролики, шпалы или элементы крепи возможно при неисправности роликов, их отсутствии или при неудовлетворительном состоянии горных выработок.

Воспламенение масла в турбомуфтах является следствием перегрузки, технической неисправности в конструкциях турбомуфт, эксплуатации при недостаточном количестве масла или применении масла, не соответствующего ГОСТу.

Нагрев зубков буров проходческих и добывающих машин об уголь, породу и особенно воспламенение так называемой «серной дорожки» в колчеданистых включениях, чаще всего происходит при отсутствии орошения.

Пожары при ведении огневых работ возникают при наличии у мест сварки легковоспламеняющихся материалов, вследствие подключения сварочных аппаратов к контактному проводу, ведения огневых работ с использованием неисправных аппаратов, сопутствующими причинами являются отсутствие контроля за концентрацией метана, а также за состоянием выработок после окончания работ, необеспеченность рабочего места средствами первичного пожаротушения.

При взрывных работах пожары возникают из-за несоблюдения расстояния между шпурами; уменьшения длины шпуров или некачественного выполнения забойки, использования нестандартных ВМ, нарушения очередности взрывания, применения накладных зарядов и др.

### **18.3 Эндогенные пожары. Условия и причины самовозгорания углей и глинисто-углистых пород**

В процессе добычи (ведения горных работ) и при определенных условиях хранения (складирования) и транспортировке самовозгораются торфы, бурые и каменные угли, антрациты, горючие сланцы, углисто-глинистые породы, сернистые (сульфидные) руды.

В настоящее время нет единого мнения о причинах самовозгорания твердых полезных ископаемых, хотя решающая роль кислорода атмосферного воздуха в этих процессах признается авторами всех без исключения гипотез (теорий).

Не вывают также возражения большинства специалистов положение, что факторы, влияющие на склонность к самовозгоранию углей разделяются на две группы: внутренние, зависящие от природных свойств угля и влияющие на способность угля к окислению (химический и минеральный состав, петрографические ингредиенты и др.), и внешние, в той или иной мере определяющие условия протекания окислительных процессов, которые, в свою очередь подразделяются на геологические (тектоническая нарушенность, мощность и угол падения пласта и т. п.) и горнотехнические (системы разработки, схемы проветривания и т. п.).

В основном не решенным является вопрос об источниках тепла, под воздействием которого происходит повышение температуры твердого ископаемого до критического значения, вызывающее выпаривание поровых растворов, интенсификацию физико-химических процессов окисления веществ органического происхождения и в дальнейшем их возгорание.

По результатам различных исследований способность угля к окислению зависит, прежде всего, от степени его метаморфизма, минералогического и петрографического состава, содержания и форм кислорода в органической массе, температуры, присутствия металлов переменной валентности, размера угольных частиц, концентрации свободных радикалов, содержания конденсированных и замещенных ароматических ядер и др.

Во второй половине XIX века имела признание пиритная теория самовозгорания углей и углистых пород. Предполагалось, что включения пирита в составе глинистых минералов угля и пород под действием кислорода воздуха и воды переходят в сульфат железа со значительным выделением тепла, под действием которого возгораются углефицированные растительные остатки. Однако с этих позиций не удавалось объяснить некоторые случаи самовозгорания, поэтому пиритная теория была признана несостоятельной.

По мнению Г.Л. Стадникова, самовозгорание углей и углистых аргиллитов происходит при участии так называемого пирофного железа, способного воспламеняться на воздухе. В последнее время эта гипотеза получила дальнейшее развитие, однако, убедительных доказательств образования пирофного железа и его возможности возгорания при наличии поровых растворов представлено не было.

Многие исследователи считают единственной причиной самовозгорания твердых горючих ископаемых взаимодействие их с газообразным кислородом атмосферного воздуха. Веселовским В.С. была изучена начальная стадия низкотемпературного окисления углей кислородом воздуха и установлены закономерности, общие для всего метаморфического ряда. Суть их состоит в том, что все угли при комнатной температуре поглощают кислород из воздуха. При этом выделяется незначительное количество продуктов окисления. Большая часть кислорода удерживается углем и не может быть извлечена из него в вакууме. По мере окисления угля сорбция кислорода замедляется, т.е. дезактивируется. Для свежих образцов скорость сорбции тем больше, чем меньше размер зерен. Однако с уменьшением размера зерен быстрее уменьшается скорость сорбции во времени, и мелкие зерна становятся менее активны, чем крупные. Зависимость скорости сорбции от температуры на полулогарифмической диаграмме изображается прямой линией. Скорость сорбции кислорода уменьшается с увеличением степени метаморфизма угля и зависит от петрографического состава.

Широко известна также теория цепного свободно-радикального механизма окислительных процессов, которая в последнее время все больше используется для объяснения закономерностей окисления органической массы топлива. В работах Кучера Р.В., Бутузовой Л.Ф. и др. приведены экспериментальные данные, позволяющие представить процесс окисления каменных углей молекулярным

кислородом с позиций радикально-цепной теории жидкофазного окисления углеводородов.

Согласно перекисной теории, образованию всех первичных молекулярных продуктов окисления предшествует появление переокисных радикалов. Существование последних в ископаемых углях пока однозначно не доказано, но, по мнению Бутузовой Л.Ф. определенный вклад в образование парамагнитных центров они вносят.

Один из аргументов противников этих теорий, свидетельствующих о невозможности самовозгорания твердых горючих ископаемых за счет окисления их кислородом атмосферного воздуха заключается в следующем. Самовозгорание их может произойти вследствие деструкции компонентов органического происхождения, выделения и самовоспламенения на воздухе горючих газов. Из всех газов, которые могут при этом выделиться, водород имеет наименьшую температуру самовоспламенения - около 530 °С, т. е. условием самовозгорания твердых горючих ископаемых должно быть самонагревание их до температуры не менее 530 °С, что маловероятно в условиях интенсивного газо- и теплообмена с окружающей средой.

В разные годы предпринимались попытки объяснить самовозгорание твердых горючих ископаемых протеканием в них биохимических процессов. Считается доказанным самовозгорание торфа и многих других недосушенных органических веществ, вследствие жизнедеятельности микроорганизмов.

Фундаментальные исследования, проведенные в последние годы М.П. Зборщиком и В.В. Осокиным, позволили разработать с этих позиций так называемую пиритную биохимическую теорию самонагревания углисто-глинистых пород. Согласно этой теории самовозгорание пород обусловлено: самонагреванием влажной горной массы вследствие биохимического окислительного выщелачивания, содержащегося в них пирита при участии тионовых бактерий и образования своеобразного химического экзотермического реактора; прогреванием химическим реактором поверхностного слоя пород и обогащение его элементарной серой; самовоспламенение паров серы возле нагретой до температуры 248-261 °С поверхности пород и возгорание метано-воздушной смеси; термической деструкции углефицированного вещества и

минеральных компонентов породы и возникновение устойчивого горения продуктов термической деструкции и газификации породы.

В пользу пиритной биохимической теории самовозгорания угля свидетельствует повышенное содержание серы в склонных к самовозгоранию углях. При низкой стадии метаморфизма содержание органической серы в них составляет около 2,5%, с ростом степени метаморфизма оно снижается до 1,5%. У не склонных к самовозгоранию углей процентное содержание органической серы не превышает 1,4%. Но главное, что биохимическая теория дает объяснение интенсивному начальному самонагреванию угля до температуры 70-80 °С, сопровождающемуся постоянной регенерацией поверхности пирита, увеличением породного реакционного объема, необходимого для поддержания высокого темпа нагревания системы.

При прогнозировании очагов самонагревания и возгорания на породных отвалах и угольных складах получена высокая степень совпадения теоретических расчетов с практическими результатами, но для шахтных условий эта теория не применялась в достаточной мере. Нет объяснения, откуда в труднодоступных местах гидрофобного угольного пласта, таких как угольные целики, пласты-спутники или зоны геологических нарушений (где происходит более 80% подземных эндогенных пожаров) появляются в необходимых для развития бактерий количествах вода и углекислый газ. Недостаточно четко показано, каким образом происходит процесс самонагревания от 70 до 160 °С, когда снижается содержание кислорода в воде, тионовые бактерии переходят в пассивную сферическую форму, а уголь интенсивно охлаждается испаряющейся влагой.

Эти недостатки учтены в предложенной В.К. Костенко рабочей гипотезе самовозгорания углей, в которой рассмотрено совместное течение процессов биохимического выщелачивания пирита и окислительного самонагревания угля, с преобладанием биохимических реакций при температурах менее 60-70 °С и химических - в диапазоне 70-160 °С. Условно выделены этапы: инициирования окисления угля (при температуре породного массива  $t_m$ ) → биохимического самонагревания пирита ( $t_m - 70^\circ\text{C}$ ) → сушки и диффузионного самонагревания угля (70-160 °С) → возгорания серы (более 160 °С) и развития горения (160-1000°С и более). Нагревание угля начинается при разрушении элементов силами горного давления,

что приводит к увеличению реакционной поверхности, образованию химически активных радикалов. Важным этапом при этом является разрыхление измельченной массы в зонах разгрузки от горного давления, что обеспечивает фильтрацию метана из пластовых полостей и последующее проникновение в них воздуха. Поступающий в образовавшиеся трещины воздух вызывает реакции окисления углеродных радикалов. В числе других продуктов реакции образуются вода и диоксид углерода, необходимые для развития в дальнейшем тионовых бактерий. Воздушно-капельным путем или через приточную воду происходит заражение пласта бактериями. Развитие колоний микроорганизмов сопровождается выделением тепла, температура среды поднимается до 60-70 °С. Разогрев угля и испарение содержащейся в нем воды сопровождаются увеличением скорости диффузии кислорода в уголь. Это способствует значительному увеличению объема реагирующего угля и ускорению его разогрева, несмотря на снижение активности бактерий и испарение воды. Превышение объема реагирующего угля над критическим значением способствует необратимому характеру самонагревания системы. При достаточном притоке кислорода температура поднимается до 160 °С, происходит самовозгорание паров серы, дальнейшее возгорание пирита, метана, угля и эндогенный пожар.

Горно-геологические и горнотехнические условия ведения горных работ как основные факторы, определяющие условия самонагревания и самовозгорания углей и глинисто-углистых пород, весьма разнообразны.

Практика показывает, что чаще пожары возникают при способах вскрытия и подготовки выемочных полей, которые не позволяют надежно изолировать выработанное пространство. Наиболее пожароопасными являются способы вскрытия центрально расположенными вертикальными или наклонными стволами при прямом порядке отработки шахтных полей, а также наклонными стволами, проходимыми по пластам самовозгорающихся углей. Весьма пожароопасной является пластовая подготовка выемочных полей.

Величина и продолжительность утечек (подсосов) воздуха (а следовательно, и пожароопасность) зависят от схемы и способа проветривания, депрессии, аэродинамического сопротивления выработанного пространства и направления очистных работ на крыле



и выемочном участке. Увеличение общешахтной депрессии является одной из главных причин возникновения и рецидивов пожаров от самовозгорания угля. На газообильных шахтах вследствие резкого падения концентрации кислорода при фильтрации воздуха через выработанное пространство с большим содержанием метана очаги самовозгорания возникают вблизи мест поступления вентиляционной струи.

Установлено, что углисто-глинистые породы могут быть склонны к самовозгоранию даже в большей степени, чем угли той же стадии метаморфизма, а бурые угли самовозгораются чаще, чем каменные. Случаи самовозгорания антрацита в пластах очень редки. Не известны случаи самовозгорания окисленных углей и не было самовозгорания углей в зоне выветривания.

Опасность эндогенных пожаров возрастает с увеличением угла падения и мощности разрабатываемых угольных пластов. При этом пласты, склонные к самовозгоранию, характеризуются большей тектонической перемятостью.

Более половины эндогенных пожаров приурочено к целикам, оставляемым в зонах тектонических нарушений. На бурогольных пластах целики могут самовозгораться даже в ненарушенном состоянии. Известны также случаи самовозгорания угля в целиках, оставленных в выработанных пространствах.

Самовозгорается отбитый уголь и уголь в обнажениях массива. Эндогенные пожары происходят в выработанных пространствах как действующих, так и отработанных участков независимо от способа управления кровлей.

Известны случаи самовозгорания угля в средней части и нишах действующих остановленных лав. Уголь в лавах самовозгорался в зонах геологических нарушений, в полостях высыпаний и выбросов и в местах сопряжения лав с участковыми выработками

Имели место случаи самовозгорания угля как в погашенных, так и действующих подготовительных выработках. В действующих подготовительных выработках самовозгораются горная масса и уголь в обнажениях пластов, в том числе на участках без видимых геологических нарушений. Нередки случаи самовозгорания угля в охранных целиках над откаточными штреками при очистных работах на крутопадающих пластах. Часты случаи самовозгорания угля в куполах за крепью выработок. Самовозгорался уголь также в местах сопряжений участковых подготовительных выработок с уклоном.

Нередки случаи самонагревания угля в гезенках в углеспускных печах. В последние годы в шахтах Донбасса отмечены случаи самовозгорания пустых пород алевролита, особенно в зонах газодинамических проявлений.

Следует иметь в виду, что при определенных условиях (неубранный уголь в полостях внезапных выбросов, систематические прососы воздуха через выработанное пространство, длительное нахождение отслоившегося угля за крепью горных выработок и воздействие органических веществ на уголь и т. п.) возможно возникновение эндогенных пожаров на выемочных полях шахтопластов угля, не склонного к самовозгоранию.

Склонность угля шахтопласта к самовозгоранию устанавливается НИИГД «Респиратор» на стадии геологоразведки шахтного поля по представляемым геологоразведочной экспедицией пробам угля и необходимым материалам. При необходимости, но не реже одного раза в 5 лет, склонность к самовозгоранию углей шахтопластов уточняется.

Для определения группы пожарной опасности шахтопласта определяется влияние взаимосвязанных факторов на интенсивность возникновения эндогенных пожаров по формуле

$$\lambda_{\phi} = - 0,008 + 0,029m + 0,0007a + 0,008S - 0,0008V - 0,0035Ng, \text{ мес}^{-1},$$

где  $m$  - мощность пласта, м;  $a$  - угол падения пласта, град;  $S$  - доля общей серы в угле, %;  $V$  - скорость подвигания очистного забоя, м/мес;  $Ng$  - диффузионное сопротивление, мм.

Межпожарный период  $T_m$  определяют по формуле

$$T_m = 1/\lambda_{\phi}, \text{ мес},$$

а вероятность возникновения пожара

$$P = 1 - e^{-\lambda_{\phi}T},$$

где  $T$  - время отработки выемочного поля (участка), мес.

В зависимости от значения  $P$  шахтопласты (выемочные поля) склонных к самовозгоранию углей по эндогенной пожароопасности подразделяются на три группы:

I - особо опасные шахтопласты (участки), вероятность возникновения пожаров у которых превышает 0,75;

II - пожароопасные пласты (участки), вероятность возникновения пожаров у которых находится в пределах от 0,45 до 0,75;

III - малоопасные шахтопласты (участки), вероятность возникновения пожаров у которых менее 0,45.

Список шахтопластов угля, склонного к самовозгоранию ежегодно утверждается в установленном порядке по каждому государственному предприятию, самостоятельной шахте и т. п.

## **18.4 Особенности развития и методы обнаружения подземных экзогенных и эндогенных пожаров**

Физико-химические процессы горения, происходящие при экзогенных подземных пожарах, сходны с этими процессами при пожарах в зданиях и сооружениях поверхностного комплекса, но условия развития этих пожаров различны и заключаются в следующем.

1. Пожар на поверхности развивается при практически неограниченном притоке к нему атмосферного воздуха. Подземный же пожар развивается в воздушном потоке, имеющем определенное направление и скорость движения в выработках.

2. При пожаре на поверхности практически все тепло рассеивается в окружающую атмосферу, в то время как при подземном пожаре только часть его выносится вентиляционным потоком на поверхность, а часть, особенно значительная при тушении изоляцией, аккумулируется окружающими горными породами. Поэтому условия затухания пожара на поверхности, заключающиеся в прекращении горения и снижения температуры горящего материала до пределов, исключающих повторное воспламенение, для подземного пожара необходимы, но недостаточны. Чтобы потушить подземный пожар, необходимо снизить и температуру боковых пород выработки, в которой действовал пожар, до указанных выше пределов.

3. Распространение пожара на поверхности происходит в основном по так называемому горючему мостику путем перемещения процесса горения на предварительно нагретые до воспламенения соседние участки горючего материала и в некоторых случаях путем теплоизлучения. Прерывание горючего мостика брандмауэрами и другими конструкциями из негорючего материала, как правило, приводит к его локализации. Распространение же пожара в горных выработках происходит также и при отсутствии горючего мостика - потоком раскаленных пожарных газов. Поэтому для локализации подземного пожара необходимо не только прервать горючий мостик,

но и снизить температуру потока пожарных газов до пределов, исключающих воспламенение горючего материала на пути распространения пожара.

Схематично горящую горную выработку можно представить как протяженный вентилируемый канал, часть периметра которого выложена слоем горючего материала. Так как процессы горения и теплопередачи качественно отличаются, то в процессе горения условно можно выделить следующие четыре зоны (рис. 18.1).

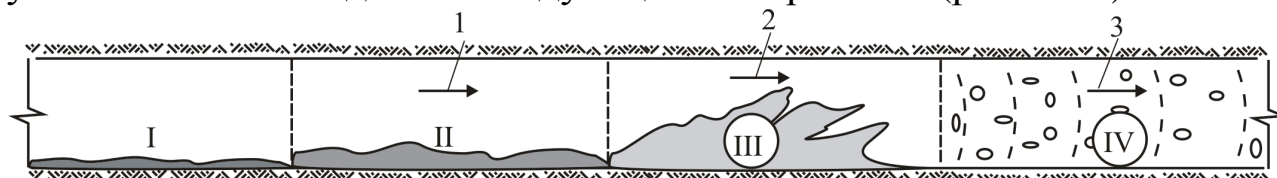


Рисунок 18.1 - Формирование зон горения горной выработки

I - зона охлаждения; II - зона догорания; III - зона горения; IV - зона предварительного нагрева;  
1, 2, 3 - соответственно направление вентиляции, распространения пламени и движения продуктов горения

Первая зона является зоной охлаждения. Она образуется после сгорания шахтной крепи в результате охлаждения горного массива воздухом. Вторая - зона догорания, в которой образовавшийся древесный уголь окисляется кислородом воздуха. Третья - это зона горения летучих веществ, выделившихся при пиролизе древесины. Четвертая - зона предварительного прогрева деревянной крепи и горючих материалов.

В первом приближении механизм развития подземного пожара проветриваемой горной выработки может быть представлен следующим образом. Вначале пламя распространяется по деревянным затяжкам в направлении движения воздушной струи и вверх. При малых скоростях проветривания пламя распространяется в основном вертикально вверх, вследствие разности плотностей пожарных газов и поступающего воздуха. При этом за стойками крепи, где теплосъем минимальный, пламя распространяется вверх и, достигнув затяжек кровли, поджигает их. Примерно через 5-10 минут после начала горения затяжки кровли падают вниз, образуя на почве очаги, которые воспламеняют боковые элементы конструкции крепи. С этого момента на большей части периметра выработки начинается интенсивное развитие пожара. При увеличении скорости движения воздушного потока пожар развивается быстрее, в то время как в начале разгорания такое же увеличение скорости только сдерживает его развитие. Через 25-30 минут на участке выработки, который воспламеняется в течение первых 5 минут, почва покрывается

раскаленными затяжками, а пламенное горение крепя к этому моменту времени в основном заканчивается. Более длительное время наблюдается наличие пламени в замках крепя. Через 35-40 минут на почву начинают падать горящие верхняки, через некоторое время - и боковые - стойки. Через 45-50 минут затяжки на почве полностью сгорают, а через 120-150 минут полностью сгорает и вся крепя. По мере увеличения горячей поверхности наблюдается повышение температуры продуктов горения и нарастание в них окиси и двуокиси углерода, метана и водорода. При полном расходе кислорода на горение наступает относительная стабилизация значений температуры и состава продуктов горения при неизменном расходе воздуха, подаваемого к очагу пожара. Очевидно, что в этом случае расход материала на горение - максимальный.

В зависимости от мощности начального теплового импульса развитие пожара может происходить следующим образом. При мощном тепловом импульсе быстро наступает вторая стадия развития пожара. Если же мощность теплового импульса недостаточна для быстрого развития пожара, то происходит медленное распространение пламени по поверхности горючего материала. Такой режим развития пожара является неустойчивым, и при этом может наблюдаться либо самопроизвольное разгорание очага до наступления второй стадии либо прекращение горения в зависимости от того превышает приток тепла в этой зоне теплоотвод или нет. Переход подземного пожара из неустойчивого режима горения в стационарную фазу возможен при температуре пожарных газов 500-550 °С. При этом, важное значение имеет направление и скорость вентиляционной струи, а также величина пожарной загрузки и физико-химические свойства горючих материалов.

При малых скоростях вентиляционной струи пожар распространяется, в основном, навстречу движения вентиляционной струи, а при больших скоростях - увлекается воздушной струей. В определенном диапазоне скоростей пожар может перемещаться одновременно в обе стороны. Зависимость скорости вентиляционного потока  $V$  и средней скорости перемещения пожара по выработке  $V_{п}$ , справедлива в диапазоне  $V = 0,5-5,2$  м/с, определяется выражением

$$V_{п} = \frac{V}{0,00111 + 0,009V}, \text{ м/с.}$$

Кроме того, скорость вентиляционной струи оказывает существенное влияние и на температуру пожарных газов в очаге горения, которая может быть определена из выражения

$$T_o = \frac{V}{0,00023 + 0,00065V}, ^\circ \text{C}.$$

В реальных условиях эта температура в выработках, закрепленных арочной крепью с деревянной затяжкой, может составлять 1000-1590 °С. При этом влажность деревянных элементов крепи оказывает тормозящее воздействие на развитие пожара только в первоначальный момент времени.

По мере распространения пожарных газов по горной выработке происходит их естественное охлаждение. Для подсчета их температуры на заданном расстоянии L от очага пожара предложено выражение

$$t_L = t_{\pi} + (t_1 - t_{\pi}) \exp \frac{-aPL}{GC_p}, ^\circ \text{C},$$

где -  $t_1$  - температура в очаге пожара, °С;  $t_{\pi}$  - температура стенки выработки до возникновения в ней пожара, °С; а - коэффициент теплоотдачи пожарных газов к стенке выработки, Дж (с·м·град); Р - периметр выработки, м; G - весовой расход воздуха, кг/ч;  $C_p$  - удельная теплоемкость воздуха, ккал/кг·град.

Температура стенки выработки до возникновения в ней пожара может быть рассчитана по формуле

$$t_{\pi} = t_o + \frac{(H - h_o)}{r}, ^\circ \text{C},$$

где Н - глубина выработки, м;  $h_o$  - глубина зон постоянной температуры  $t_o$ , м; r - средняя величина температурного градиента для данного угольного бассейна, м/°С.

Коэффициент теплоотдачи пожарных газов к стенке выработки может быть подсчитан по эмпирической зависимости

$$a = \frac{A \xi (G^{0,8} P^{0,2})}{S^{0,2}},$$

где -  $\xi$  - безразмерный коэффициент шероховатости выработки;  $S$  - сечение выработки в свету,  $m^2$ ;  $A$  - эмпирический коэффициент теплопроводности,  $ккал/м\cdot ч\cdot ^\circ C$ , определяемый по формуле

$$A = \frac{0,0148 \lambda}{(\mu g)^{0,8}},$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $ккал/м\cdot ч\cdot ^\circ C$ ;  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости,  $кг\cdot с/м^2$ ;  $g$  - ускорение силы тяжести,  $м/с^2$ .

В настоящее время получили практическое применение следующие способы обнаружения экзогенных пожаров: по наличию дыма, содержанию  $CO$  и нагреванию воздуха в шахтной вентиляционной сети.

При обнаружении дыма оповещение диспетчера об очаге пожара производится по телефону, для чего предусматривается в местах постоянного и периодического нахождения людей в пожароопасных выработках установка дополнительных телефонных аппаратов.

Для обнаружения пожара по содержанию  $CO$  используются автоматические газоанализаторы «Сигма  $CO-B$ », информация от которых передается непосредственно горному диспетчеру.

Обнаружение пожара по нагреванию воздуха реализуется в автоматических установках и системах пожаротушения, информация о срабатывании которых поступает диспетчеру.

Эндогенные пожары имеют свою специфику развития и методы обнаружения очагов самонагревания и самовозгорания угля.

В процессе развития эндогенного пожара выделяют стадию самонагревания, раннюю стадию самовозгорания и стадию горения угля.

Самонагревание угля начинается, как только создаются условия для аккумуляции теплоты. Интенсивное нагревание угля на этой стадии невозможно, поскольку выпаривание содержащейся в угле влаги отнимает значительное количество теплоты. Стадия самонагревания длится в течение нескольких недель или месяцев, в основном определяет длительность инкубационного периода процесса самовозгорания и протекает в интервале температур, начиная со значений, характерных для условий данной выработки, и до критической температуры самовозгорания. По достижении критической температуры начинается ранняя стадия самовозгорания

угля. В этой стадии развития эндогенного пожара быстро разогревается уголь, что приводит к его воспламенению (табл. 18.4).

Таблица 18.4 - Критическая температура самовозгорания различных углей

Вид угля	Критическая температура самовозгорания $t_{кр}$ °С	Температура воспламенения $t_{в}$ °С
Бурый уголь	70-90	150-200
Каменный уголь ( $V^{daf} > 20\%$ )	90-120	300-350
Тощие угли ( $V^{daf} < 20\%$ )	1200-1400	600-700

В процессе развития эндогенного пожара, кроме изменения температуры в очаге пожара, происходят существенные изменения состава воздуха аварийного участка: уменьшается содержание кислорода, увеличивается выделение оксидов углерода, водорода, предельных и непредельных углеводородов, содержание которых значительно превышает фоновые значения.

Признаком самонагревания угля на контролируемом участке является устойчивое превышение объемной доли  $CO$  и  $H_2$  над фоновым их содержанием  $CO_{ф} \approx (6-10) 10^{-7}$  и  $H_{2ф} \approx (3-5) 10^{-7} \%$ .

Внешним визуальным признаком самонагревания на этапе выпаривания влаги угля может быть наличие тумана в выработке и запотевания металлических предметов.

Характерной особенностью стадии самонагревания и ранней стадии самовозгорания угля является выполнение условия

$$\frac{CO - CO_{ф}}{H_2 - H_{2ф}} > 10 .$$

Однако по результатам определения превышения оксида углерода и водорода над фоновым их содержанием и приведенного выше соотношения невозможно отличить стадию самонагревания от ранней стадии самовозгорания. Вместе с тем определение стадии развития эндогенного пожара имеет большое значение, поскольку ранняя стадия самовозгорания угля при благоприятных условиях может длиться всего несколько часов. Эти стадии можно определить по температуре угля в очаге эндогенного пожара на основании данных о соотношении этилена  $C_2H_4$  и ацетилена  $C_2H_2$  в пробах воздуха аварийного участка, так как на стадии самонагревания и ранней стадии самовозгорания, вплоть до температуры воспламенения летучих веществ рост доли этилена опережает рост доли ацетилена,



вследствие чего соотношение этих компонентов закономерно увеличивается. После достижения температуры воспламенения угля, в зависимости от массы угольного скопления и расхода поступающего к нему воздуха, может происходить дальнейший рост соотношения этилена и ацетилена или его резкое уменьшение до значений, характерных для температур ниже критической. Таким образом, по изменению объемных долей этилена и ацетилена и их соотношений можно идентифицировать стадии развития эндогенных пожаров и приближенно определять температуру угля до момента его воспламенения.

Температуру угля в очаге самонагревания определяют по формуле

$$t_y = t \left( 1 + \frac{\Delta t_n}{100} \right) + t_o, \text{ } ^\circ \text{C},$$

где  $t$  - превышение температурой угля температуры вмещающих пород,  $^\circ\text{C}$  (определяется по табличным данным в зависимости от марки угля соотношения фактических объемных долей этилена и ацетилена  $C_{\text{эт}}/C_{\text{ац}}$ , выделяющихся из угля на контролируемом участке);  $t_o$  - температура вмещающих угольный пласт пород,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_n$  - максимальная ошибка в определении превышения температурой угля температуры вмещающих пород, %.

Стадия самовозгорания угля начинается по достижении углем температуры воспламенения. Внешними признаками этой стадии являются устойчивый специфический запах, наличие дыма и появление открытого огня. В пожарном участке резко снижается содержание кислорода и увеличивается содержание оксидов углерода, водорода, предельных, непредельных и ароматических углеводородов. На этой стадии

$$\frac{CO - CO_{\phi}}{H_2 - H_{2\phi}} < 10 .$$

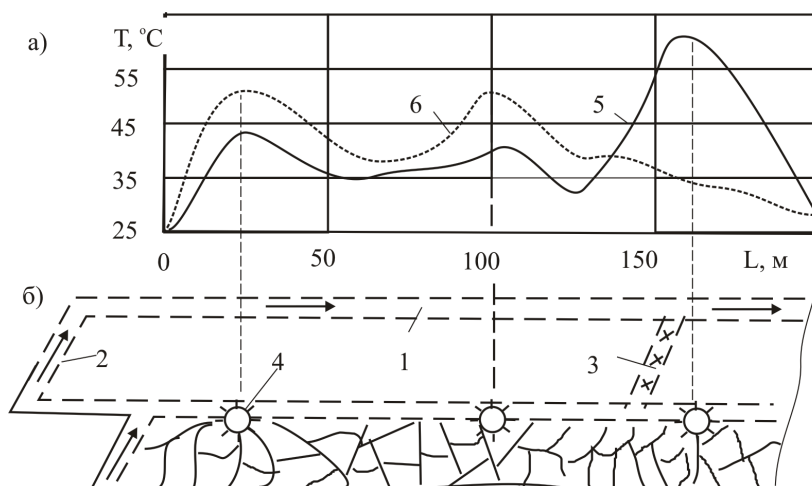
Кроме того, объемная доля этилена и ацетилена на данной стадии превышает на порядок их фоновые значения и равна  $10^{-3}\%$  и  $10^{-5}\%$  соответственно. Температура угля на стадии самовозгорания по соотношению непредельных углеводородов не определяется.

Контроль за самонагреванием угля осуществляется по устойчивому повышению объемной доли оксида углерода и водорода относительно фоновых в горной выработке. При этом на стадии самонагревания отношение долей  $\text{CO}$  к  $\text{H}_2$  превышает 10, а на стадии горения - менее 10. Для определения микродолей оксида углерода применяются аппаратура непрерывного контроля «Сигма-СО-В», газоопределители химические ГХ-4, а также, в том числе и для определения доли водорода, газоанализатор хроматографический «Эндотестер». Определение температуры очага самовозгорания производят по соотношению объемных долей этилена и ацетилена. Пробы для определения долей этилена и ацетилена в газоаналитической лаборатории ГВГСС отбирают в заполненные сорбентом и откалиброванные трубки-концентраторы.

Ориентировочное месторасположение очага эндогенного пожара может быть обнаружено по аномальному изменению инфракрасного излучения поверхности горных выработок с помощью пирометров «Квант-РТ» и «Радан». Выявление аномальных мест нагревания производят по результатам измерения температуры через каждый метр выработки путем составления тепловых карт, которые отражают распределение температуры вдоль поверхности горной выработки. Как правило, наиболее нагретое место характеризует направление на скрытый очаг пожара. При наличии двух выработок, поверхности которых прогреты по двум направлениям возможно определить место нахождения очага пожара (рис. 18.2).

Рисунок 18.2 - Обнаружение очагов самовозгорания в выработанном пространстве очистного забоя

- а) - тепловая карта; б) - схема выемочного участка; 1 - полевой вентиляционный штрек; 2 и 3 - квершлага №1 и №2; 4 - очаги самовозгорания угля; 5 - предварительное обследование; 6 - повторное обследование после ликвидации очага самовозгорания в районе квершлага №2



## **18.5 Пожарно-профилактические мероприятия по предупреждению экзогенных и эндогенных пожаров**

Основными направлениями пожарной профилактики экзогенных пожаров является сокращение применения горючих веществ и материалов или снижение их способности к воспламенению и устранение тепловых импульсов.

Для сокращения возможных объектов горения копры и надшахтные здания при стволах, штольнях и шурфах, а также здания всех главных и вспомогательных установок сооружаются из негорючих материалов. Двери в этих зданиях, а также в переходах в другие здания изготавливаются из негорючих или трудногорючих материалов.

Негорючей крепью высшей степени огнестойкости (бетон, железобетон, каменная крепь и т. п.) должны закрепляться: устья всех вертикальных и наклонных стволов, а также устья шурфов, по которым подается в шахту свежий воздух; сопряжения вертикальных и наклонных штолен и шурфов, по которым подается в шахту свежий воздух; сопряжения уклонов, бремсбергов и ходков с выработками; устья вновь вводимых шурфов, оборудованных всасывающими вентиляторами и вентиляционные каналы к ним.

Негорючей крепью высшей степени огнестойкости из железобетонных стоек, металлического спецпрофиля или анкерной крепью с железобетонными или металлическими затяжками должны крепиться: наклонные стволы и штольни, подающие в шахту свежий воздух; главные квершлагги; главные и групповые откаточные штреки; электромашинные камеры; камеры подстанций и распределительные пункты высокого напряжения, в которых устанавливается электрооборудование с масляным заполнением; центральные подземные электроподстанции, преобразовательные подстанции и склады ВМ со сроком службы один год и более; сопряжения выработок электромашинных камер, камер для хранения смазочных материалов, воздушных компрессоров, приводных головок конвейеров и гидравлического оборудования с масляным заполнением.

Выработки, оборудованные ленточными конвейерами, капитальные уклоны и бремсберги и ходки, вентиляционные наклонные стволы и слепые стволы должны крепиться крепью средней степени огнестойкости из металлического спецпрофиля с

затяжками из стеклопластика или древесины, обработанной огнезащитными составами.

Электромашинные камеры со сроком службы до года, не имеющие электрооборудования с масляным заполнением или имеющие, но в исполнении РВ могут быть закреплены крепью с минимальной степенью огнестойкости из трудногорючих деревянных стоек и затяжек, обработанных огнезащитными составами.

Перемычки в сбойках между наклонными капитальными горизонтальными выработками и крепь в части выработки под кроссингом типа «перекидной мост» должны сооружаться из негорючего материала.

Пустоты за негорючей крепью должны закладываться негорючими или трудногорючими материалами.

Применение и хранение легковоспламеняющихся материалов в выработках и надшахтных зданиях запрещается. Во всех помещениях и камерах, где производится хранение и переливание смазочных материалов, а также установлено оборудование с масляным заполнением, полы должны быть выполнены из негорючего материала и посыпаться песком по мере его загрязнения. Смазочные и обтирочные материалы должны храниться в закрытых емкостях в количествах, не превышающих суточную потребность. Запасы масла и смазочных материалов сверх суточной потребности следует хранить в специальных камерах (помещениях), закрепленных негорючими материалами и имеющих металлические пожарные двери. Исползованные обтирочные материалы должны складываться в закрывающиеся металлические ящики и в них выдаваться из шахты.

Конвейерные ленты, вентиляционные трубы, оболочки электрических кабелей и другие изделия, применяемые в горных выработках и надшахтных зданиях, должны быть изготовлены из негорючих, трудногорючих и трудновоспламеняющихся материалов, не распространяющих пламя по поверхности. При этом величина поверхностного электрического сопротивления материалов вентиляционных труб и конвейерных лент не должна превышать  $3 \cdot 10^8$  Ом, так как при большей ее величине материал способен электризоваться, и может представлять опасность по взрыву метана и пыли.

Запрещается применять дерево и другие горючие материалы для футеровки барабанов и роликов конвейеров, закрепления приводных и натяжных станций ленточных конвейеров, устройства

приспособлений, предотвращающих сход ленты в сторону, подкладок под конвейерные ленты, переходных мостиков через конвейеры. Допускается применение древесных материалов, пропитанных огнезащитным составом, для изготовления установочных брусьев и подкладок под ленточные и скребковые конвейеры (кроме приводных станций), для устройства площадок в местах посадки и схода людей с конвейеров и временных настилов под оборудование (вне приводных станций).

Для устранения тепловых импульсов от электрического тока нельзя допускать перегрузки цепи и коротких замыканий в ней, размыкания под током контактных частей или разрывов токопроводящих проводников, слабых контактов в цепи, являющихся причиной чрезмерного увеличения сопротивления и повышения температуры, а также утечек тока на землю.

Для предотвращения возгораний от фрикционного трения нельзя допускать: трения подъемных канатов и приводных цепей о крепь выработок, шпалы и другие горючие материалы; трения конвейерных лент и ремней о крепь выработок, об уголь или направляющие ролики, о приводные барабаны и т. п.; искрения и сильного нагревания зубков режущих органов выемочных и проходческих машин и механизмов в результате ударов и трения о твердые включения в угольном массиве; утечки сжатого воздуха из шахтных пневмопроводов.

Особые требования предъявляются к ленточным конвейерам, при эксплуатации которых не допускается: работа конвейера при снижении давления воды ниже нормативной величины в пожарноросительном трубопроводе; работа конвейера при отсутствии или неисправности средств противопожарной защиты; работа конвейера при неисправной защите от пробуксовки, заштыбовки, схода ленты в сторону и снижения скорости; одновременное управление автоматизированной конвейерной линией из двух и более мест (пультов), а также стопорение подвижных элементов аппаратуры способами и средствами, не предусмотренными инструкцией завода-изготовителя; подсыпка угольного штыба, песка между лентой и приводными барабанами; работа конвейера без защиты от пробуксовки ленты на приводных барабанах из-за ослабления ее натяжения и трения ленты о конструкции конвейера или элементы крепи; работа конвейера с неисправными роликами или при их

отсутствии; использование резинотросовых лент при износе обкладок рабочих поверхностей на 50% и более.

Выработки, оборудованные ленточными конвейерами, должны быть оснащены системами автоматического обнаружения пожаров в начальной стадии. Система управления ленточными конвейерами должна быть оборудована датчиками давления воды, не допускающими включения и обеспечивающими отключение привода конвейера при давлении в пожарном трубопроводе ниже нормативной величины. Ленточные конвейеры должны быть оборудованы стационарными автоматическими установками пожаротушения, защищающими их на всем протяжении, включая пункты перегрузки и натяжные станции.

Опасные тепловые импульсы при ведении взрывных работ могут возникнуть в случае: применения некачественных взрывчатых материалов; применения повышенных зарядов взрывчатого вещества; уплотнения зарядов; несоответствия диаметра патронов ВВ диаметру шнуров; недостаточной длины линии наименьшего сопротивления: плохого качества и недостаточной длины забойки шнуров.

Огневые работы должны производиться в соответствии с Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях (НПАОП 10.0-5.03-04). При проведении этих работ должны выполняться специальные мероприятия, которые должны составляться для каждого объекта или отдельных его участков и утверждаться директором (главным инженером) шахты, а также согласовываться с ГВГСС. В мероприятиях должны быть предусмотрены улавливание искр, снижение горючести предметов в районе ведения огневых работ и другие меры предосторожности применительно к конкретным условиям. Огневые работы должны вестись под руководством главного механика шахты или его заместителя в присутствии представителя ГВГСС и участка ВТБ, которые непосредственно на месте должны проводить, приняты ли все меры предосторожности, и только после этого дать разрешение на проведение работ.

При производстве огневых работ в прочих поверхностных объектах должны применяться меры безопасности, предусмотренные Правилами пожарной безопасности в Украине.

Для снижения негативного влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на эндогенную пожароопасность, склонного к самовозгоранию шахтопласта, Правила безопасности

регламентируют следующие основные требования к проектам их разработки.

Вскрытие, подготовка и разработка пласта угля должны производиться через полевые выработки с применением столбовых систем разработки. Применение пластовых выработок допускается только в отдельных случаях при отработке тонких и средней мощности выбросоопасных и с высокой газоносностью пластов угля.

При этажной (ярусной) схеме подготовки пластов пологого падения между откаточным штреком верхнего горизонта и вентиляционным штреком нижнего горизонта необходимо возводить полосу из вяжущего материала (песчано-цементный раствор, гипс, фосфогипс и др.) или оставлять целики угля, предотвращающие утечки воздуха в выработанное пространство верхнего этажа. Одиночные пласты при отсутствии в кровле в деформированной воздухопроницаемой зоне пород пропластков угля допускается отрабатывать без оставления целиков между горизонтами или возведения изоляционной полосы из твердеющих материалов.

Крутые пласты угля разрабатываются, как правило, с полной закладкой выработанного пространства. Вместо закладки может быть возведена надштрековая полоса из вяжущего материала с параметрами, обеспечивающими герметизацию выработанного пространства. Выемка угля щитовыми агрегатами, как правило, проводится под горизонтами, отработанными без целиков.

Пласты в свите следует отрабатывать в нисходящем порядке с обязательной проверкой с помощью депрессионной съемки наличия аэродинамической связи между их выработанными пространствами.

При вскрытии угольных пластов квершлагами со стороны лежачего бока пласта предусматривается: наименьшее нарушение и закрепление нависающего массива угля; установку в квершлаг негорючей крепи; заполнение пустот за крепью негорючими материалами; тампонаж закрепного пространства. Группирование пластов должно быть таким, чтобы пласт угля, склонного к самовозгоранию, был последним от групповой выработки, для того чтобы при необходимости (в момент возникновения пожара) можно было изолировать один пласт.

Главные и участковые квершлагги со сроком службы (эксплуатации) более года в местах пересечения с пластами угля, склонного к самовозгоранию, и на расстоянии 5 м в обе стороны от последних должны быть закреплены негорючей крепью. Нарезку лав

и засечку квершлагов необходимо производить на расстоянии не менее 20 м от геологических нарушений.

Проведение горизонтальных выработок широким ходом допускается только с нижней раскоской и полной выемкой угля.

Все горные выработки в местах пересечения зон геологических нарушений должны быть закреплены негорючей крепью. На сопряжении главных квершлагов со штреками, проведенными по самовозгорающимся пластам угля, возводить из негорючих материалов изолирующие рубашки, которые заканчиваются аркой в замкнутом по периметру выработки врубе.

Проветривание выемочных участков должно быть возвратноточным на передние выработки. При газообильности выемочных участков  $3 \text{ м}^3/\text{мин}$  и более, а также на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, допускается применение и других схем проветривания при условии выполнения мероприятий по снижению утечек воздуха через выработанное пространство. Недопускается проветривание выемочных участков через ранее отработанные лавы. Перепад давления между очистными выработками на сближенных пластах не должен превышать 10 даПа.

Запрещается оставлять в выработанном пространстве целики угля, не предусмотренные проектом, пачки и пропластки угля по мощности, превышающие критические по самовозгоранию значения, а также отбитый и измельченный уголь.

Основными мероприятиями по предупреждению эндогенных пожаров являются изоляция выработанного пространства, оставляемых целиков, пачек, скоплений угля и обработка их антипирогенами.

По механизму действия антипирогены разделяются на вещества: химически ингибирующие реакции окисления; блокирующие поры в угле; изолирующие поверхность угля от доступа кислорода. Антипирогены используют в виде водных растворов и суспензий, пленкообразующих и порошкообразующих составов, аэрозолей, твердеющих пенопластов и др.

Водные растворы и суспензии антипирогенов используют для обработки целиков угля у горных выработок, в местах разрезки и остановки очистных забоев, целиков, вынужденно оставляемых в местах геологических нарушений, а также обработки пачек и прослоек угля.



Недеформированные целики угля обрабатываются растворами антипирогенов, которые могут проникать в микротрещины и поры угля. Для этого используют водные растворы бишофита (3-10%-е), хлористого кальция (5-20%-е), карбамида (5-15%-е) с добавками 1-5% поверхностно-активных веществ.

При обработке разрушенных целиков угля применяют суспензии антипирогенов для заполнения трещин. В качестве суспензий используют жидкое стекло с ПАВ и хлористым кальцием, гашеную известь с ПАВ, жидкое стекло с наполнителями в виде доломитовой пыли или шамотного порошка. Применяются также и химические композиции, вспучивающиеся при повышении температуры, например водный раствор карбамидно-формальдегидной смолы КФ-Б или КФ-МТ, сульфонола НП-3 и бишофита.

Обработка целиков водными растворами и суспензиями антипирогенов осуществляется путем нагнетания их насосом через герметизаторы в предварительно пробуренные шпурь. Глубина шпуров зависит от размеров целика и в среднем равна 2-3 м.

Пленкообразующие антипирогены - это вещества, формирующие на поверхности угля сплошную пленку, обладающую достаточной твердостью, прочностью, эластичностью, хорошей адгезией, устойчивую к воздействиям влаги. Пленкообразующие антипирогены наносятся распылителем и применяют для создания изолирующих покрытий на поверхности целиков, мало подверженных разрушению, и скоплений разрыхленного угля. В качестве пленкообразующих используются различные составы, например: жидкое стекло (27-29%), сульфонол НП-3 (5-6%), доломитовая пыль (20%), вода (до 100%) или водная 50-процентная поливинилацетатная эмульсия (24%), сульфонол НП-3 (9%), шамотно-каолиновый порошок (18%), вода (до 100%) и др. Расход антипирогенов пленочного типа составляет 0,3-0,6 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности угля.

Для изоляции от кислорода больших скоплений разрушенного угля могут быть использованы также твердеющая пена, получаемая путем вспенивания сжатым воздухом смеси водного раствора карбамидоформальдегидной смолы с пенообразователем и раствора ортофосфорной кислоты (отвердителя), представляющие собой после отверждения пенопласт мелкоячеистой структуры.

Антипирогены в виде аэрозолей применяют для обработки труднодоступных целиков и скоплений разрыхленного угля в выработанном пространстве выемочных участков. В качестве

антипирогена используется водный раствор хлористого кальция с антикоррозионными присадками (реагент ХКФ, бикарбонат кальция). Распылитель (диспергатор) аэрозоля устанавливается на сопряжении откаточного штрека с лавой таким образом, чтобы распыленная струя была направлена в выработанное пространство. Частицы аэрозоля оседают на поверхности угля и обрушенных пород и смачивают их. Расход раствора антипирогена должен быть не менее 20 дм<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> горной массы.

Порошкообразные антипирогены наносятся распылителем на поверхность разрыхленного угля и используются для обработки целиков угля над монтажными камерами щитовых агрегатов на крутопадающих пластах в случае их возможного обрушения для перемешивания антипирогена с обрушенным углем. Обработка осуществляется путем бурения скважин (шпуров) в целике и заполнения их под давлением порошкообразным антипирогеном, чаще всего смесью карбамида (70-90%) и диаммония (10-30%). Расход порошкообразных антипирогенов составляет 0,2-0,3% массы угля в целике. Число скважин (шпуров) и их расположение берется с учетом равномерного распределения потребного количества порошкообразного антипирогена в целике.

Целики угля на шахтопластах I и II категории эндогенной опасности, помимо обработки антипирогенами, изолируют гипсовыми, пенопластовыми или другими рубашками и оконтуривают органной крепью. Если нет доступа к оставленному целику угля, проводится его заиливание пульпой, подаваемой по пульпопроводам из выше расположенных горных выработок или через скважины, пробуренных на целик из примыкающих выработок или выработок сближенных пластов. Количество заиловочного материала (в твердом виде) должно составлять не менее 15 % массы целика.

Целики угля в местах разрезки и остановки лавы (после окончания очистных работ) также обрабатываются антипирогенами, изолируют гипсовыми, пенопластовыми или другими рубашками толщиной 0,3-0,5 м и оконтуривают органной крепью или бутовой полосой шириной 3-5 м.

При остановке очистных работ на пологих в наклонных пластах на срок более месяца, а на крутонаклонных и крутого падения - не более 15 суток принимаются меры по дополнительной изоляции выработанного пространства.

Все отработанные участки должны быть изолированы в сроки, не превышающие времени инкубационного периода самовозгорания. Для этого еще до начала очистных работ в откаточных и вентиляционных штреках (ходках) или промежуточных квершлагах определяются места возведения изоляционных перемычек не ближе 5 м от мест пересечения выработок. На шахтах, опасных по метану, горные выработки изолируются взрывоустойчивыми перемычками. Для отбора проб воздуха и измерения температуры в перемычки закладывается металлическая труба диаметром 35-50 мм с заглушкой, а для подачи огнегасительных средств в случае пожара - труба диаметром 100-150 мм с фланцем и заглушкой.

## **18.6 Противопожарная защита шахты**

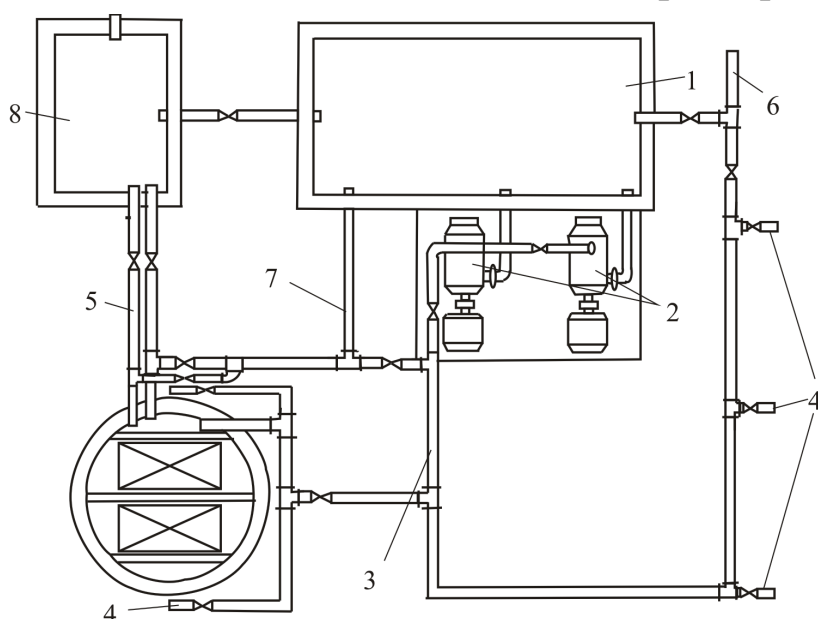
Противопожарная защита шахты включает защиту всех горных выработок и следующих объектов на поверхности: сооружений и устройств, обеспечивающих противопожарную защиту горных выработок (водоемы, насосные станции, склады пожарных материалов и т. п.); зданий и сооружений, пожары в которых могут угрожать горным выработкам или людям в шахте (надшахтные здания, вентиляторы главного проветривания и т. п.); зданий и сооружений, которым угрожает пожар, возникший в горных выработках (надшахтные здания, галереи, эстакады и т. п.).

Вода является одним из самых эффективных средств пожаротушения, что определяется ее малой стоимостью и высокими огнегасительными свойствами, поэтому в противопожарных мероприятиях водоснабжение занимает основное место.

Система пожарного водоснабжения шахты складывается из наружных сетей, расположенных на промплощадке, внутренних сетей в зданиях и сооружениях и сети пожарно-оросительного трубопровода в горных выработках.

Пожарное водоснабжение шахты может осуществляться как из хозяйственно-питьевого или технического водопровода, так и из шахтного водоотлива. Для резервных целей на промплощадках шахт устраивается постоянно наполненный водой утепленный пожарный резервуар, вместимость которого определяется из расчета подачи воды на подземное пожаротушение в течение 3-х часов, но не менее 250 м<sup>3</sup>. Питание резервуаров водой должно осуществляться не менее чем из двух независимых источников, дебет каждого из которых

должен быть равен половине расчетного часового расхода и составлять не менее  $0,011 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Около пожарных резервуаров устраиваются насосные станции, производительность пожарных насосов которых должна соответствовать расчетному расходу воды на подземное пожаротушение, но не менее  $0,022 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), а для шахт, эксплуатирующих ленточные конвейеры, не менее  $0,028 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). В качестве резерва пожарного запаса воды для подземного пожаротушения могут быть использованы водосборники водоотливных установок. На рисунке 18.3 показана схема пожарного водоснабжения для защиты зданий и сооружений и для подачи воды в подземный пожарно-оросительный водопровод.



Вода подается из водоема 1 при помощи насосов 2 по трубопроводу 3 к пожарным кранам 4, расположенным у ствола и у зданий и сооружений, и по водоотливным ставам 5 по стволу в шахту. Заполнение водоема производится из хозяйственно-питьевого водопровода или технического водо-

Рисунок 18.3 - Схема пожарного водоснабжения на поверхности шахты

провода 6, а также из водоотливного стова 7 через водоочистные сооружения 8.

От пожарных резервуаров к каждому стволу шахты и между зданиями и сооружениями прокладывается, в траншеях на глубине ниже отметки промерзания грунта, закольцованный водопровод, расчетным диаметром, но не менее 100 мм между зданиями и не менее 150 мм - к стволам. Длина тупиковых водопроводов к отдельно стоящим зданиям и сооружениям не должна превышать 200 м.

Забор воды из наружного пожарного водопровода производится через гидранты 1, на которые в случае пожара навинчиваются стендеры 2 для подсоединения выкидных или всасывающих рукавов (рис. 18.4).

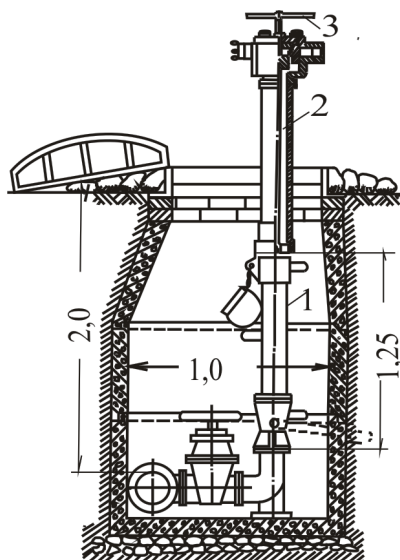


Рисунок 18.4 – Гидрант с навинчиваемым стендером

Поступление воды в стендер осуществляется через клапан гидранта, отжимаемого при вращении поворотного колеса 3 стендера. Гидранты располагаются вдоль дорог и проездов на расстоянии не более 100 м друг от друга, не менее 5 м от стен зданий и не более 2,5 м от проезжей части.

Расход воды в пожарном водопроводе на промплощадке рассчитывается по суммарному расходу воды на производственные нужды и на один пожар при площади территории до 150 га и на два пожара - более 150 га. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение принимается, но нормам для зданий, требующих наибольшего расхода воды и зависит от степени огнестойкости зданий, категории производства по пожарной опасности и объема зданий.

Параметры внутреннего пожарного водопровода в здании поверхностного комплекса, рассчитываются на подачу одной или двух струй с расходом 2,5 л/с каждая в зависимости от объема зданий. Внутренний пожарный водопровод не предусматривается в производственных зданиях I и II степени огнестойкости с производствами категории Г и Д независимо от их объема и в производственных зданиях III-V степеней огнестойкости объемом не более 5000 м<sup>3</sup> с производствами категории Г и Д, а также в складах негорючих материалов и веществ.

Наружные пожарные водопроводы подразделяются на водопроводы высокого и низкого давления. Напор в водопроводе низкого давления должен обеспечивать питание пожарных автонасосов и быть не менее 10 м. Напор у гидранта на водопроводе высокого давления определяется из выражения

$$H=T+32, \text{ м,}$$

где T - высота самого высокого здания на промплощадке, м.

Вентили и задвижки, подающие воду к разбрызгивающим установкам на подшивных площадках копров и в устьях стволов, должны располагаться вне помещений, в которых могут

распространиться продукта горения (дым, высокая температура) и предохранены от замерзания.

Разбрызгиватели установок для защиты подшивных площадок копров располагаются по периметру площадок, т. е. мест, где могут отлагаться смазочные материалы. При этом часть воды должна подаваться на канаты для их охлаждения. Система трубопроводов и органов управления должна быть сухотрубной.

Для противопожарной защиты стволов и приемных площадок в надшахтном здании устанавливается не менее трех пожарных кранов условным диаметром 70 мм.

В устьях всех вертикальных стволов и шурфов ниже уровня пожарных ляд оборудуется кольцевой трубопровод с оросителями (допускается сухотрубный) и задвижками вне надшахтного здания, обеспечивающий расход воды: при негорючей крепи ствола - не менее  $0,00055 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) на  $1 \text{ м}^2$  поперечного сечения; при горючей крепи ствола - не менее  $0,00166 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) на  $1 \text{ м}^2$  поперечного сечения.

Помещения башенных копров категории А, Б и В оборудуются внутренним пожарным трубопроводом, а наиболее пожароопасные помещения башенных копров (маслостанции, трансформаторные подстанции, распределительные устройства при наличии оборудования с масляным заполнением и др.) - установками автоматического пожаротушения.

Подача воды в шахту осуществляется не менее чем по двум самотечным трубопроводам - рабочему и резервному, для вновь строящихся (реконструируемых) шахт - проложенным по разным вертикальным или наклонным выработкам. В качестве резервных могут быть использованы водоотливные трубопроводы. Подача воды на каждый рабочий горизонт, вскрываемый более чем одной выработкой, осуществляется по двум проложенным в разных выработках трубопроводам, которые должны быть закольцованы между собой на рабочем горизонте. Один из вариантов подсоединения пожарно-оросительного трубопровода к водоотливному и хозяйственно-питьевому ставам на сопряжении ствола с околоствольными выработками показан на рисунке 18.5.

Рисунок 18.5 - Схема подсоединения пожарно-оросительного трубопровода на сопряжении ствола с околоствольными выработками

- 1 - ствол; 2 - околоствольный двор; 3 - водосборник; 4 - насосная камера; 5 - насос водоотлива; 6 - обратный клапан; 7 - задвижки на водопроводе высокого давления; 8 - гидроредукторы; 9 - задвижки на водопроводе низкого давления; 10 - пожарно-оросительный трубопровод; 11 - став хозяйственно-питьевого водопровода; 12 - водоотливный став; 13 - пожарный кран



ходкам при них (кроме наклонных выработок, по которым проложены магистральные трубопроводы), по откаточным (сборным), конвейерным, вентиляционным (бортовым) и ярусным (промежуточным) штрекам.

Параметры магистрального трубопровода, проложенного по стволу и выработкам околоствольного двора к квершлагу до точки разветвления трубопровода в главные выработки, по которым производится откатка угля с обоих крыльев шахты, рассчитываются по суммарному расходу воды, необходимой на устройство автоматической пожарной водяной завесы для преграждения распространения пожара, на непосредственное тушение пожара цельной струей из одного пожарного ствола с диаметром насадки 19 мм (расход воды на один ствол -  $0,0083 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и на половину расчетного расхода воды на технологические нужды шахты.

Параметры магистрального трубопровода, проложенного по коренным и групповым откаточным штрекам, уклонам и бремсбергам, рассчитываются только по суммарному расходу воды, необходимому на устройство пожарной водяной завесы, и на непосредственное тушение пожара цельной струей из одного пожарного ствола (без учета расхода воды на технологические нужды). При этом общий расход воды на пожаротушение, независимо от расчета, должен быть не менее  $0,022 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Параметры участкового пожарного трубопровода рассчитываются только по расходу воды, необходимому на устройство пожарных водяных завес, причем этот расход должен быть не менее  $0,014 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Для выработок, оборудованных ленточными конвейерами, параметры пожарно-оросительного трубопровода рассчитываются по суммарному расходу воды на непосредственное тушение пожара цельной струей из одного пожарного ствола с диаметром насадки 19 мм и устройство пожарной водяной завесы (общий расход воды на пожаротушение должен быть не менее  $0,028 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ )).

Необходимый расход воды на устройство водяной завесы в горных выработках, закрепленных негорючей или трудногорючей крепью, следует принимать  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ , закрепленных деревянной крепью - определяется с учетом поперечного сечения выработки и скорости вентиляционной струи:

Скорость движения воздуха, м/с	1	2	3	4
Расход воды на $1 \text{ м}^2$ поперечного сечения, $\text{м}^3/\text{с}$ ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )	0,0014 (5,0)	0,0015 (5,5)	0,0017 (6,3)	0,002 (7.1)

Давление в магистральном трубопроводе, расположенном в вертикальном стволе, может достигать 12-15 МПа ( $120-150 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ), трубопровода, проложенного по выработкам околоствольного двора, квершлагам, главным и групповым откаточным штрекам, уклонам и бремсбергам допускается до 3,0 МПа ( $30 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ) при условии его снижения в местах отбора, то есть пожарных кранах до нормируемого давления воды на подземное пожаротушение 0,6-1,5 МПа ( $6-15 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ). При глубинах разработки, приводящих к возникновению давлений свыше 1,5 МПа ( $15 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ), и отсутствии средств снижения давления в точках отбора воды, а при давлениях свыше 3,0 МПа ( $30 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ) в любом случае применяется схема



подачи воды с однократным, двухкратным и т. д. редуцированием давления.

По требуемому расходу определяют внутренние диаметры трубопроводов и расстояния между редуцируемыми узлами (устройствами). Независимо от расчета на пропускную способность диаметры магистральных трубопроводов принимаются не менее 150 мм, а диаметры участков трубопроводов и магистральных для шахт крутого падения (кроме вертикальных стволов) - не менее 100 мм.

Редуцирующий узел состоит из двух параллельных ветвей, каждая из которых состоит из входной задвижки, гидравлического редуктора (чаще всего применяется редуцирующий клапан гидравлический двухступенчатый РКГД) и выходного запорного вентиля, что позволяет производить ремонт каждого редуктора без отключения пожарно-оросительного трубопровода.

Пожарно-оросительный трубопровод оборудуется пожарными кранами с однотипными пожарными гайками с условным диаметром не менее 70 мм (гайки Богданова).

Пожарные краны размещают: в выработках с ленточными конвейерами - через 50 м и дополнительно по обе стороны приводной станции конвейера на расстоянии 10 м от нее; на расстоянии 10 м по обе стороны камер с горючими материалами; у каждого ходка в склад взрывчатых материалов по обе стороны на расстоянии 10 м. В указанных местах рядом с пожарными кранами устанавливаются специальные ящики, в которых хранятся ствол со спрыском диаметром 19 мм и пожарный рукав длиной 20 м.

Пожарные краны устанавливают также у пересечений и ответвлений подземных выработок; в горизонтальных выработках, не имеющих пересечений и ответвлений, - через 200 м; в наклонных выработках, не имеющих пересечений и ответвлений, - через 100 м; в околоствольных дворах, где нет камер, - через 100 м; с каждой стороны ствола (в том числе слепого) у сопряжения его с околоствольным двором (на приемной площадке); у погрузочных пунктов лав со стороны свежей струи воздуха и на вентиляционном (бортовом) штреке (ходке) не далее 20 м от выхода из очистной выработки; в тупиковых выработках проектной длиной 500 и более метров - через 50 м, при меньшей длине - через 100 м, а также в устье и на конце трубопровода, у забоя.

Установка пожарных кранов на подающих трубопроводах в вертикальных стволах не допускается.

Концы участковых пожарно-оросительных трубопроводов должны отстоять от забоев подготовительных и очистных выработок не более чем на 40 м, а пожарные краны в конце трубопровода и устье подготовительной выработки должны быть оснащены двумя рукавами длиной по 20 м и пожарным стволом.

На всех ответвлениях пожарно-оросительного трубопровода и через каждые 400 м устанавливаются задвижки типа «Лудло». Пожарно-оросительный трубопровод окрашивается для опознания в красный цвет или в виде полосы или колец по всей длине трубопровода.

Отключение отдельных участков пожарно-оросительного трубопровода осуществляется с письменного разрешения директора шахты, о чем ставится в известность горный диспетчер.

Расстановка и количество средств пожаротушения должны соответствовать требованиям таблицы 18.5.

Таблица 18.5 - Размещение средств пожаротушения

Места расположения	Ручные огнетушители, шт.		Количество песка или инертной пыли, м <sup>3</sup>	Число лопат, шт
	Порошковые с объемом корпуса 10 л	Пенные		
1	2	3	4	5
Надшахтные здания и башенные копры на каждом этаже (площадке)	5	2	-	-
Околоствольный двор - у сопряжения ствола с выработками горизонта	5	2	-	-
Верхние и нижние площадки наклонных стволов, шурфов, уклонов и бремсбергов, а также их сопряжения с ярусными и этажными откаточными штреками	1	1	-	-
Центральные электроподстанции и зарядные камеры	4	-	0,2	1
Электровозные гаражи	5	2	0,2	1
Камеры подземных ремонтных мастерских	2	2	0,2	1
Подземные инструментальные камеры и здравпункты	1	1	-	-
Камеры подземных стационарных холодильных установок	5	2	0,4	2
Участковые трансформаторные камеры, электrorаспределительные пункты, камеры водоотлива	4	-	0,2	1
Склады ВМ	2	2	-	-

Продолжение таблицы 18.5

1	2	3	4	5
Лебедочные камеры	5	2	0,2	1
Силовые стационарные маслоагрегаты, расположенные в специальных камерах	5	2	0,2	1
Электромеханизмы, находящиеся вне камер	2	-	-	-
Оборудование с гидромуфтами, работающими на масле	2	1	0,3	1
Выработки, оборудованные ленточными конвейерами:				
приводные и натяжные секции	1	1	-	-
распределительные пункты по длине конвейера через каждые 100 м	2	1	0,2	1
Сопряжения вентиляционных штреков (ходков) с лавами	1	1	-	-
Погрузочные пункты лав - на расстоянии 3-5 м со стороны поступления свежей струи воздуха	1	1		
Забои подготовительных выработок – не далее 20 м от места работы	1	1		
Выработки с горючей крепью – через 300 м	1	1	-	-
Тупиковые выработки - через 50 м	2	-	-	-
Передвижные электроподстанции	2	-	0,2	1
Дегазационные камеры	1	1	-	-
Выемочные комбайны в очистных забоях на шахтах III категории и выше	1	-	-	-
Проходческие комбайны, породопогрузочные машины	2	-	1	-

Примечание. Передвижные маслостанции, не работающие на негорючей эмульсии и расположенные вне камер, укомплектовываются двумя порошковыми, двумя пенными ручными огнетушителями и одним передвижным пенным или порошковым огнетушителем.

Средства пожаротушения располагаются вблизи рабочих мест со стороны поступающей струи, а в камерах без обслуживающего персонала снаружи камеры и должны храниться в специальных ящиках (емкостях) с соответствующими надписями «Огнетушители», «Песок», «Пыль для тушения пожара» и др. Огнетушители, ящики с песком, ручки пожарного инструмента должны быть окрашены в красный сигнальный цвет или иметь красную полосу.

Для локализации пожара, а для отдельных позиций плана ликвидации аварий также для возможности применения предусмотренного аварийного вентиляционного режима, устанавливаются из негорючих материалов пожарные двери или ляды, нормальное положение которых открытое. Пожарные двери (ляды) должны закрываться усилиями одного человека или автоматически,

плотно перекрывать сечение выработки и иметь запоры, открывающиеся с обеих сторон.

Устья шурфов и капитальных скатов, по которым подается свежий воздух, а также всех вертикальных стволов (кроме стволов, оборудованных многоканатными подъемными установками), калориферные каналы оборудуются пожарными лядами, а устья наклонных стволов штолен - пожарными дверями. Вблизи стволов, шурфов, штолен и других выработок, подающих с поверхности свежий воздух, устанавливаются сдвоенные пожарные двери.

В верхних и нижних частях капитальных уклонов, бремсбергов и ходков сооружаются пожарные арки с врубом по всему периметру выработки с встроенными в них пожарными дверями или лядами. Пожарные двери устанавливаются в начале и конце выработок, оборудованных ленточными конвейерами, независимо от их угла наклона.

Подземные камеры оборудуются пожарными дверями с запорным устройством на каждом выходе и металлическими лядами в вентиляционных окнах.

В камерах приводов лебедок и других канатных транспортных средств, ленточных конвейеров, опрокидывателей и толкателей, а также в камерах, где не хранят и не используют в технологии горючие материалы (здравпункты, камеры ожидания, диспетчерские пункты и др.), пожарные двери не устанавливаются.

Помимо профилактических мероприятий по предупреждению самовозгорания углей на выемочном участке предусматриваются мероприятия по оперативной ликвидации возможных очагов самовозгорания.

Участки с повышенной эндогенной пожарной опасностью подготавливают к подавлению очагов самонагревания в выработанном пространстве инертной пеной. Для чего оборудуют передвижные установки для приготовления пены, по участковым выработкам прокладывается трубопровод диаметром не менее 100 мм, а в зонах с повышенной пожарной опасностью (геологические нарушения, целики угля, места обрушения кровли и др.) закладываются в выработанное пространство отрезки труб диаметром не менее 70 мм и длиной не менее 4 м с перфорированным концевым участком.

Для подавления возможных локальных очагов самовозгорания угля изготавливается комплект пожарных пик - инъекторов,

представляющих собой отрезки трубы диаметром 55 мм и длиной 2,2 м, один конец которой заострен и имеет перфорацию, а другой заглушен и имеет патрубок с соединительной головкой.

Предусматриваются также мероприятия, включающие возможность снижения действующих депрессий на участке, возведение в выработках дополнительных изоляционных сооружений (перемычек, полос, рубашек, коньков и др.), заиливание, закладку, инертизацию выработанного пространства и др.

Шахтный склад аварийного оборудования и материалов располагается на промплощадке, связан рельсовыми путями со стволами шахты и укомплектовывается предусмотренным необходимым количеством материалов и оснащения.

## **18.7 Способы и средства тушения пожаров**

Все способы и тактические приемы тушения пожаров сводятся к прекращению доступа кислорода к горящим материалам и снижению их температуры, а при подземном пожаре - еще и к снижению температуры окружающих пород до пределов, исключающих повторное возгорание.

Активные способы заключаются в непосредственном воздействии на очаг пожара огнегасительными веществами как непосредственно в месте его образования, так и при выемке горящих масс из очага пожара. Непосредственное воздействие на очаг пожара осуществляется со стороны поступающей струи воздуха прямым или дистанционным (с безопасного расстояния) воздействием. Активные способы обычно применяют в начальный период развития пожара, а также во всех случаях, когда очаг доступен для непосредственного тушения и для этого имеются в достаточном количестве силы и средства пожаротушения.

Способ изоляции заключается в прекращении притока свежего воздуха к очагу пожара путем возведения в горных выработках изоляционных перемычек, рубашек, покрытий и др. К изоляции прибегают в случаях, когда очаг пожара находится в месте, не доступном для непосредственного воздействия на него огнегасительными веществами, а также в тех случаях, когда при бурно развивающемся пожаре на месте нет достаточных сил и средств для непосредственного воздействия на очаг. Изоляция как способ тушения пожара является крайней мерой, так как в условиях

нарушенных горных пород и высокой газопроницаемости изоляционных сооружений практически нельзя достичь полной герметизации участка, сроки остывания горного массива делятся от нескольких месяцев до нескольких лет, на газовых шахтах изоляция пожара небезопасна, вследствие возможности взрыва метана и пожарных газов. Поэтому изоляция пожара, как правило, является предварительным этапом комбинированных способов тушения пожара, когда степень герметизации изолированного пространства играет меньшую роль, чем только при изоляции.

Комбинированные способы заключаются в сочетании предварительной изоляции очага пожара с последующим тушением его активным способом. Эти способы применяются в тех случаях, когда пожар распространился на большой площади, подступы к нему затруднены из-за высокой температуры и на месте отсутствует достаточное количество огнегасительных средств. Для прекращения развития пожара возводят на доступном от очага расстоянии парные временные изоляционные перемычки с открывающимися проемами либо закрывают пожарные двери. После частичного затухания пожара, последовательно путем шлюзования через проемы парных перемычек возводят новые перемычки, уменьшая объем изолированных выработок, и ведут тушение пожара по частям подготовленными к этому времени огнегасительными средствами.

К комбинированным способам также следует отнести заполнение изолированного пожарного участка инертными газами или путем заиливания и др.

Тушение пожаров затоплением водой является крайней мерой и оправдано при малых объемах затопления, возведения небольшого числа водоупорных перемычек, отсутствия угрозы потери оборудования и др.

Огнегасительные вещества, используемые в настоящее время для тушения пожаров на угольных шахтах, по фазовому состоянию разделяются на жидкости (вода, заиловочная пульпа); сыпучие вещества (химически активные - огнегасительные порошки и инертные - песок и инертная пыль); пены (химические, воздухомеханические, инертные газомеханические); инертные газы и аэрозоли (диоксид углерода, азот, парогазовая смесь и др.).

Соответственно технические средства пожаротушения разделяются на средства водяного, порошкового, пенного, инертизации среды и комбинированного тушения.

По назначению и конструктивному исполнению средства пожаротушения разделяются на огнетушители (ручные, ранцевые, возимые, передвижные), группу мобильных установок и средств (передвижные установки, переносные пеногенераторы и др.) и группу автоматизированных установок и систем пожаротушения.

Кроме деления указанных средств пожаротушения по классам тушения пожаров в их классификации следует также различать средства первичного пожаротушения, средства предназначенные для тушения развитых пожаров и по их характеру воздействия на очаг пожара (непосредственное, дистанционное, дистанционного объемного тушения), а также длительности действия огнетушащего заряда, массе, габаритам и др.

Следует также различать средства пожаротушения эксплуатируемые шахтой и находящиеся только на оснащении ГВГСС.

Вода, обладая высокими огнегасительными свойствами и возможностью воздействия на очаг пожара в виде компактной струи, распыленном состоянии, в составе парогазовой смеси и из-за других преимуществ получила самое широкое распространение в средствах водяного пожаротушения.

Огнегасительные свойства воды заключаются в следующем: за счет напора водяной струи механически сбивается пламя с горящих предметов; высокая теплоемкость воды позволяет охлаждать горящую поверхность ниже температуры, необходимой для поддержания горения; смачивая смежные с горячей поверхностью участки и предметы, вода предотвращает распространение горения; образующийся водяной пар уменьшает содержание кислорода в зоне горения.

Водой нельзя тушить электрооборудование, находящееся под напряжением, вещества взаимодействующие с водой (карбид, щелочные металлы и др.), неэффективно тушение горящих легко воспламеняющихся жидкостей и горящего метана. При тушении сильно развитых пожаров не с периферийных участков с относительно низкими значениями температуры, а с эпицентра горения возникает опасность взрыва, так как при температуре 1000-1200 °С молекулы воды разлагаются на атомарный водород и кислород с образованием взрывоопасной перекиси водорода  $H_2O_2$ .

Пожаротушащий эффект огнегасительных порошков обеспечивается за счет изоляции твердых горящих поверхностей и

жидкостей от доступа кислорода вследствие образования вязкой полимерной пленки на границе раздела фаз; прекращения цепных реакций горения из-за ингибирующего влияния на активные центры пламени; охлаждения зоны горения из-за затрат теплоты на нагревание частиц порошка, их плавление, частичное испарение и химическое разложение. В средствах пожаротушения применяют порошки ПСБ, П-1А (размер частиц 80-90 мк), тонкодисперсный порошок П-2АП (размер частиц 40-50 мк) и субтонкодисперсный порошок П-2АП (размер частиц 5-10 мк). Средства порошкового тушения применяются при горении деревянной крепи, конвейерной ленты, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, угля, метана и электрооборудования, находящегося под напряжением. Ограничением применения средств порошкового тушения является недостаточная эффективность тушения твердых материалов, в частности, конвейерных лент, находящихся в стадии тления.

Пены по способу образования и составу газовой фазы разделяются на воздушно-механические и инертные химические, азотно-механические и др. Пены характеризуются показателями кратности и устойчивости. Кратность пены представляет собой количество объемов пены, образующейся из единицы объема раствора пенообразователя. Различают пену низкой (50), средней (50-300) и высокой (300-1000) кратности. Устойчивость пены для целей пожаротушения обычно не превышает 2 ч и зависит от содержания пенообразователя, температуры стенок выработки, жесткости воды, скорости воздуха и др. Пена блокирует доступ воздуха и оказывает охлаждающий эффект на горящие материалы и стенки горных выработок. В отличие от воды пеной эффективно можно тушить легко воспламеняющиеся жидкости. Ввиду высокой проникающей способности пена может подаваться в труднодоступные места. По характеру воздействия пену можно отнести к пожаротушащим веществам дистанционного объемного тушения. Из-за электропроводности пены запрещается ее применение для тушения горящего электрооборудования под напряжением.

Химические пены образуются при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии пенообразователя. Химическая пена состоит из множества мелких пузырьков, заполненных инертным углекислым газом, и имеет следующий состав: 80% -  $\text{CO}_2$ , 19% -  $\text{H}_2\text{O}$ , 0,3% - пенообразующее вещество.



Образование воздушно-механической пены осуществляется в пеногенераторе путем продувки через сетку воздуха (сжатого, с помощью вентилятора или за счет эжекции) и мелко распыленного раствора пенообразователя ПО-1. Размер пузырьков (дисперсность пены) зависит от размеров ячеек сетки, числа сеток и скорости воздуха. Недостатком воздушно-механической пены является то, что пузырьки пены являются носителями кислорода поддерживающего горение. Поэтому для ускорения тушения труднодоступных очагов горения применяют газо-механическую инертную пену, получаемую при использовании газообразного или жидкого азота с помощью распылителя специальных устройств.

Инертные газы и аэрозоли, к числу которых относятся углекислый газ, азот, парогазовая смесь и др., попадая в зону горения, снижают концентрацию кислорода. При тушении подземных пожаров инертизация среды выработок позволяет решить две задачи: предотвратить образование взрывоопасных концентраций метановоздушной смеси и снизить активность горения вплоть до его прекращения. Опасность взрыва устраняется при снижении объемной доли кислорода в воздухе до 10%, пламенное горение прекращается при 8%, а тление - при 2% кислорода. Критерием инертизации среды является достижение требуемой безопасной доли кислорода

$$C_{ин} Q_{ин} + 21Q_a \leq C_{тр} Q_{min};$$

$$Q_{ин} + Q_a \geq Q_{min},$$

где  $C_{ин}$  - объемная доля кислорода в подаваемом инертном газе или аэрозоле, %;  $C_{тр}$  -требуемая доля кислорода в инертизируемой среде, %;  $Q_{ин}$  - расход подаваемого инертного газа или аэрозоля, м<sup>3</sup>/мин;  $Q_a$  - количество свежего атмосферного воздуха, проходящего по инертизируемой выработке, м<sup>3</sup>/мин (складывается из утечек воздуха через неплотности в изолируемых перемычках и через вентиляционные проемы в них);  $Q_{min}$  - минимально допустимое количество смеси (воздуха и газа или аэрозоля) из условия образования недопустимых концентраций метана, м<sup>3</sup>/мин.

Инертизация может быть объемной и локальной. При объемной инертизации воздух всех выработок аварийного участка замещается инертным газом. При локальной - инертный газ подается непосредственно в зону горения без изменения состояния проветривания аварийного участка.

По результатам исследований Булгакова Ю.Ф. при комбинированном применении огнегасительных веществ определенного состава в смеси или при их отдельном воздействии на очаг горения достигается значительно более высокая эффективность тушения пожара, а для отдельных сочетаний веществ расширяется область применения по классам пожаров созданных на их основе средств пожаротушения. В созданных средствах пожаротушения комбинированного действия применяют аэрозольно-порошковые и аэрозольно-пенные составы и отдельную подачу к очагу пожара порошка и воздушно-механической пены. Инертный аэрозоль является продуктом сгорания газогенерирующего заряда и в качестве огнегасительного вещества в аэрозольно-порошковых средствах выполняет также функцию энергоносителя порошка, а в аэрозольно-пенных - образователя и энергоносителя пены. В порошково-пенных средствах пожаротушения энергоносителем и образователем пены является сжатый воздух.

Средства тушения пожаров водой, прежде всего, относятся к первичным средствам пожаротушения. Для подключения средств водяного пожаротушения к пожарным кранам на пожарно-оросительном трубопроводе применяют пожарные напорные рукава и рукавные переходы с пожарными гайками Богданова (рис.18.6).

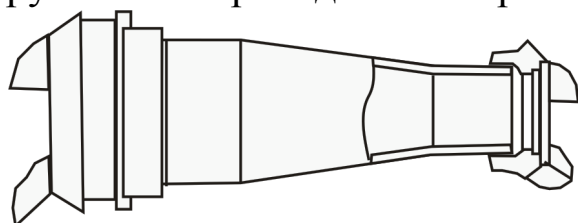


Рисунок 18.6 - Переход с пожарными гайками Богданова

В практике пожаротушения применяются прорезиненные, льняные нормальные и льняные усиленные пожарные рукава диаметром 51, 66 и 77 мм стандартной длиной 20 м. Пожарные рукава рассчитаны на рабочее гидравлическое давление до 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>), что и определяет требование к верхнему значению нормируемого давления на выходе из пожарного крана - 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>)<sup>6</sup>.

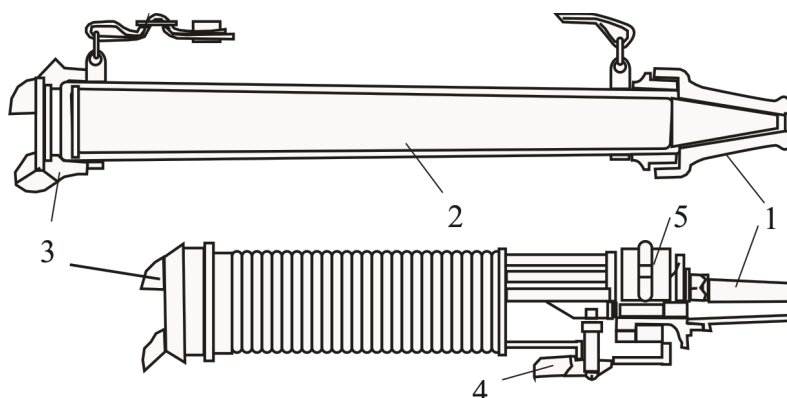
Для формирования компактной, конусной или распыленной струи воды, дистанционно подаваемой на очаг пожара, служат различные по конструкции и назначению (простые и комбинированные) пожарные стволы РС-560, РС-70, РСА, РСК-50 (рис. 18.7).

306 \_\_\_\_\_

<sup>6</sup> Пожарные напорные рукава применяются также для подачи инертного газа и пенообразующего раствора к очагу пожара, а также гипсового раствора при дистанционном возведении перемишки.

Рисунок 18.7 - Пожарные стволы (брандспойты)

1 - спрыск (насадок); 2 - корпус; 3 - пожарная полугайка Богданова; 4 - рукоятка для перекрытия компактной струи; 5 - гайка



Тип ствола определяется условным проходом выходного отверстия (50 и 70 мм), видом выходящей струи, расходом воды и ее давлением у ствола.

Для подачи воды и огнетушащего раствора в труднодоступные места (за крепью, за завалом, перемычкой и т. п.) предназначены пожарные пики - водоструйная и универсальная ПП-2. В комплект водоструйной пики входят концевая, хвостовая и промежуточные секции, изготовленные из труб диаметром 50-66 мм. Длина секции 1000-15000 мм, расход воды при давлении 0,15 МПа - 15-20 м<sup>3</sup>/ч.

Для создания водяных завес на пути распространения пожарных газов, а также для дистанционного тушения пожара в наклонных и вертикальных выработках применяется водоразбрызгиватель ВВР-1, обеспечивающий разлет капель размером около 100 мк в радиусе до 7 м (рис. 18.8).

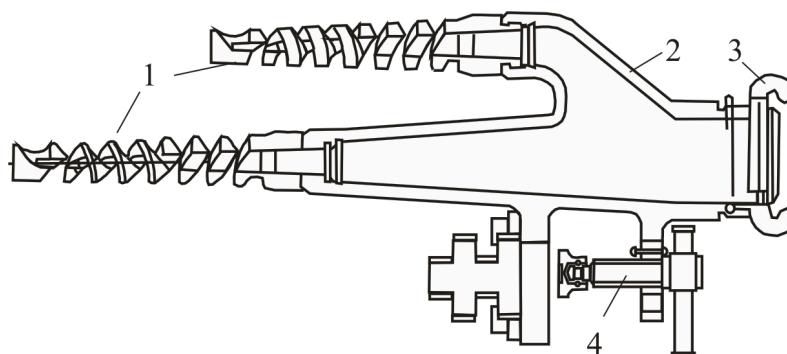


Рисунок 18.8 - Водоразбрызгиватель ВВР-1  
1 - винтовые насадки; 2 - корпус; 3 - пожарная гайка; 4 - струбцины для крепления к канату или борту вагонетки

В выработках большого сечения и при быстром распространении пожара для создания водяной завесы устанавливаются несколько ВВР-1 на расстоянии 3-5 м друг от друга. Крепление водоразбрызгивателя осуществляется с помощью струбцины. Тушение пожара в наклонных и вертикальных выработках может быть достигнуто при маневрировании подъемного сосуда или вагонетки с закрепленным на них водоразбрызгивателем. С целью обеспечения нормальной работы водоразбрызгивателя ВВР-1 связано

требование к нижнему значению нормируемого давления на выходе из пожарного крана - 6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

Для создания водяных завес в вентиляционных штреках на расстоянии от лавы не более 100 м может устанавливаться автоматическая установка УВЗ-2, создающая сплошную завесу распыленной воды на протяжении 6-7 м выработки и срабатывающая от разрушения теплового замка датчика при температуре выше 47 °С (рис. 18.9).

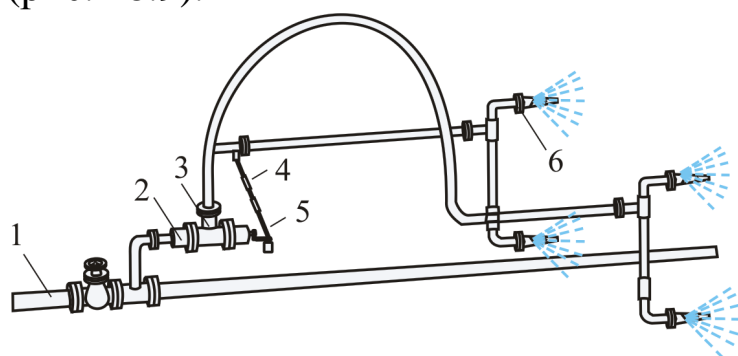


Рисунок 18.9 – Автоматическая установка для создания водяной завесы УВЗ-2  
1 – пожарно-оросительный трубопровод; 2 – фильтр для очистки воды; 3 – автоматический клапан; 4 – тепловой замок; 5 – датчик; 6 – полидефлекторные разбрызгиватели (устанавливаются вдоль стенок выработки)

В выработках, оборудованных ленточными конвейерами, у всех приводных станций обязательно должны быть смонтированы стационарные автоматические установки водяного пожаротушения УВПК или УВПК-Б (рис. 18.10), срабатывающие в зависимости от типа теплового датчика при температуре 47 или 72 °С. Протяженность защищаемой зоны установками соответственно не менее 18 и 20 м.

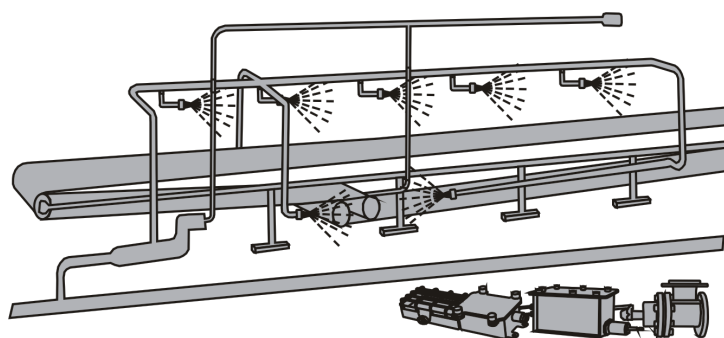


Рисунок 18.10 - Автоматическая установки водяного пожаротушения типа УВПК

Для локализации и тушения пожара на всем протяжении конвейерных выработок применяются автоматические установки УВПС или УВПС-1 (рис. 18.11).

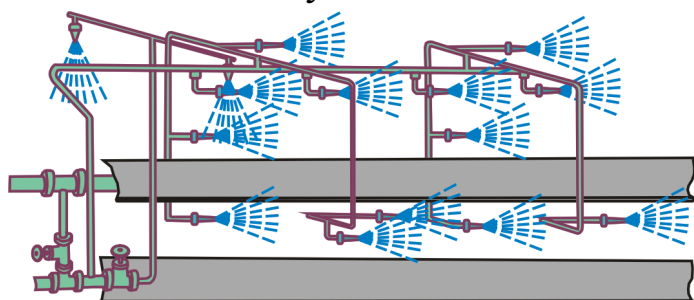


Рисунок 18.11 - Автоматическая установка водяного пожаротушения типа УВПС  
Установки УВПС образуют водяную завесу, защищающую выработки сечением до 12,7 м<sup>2</sup> и

формирует зону орошения длиной 9,5 м. Температура срабатывания установок 42 или 72 °С. С помощью установок УВПС реализуется метод секционирования конвейерных выработок водяными завесами. Метод секционирования заключается в определении расчетным путем такой длины конвейерной выработки, называемой противопожарной секцией, при которой поток нагретого газа, создаваемый очагом пожара на приводной станции или на линейной части, проходящей через водяную завесу, формируемую включившейся в работу установкой УВПК на приводной станции конвейера или установкой секционирования УВПС на линейной части, охлаждается до безопасной температуры меньше 250 °С. Дальнейшее охлаждение потока происходит за счет поглощения тепла окружающими породами выработки до температуры 42 или 72 °С, при которой пусковая система установки секционирования уже не срабатывает. Таким образом, производится блокирование установки секционирования УВПС от одновременного включения с установкой УВПК или предшествующей установкой секционирования УВПС, так как одновременная работа обеих установок из-за ограниченной подачи воды из шахтного пожарно-оросительного трубопровода может привести к неэффективности тушения и локализации пожара в секции.

В практике ликвидации аварий неоднократно имело место отсутствие воды или недостаточный ее напор в пожарно-оросительном трубопроводе. Для своевременного тушения пожаров на приводных станциях ленточных конвейеров и других объектах выпускается автоматическая пожаротушащая установка с автономным источником воды АПУ-500 (рис. 18.12). Установка имеет два бака с суммарным объемом воды 500 дм<sup>3</sup> и длину зоны защиты не менее 10 м.

Температура срабатывания 42 или 72 °С

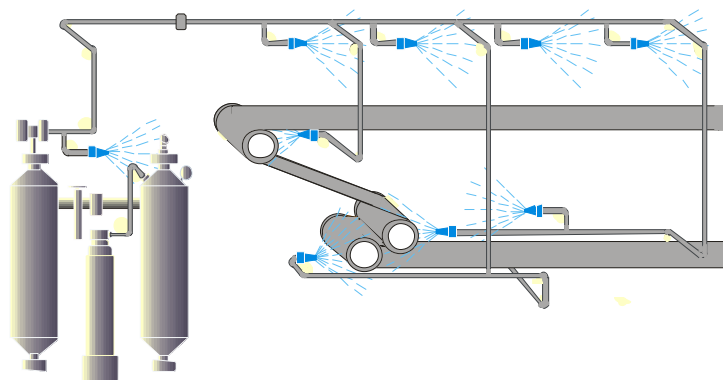
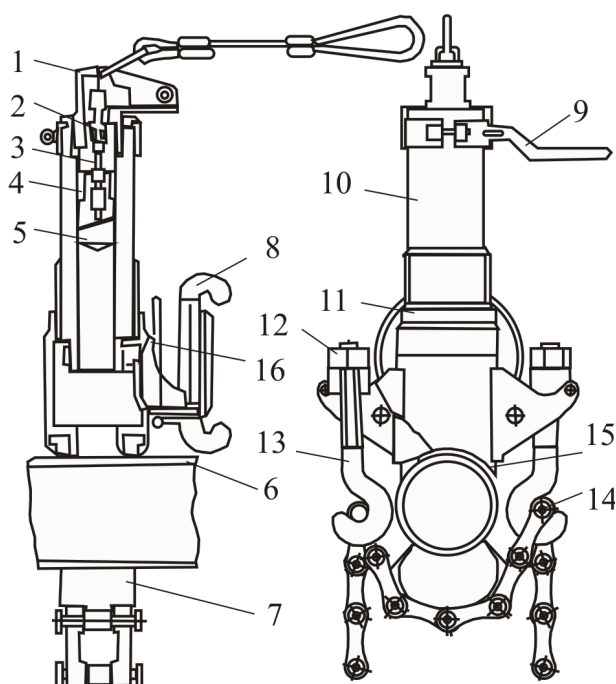


Рисунок 18.12 - Автономная автоматическая установка водяного пожаротушения АПУ-500

Пожарные извещатели автоматических установок пожаротушения размещаются в местах наиболее вероятного

загорания. Один пожарный извещатель обеспечивает эффективный контроль в пределах до 12-15 м<sup>2</sup>.

При ликвидации пожаров нередко возникает необходимость оперативно подключиться в любом месте пожарно-оросительного трубопровода, в том числе находящимся под давлением. Для этой цели предназначены гидранты-пистолеты ГП-2, ГП-3 и ГПП, позволяющие пробивать отверстия диаметром 25 мм в трубах с толщиной стенки 10 мм и более (рис. 18.13).



Гидранты-пистолеты разрешается применять в выработках со свежей и исходящей струей при доле метана не более 1% в связи с тем, что пробивание отверстия в трубе происходит за счет энергии взрыва заряда пороха.

Рисунок 18.13 - Гидрант пистолет портативный ГПП-1

- 1 - казенник; 2 - боек; 3 - капсуль; 4 - донце;
- 5 - пробойник; 6 - трубопровод; 7 - подкладка; 8 - соединительная головка; 9 - ручка; 10 - ствол; 11 - корпус; 12 - гайка; 13 - крючок; 14 - цепь; 15 - прокладка; 16 - фиксатор

К первичным средствам пожаротушения относятся также огнетушители, позволяющие оперативно тушить очаги пожара в течение 20-30 мин с момента их возникновения (табл. 18.6).

Огнетушители классифицируют по виду огнетушащего состава (порошковые, пенные, воздушно-пенные, химические пенные, комбинированные), массе состава и определяемым этим вид переноски и перемещения (5-10 кг - ручные, 6-16 кг - ранцевые и 40-100 кг - возимые) и виду энергоносителя (газы, образующиеся в результате химической реакции; сжатый воздух, содержащийся в специальном баллончике под давлением 15-20 МПа; газ, обычно диоксид углерода, заключенный в аналогичный баллончик; газогенерирующие устройства, содержащие заряд определенного химического состава).

Пенные и химические пенные огнетушители в основном предназначены для тушения загораний твердых материалов

Таблица 18.6 - Основные характеристики переносных и возимых огнетушителей

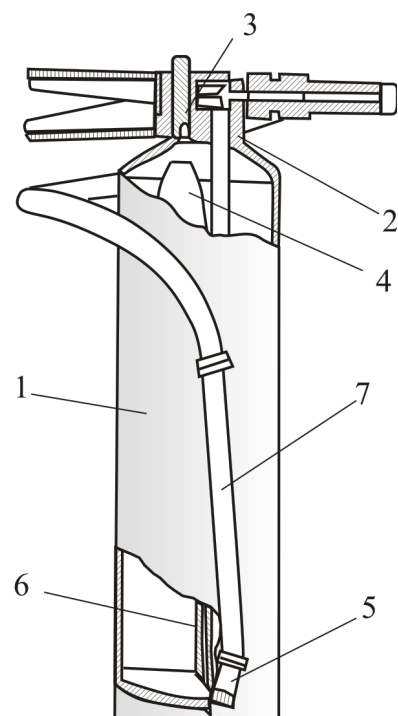
Тип (марка) огнетушителя	Огнетушащая способность (площадь, м <sup>2</sup> )	Вид огнетушащего вещества (состава)	Масса огнетушителя (заряда), кг	Дальность струи, м	Рабочий газ	Время работы, с	Габариты, Мм
ОП-10Ф	4,52	Порошок П-2АП	14,0 (8,0)	7,0	Воздух	15	Высота 610
ОПШ-10г	4,52	То же	14,0 (8,0)	7,0	Газ	15	Высота 610
ОПШ-100	15,0	-"	172,0 (80)	12,0	Воздух	45-60	620x700x1060
ОППР	2,8	Порошок П-2АП, 6%-й раствор ПАВ	12,0(4,0/2,2)	Порошка 4,5, Пены 4,0	То же	Порошком 15; пеной 12	430x390x165
ОПП-50	11,84	То же	75,0(21/22)	Порошка 10; Пены 6,0	-"	Порошком 30; пеной 80	800x600x800
ОВП-10	1,73	Порошок П-2АП, 6%-й раствор ПАВ	15,5 (9,0)	3,0	СО <sub>2</sub>	45	Высота 700
ОВП-50	4,52	-"	80,0 (48,0)	4,0	-"	60	1100x450x480
ОВП-100	7,32	-"	148,0(95,0)	5,0	-"	90	1170x630x630
ОП-10	7,32	Порошок ПСБ-3	15,5 (8,0)	5,0	-"	20	Высота 700
ОП-50	7,32	То же	80,0 (50,0)	8,0	-"	25	1100x450x480
ОП-100	11,84	-"	160,0 (100)	6,5	СО <sub>2</sub>	45-60	1170x630x800
ОУ-5	1,07	СО <sub>2</sub>	25,0	3,0	-"	20	Высота 1050
ОУ-10	0,41	-"	13,0	4,5	-"	15	Высота 540
ОВП-10.02	1,7	6%-й раствор ПАВ	15,0 (10,0)	6,0	-"	45	Высота 700

органического происхождения, горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ. Их нельзя применять для тушения электрооборудования под напряжением. В шахтных условиях они применяются для тушения деревянных элементов крепи, горюче-смазочных материалов, конвейерных лент, горящего угля.

В качестве огнегасительного заряда в конструкциях пенных огнетушителей обычно используют 6-процентные водные растворы пенообразователи типа ПО-1А, ПО-1Д, ПО-6К и др. Химические пенные огнетушители заправляют трехкомпонентными зарядами, ворганического происхождения, горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ.

Ввиду высокой коррозионной активности заряда химических пенных огнетушителей, а также повышенной влажности и химической агрессивности шахтной среды срок службы корпусов указанных огнетушителей, как правило, не превышает 2,5-3 лет. Кроме того, химические пенные огнетушители имеют и другие недостатки: низкую огнетушащую способность и отсутствие возможности прерывистой подачи пены, что существенно снижает возможности их применения.

Порошковые огнетушители ручные ОПШ-10, ОП-10Ф, ОПШ-10Г, ОП-10 и передвижные ОПШ-100, ОП-50, ОПП-100 предназначены для тушения загораний твердых веществ органического происхождения, горючих жидкостей, газов и электрооборудования, находящегося под напряжением свыше 1140 В.



К недостаткам шахтных порошковых огнетушителей следует отнести недостаточную огнетушащую способность при тушении горящего угля и резиновых конвейерных лент ввиду низкой теплоемкости порошковых огнетушащих составов.

Конструкции ручных огнетушителей унифицированы (рис. 18.14) и включают цилиндрический сосуд 1 вместимостью 10 л для огнетушащего

Рисунок 18.14 - Ручной порошковый огнетушитель ОПШ-10

порошка, запорное устройство 2, ударно-спусковое устройство 3 для



надежного вскрытия баллона со сжатым воздухом 4 или запуска газогенерирующего устройства, эластичную мембрану - рыхлитель порошка 5, сифон 6 для выдачи порошка из сосуда и гибкий рукав с распылителем 7.

Выброс огнетушащего состава в огнетушителе ОПШ-10 осуществляется под давлением сжатого воздуха. В огнетушителе ОПШ-10Г в качестве побудителя расхода используется газогенерирующий заряд, при сгорании которого образуется рабочий газ. Помимо непосредственного воздействия на очаг пожара ручные порошковые огнетушители при определенных условиях и достаточном суммарном количестве в них огнегасительного порошка могут быть использованы для дистанционного объемного тушения пожара. Для этого порошок из огнетушителей выпускается в верхнюю часть выработки в направлении движения воздуха обычно в два приема с интервалом 10-15 с. Объемная огнетушащая концентрация порошка в среднем равна  $0,1 \text{ кг/м}^3$ , поэтому для ее обеспечения должно применяться одновременно несколько огнетушителей. Их число зависит от сечения выработки и скорости воздуха и в основном для первой очереди не превышает 15, для второй - 10 огнетушителей.

Газовые ручные огнетушители типа ОУ-5 и ОУ-10 на основе диоксида углерода предназначены для тушения загораний твердых материалов органического происхождения, горючих жидкостей, газов и электрооборудования, однако ввиду крайне низкой огнетушащей эффективности и относительно большой массы в угольных шахтах практически не применяются.

В передвижном огнетушителе порошковым шахтном ОПШ-100 (рис. 18.15) всучивание и выброс порошка из емкости осуществляется сжатым воздухом в напорный рукав, конце которого имеется пистолет, управляемый вручную.

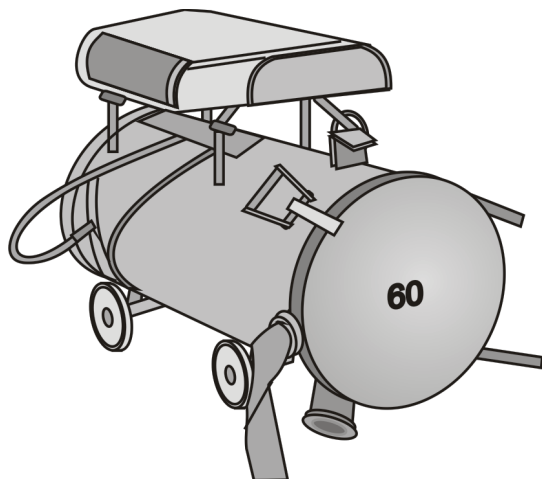


Рисунок 18.15 – Огнетушитель порошковый шахтный ОПШ-100

Для комбинированного тушения пожаров классов А, Б, С и электрооборудования под напряжением до 1140 В предназначены порошково-пенные огнетушители

ранцевый ОППР и возимый ОПП-50. Огнетушитель ОПП-50 состоит из двух 25-литровых сосудов для огнетушащего порошка и раствора пенообразователя, двух баллонов вместимостью по 2 л со сжатым воздухом, редуктора, двух рукавов для подачи огнетушащих веществ к сдвоенному пистолету. Принцип работы ранцевого огнетушителя ОППР аналогичен огнетушителю ОПП-50: сжатый газ из баллона высокого давления поступает в сосуд с порошком и раствором пенообразователя, затем по гибким рукавам к пистолету-пеногенератору и порошковому пистолету, обеспечивающим как непрерывную, так и прерывистую работу огнетушителя.

Для тушения развитых пожаров применяют различного рода мобильные установки (табл. 18.7).

Порошковые установки УП-250, УП-500 и УПШ-1000 (рис. 18.16) предназначены для тушения пожаров в ранней стадии развития в выработках с рельсовой колеей шириной 600 или 900 мм. Установки классифицируются по массе заряда соответственно 250, 500 и 1000 кг и времени непрерывного действия 60, 120 и 180 с. Вспучивание и выброс порошка из емкости осуществляются сжатым воздухом по напорному рукаву порциями через ручной пистолет. Установки обеспечивают тушение крепи горячей горной выработки на площади соответственно 150, 250 и 400 м<sup>2</sup> или 5, 25 и 40 погонных метров выработки сечением до 10 м<sup>2</sup> и могут также использоваться для объемного дистанционного тушения пожара с созданием облака из порошка с концентрацией 70-150 г/м<sup>3</sup> в проходящем воздухе.

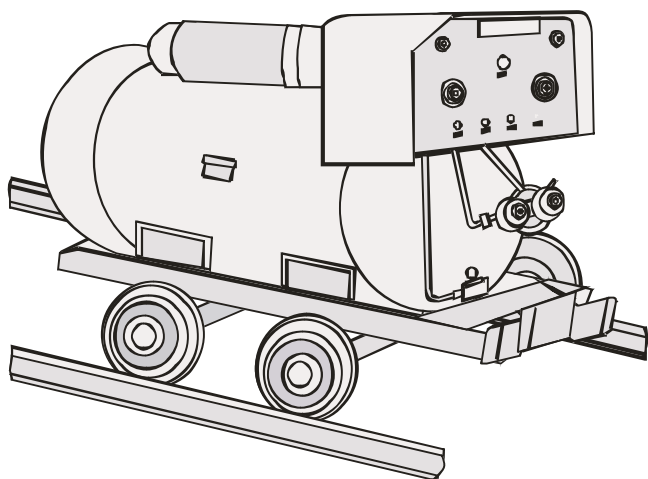


Рисунок 18.16 - Установка порошкового пожаротушения шахтная УПШ-1000

Установка «Вихрь» обеспечивает подачу в поток воздуха не менее 2,5 кг/с порошка, а по вентиляционным трубам диаметром 500-600 мм - 1,0-1,2 кг/с. Дальность подачи

определяется площадью сечения выработки и скоростью струи воздуха. Так при площади сечения 6 м<sup>2</sup> и скорости воздуха 1,5 м/с порошок П-2АП можно подать на расстояние 28 м, при 2 м/с на 33 м, а при 8 м<sup>2</sup> соответственно на 17,5 и 24 м. В выработках с площадью сечения более 8 м<sup>2</sup> применяют две установки.

Таблица 18.7 - Основные технические параметры шахтных мобильных средств активного тушения пожара

Параметры, размерность	Тип установки								
	УП-250	УП-500	УПШ-1000	«Вихрь»	ПШ	УПВШ	ГИГ-1500	«Буря»	«Вьюга»
Тип огнетушащего состава	Порошок П-2АП	Порошок П-2АП	Порошок П-2АП	Порошок П-2АП	Воздушно-механическая пена	Воздушно-механическая пена	Парогазовая смесь	Порошок, Пена	Воздушно-механическая пена
Производительность, м/с (кг/с)	(4,0-4,5)	(4,5-9,0)	(4,5-9,0)	(1,0-4,0)	1,0-6,0	8,3-10,0	8,0-15,0	9,0-10,0 (4,5-5,0)	8,4-16,8
Кратность пены		-	-	-	100-500	400-600	70-100	400-700	400-500
Тип источника, энергии	Сжатый воздух	Сжатый воздух	Сжатый воздух	Вентилятор СВМ-6М	Вентилятор СВМ-6М	Вентилятор СВМ-6М	Турбореактивный двигатель	Вентилятор ВМЦ-8	Вентилятор ВОД-11
Масса заряда, кг	250	500	1000	Не ограничена	Не ограничена	Не ограничена	Не ограничена	Не ограничена	4000
Время непрерывного действия, с	60-70	60-120	180-200	-	-	-	-	-	-
Дальность подачи огнетушащего состава, м	15-18	15-18	12-15	40-300	40-60	Зависит от условия применения	Зависит от условия применения	Зависит от условия применения	Зависит от условия применения
Масса, кг	1035	1780	2000	100	50	1800	3000	2500	3900
Габариты, мм	1500	1370	1450	1615	600	3450	12000	2800	8450
	834	1150	1150	1155	600	1350	1200	1280	2500
	2000	28000	2700	895	1500	1650	1200	1800	3600

При площади сечения  $10 \text{ м}^2$  и скорости воздуха  $2 \text{ м/с}$  дальность подачи двумя установками  $35,5 \text{ м}$ , а при  $2,5 \text{ м/с}$  -  $43 \text{ м}$ . При обрушениях в горной выработке, большой ее загроможденности подачу порошка установкой «Вихрь» осуществляют по вентиляционным трубам.

В установке «Вихрь» устройство смесителя оказывает значительное сопротивление вентилятору, что вызывает уменьшение дальности подачи. Этот конструктивный недостаток устранен в малогабаритном устройстве «Вихрь-Т», используемым, в основном, для подачи порошка при тушении пожара в тупиковых выработках протяженностью до  $450 \text{ м}$  в вентиляционный поток, создаваемый вентилятором ВМЦ-8 или СВМ-6М (ВМ-6). Эффективная дальность подачи субтонкодисперсного порошка П-4АП ( $5-10 \text{ мкм}$ ) вентилятором ВМЦ-8 достигает  $700 \text{ м}$ , а вентилятором СВМ-6М –  $400 \text{ м}$ .

Ко второй группе шахтных мобильных средств пожаротушения относятся пеногенераторные установки типа ПШ, УПВШ и «Вьюга».

Пеногенераторная установка УПВШ предназначена для дистанционного тушения подземных пожаров пеной в горизонтальных и наклонных выработках. Установка состоит из пеногенератора с коллектором и распылителем, двух вентиляторов типа СВМ-6М, размещенных на платформе шахтной вагонетки. В комплект установки в качестве необходимого технологического элемента входит самоуплотняющаяся надувная перемычка.

Высокопроизводительная пеногенераторная установка «Вьюга» (рис. 18.17) предназначена для дистанционного тушения развитых подземных пожаров в стволах, шурфах и выработках околоствольного ствола, непосредственно с поверхности шахты.

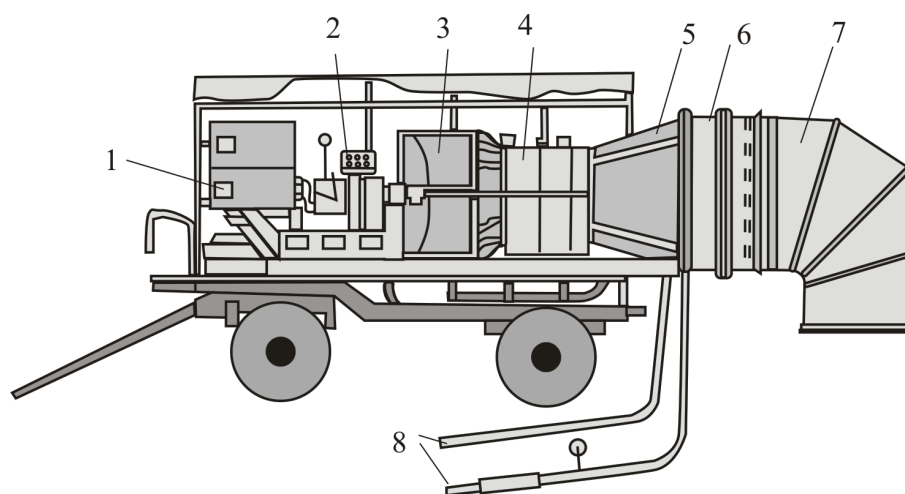


Рисунок 18.17 - Установка высокопроизводительная «Вьюга»

1 – двигатель внутреннего сгорания ЗИЛ-130; 2- щит управления; 3 – пеногенераторная установка; 4 – вентилятор; 5 – пеногенератор; 6 коллектор; 7 – выкидной трубопровод; 8 – пожарные рукава

В комплект установки входит прицеп, на котором смонтированы все узлы и агрегаты установки и пожарная цистерна типа АЦ-40.

Шахтная пеногенераторная установка типа ПШ, предназначена для тушения пожаров воздушно-механической пеной, подаваемой по горным выработкам или вентиляционным трубам к очагу пожара. Установка состоит из пеногенератора, вентиляционных труб и системы подачи раствора пенообразователя и может работать как в эжекционном режиме, так и с принудительной подачей воздуха вентилятором местного проветривания.

Устройство порошкового пожаротушения «Вихрь» применяется для дистанционного объемного тушения и локализации пожаров в горизонтальных и наклонных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии или вентиляторами местного проветривания. Установка состоит из бункера с крышкой, перфорированной трубы, конфузора и диффузора. Работает установка в комплекте с электрическим или пневматическим вентилятором местного проветривания, обеспечивающим расход воздуха 180 - 400 м<sup>3</sup>/мин.

Тактические возможности установок типа ПШ и «Вихрь» значительно выше, чем у громоздких и тяжелых установок типа УПВШ и УПШ-1000. Они могут оперативно доставляться в шахту и в кратчайшие сроки вводиться в действие. Недостатком установок является низкая производительность и недостаточная дальность подачи огнетушащих веществ.

Указанных недостатков лишена мобильная порошково-пенная высоконапорная установка «Буря», предназначенная для дистанционного комбинированного тушения порошком и пеной развившихся пожаров в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, в тупиковых горных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, а также для безопасности тушения пожаров путем локализации взрывов метановоздушных смесей с помощью воздушно-механической пены. Установка состоит из высоконапорного вентилятора типа ВМЦ-8, устройства для приема и регулирования расхода огнетушащего порошка П-2АП и сетчатого пеногенератора и размещается на раме вагонетки УВГ-3,3.

Длительное время в практике тушения пожаров применяют переносные пеногенераторы ГПС-600 или ГПС-2000 для выработки воздушно-механической пены средней кратности (рис. 18.18) и

бессеточное устройство УИП для выработки инертной пены (рис. 18.19).

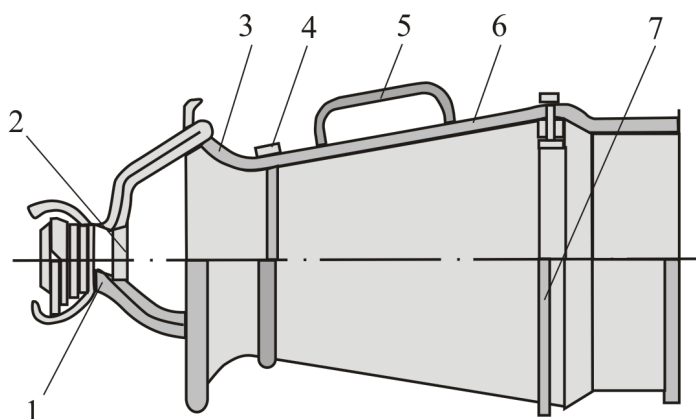


Рисунок 18.18 - Пеногенератор типа ГПС

1 - пожарная гайка; 2 - распылительная форсунка; 3 - конфузор; 4 - горловина; 5 - ручка; 6 - диффузор; 7 - пакет сеток

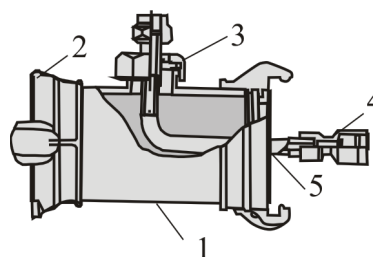


Рисунок 18.19 - Устройство УИП  
1 - патрубок; 2 - пожарная гайка; 3 - уплотняющий узел; 4 - распылитель; 5 - подводящая трубка

Отличительной особенностью этих средств пожаротушения является их малая масса до 5 кг и малые габариты соответственно 720x320x320 мм и 200x75x75 мм.

Инертная пена с помощью устройства УИП получается при использовании газообразного и жидкого азота. Доставка жидкого азота в шахту производится в криогенных емкостях ЦТК 1,0/0,25 и ЦТА 1,0/1,6, установленных на платформе вагонетки ВГ-3,3. Возможна также подача инертной пены с поверхности по скважинам с использованием автомобильных газификационных установок АГУ-2М и АГУ-8К или передвижного шахтного газификатора ПКХКА-0,1-0,9/1,6.

Дистанционная подача воздушно-механической пены за счет депрессии в горизонтальных и наклонных выработках при нисходящем проветривании может осуществляться с помощью пеногенераторной переемычки ППП-8, на которую с помощью ствола типа РС-П набрасывается водный раствор пенообразователя. При подаче пены 200-300 м<sup>3</sup>/мин в зависимости от скорости воздуха по выработке пена распространяется на расстояние 105-200 м.

Для объемной инертнизации атмосферы аварийных участков парогазовой смесью применяются газогенераторы ГИГ-4 или ГИГ-

1500 (рис. 18.20), а для подачи парогазовой смеси по протяженным трубопроводам и скважинам, например, в

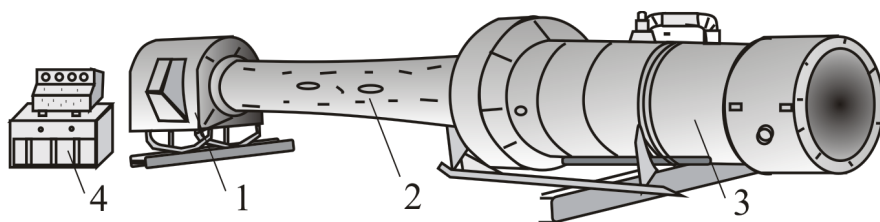


Рисунок 18.20 - Генератор инертных газов ГИГ-1500

выработанные пространства, в тупиковые выработки, в труднодоступные локальные зоны развития пожара - высоконапорный газогенератор МГТ-20.

Парогазовая смесь в генераторах инертных газов типа ГИГ получается в результате сгорания авиационного керосина в турбореактивном двигателе 1 с последующим «дожиганием» кислорода выхлопных газов в камере дожигания 2 и охлаждением их мелкораспыленной водой в камере охлаждения 3. Охлажденная до 80 °С и обескислороженная до 2-3% парогазовая смесь обычно подается к очагу пожара или в забой тупиковой выработки по вентиляционному трубопроводу непосредственно через ВМП, проветривающий аварийную выработку. Управление работой газогенератором осуществляется дистанционно при помощи пульта 4, имеющего систему блокировки. Генератор выполнен из отдельных быстро разборных секций длиной до 2 м и массой до 200 кг.

В конструкции ГИГ-1500 предусмотрена возможность получения инертной пены для охлаждения вмещающих пород горных выработок.

Диоксид углерода применяют при тушении пожаров способом изоляции с инертизацией среды при небольших объемах изолируемых выработок и перепаде высот между выработкой с поступающей струей и очагом пожара менее 20 м. Из-за превышения в 1,5 раза плотности диоксида углерода по отношению к воздуху он плохо перемешивается с пожарными газами, что не исключает возможности образования слоевых скоплений взрывоопасных газов. Кроме того, он растворяется в воде и поглощается углем и породами. Для подачи диоксида углерода применяется установка «Иней». Как правило, диоксид углерода подают по трубопроводу, проложенному по выработке до зоны развития пожара, или за изолирующую перемычку.

Инертизация азотом обычно осуществляется при больших объемах изолированного пространства и при протяженности выработок от места возведения перемычек до очага пожара более 500-700 м. Азот хорошо перемешивается с воздухом, плохо растворяется в воде и слабо сорбируется породами и углем, но в больших объемах, чем диоксид углерода, выносится с утечками воздуха из изолируемого пространства. Азот может подаваться на изолируемый аварийный участок по скважинам и трубопроводам с поверхности с использованием автомобильных газификационных

установок АГУ-2М и АГУ-8К или из горных выработок с использованием шахтного газификатора ПКХКА-0,1-0,9/1,6 или транспортных криогенных емкостей ЦТК 1,0/0,25 и ЦТА 1,0/1,6.

Для тушения пожаров в надшахтных зданиях, на лесных складах, в котельных и других объектах применяется пожарный автомобиль порошкового тушения АПК на шасси ГАЗ-66. Он обеспечивает подачу 3-4 кг/с пожаротушащего порошка на расстояние до 70 м и высоту до 35 м.

Радикальным направлением повышения пожарной защиты шахты является применение автоматических установок и систем пожаротушения.

Шахтные автоматические установки и системы противопожарной защиты классифицируются по назначению, уровню автоматизации, источнику питания, инерционности срабатывания, конструктивному исполнению, виду огнетушащего состава, времени действия и принципу запуска.

В состав шахтных автоматических установок пожаротушения обычно входят: емкость для хранения огнетушащего заряда, источник питания, система запуска установки, собственный источник сжатого воздуха (газа) или устройство подключения установки к шахтной пневмосети (пожарно-оросительному трубопроводу), система магистральных и распределительных трубопроводов, тепловые датчики.

Автоматические системы пожаротушения по сравнению с установками дополнительно имеют в своем составе контрольно-измерительные и пусковые приборы-станции, осуществляющие логический анализ информации, поступающей от датчиков, самоконтроль системы и запуск установок в случае возникновения пожара.

Кроме ранее рассмотренных автоматических установок водяного пожаротушения УВЗ-2, УВПК (УВПК-Б), УВПС (УВПС-1) и АПУ-500 для защиты ленточных конвейеров применяется автоматическая порошково-пенная установка УПП-2, а для защиты объектов поверхностного комплекса, шахтных понизительных подстанций, трансформаторов, зарядных камер и электровозных гаражей и др. - автоматические порошковые установки «Буран», «Север» и порошково-аэрозольные автоматические установки повышенной огнетушащей способности АУПП-1 и АУПП-2, входящие в состав автоматических систем пожаротушения САП-1 и САП-2 (табл. 18.8).



Структурная  
схема шахтной  
системы порошкового  
пожаро-тушения типа  
САП представлена на  
рисунке 18.21.

Системы типа  
САП состоят из  
станций пожарной  
сигнализации типа  
СЦ, соединенных  
шлейфами с пожарными

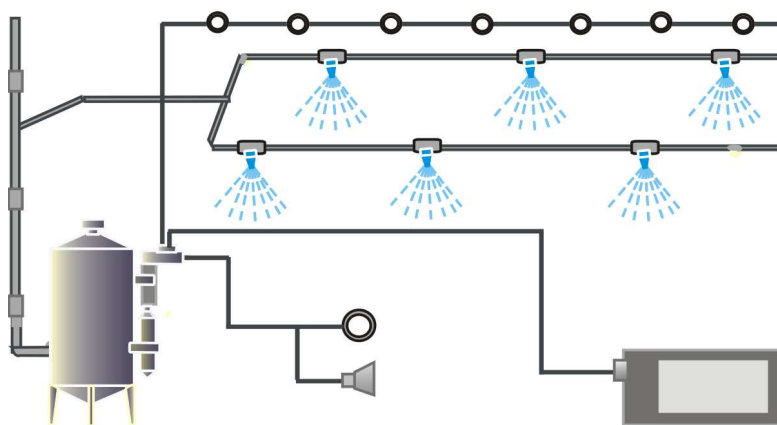


Рисунок 18.21 – Схема шахтной системы порошкового пожаротушения типа САП

извещателями ИП-105 (или другими), автоматических установок типа АУПП с блоками запуска и распределительного трубопровода с распылителями. Система САП работает следующим образом. При пожаре в защищаемой зоне срабатывает ближайший к источнику возгорания пожарный извещатель, электрический сигнал от которого поступает на станцию пожарной сигнализации, включающую световой и звуковой сигналы тревоги и производящую логическую оценку поступившего импульса, определяя его величину и характер происхождения. При этом станция проверяет целостность шлейфов, соединяющих между собой пожарные извещатели, наличие в их цепи тока короткого замыкания, работоспособность пожарных извещателей и «высвечивает» результаты диагностики на контрольной панели. В случае срабатывания второго пожарного извещателя станция вырабатывает электрический управляющий сигнал для запуска установок пожаротушения.

Основным видом изолирующих сооружений при тушении развитых пожаров являются перемычки, которые по назначению и сроку службы разделяются на перемычки временные и постоянные, взрывоустойчивые, водоупорные изолирующие, глухие и с проемами.

Временные перемычки применяют для быстрого сокращения объема воздуха, поступающего в пожарный участок. Наиболее распространенные виды временных перемычек: парашютные (применяются в выработках при скорости движения воздуха не менее 0,5 м/с и устанавливаются за 2-3 мин); щитовые (изготавливаются из досок внахлест с промазкой глиной, покрытием пенопластом, латексом); чураковые (возводятся в выработках с повышенным горным давлением); бентонитовые (возводятся вручную толщиной

Таблица 18.8 - Основные технические характеристики шахтных автоматических средств пожаротушения

Параметры, размерность	Автоматическая установка или система пожаротушения							
	УВПК	УВПК-5	АПУ-500	"Буран"	"Север"	АУПП-1	УПП-2	АУПП-2
Тип и расход огнетушащего вещества	Вода, не менее 0,122 л/с	Вода, не менее 0,122 л/с	Вода, 0083 л/с	Порошок ПСБ 12 кг/с	Порошок ПСБ 8-12 кг/с	Порошок ПСБ 8-12 кг/с	Пена 1-1,25 л/с, порошок 6-8 кг/с	Порошок ПСБ 8-12 кг/с
Инерционность срабатывания, с	Не более 60	Не более 60	Не более 60	10-30	10-30	10-30	Не более 60	15
Размеры защищаемой зоны	Не менее 18 м	Не менее 20 м	Не менее 10 м	30 м	100-125 м <sup>3</sup>	250 м <sup>3</sup>	Не менее 10 м, 60 м <sup>2</sup> 400 м <sup>3</sup>	400 м <sup>3</sup>
Рабочее давление в системе, МПа	0,35-2,0	0,35-2,0	0,4-1,0	0,7-1,0	0,7-1,0	0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,8
Температура срабатывания теплового датчика, °С	47 или 72	47 или 72	47 или 72	47	47	72	47 или 72	Регулируемая
Запас огнетушащего вещества	Не ограничен	Не ограничен	500 л	80-120 кг	80-150 кг	100 кг	Пена 90 л, порошок 80 кг	80 кг в каждом модуле
Масса установки без заряда, кг	Не более 300	Не более 300	Не более 400	457	690	80	270	80

1,0-1,5 бетонита); гипсовые (возводятся механизированно толщиной 0,8-1,2 м); пенопластовые (изготавливаются путем заполнения твердеющей пеной пространства между двумя ограждающими щитами) Постоянные перемычки предназначены для изоляции выработок, вскрывающих пласты, опасные по самовозгоранию угля или пройденных по ним. Они возводятся из кирпича, бетонита, бетона или бетонита с заполнением пенопластом пространства между двумя перемычками.

Взрывоустойчивые перемычки возводятся из бетона или гипса толщиной от 1,0 до 4,5 м в местах, определяемых расчетом по снижению избыточного давления во фронте ударной волны до безопасного значения 0,006 МПа. На расстоянии 15-20 м от изоляционных в направлении очага пожара могут возводиться баррикадные перемычки из мешков с песком, глиной и т. п. или барьерные перемычки из обрушенных буровзрывным способом пород кровли. Применяются также шпренгельные перемычки, состоящие из гасящей щелевой перемычки, устанавливаемой в боковых врубах и изоляционной перемычки, устанавливаемой в кольцевом (по периметру выработки) врубе.

Перемычки могут быть глухими или с проемами для прохода горноспасателей. Изолирующие перемычки с проемами обычно возводятся на поступающей и исходящей струе пожарного участка, которую в последнем случае при высокой температуре пожарных газов реверсируют.

При тушении пожаров подтоплением или опасности прорыва воды возводятся клинчатые или цилиндрические водонапорные перемычки.

Для дистанционной подачи до 500 м гипсового вяжущего раствора и бетонных смесей при возведении безврубных взрывоустойчивых и изоляционных перемычек, а также заполнения куполов и пустот за крепью и в обрушенном массиве применяется комплекс «Темп-500». Для этих же целей, но только при подаче гипсового вяжущего раствора и на расстояния до 50 м предназначен агрегат «Монолит», для шахт с пневмоэнергией - агрегат «Пневмолит».

# 19 Предотвращение газодинамических явлений

## 19.1 Общие сведения

Газодинамические явления (ГДЯ), происходящие при строительстве и эксплуатации шахт, оказывают существенное влияние на технологические процессы проведения выработок и добычи угля и являются одним из основных и специфичных факторов смертельного травматизма. Предотвращение газодинамических явлений является самой сложной и до конца не решенной проблемой в угольной промышленности.

Газодинамические явления обусловлены изменением (перераспределением) напряжённо-деформированного и газодинамического состояния угольных пластов и вмещающих пород при ведении горных работ, наличием в пластах и породах газа, особенностями структуры и физико-механических свойств угля и пород и отличаются между собой степенью участия перечисленных факторов в подготовке и протекании явлений. Каждый из этих факторов, в свою очередь, зависит от множества других, менее значимых факторов, которые можно разделить на природные, влияющие на предрасположенность пласта (пород) к газодинамическим явлениям, технологические, отражающие изменение напряженного и газодинамического состояния призабойной части пласта (пород) в процессе его разработки и геомеханические, характеризующие изменение напряженно-деформированного и газодинамического состояния угленосной толщи в зависимости от пространственно-временных соотношений развития горных работ на разрабатываемом и соседних пластах.

Сочетание указанных факторов обуславливают разнообразие газодинамических явлений, к которым согласно Правилам ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (СОУ 10.1.00174088.011-2005) относятся внезапные выбросы угля и газа; обрушения (высыпания) угля; выдавливания (отжимы) угля; горные удары; выбросы породы и газа; прорывы газа из почвы выработок. Предложенные МакНИИ классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений с некоторой их корректировкой приведены в таблице 19.1, а наиболее характерные случаи их проявления на эскизах рисунка 19.1. Приведенная классификация и признаки газодинамических явлений и др. требует некоторых пояснений и дополнений.

Понятие категории «внезапные» исторически заимствовано и связано с первыми неожиданными и необычными по своей природе явлениями - фактически внезапными выбросами угля и газа, которые у специалистов Франции, Бельгии, Германии и других стран, в том числе России и СССР до 1948 г. характеризовались как внезапные выделения газа. В настоящее время, несмотря на принятую нормативную терминологию, необходимо четко выделять категорию внезапных газодинамических явлений, к которым исторически и фактически помимо внезапных выбросов угля и газа; следует относить обрушения (высыпания) угля; выдавливания (отжимы) угля и прорывы газа из почвы выработок. При этом под категорией «внезапных» следует понимать, что возникновения данного газодинамического явления является неожиданным и не допускается технологией ведения горных работ, так как практически всегда сопровождается тяжелыми последствиями для работающих. Наиболее же многочисленные выбросы угля и газа при производстве сотрясательного взрывания, безлюдной выемке угля и т. п. фактически не относятся к категории внезапных, так как возможность их возникновения предусматривается (допускается) технологией ведения работ. Эти выбросы угля и газа, особенно многочисленные выбросы при сотрясательном взрывании, сдерживают темпы ведения горных работ, приводят к материальным потерям и затратам на ликвидацию последствий, связаны с осложнениями и ухудшением безопасности труда при переходе полостей выбросов и др., но при соблюдении предусмотренного технологического режима не приводят (не должны приводить) к травматизму.

В этом плане, следует отметить, что до настоящего времени все выбросы пород на шахтах Донбасса происходили только при взрывных работах в режиме сотрясательного взрывания и не сопровождались травматизмом.

Следует также иметь в виду, что группу газодинамических явлений, отнесенных к категории внезапных выбросов угля и газа, а также выбросы пород и газа объединяет одинаковый (при выдавливании угля во многом схожий) саморазвивающийся механизм разрушения. По этой причине обрушения угля не относятся к этой группе, так как основной причиной обрушения (высыпания) угля является несвоевременное или некачественное крепление нависающего газоносного угольного массива.

Таблица 19.1 - Классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений

Характеристика явления и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явления	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
1	2	3	4
<b>1. Внезапный выброс угля и газа</b>			
<p>Быстропротекающие разрушение призабойной части угольного пласта; отброс угля в выработку на расстояние, превышающее протяженность возможного его размещения под углом естественного откоса; повышенное газовыделение в выработку, при котором относительное газовыделение близко или больше разности между средней природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью угля; наличие тонкодисперсной угольной пыли; повреждения крепи и оборудования; воздушного толчка, иногда опрокидывающего вентиляционную струю; звуковых эффектов в массиве.</p> <p>Поражающим фактором является газ и механическое воздействие разрушенного угля.</p>	<p>Газоносность пласта, горное давление и пониженная прочность, угля, обусловленная его структурной нарушенностью.</p>	<p>Пласты с газоносностью более 8м<sup>3</sup>/т с. б. м и, как правило, сложного строения; зоны геологических нарушениях; зоны ПГД от работ соседних пластов; зоны опорного давления от очистных выработок; места вскрытия пластов.</p> <p>Происходит при любом воздействии на пласт: обушком, отбойным молотком, выемки угля комбайнами, стругами, агрегатами, бурении скважин, шпуров, продувке их сжатым воздухом, разрушении углепородного массива взрывным способом, оборки забоя после сотрясательного взрывания, и т. п.</p>	<p>Интенсивный отжим (высыпание) угля; звуковые эффекты (удары и трески различной силы и частоты) в массиве; отскакивание кусочков угля и шелушение забоя; вынос газа, штыба и зажатие бурового инструмента при бурении шпуров (скважин); уменьшение прочности угля; усиленное давление на крепь; существенные колебания газовыделения в выработку.</p>
<b>2. Внезапное выдавливание (отжим) угля</b>			
<p>Быстропротекающее смещение угольного массива в выработку без отброса угля; образование в угольном пласте полости, заполненной разрушенным крупно-кусковатым углем, глубина которой меньше ее ширины; наблюдаются пустоты, зияющие трещины, наличие во многих случаях щели между кровлей и пластом с тонкодисперсной угольной пылью на поверхности щели; возможно смещение крепи и механизмов; относительное газовыделение равно или меньше разности между природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью отжатого угля.</p> <p>Поражающим фактором является механическое воздействие отжатого угля и газ.</p>	<p>Горное давление; газоносность и физико-механические свойства угля и пород.</p>	<p>Угольные пласты, сложенные пачками различной прочности; зоны ПГД от работ соседних пластов; зоны влияния геологических нарушений; участки зависания.</p>	<p>Как правило, отсутствуют. В отдельных случаях повышенное давление на призабойную крепь; повышенное газовыделение; звуковые эффекты в массиве; зажатие бурового инструмента.</p>

1	2	3	4
3. Внезапное обрушение (высыпание) угля			
<p>Быстропротекающее разрушение массива угля, сопровождающееся выделением газа; полость ориентирована по восстанию пласта; разрушенный уголь располагается под углом, близким к углу естественного откоса; относительное газовыделение равно или меньше разности между природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью обрушившегося угля; повреждение крепи незначительное или отсутствует.</p> <p>Поражающим фактором является механическое воздействие разрушенного угля и газ.</p>	<p>Горное давление; гравитационные силы; физико-механические свойства; газоносность угля; некачественное крепление нависающего массива.</p>	<p>Крутые и круто наклонные газоносные пласты (или их отдельные пачки) III-V степени тектонической нарушенности; зоны геологических нарушений; зоны ПГД от работ соседних пластов; как правило, происходит при выемке угля.</p>	<p>Как правило отсутствуют. Иногда происходит отслаивание угля</p>
4. Выброс породы и газа			
<p>Быстропротекающее разрушение породного массива; породный массив разрушен за контуром выработки; часть отброшенной породы раздроблена до размеров крупнозернистого песка; образовавшаяся полость оконтурена породой, расщелившейся на тонкие чешуеобразные пластинки; повышенное по сравнению с обычным, газовыделением в выработку; воздушный толчок; сотрясение массива; угол откоса меньше естественного.</p>	<p>Горное давление; физико-механические свойства; газоносность; минеральный состав; структурно-текстурные и коллекторские свойства пород.</p>	<p>Газоносные высокопористые песчаники с пониженной прочностью и влажностью менее 2,5 %.</p> <p>Происходит при проведении подготовительных выработок буровзрывным способом</p>	

1	2	3	4
5. Горный удар			
<p>Мгновенное хрупкое разрушение целика или краевой части массива угля с отбросом или без выноса угля в выработку; образование или отсутствие полости в зависимости от силы проявления; при образовании полости ширина больше ее глубины; отброс угля на небольшое расстояние; преобладание в разрушенном угле крупных кусков и фракций; наличие щели между угольным пластом и кровлей; нарушение крепи, смещение или повреждение механизмов и оборудования.</p> <p>Явление сопровождается резким или глухим звуком; сотрясением горного массива; образованием пыли и воздушной волной; на газоносных пластах – повышенным газовыделением, а на крутых газоносных – обрушением угля с попутным газовыделением.</p> <p>Поражение людей возможно в результате механического воздействия разрушенного угля или воздушной волны.</p>	<p>Напряженное состояние массива горных пород, высокие прочностные и деформационные свойства угля и боковых пород.</p>	<p>Пласт (пачка) крепкий, однородный уголь, как правило, не содержит малопрочных прослоек, обладает высокими упругими свойствами; высокая прочность боковых пород; большая мощность основной кровли, склонной зависанию. Отработка оставленных целиков угля; ведение горных работ на ранее выработанное пространство, встречными и догоняющими забоями; проведение выработок в зонах влияния очистных забоев; зоны ПГД от соседних пластов; зоны влияния геологических нарушений; потолкоуступная форма очистного забоя и д.р.</p>	<p>Отскакивание кусочков угля при работе выемочных машин, отбойных молотков; повышенный выход буровой мелочи; наличие в ней крупных фракций; зажатие бурового инструмента при бурении шпуров и скважин.</p>
6. Внезапный прорыв газа из почвы выработки			
<p>Быстропротекающее разрушение пород почвы выработки, сопровождающееся динамическим эффектом, интенсивным выделением газа, иногда с углем, водой; образование зияющих трещин, ориентированных по нормали или под некоторым углом к напластованию пород и, как правило, вдоль линии очистных забоев и продольной оси подготовительных выработок; поднятие (коржение) пород почвы; повышенное выделение газа в горную выработку, иногда с кратковременным опрокидыванием воздушной струи; звуковые эффекты; колебания почвы; возможны повреждения крепи и оборудования.</p> <p>Основными поражающими факторами являются выделяющийся газ и механическое воздействие разрушенных пород.</p>	<p>Газ, содержащийся в расслоениях между пачками пласта, а также в соседних (до 25 м) пластах и пропластках; пониженная механическая прочность угля и пород в зонах геологических нарушений при высоком давлении свободного газа.</p>	<p>Зоны влияния геологических нарушений; наличие пачек тектонически нарушенного угля или пластов, прослойкой угля, углистого сланца, расположенных в почве выработки; наличие труднообрушаемой кровли; большая площадь обнажения пород почвы; ведение горных работ в зонах ПГД.</p> <p>Обычно проявляется без воздействия на забой.</p>	<p>Удары в глубине массива; интенсивное пучение почвы; повышенное давление на крепь.</p>



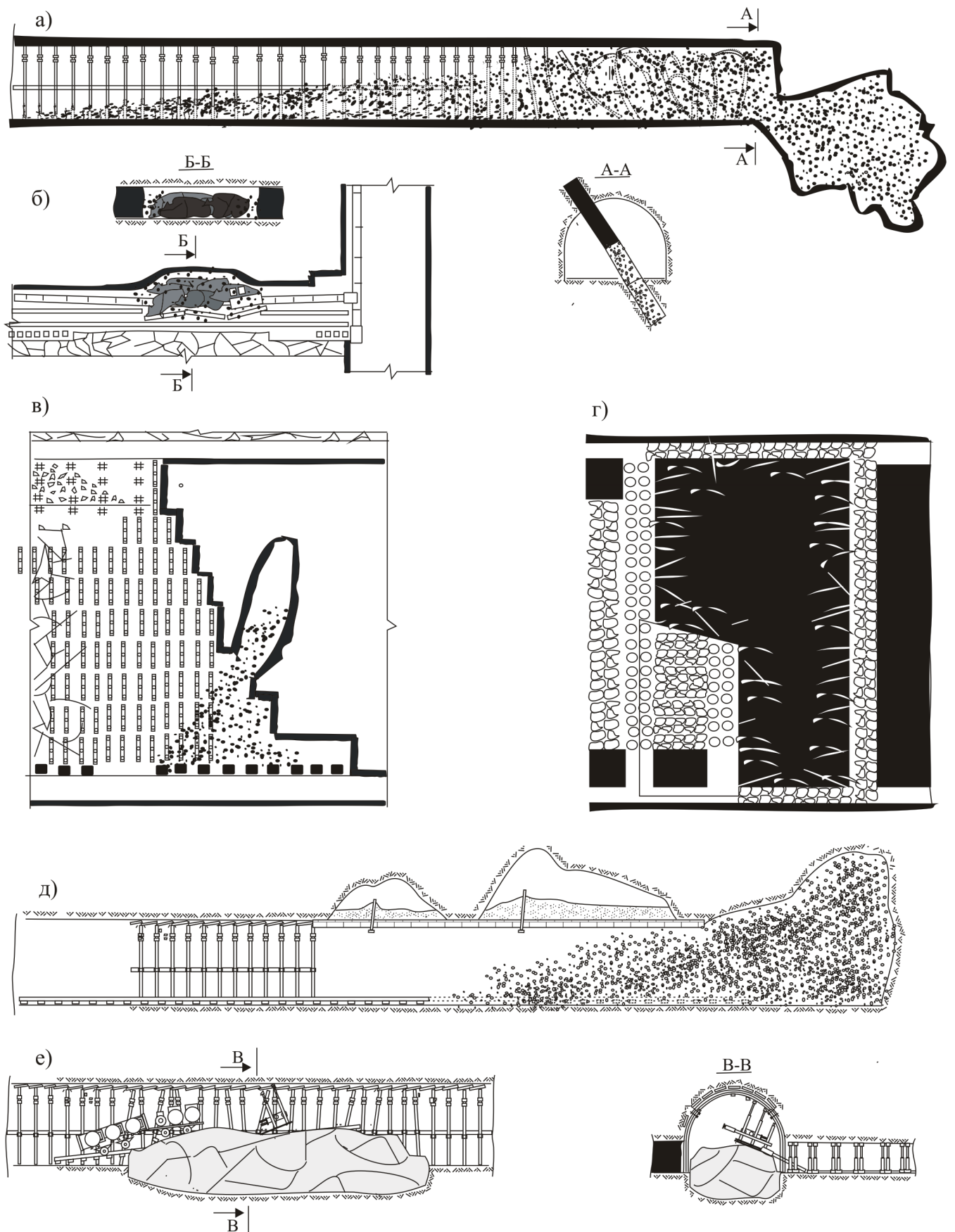


Рисунок 19.1 – Эскизы мест наиболее характерных случаев газодинамических явлений

а) – внезапный выброс угля и газа в подготовительной выработке крутого пласта; б) – внезапное выдавливание в лаве пологого пласта; в) – внезапное высыпание угля с повышенным газовыделением в лаве крутого пласта; г) - горный удар в целике впереди лавы; д) – выброс породы (песчаника) и газа; е) – внезапный прорыв газа из почвы выработки на сопряжении лавы

С некоторой корректировкой формулировки выброс угля и газа можно определить как быстропротекающее разрушение призабойной части пласта, возникающее при перераспределении в ней напряжений, распространяющееся от забоя выработки (скважины) в глубину массива, сопровождающееся отбросом (выбросом), иногда на сотни метров, разгруженного до тонких фракций угля, как правило, содержащих так называемую «бешеную муку», повышенным, по сравнению с обычным газовыделением и образованием в угольном пласте полостей нередко причудливой формы.

Выбросы угля и газа происходят при проходке стволов, вскрытии и пересечении угольных пластов полевыми выработками, в забоях пластовых подготовительных выработок и очистных забоях.

Следует четко уяснить, что в реально выбросоопасных зонах, обусловленных локальной природной выбросоопасностью, выброс угля и газа может произойти при любом воздействии на угольный пласт за пределами (границей) разгруженной и дегазированной призабойной части пласта. По этой причине наиболее высока вероятность возникновения выброса угля и газа при взрывной отбойке угля (сотрясательном взрывании), а также после сотрясательного взрывания при уборке угля и возможном оформлении забоя даже металлической лопатой (что категорически запрещается), при вскрытии пласта, бурении скважин большого диаметра, при широкозахватной или интенсивной выемке угля (например, при струговой выемке пласта отдельными участками и интенсивному внедрению в пласт), при оформлении (перерезке) углов (кутков) забоя подготовительных выработок, ниши лав пологих и уступов лав крутых пластов.

Практика показывает, что реально выбросоопасные зоны составляют 1-5% площади шахтопласта. В большинстве случаев выбросоопасные зоны приурочены к так называемым активным геологическим нарушениям с тектонически препарированным углем. Выбросоопасность этих зон возрастает в зонах повышенного горного давления (ПГД) от ведения горных работ на соседних пластах.

Возникновению выброса угля и газа сопутствует обычно воздушный толчок, а протекание его происходит во времени с ориентировочной скоростью разрушения угля примерно 5 т/с. Количество разрушенного и выброшенного угля при выбросе угля и газа оценивается в тоннах и характеризует интенсивность или так

называемую силу выброса. Интенсивность (сила) выброса угля и газа изменяется в среднем от 0,5 т до 100-60 т и достигает в лавах 2000 т, - в подготовительных выработках 1600 т. С наибольшей интенсивностью происходят выбросы угля и газа при вскрытии пластов. Так, при максимальном в истории горного дела выбросе угля и газа при вскрытии пласта  $m_1$  «Мазурка» в шахте им. Гагарина ПО «Артемуголь» длительностью 32 с было выброшено 14000 т угля, засыпано 800 м квершлага, из разрушенного угля и стенок полости выброса выделилось (десорбировалось) свыше 250 000 м<sup>3</sup> газа.

Последствия выброса угля и газа во многом зависят от его интенсивности. Под действием распространяющегося газугольного потока возможно повреждение и вынос крепи выработок, отброс и деформация вагонеток, перемещение выемочного и проходческого оборудования и др. Выброшенным углем может быть засыпано до несколько сот метров выработки. При этом часть выработки может быть заполнена практически на полное сечение, в остальной ее части уголь располагается на расстоянии и под углом меньше чем возможное его размещение под углом естественного откоса. Возможно опрокидывание вентиляционной струи и загазирование воздухоподающих выработок. Наличие тонкодисперсной угольной пыли, исторически получившее название «бешенная мука», обусловлено спецификой протекания выброса - послойным разрушением угля и «перетиранием» частиц разрушенного угля в газугольном потоке. Отложение на откосе выброшенного угля, крепи, оборудования и т. п. витающей тонкодисперсной угольной пыли (слоем до 1 см) является характерным признаком выброса угля и газа. Характерным признаком выброса угля и газа является образование в угольном пласте полости, как правило, «причудливой» формы.

При выбросах угля и газа наиболее выражены поражающие факторы и последствия газодинамических явлений. Поражающими факторами являются механическое воздействие разрушенного угля, иногда воздушная ударная волна и, главное, удушающее действие выделяющегося газа - гипоксия или кислородное голодание клеток головного мозга при снижении содержания кислорода ниже 16% вследствие замещения кислорода воздуха метаном.

Локальность выбросоопасности шахтопластов и относительная «не мгновенность» возникновения и протекания выброса угля и газа придаёт особое значение знанию предупредительных признаков

внезапных выбросов угля и газа, позволяющему нередко работающим в забое своевременно покинуть его (убежать) и таким образом обеспечить свою безопасность. Из приведенных в таблице 19.1 предупредительных признаков наиболее информативными и однозначно достоверными являются три предупредительных признака:

- выдавливание угля призабойной части пласта, создающее впечатление у работающих, что забой как бы движется на них;

- отскакивание мелких кусочков угля от забоя, создающее впечатление у работающих, что забой как бы шелушится и переливается;

- повышенный выход штыба и газа при бурении скважин (шпуров), приводящий к эффекту как бы напорного выделения из них газугольной смеси - выдувание штыба.

Выдавливания (отжимы) угля с повышенным газовыделением происходят в основном при механизированной выемке угля в лавах пологих пластов. Классификация выдавливания угля в большинстве случаев не вызывает затруднений. В отличие от выброса угля и газа при выдавливании угля полость ориентирована примерно параллельно линии очистного забоя и глубина ее незначительна (она, как правило, всегда меньше длины и ширины). Выдавливание, так же как и выброс, сопровождается изменением напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта. Поэтому выброс небольшой силы при механизированной выемке угля в лаве может привести к выдавливанию угля и, наоборот, выдавливание может сопровождаться выбросом небольшой силы.

При классификации газодинамических явлений в подготовительной выработке пологого пласта осложнения обычно не возникают, полости, как правило, выходят за проектный контур стенки выработки.

Принципиальное значение имеет классификация обрушений (высыпаний) угля на шахтах Центрального района Донбасса, так как неоправданное применение противовыбросных мероприятий может наоборот способствовать склонности пласта к обрушению. Основными отличительными признаками обрушения угля являются ориентация полости в направлении восстания пласта (при этом ширина полости в направлении простирания пласта примерно равна глубине выемки, т. е. 1-2 м) и расположение угля под углом близким к углу естественного откоса. Количественным критерием отнесения

газодинамического явления к выбросу или обрушению может быть принято отношение длины выработки  $L_{п}$ , заполненное углем на полное сечение к общей длине отброса  $L_{о}$ , т. е.

$$V_{г} = L_{п} / L_{о}.$$

В случае  $V_{г} \geq 0,3$  газодинамическое явление следует классифицировать как выброс угля и газа, при  $V_{г} < 0,3$  – как обрушение.

Выбросы породы и газа происходят при вскрытии, пересечении или проведении подготовительных выработок по выбросоопасным песчаникам (слоям песчаников) и представляют собой, прежде всего технико-экономическую проблему, связанную с затратами на ликвидацию последствий выбросов и сдерживания темпов проведения выработок. Сила выбросов песчаника может изменяться в среднем от 100 т в песчаниках низкой степени опасности до 500 т в песчаниках высокой степени опасности. Технология перехода полостей выбросов предусматривает уборку выброшенной горной массы, возведение, как правило, монолитной железобетонной крепи, перекрывающей полость выброса с последующим тампонажем полости песчано-цементным составом.

Как внезапные выбросы угля и газа, так и горные удары (с английского языка rock burst) могут происходить (и происходят) только, начиная с определенной глубины ведения горных работ, т. е. для того чтобы произошло взрывоподобное, лавинообразное разрушение горного массива, необходимо определенное напряженное состояние, которое чаще всего называют предельным или критическим. В этом главная (природная и технологическая) общность явлений. По месту возникновения горные удары можно разделить на три группы.

К первой относятся горные удары в чистом виде, классические, происходящие в над-, подштрековых и различных других охранных целиках, в том числе оставленных в выработанных пространствах.

Вторая группа горных ударов характеризуется разрушением части угольного (породного) массива не в забое, а на каком-то, иногда значительном расстоянии от него. Например, горным ударом разрушен на протяжении 40-60 м штрек, но в забое угольный пласт остался неразрушенным.

Горные удары этих двух групп объединяет и от выбросов принципиально отличает тот факт, что они непосредственно могут быть не связаны с ведением работ по выемке угля в забое. Разрушение части угольного массива или целиков происходит через довольно продолжительный (иногда весьма значительный) период времени после проведения здесь выработки. На этих участках, если пласт газоносен, должна была произойти его дегазация. Следовательно, с позиций выбросоопасности произошли благоприятные изменения, выброса быть не должно.

К третьей группе относят горные удары, происходящие в действующих забоях и представляющие собой разрушение краевой части пласта. Отличать их от выбросов угля и газа следует с позиций рассмотрения основополагающих факторов, определяющих выбросо- и удароопасность.

Сам факт того, что природная газоносность наряду с напряженностью массива является важнейшим критерием оценки выбросоопасности угольного пласта, и она совершенно не рассматривается при оценке удароопасности, подчеркивает принципиальность различия рассматриваемых двух форм опасных явлений. Важнейший смысл факта заключается в том, что газоносность, участвуя в формировании природной (потенциальной) выбросоопасности, не формирует удароопасность.

Разработка удароопасных пластов с глубины 150 м ведется в соответствии с требованиями Инструкции по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам.

Внезапные разрушения пород почвы с прорывами метана зарегистрированы практически во всех типах выработок при разработке 22-х угольных пластов  $h_{10}, l_2^1, l_4^1$  и др. на глубинах 930-1150 м. Наиболее часто они происходят на сопряжении подготовительной выработки с выработанным пространством лавы при наличии в почве выработки угольного пласта (пропластка) или прослойка углистого сланца. Внезапным разрушениям пород почвы, как правило, предшествуют глухие удары в надрабатываемом массиве. Продолжительность загазирования выработок может изменяться от нескольких часов до нескольких суток. Прогнозирование возможных мест прорывов метана и применение мероприятий по их предупреждению проводится в

соответствии с Инструкцией по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.

Структура газодинамических явлений на шахтах Донбасса за последние годы приведена в таблице 19.2, из которой следует, что проблема газодинамических явлений фактически сводится к решению проблемы выбросов угля и газа уже более 170 лет решаемой в мировой и отечественной науке и практике угледобычи и в определенной степени выбросам породы и газа.

Таблица 19.2 - Структура газодинамических явлений на шахтах Донбасса

Газодинамические явления	Удельный вес числа газодинамических явлений, %
Выбросы угля и газа при сотрясательном взрывании по углю	59,3
Выбросы угля и газа при дистанционном управлении	12,3
Выбросы породы (песчаника) угля и газа при сотрясательном взрывании	18,2
Внезапные обрушения угля и газа с повышенным газовыделением	3,2
Внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением	4,3
Внезапные выбросы угля и газа	2,7

Первый внезапный выброс угля и газа зарегистрирован в 1834 г. во Франции на шахте «Исаак» бассейна Лауры. Затем выбросы угля и газа стали происходить почти во всех угледобывающих странах и к настоящему времени они зарегистрированы в Австралии, Болгарии, Бельгии, Германии, Великобритании, Венгрии, Франции, Канаде, КНР, Японии, Мексике, ЮАР, Турции, Чехии, Югославии, Польше, Чехии, Болгарии, Румынии.

В России выброс угля и газа впервые зарегистрирован в Донбассе в 1906 г. на шахте «Новая Смолянка» при вскрытии квершлагом пласта Смоляниновского на глубине 711 м. В дальнейшем помимо Донбасса выбросы стали происходить в Кузнецком и Карагандинском бассейнах, на Воркутинском, Егоршинском месторождениях, месторождениях Дальнего Востока.

О масштабах проблемы выбросов угля и газа в период послевоенного восстановления и интенсивного развития Донбасса, а также о потенциальной опасности его отдельных геолого-промышленных районов свидетельствуют данные таблицы 19.3.

Таблица 19.3 - Сведения о выбросах угля и газа в Донецком бассейне в 1946-1987 г.

Наименование геолого-промышленных районов	Число внезапных выбросов	Число выбросов при взрывных работах	Всего
Центральный	894	333	1227
Донецко-Макеевский	305	1978	2283
Селезневский	107	67	174
Алмазно-Марьевский	28	28	56
Краснодонский	22	46	66
Торезкий	68	364	452
Хрустальский	65	161	226
Белокалитвенский	44	34	78
Каменский	32	62	94

В эти и последующие годы над проблемой выбросов активно работали практически все отраслевые научно-исследовательские и проектно-конструкторские институты, многие лаборатории академических и кафедры учебных институтов.

Общее руководство проблемой, координацию и контроль за выполнением научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ и ряд других функций возлагалось на Центральную комиссию по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа, а по Донбассу конкретно на секцию Центральной комиссии по Донецкому бассейну, которая заменена на созданную в 1993 г Центральную комиссию по борьбе с газодинамическими явлениями в шахтах угольной промышленности Украины.

Наибольший вклад в теорию и практику проблемы выбросов внесли ученые: Н.Н. Черницын, Н.П. Соловьев, Л.Д. Шевяков, А.А. Скочинский, В.Б. Комаров, В.Л. Биленко, Л.Н. Быков, И.М. Печук, В.И. Николин, С.Г. Авершин, А.М. Карпов, В.И. Белов, Г.А. Коньков, В.В. Владимирский, И.В. Бобров, В.Л. Божко, В.В. Ходот, В.А. Шатилов, О.И. Чернов, В.Н. Пузырев, А.Е. Ольховиченко, Н.М. Проскураков, А.Э. Петросян, А.А. Агафонов, А.А. Рубинский и др. При этом следует отметить особую роль проф. Николина В.И., чей вклад фактически во многом определяет современное состояние решения проблемы выбросов угля, породы и газа. Приоритет научных решений отечественных ученых в решении проблемы выбросов является общепризнанным.

Зарубежный опыт разработки выбросоопасных пластов последних десятилетий не обогатился результатами фундаментальных исследований по вопросам теории и практики проблемы выбросов угля и газа. Решение проблемы выбросов угля и газа в большинстве угледобывающих стран сводилось главным



образом к прекращению разработки выбросоопасных пластов. Если это необходимо и позволяют горно-геологические условия, традиционно применяется опережающая отработка защитных пластов, сотрясательное взрывание (которое рассматривается как провоцирование выброса угля и газа), дегазацию пласта, бурение так называемых опережающих разгрузочно-дегазирующих скважин.

В Донецком бассейне большинство из этих направлений является проблематичным. Выбросы угля и газа происходят при разработке пластов углей всех марок Д, Г, Ж, К, ОС, Т и А, причем наиболее выбросоопасными являются пласты наиболее ценных коксующих углей. Возможности увеличения объемов применения опережающей отработки защитных пластов практически исчерпаны. Бурение опережающих разгрузочных скважин, хотя и является нормативным способом, практически не применяют из-за низкой эффективности, обусловленной резким уменьшением их разгружающего действия в реально опасных зонах и высокой вероятности внезапного выброса при бурении – при бурении скважин и шпуров различного технологического назначения произошло 192 внезапных выброса угля и газа.

В последние десятилетия актуальность проблемы выбросов угля и газа в целом несколько снизилась, в основном, по двум причинам. Во-первых, из-за кризисных явлений в угольной промышленности и проводимой реструктуризации шахт существенно сократилось число разрабатываемых выбросоопасных пластов. Во-вторых, все большее подтверждение находит ранее установленная проф. В.И. Николиным закономерность, что выбросоопасность пластов углей одной степени метаморфизма с увеличением глубины разработки вначале возрастает, затем происходит ее закономерное снижение.

Значимость проблемы выбросов пород и газа подтверждает и опыт ведения горных работ в других странах: выбросы соли и газа (Германия, Польша), песчаников, песчано-глинистых сланцев и нефтесодержащих песчаников (Польша, Чехия, Япония), песчано-медистых сланцев и песчаников (Германия). Значительное количество выбросов породы (соли) и газа произошло на Березниковском и Соликамском рудниках (Россия), а также Солигорских рудниках (Белоруссия) на глубинах 400-900 м.

В 1977-1979 гг. впервые в мировой практике произошли выбросы изверженной (не осадочной) породы (термометаморфизованных порфиритов) и газа (углекислого) при проведении в Армении тоннеля

Арпа-Севан через Варденийский хребет на глубине около 600 м. Один из первых этих выбросов, при котором погибло девять проходчиков, можно отнести и фактически отнесли по всем критериям (незнания возможности возникновения и последствий этого явления, применение по этой причине огневого взрывания и др.) к категории «внезапных», но последствия одного из последующих выбросов, при котором погибли три инженерно-технических работника, явились результатом грубейшего нарушения производства взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания.

Первые выбросы породы и газа в Донбассе произошли в 50-х годах двадцатого столетия при проведении квершлага в песчаниках шахты «Кочегарка» ПО Артёмуголь на глубине 750 м. По мере развития горных работ на глубинах 700-1300 м и строительстве новых шахт число выбросоопасных слоев и выбросов песчаников в Донбассе непрерывно росло. Особенно актуальным являлось решение проблемы выбросов породы и газа при строительстве шахты «Петровская-Глубокая» (ныне им. А.А. Скочинского), основные капитальные выработки которой были «заложены» проектом в песчаниках, которые или отдельные слои которых оказались выбросоопасными. Из-за необходимости ликвидации последствий выбросов средние темпы проведения выработок составляли 10-15 м. Строительство шахты затянулось на несколько лет.

В настоящее время организационно и во многом технически проблема выбросов пород (песчаников) и газа в Донбассе практически решена. В частности, разработан надежный способ (способы) прогноза выбросоопасности песчаников, в том числе по геологоразведочным данным, позволяющий свести к минимуму проведение выработок по выбросоопасным пластам (слоям) песчаника.

## **19.2 Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа**

Теории (гипотезы) выбросов угля и газа следует рассматривать как совокупность знаний природы формирования выбросоопасности и механизма возникновения и протекания выбросов. Знания о природе выбросоопасности являют собой научную основу разработки способов прогноза выбросоопасности, а знания о механизме возникновения и протекания выбросов - научную основу создания способов предотвращения выбросов.

На третьей Всесоюзной конференции по борьбе с внезапными выбросами (1955 г.) акад. А.А. Скочинский предложил концепцию, согласно которой три фактора в совокупности обуславливают формирование выбросоопасности

$$B=f(\sigma,\chi,M),$$

где  $\sigma$  - напряженность пласта;  $\chi$  – газоносность пласта;  $M$  – физико-механические свойства угля.

Позже в докладе МакНИИ (В.И. Николин) на международном симпозиуме по выбросам угля (породы) и газа (г. Донецк, 1974 г) предложено было считать, что два фактора в совокупности горное давление и физико-механические свойства газоносного пласта формируют потенциальную выбросоопасность. Дальнейшие исследования МакНИИ–ДонНТУ позволили разработать физическую модель выбросоопасного пласта, которая наряду с установленными закономерностями связи выбросоопасности шахтопластов со степенью метаморфизма углей, обоснования единства механизма выбросов угля, породы и газа и составляют основу современных представлений о природе формирования выбросоопасности и механизме возникновения и протекания выбросов.

Первоначально физическая модель содержала представление о том, что выбросоопасный угольный пласт - это трещиновато-пористое тело, отдельные структурные блоки которого газонепроницаемы и способны увеличиваться в объёме при увеличении содержания метана (углекислого газа, высших углеводородов и др.). Метан рассматривался как источник дополнительных (внутренних) напряжений или как фактор, обуславливающий такое изменение деформационных свойств газоносного угольного массива, которое существенно увеличивает склонность (способность) его к разрушению при разгрузке.

В дальнейшем были выполнены исследования, направленные не столько на уточнение ранее разработанной физической модели выбросоопасного пласта, сколько на выяснение положений, которые помогли бы понять причины как нулевой проницаемости выбросоопасного массива, локальности выбросоопасности, так и влияния метана на деформационные свойства угольного пласта, его повышенную склонность к разрушению при разгрузке.

Экспериментально было доказано, что аналитическая (материнская) влажность угля в реально выбросоопасных зонах в два раза превосходит аналитическую влажность угля невыбросоопасных зон, т. е. чтобы зона стала выбросоопасной, нужна не только более высокая природная газоносность, но и более высокая материнская влажность угля. На основании результатов экспериментального изучения свойств воды, находящейся в капиллярах (ячейках) размером (диаметром) менее  $10^{-7}$  м был сделан вывод, что, локальность проявления выбросов может быть объяснена с позиций представления состояния метана квазитвердым.

Особенностью молекулы воды, отличающую её от всех других твёрдых тел и жидкостей, заключаются в дипольности ее молекул. Вода и метан, находящиеся в капиллярах (ячейках) размером (диаметром) менее  $10^{-7}$ , образуют под действием Ван-дер-Ваальсовых сил на поверхности капилляра молекулярные слои – на стенках вода, внутри метан. Микрополости превращают воду в твердое тело с совершенно аномальными свойствами по сравнению со свойствами воды в макроусловиях. Такая физическая модель выбросоопасного пласта, во-первых, позволяет объяснить локальность выбросоопасности. Молекулы метана, оказавшиеся в «плёну» аномально жёстких дипольных молекул воды, не смогут уравнивать природную газоносность. Во-вторых, она объясняет изменение деформационных характеристик угольного выбросоопасного массива при изменении водо-метаноносности, приводящее к охрупчиванию при разрушении от разгрузки, вследствие увеличения склонности к разрушению от деформаций упругого восстановления, последствия и обратной ползучести, являющихся по своей сущности деформациями растяжения. В третьих, такая трактовка физической модели хорошо объясняет инструментально установленные задержки деформаций (сближения пород почвы и кровли пластов) в лавах крутых пластов перед выбросами.

Первые доказательства зависимости выбросоопасности от степени метаморфизма углей ( $V^{daf}, \%$ ) основывались на анализе статистических данных и потребовали вскрытия природной сущности этой зависимости.

В целом графическое представление закономерности связи выбросоопасности со степенью метаморфизма углей показано на рисунке 19.2.

Изучение физической сущности зависимости глубины первых выбросов от степени метаморфизма углей позволило установить, что она определяется глубиной зоны газового выветривания. Чем выше степень метаморфизма углей, тем более прочны и менее пористы породы, их вмещающие, а потому меньше глубина зоны газового выветривания, следовательно, глубина, на которой могут происходить первые выбросы.

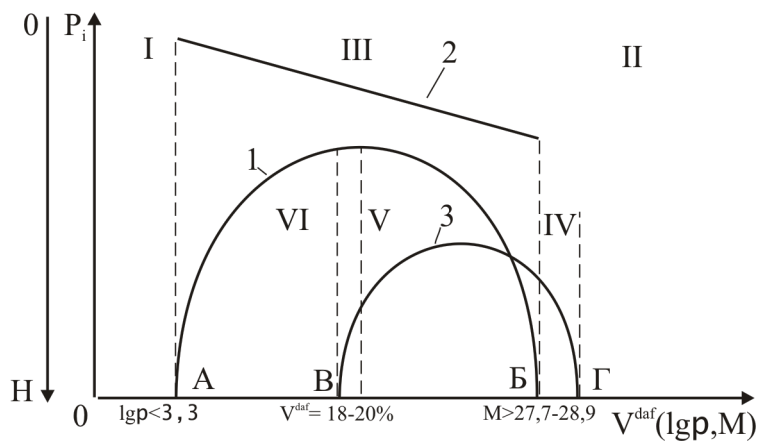


Рисунок 19.2 - Графики зависимости от степени метаморфизма углей выбросоопасности угольных пластов 1, минимальной глубины первых выбросов 2 и выбросоопасности пластов (слоев) песчаников 3

$P_i$  - вероятность возникновения выбросов угля и песчаников;  $H$  - глубина разработки;  $V^{daf}$  ( $lq\rho, M$ ) - показатели степени метаморфизма углей

Природное формирование выбросоопасности угольных пластов закономерно, в параболической зависимости определяется степенью метаморфизма углей. Это доказывается совпадением максимальной вероятности возникновения выбросов соответствующей  $V^{daf} = 20\%$  с максимальными (минимальными) значениями основных свойств угля: минимум прочности и пористости углей приходится на  $V^{daf} = 20-24\%$ ; максимум природной газоносности, отнесенной к объёму пор, приходится на  $V^{daf} = 20\%$ ; максимальное давление газа выбросоопасных угольных пластов и максимальное содержание высших углеводородов в составе газов пластов приходится на  $V^{daf} = 22\%$ .

Рост, а затем, при достижении области  $V^{daf} = 20\%$ , снижение вероятности возникновения выбросов при разработке выбросоопасных пластов объясняется тем, что физико-химические превращения органических веществ сопровождаются генерированием метана и его гомологов до области  $V^{daf} \approx 19-21\%$ . В дальнейшем, по мере роста степени метаморфизма углей, метан и его гомологи не генерируются, а «расходуются». Их физико-химическое взаимодействие с углем (органикой и неорганическими соединениями) при наличии материнской влаги, приводит к росту пористости. При этом каменный уголь марок Ж и К из низкопористого и малопрочного

превращается в прочный, хотя и высокопористый, практически негазоносный антрацит.

Доказательство того, что имеет место проявление природной закономерности, требовало уточнения степени метаморфизма углей в окрестности предельных точек А и Б на оси абсцисс, соответствующей степени метаморфизма углей, в которых зарождается, а затем и вырождается выбросоопасность (рис. 19.2). Дело в том, что показатель  $V^{daf}, \%$  недостаточно надёжно оценивает степень метаморфизма антрацитов при  $V^{daf} < 8\%$ , а также степень метаморфизма каменных углей при  $V^{daf} > 25\%$ . Для более надёжной оценки степени метаморфизма антрацитов используется показатель  $\lg r$  - логарифм удельного электросопротивления антрацитов. Для каменных углей, когда  $V^{daf} > 25\%$  было предложено использовать комплексный критерий метаморфизма

$$M = f(V^{daf}, y), \text{ у.е.},$$

где  $y$  - толщина пластического слоя, образующегося при нагревании угля без доступа воздуха, мм.

В точке А на оси абсцисс  $\lg r = 3,3$ , в точке Б -  $M = 27,7$  у.е. (рис.19.2.). Следовательно, если  $\lg r < 3,3$  и  $M > 27,7$  у.е. при разработке угольных пластов выбросоопасность не формируется.

Выбросы песчаников и газа в Донбассе происходят даже в тех геолого-промышленных районах и на тех шахтах, где ранее не происходили выбросы угля и газа. Вместе с тем, комплекс разносторонних лабораторных и шахтных экспериментов позволил отечественным специалистам прийти к выводу о единстве природы выбросов угля и газа, породы (песчаников) и газа.

Первоочередным вопросом здесь являлся вопрос о том, откуда в песчаниках газ. Так, природная газоносность выбросоопасных песчаников составляет в среднем  $(2,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ , в невыбросоопасных -  $(2,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ . В поисках доказательного ответа на этот вопрос был выполнен в течение нескольких лет очень значительный объём, иногда неординарных шахтных и лабораторных экспериментов, включающих:

- измерения степени метаморфизма углей пластообразных залежей (пластов), угольных включений и мелкорассеянной органики (размер вкраплений менее 3 мм) в песчаниках, алевролитах и аргиллитах; измерения давления газов в выбросоопасных слоях

песчаников и в угольных пластах, залегающих над или - под ними на этом же участке угольно-породного массива;

- измерения давления газов в одних и тех же скважинах, отдельные отрезки которых оказались на участках различной степени выбросоопасности песчаников, и отбор проб в них для измерения содержания различных газов,

- отбор проб газов в угольных пластах и выбросоопасных слоях песчаников для измерения содержания в них метана, высших углеводородов, углекислого газа, гелия и водорода;

- отбор проб водных растворов из угольных пластов и выбросоопасных слоев песчаников, вмещающих эти пласты, для измерения содержания в них оксидов и диоксидов железа, марганца, магния, алюминия и других соединений.

Оказалось, что давление газов в выбросоопасных слоях песчаников достигает 10 МПа и отличается в несколько раз от давления в выбросоопасных угольных пластах; давления газов и их состав в камерах одних и тех же скважин неодинаковы, а содержание газов и состав водных растворов различаются иногда на один и даже на два порядка.

Размеры угольных включений в песчаниках Донбасса изменяются от десятков микрон до десятков сантиметров. Если из крупных включений отбор проб угля для определения  $V^{daf}$  (%) не представляет сложности, то степень метаморфизма мелкорассеянной органики можно определить из-за малости навески угля только по данным об отражательной способности витринита. Результаты определения отражательной способности угольных включений размером менее 3 мм в песчаниках привели к выводу, что с уменьшением размеров включений отражательная способность увеличивается, свидетельствуя о росте темпа метаморфизма органических веществ, т. е. о росте скорости физико-химических превращений.

Полученные результаты позволили следующим образом объяснить, почему становятся возможными выбросы песчаника, происшедшие в геолого-промышленных районах Донбасса, где ранее не происходили выбросы угля и газа.

На стадии метаморфизма угольных пластов, характеризующейся  $M > 27,7$  у.е., уровень их газоносности, обусловленный невысокой степенью метаморфизма, недостаточен для возникновения выбросов угля и газа. Но в этих же горно-геологических условиях из-за того,

что темп метаморфизма мелкорассеянной органики выше, чем в угольных пластах, создаются условия, в которых метан и его гомологи в песчаниках генерируются интенсивнее. Достигается такой уровень природной газоносности, когда становятся возможными выбросы песчаников и газа. Было установлено, что выбросы песчаников и газа становятся возможными в геолого-промышленных районах, где отражательная способность витринита  $R^o > 0,75$  у.е. В пересчёте на комплексный показатель метаморфизма это  $M < 28,9$  у.е.

Выбросоопасность песчаников, раньше зарождаясь, раньше природой и устраняется. В геолого-промышленных районах, на шахтах, где степень метаморфизма углей характеризуется  $V^{daf} < 18\%$ , нет выбросов песчаников и газа. Они возможны (соответственно точки В и Г на рис. 19.2.) в интервале от  $V^{daf} > 18\%$  до  $M = 28,9$  у.е.

В целом рассмотрение рис 19.2. позволяет детализировать по степени выбросоопасности угольных шахтопластов и слоев песчаников области проявлений потенциальной выбросоопасности. К областям I, II (отсутствие выбросоопасности) и III (возможны выбросы угля) добавляется область IV, в которой не происходят выбросы угля и газа, но происходят и вероятны выбросы песчаников и газа. В области V могут происходить как выбросы угля и газа, так и выбросы песчаника и газа. В области VI могут происходить только выбросы угля и газа.

Обобщённо оценить количественно увеличение темпа метаморфизма, т. е. скорости физико-химических превращений угля пластов и мелкорассеянной органики песчаников, происходившее в течение десятков миллионов лет, можно следующим образом. Точке А на рисунке 19.2 соответствует  $\lg r = 3,3$ ; точке В -  $V^{daf} = 18\%$ ; Б -  $M = 27,7$  у.е. и Г -  $M = 28,9$  у.е. Если исходить из того, что  $\lg r = 3,3$  примерно соответствует  $V^{daf} = 3,5\%$ ;  $M = 27,7$  у.е. -  $V^{daf} = 36\%$ , а  $M = 28,9$  у.е. -  $V^{daf} = 39\%$ , то для песчаников диапазон начала и прекращения выбросов составит  $\Delta V_n^{daf} = 21\%$ , а для углей -  $\Delta V_y^{daf} = 32,5\%$ . Следовательно, для угольных шахтопластов диапазон изменения степени метаморфизма углей от возникновения до прекращения выбросов почти в 1,6 раза больше, чем для песчаников.

Многочисленные определения свойств выбросоопасных и невыбросоопасных песчаников привели к выводу о существовании между ними других чётко устанавливаемых различий, обусловленных процессами метаморфизма, в том числе, в результате



физико-химических превращений органических веществ, содержащихся в песчанике. Выбросоопасные песчаники (слои песчаников) имеют более светлую окраску. Средние значения абсолютной пористости выбросоопасных песчаников колеблется в пределах 6-10%, невыбросоопасных – в пределах 4-7%. Средние значения прочностных и деформационных характеристик для выбросоопасных песчаников составляют: предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж} = 115$  МПа, на разрыв  $\sigma_p = 12,3$  МПа, модуль упругости  $E_y = 1,05 \cdot 10^4$  МПа. Для невыбросоопасных песчаников  $\sigma_{сж} = 117$  МПа,  $\sigma_p = 12,3$  МПа, модуль упругости  $E_y = 0,84 \cdot 10^4$  МПа. В опасных зонах выбросоопасные песчаники характеризуется повышенными деформациями разгрузки: относительные деформации в опасных зонах составляют  $183 \cdot 10^{-4}$  -  $319 \cdot 10^{-4}$ , а в неопасных -  $29 \cdot 10^{-4}$  –  $0,5 \cdot 10^{-4}$ .

Первые представления о механизме выбросов угля и газа ещё в начале XX века были заимствованы в тех странах (Франция, Бельгия, Германия), в которых проблема выбросов была изучена наиболее глубоко. Считалось, что выброс зарождается в глубине угольного массива, откуда газом горная масса выбрасывается в выработки. Такое представление сохранялось практически неизменным продолжительное время - до начала пятидесятых годов.

В начале пятидесятых годов акад. С.А. Христиановичем было выполнено математическое описание принципиально нового представления механизма выбросов угля и газа, сущность которого в несколько упрощённом изложении заключалась в следующем. Впереди любого движущегося забоя под действием горного давления возникают (прорастают) микротрещины, параллельные забою. Из угля в микротрещину выделяется (десорбируется) газ и создает в ней какое-то давление. Если энергия газа достигнет предельных значений, достаточных для отрыва пластины угля, находящейся между забоем выработки и микротрещиной, произойдёт отрыв пластины. Он будет сопровождаться возникновением новой микротрещины, выделением в неё газа и т. д. Выброс угля и газа может прекращаться в том случае, если после образования очередной микротрещины запасы энергии сжатого газа окажутся меньше предельных.

Сотрудниками ИГД им. А.А. Скочинского развивающими энергетическую теорию выбросов, механизм выброса был представлен почти дословно так: существующая вблизи выработки в массиве горных пород концентрация напряжений может привести в

результате действия на забой к внезапному разрушению призабойной части пласта. При условии сообщения зоны разрушающегося угля с атмосферой выработки из измельчённого угля происходит быстрая десорбция находящегося там газа, который, устремляясь в сторону пониженного давления, увлекает за собой угольную мелочь. При наличии достаточно большой зоны раздавленного угля десорбирующийся и расширяющийся газ в состоянии отбросить разрушенный уголь на значительное расстояние.

МакНИИ – ДонНТУ (В.И. Николин) считая неточным представления как акад. С.А. Христиановича, так ИГД им. А.А. Скочинского, сформулировал механизм выброса угля (породы) и газа сформулирован следующим образом. Во время отбойки угля (породы) имеет место перераспределение напряжений, сопровождающееся деформациями упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести в направлении произведённой выемки, являющимися по своей природе деформациями растяжения. Если эти деформации по величине превосходят предельные значения, произойдёт отрыв пластины угля (породы), примыкающей к стенке выемки. Этот отрыв сопровождается новым (очередным) перераспределением напряжений, вновь приводящим к деформациям растяжения и т. д. и т. п. Выброс прекращается по двум причинам:

- очередное перераспределение напряжений сопровождается деформациями растяжения, не превосходящими предельных, т. е. исчерпана природой заложенная (сформированная) выбросоопасность;

- разрушенного угля (породы) в выработке оказалось так много, что теперь она препятствует (не допускает) дальнейшему увеличению объёма самопроизвольно разрушающегося пласта, без которого последующее разрушение становится невозможным.

Роль в сформулированном механизме выбросов метана, высших углеводородов и других веществ, содержащихся в угольном пласте и находящихся в макроусловиях в газообразном состоянии, двояка. Во-первых, наличие их в микропустотности угольного пласта приводит к охрупчиванию угольного пласта - повышению склонности к разрушению его участка, примыкающего к образованной полости, из-за имеющей место разгрузки. Во-вторых, последовательный отрыв пластин газоносного угольного (породного) массива сопровождается выделением в выработку газа и формирование в ней газугольного

псевдооживленного потока, движущегося по выработанному пространству забоя и примыкающим выработкам.

### **19.3 Основные требования и порядок применения комплекса мер при разработке угрожаемых и опасных по газодинамическим явлениям шахтопластов**

Разрабатываемые угольные шахтопласты подразделяют на невыбросоопасные, угрожаемые и выбросоопасные. В отдельных случаях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или участки.

К выбросоопасным относят пласты в пределах шахтного поля, на которых произошли внезапные выбросы угля и газа, или выбросоопасность которых установлена текущим прогнозом.

К угрожаемым относят пласты в пределах шахтного поля, потенциальная выбросоопасность которых с определенной глубины установлена прогнозом по геологоразведочным данным и разработка которых с этой глубины ведется с текущим прогнозом выбросоопасности.

При этажном способе подготовки шахтного поля границы выбросоопасности устанавливают с изогипсы, расположенной на 100 м выше первого выброса или опасной зоны, установленной прогнозом и экспертной оценкой, но не ниже отметки вентиляционного (верхнего) штрека. При панельном или погоризонтном способах подготовки шахтопласт считают выбросоопасным с изогипсы, проходящей на расстоянии 100 м по пласту выше отметки первого выброса угля и газа или опасной зоны, установленной прогнозом и экспертной оценкой.

К особо выбросоопасным относят шахтопласты или участки в зонах активных по выбросам тектонических нарушений; в зонах повышенного горного давления (ПГД), осложненных геологическими нарушениями; при переходе створов с краевыми частями целиков или остановленных забоев; на пластах с незащищенной нижней частью этажа.

Перечень и порядок отработки особо выбросоопасных шахтопластов или участков, выбросоопасных, угрожаемых, защитных шахтопластов, выбросоопасных пород и др., ежегодно определяет специальная комиссия.

Для безопасной разработки выбросоопасных и угрожаемых угольных пластов предусматривают следующий комплекс мер.

**1. Прогноз опасности возникновения газодинамических явлений.** Необходимость проведения прогноза выбросоопасности обусловлено по сути тремя факторами: различием шахтопластов по степени (категории) выбросоопасности; природной локальностью (зональностью) выбросоопасности пластов; наличием разгруженных и дегазированных участков пластов, примыкающих к ранее отработанным этажам (ярусам) и подготовительным выработкам. Поэтому прогноз выбросоопасности угольных пластов производится практически на всех этапах освоения шахтного поля: при ведении геологоразведочных работ; при вскрытии пластов; при проведении подготовительных выработок и ведении очистных работ.

Разработаны и являются нормативными следующие способы прогноза выбросоопасности.

1. Способ прогноза с использованием геологоразведочных данных (который можно отнести к региональному способу), позволяющий устанавливать выбросоопасность в пределах геолого-промышленного района бассейна или месторождения в целом и относить шахтопласты к невыбросоопасным или с определенной глубины к угрожаемым, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности.

2. Локальный способ прогноза, позволявший уточнять глубину ведения горных работ, с которой необходимо выполнять текущий (непрерывный по мере подвигания забоя) прогноз выбросоопасности;

3. Способ прогноза выбросоопасности участка шахтопласта в месте пересечения (вскрытия) его полевой выработкой.

4. Способ текущего (непрерывного по мере подвигания забоя) прогноза выбросоопасности призабойной части пласта (выбросоопасных зон) по величине начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров.

5. Способ текущего прогноза выбросоопасности призабойной части пласта по акустической эмиссии горного массива.

6. Способы контроля (текущего) выбросоопасности призабойной части пласта в подготовительных и очистных выработках по параметрам акустического сигнала.

7. Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавшей к ранее отработанным этажам (лавам).

**2. Опережающую разработку защитных пластов.** Применение опережающей разработки защитных пластов является обязательным и первоочередным требованием. По сути, отработка защитных

пластов относится к региональному, причем самому эффективному способу предотвращения выбросов. Вскрытие пластов, а также очистные и подготовительные работы в пределах защищенных зон производят без применения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа, а взрывные работы ведут в режиме, предусмотренном для сверхкатегорных по газу шахт. Однако из-за горно-геологических и сложившихся горнотехнических условий в среднем на пологих пластах только 5%, а на крутых только 20% очистных и подготовительных забоев работают под защитой и возможности увеличения защитных пластов практически исчерпаны. Поэтому большинство шахтопластов в свите (свитах) разрабатываются как одиночные с применением всего комплекса противовыбросных мероприятий.

**3. Системы разработки и технологии ведения горных работ, исключаящие или уменьшающие опасность возникновения газодинамических явлений.** Разработку незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов необходимо производить столбовыми системами. В случаях, когда по горно-геологическим условиям не представляется возможным применить столбовую систему разработки допускается применение сплошной или комбинированной системы разработки. При применении сплошной системы разработки на незащищенных выбросоопасных крутых и крутонаклонных пластах забой откаточного штрека должен опережать очистной забой (считая от первого уступа лавы или нижнего сопряжения лавы со штреком) не менее чем на 100 м. Просеки (нижние печи) должны опережать очистной забой не менее чем на 20 м.

На пологих и наклонных пластах при сплошной системе разработки допускается проведение откаточного (конвейерного) штрека по углю одним забоем с лавой или с опережением не менее 100 м. В отдельных случаях по заключению МакНИИ опережение конвейерного штрека может устанавливаться менее 100 м в зависимости от горнотехнических условий. При этом отбойку угля в опережении осуществляют сотрясательным взрыванием.

Выемку угля в очистных забоях пологих и наклонных выбросоопасных пластов следует производить самозарубывающимися комбайнами или струговыми установками. При отсутствии самозарубывающихся комбайнов выемка угля в нишах производится выбуриванием, отбойными молотками или

сотрясательным взрыванием. Выемку угля узкозахватными комбайнами следует производить по односторонней схеме. Выемка угля по двухсторонней схеме допускается в неопасных зонах, установленных текущим прогнозом, а также в зонах, обработанных способами предотвращения внезапных выбросов с контролем их эффективности.

В исключительных случаях допускается выемка угля широкозахватными комбайнами, а при неустойчивой, легкообрушающейся кровле отбойными молотками по всей длине лавы (или отдельной ее части) с применением специальных мероприятий.

Выемку угля на крутых выбросоопасных шахтопластах необходимо производить лавами по падению с применением щитовых агрегатов, а также лавами по простиранию с применением дистанционно управляемых комбайнов (комбайновая часть лавы при этом должна составлять не менее 80% от общей ее длины) или отбойными молотками.

При потолкоуступной форме очистного забоя расстояние между уступами не должно превышать 3 м для пластов мощностью до 1 м и 4 м для пластов мощностью более 1 м.

Управление кровлей в очистных забоях выбросоопасных шахтопластов должно производиться полным обрушением или полной закладкой выработанного пространства. Способы управления кровлей плавным опусканием или удержанием на кострах допускаются в исключительных случаях.

Заложение полевых выработок необходимо проводить на расстоянии не менее 5 м от выбросоопасных угольных пластов, считая по нормали. В отдельных случаях по согласованию с МакНИИ допускается заложение полевых выработок на меньшем расстоянии. При этом полевою выработку необходимо проводить с бурением разведочных контрольных скважин через каждые 5 м подвигания. При проведении полевой выработки буровзрывным способом режим сотрясательного взрывания вводят при приближении к пласту на расстояние, равное 3 м по нормали.

Для особо выбросоопасных шахтопластов применяют дополнительные мероприятия (устанавливается скорость подвигания очистных и подготовительных забоев, число циклов выемки, технологические перерывы между производственными процессами, максимальная глубина ниш). Контроль продолжительности технологического перерыва между производственными процессами

при струговой выемке угля обеспечивается аппаратурой АКМ с телеметрической регистрацией.

Горные работы в зонах влияния геологических нарушений на пологих выбросоопасных пластах Донбасса осуществляют с применением специальных мероприятий на этапах приближения забоя к геологическому нарушению, пересечения и удаления от него.

**4. Способы предотвращения газодинамических явлений.** Незащищенные выбросоопасные угольных шахтопласты должны обрабатываться с применением прогноза и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа по определенным признакам разделяются на региональные и локальные. При этом в категории локальных способов, отдельно следует выделять способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии пластов.

Региональные способы позволяют заблаговременно устранить выбросоопасность участка пласта до начала ведения на нем очистных или подготовительных работ. Кроме опережающей разработки защитных пластов к нормативным региональным способам относятся дегазация угольных пластов и увлажнение угольных пластов через длинные скважины, пробуренные впереди очистного забоя. Достоинством этих и других региональных способов является то, что работы по выполнению способов практически не влияют на ведение горных работ. Основным недостатком региональных способов, который в силу специфики не относится к защитной обработке, является то, что при относительно большой площади обработки пласта не учитывается локальность выбросоопасности.

Локальные способы предназначены для приведения призабойной части угольного массива в невыбросоопасное состояние и осуществляются со стороны очистных или подготовительных забоев. К локальным способам относятся: гидрорыхление, образование разгрузочных пазов и щелей, торпедирование угольного массива, бурение опережающих скважин, гидроотжим пласта, образование разгрузочной щели по длине очистного забоя, вибрационное воздействие на призабойную часть пласта. Достоинство локальных способов - возможность их выполнения в реально выбросоопасных зонах, установленных текущим прогнозом выбросоопасности. Основным недостатком способов является необходимость остановки

забоя для их выполнения, как правило, с выделения специальной смены, что сдерживает ведение горных работ.

Способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии пластов несколько различаются по технологии применения (а отдельные способы и по физической сущности) на способы вскрытия стволами и вскрытия квершлагами и другими полевыми выработками. Вскрытие пласта стволами может осуществляться с бурением дренажных скважин, с возведением каркасной крепи, с гидрорыхлением угольного массива. При вскрытии пласта квершлагами и другими полевыми выработками может применяться бурение дренажных скважин, нагнетание воды в режиме гидрорыхления, возведение каркасной крепи, гидровывывание угля.

**5. Контроль эффективности способов предотвращения газодинамических явлений.** Все способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа (кроме опережающей отработке защитных пластов при соблюдении нормативных параметров) подлежат обязательному контролю эффективности устранения выбросоопасности перед началом работ по выемке угля. Контроль эффективности локальных способов предотвращения выбросов угля и газа осуществляется в основном двумя способами.

1. По динамике начальной скорости газовыделения в контрольных шпурах (способ является основным и достаточно простым в исполнении).

2. Определением величины зоны разгрузки призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала.

Характерной особенностью способов является то, что в основу способов положено определение размеров безопасной зоны разгрузки призабойной части пласта, являющейся интегральной характеристикой его напряженно-деформированного и газодинамического состояния.

С определенными допущениями к способу контроля эффективности обработанного участка пласта можно отнести оперативное управление интенсивностью технологических процессов.

Специфические методы контроля эффективности имеют региональные способы предотвращения выбросов угля и газа.

**6. Мероприятия по обеспечению безопасности работающих.** При разработке незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов должны применяться следующие мероприятия по



обеспечению безопасности работающих: производство взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания; схемы вентиляции, обеспечивающие устойчивое проветривание забоев с подсыжением исходящей из очистного забоя струи воздуха; регламентацию последовательности выполнения технологических процессов и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа; организацию телеметрического контроля за содержанием метана в очистных и подготовительных забоях; дистанционное управление машинами и механизмами; телефонную связь; устройство индивидуальных и групповых пунктов жизнеобеспечения на случай выброса угля и газа.

#### **19.4 Общая организация работ по борьбе с газодинамическими явлениями**

Техническую политику и руководство работами по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа осуществляют Минуглепром - технические директора (главные инженеры) государственных предприятий (компаний, шахтостроительных комбинатов, трестов и т. п) и главного горняка по борьбе с выбросами этих объединений - главные инженеры шахт (шахтостроительных управлений).

Рассмотрение вопросов не предусмотренных нормативными документами осуществляет Центральная комиссия по борьбе с газодинамическими явлениями по представлению технического директора (главного инженера) и заключения МакНИИ. Разрешение на ведение работ в соответствии с рекомендациями комиссии выдает Госгорпромнадзор.

На шахтах ведение прогноза и контроль эффективности противовыбросных мероприятий осуществляет служба (группа) прогноза участков ВТБ, подчиненная непосредственно главному инженеру шахты. На должность руководителя службы прогноза (заместителя начальника участка ВТБ по прогнозу и контролю за газодинамическими явлениями) назначается лицо с высшим горнотехническим образованием со стажем подземной работы на выбросоопасных пластах, прошедшее обучение в МакНИИ. Основной персонал службы прогноза состоит из прошедших обучение в МакНИИ горных мастеров по прогнозу, а если шахта оборудована сейсмопрогнозом, то из операторов сейсмопрогноза и

электрослесарей по обслуживанию оборудования. За службой прогноза приказом по шахте закрепляется геолог.

Способы предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа выполняют участки ПР по ТБ или же эксплуатационные и подготовительные участки. Для выполнения локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа и сотрясательного взрыва на шахте выделяется специальная смена.

Проекты строительства и реконструкции шахт и подготовки новых горизонтов с выбросоопасными и угрожаемыми пластами, а также с выбросоопасными породами должны содержать раздел с техническими решениями по предотвращению внезапных выбросов угля, породы и газа согласованным с МакНИИ и НИМИ Украины<sup>7</sup>.

На каждый выбросоопасный и угрожаемый пласт ежегодно составляется Комплекс мер по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. На основании комплекса мер для каждой вскрывающей выработки разрабатывается Паспорт вскрытия пласта (пропластка), а на каждую подготовительную или очистную выработку Мероприятия по борьбе с газодинамическими явлениями для включения их в паспорт выемочного участка или паспорт проведения и крепления выработки.

Зоны ПГД от целиков и краевых частей угольного массива соседних пластов и зоны тектонических нарушений указывают на плане горных работ и выкопировке из него, прилагаемой к паспорту выемочного участка и паспорту проведения и крепления выработок.

На участках должен вестись планшет (эскиз) подвигания очистных и подготовительных работ с привязкой их к маркшейдерскому знаку в масштабе 1:200 с несением геометрических параметров прогноза, способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа, контроля их эффективности и др. Служба (группа) прогноза шахты ежесуточно согласовывает безопасную глубину выемки в очистных и подготовительных забоях по данным текущего прогноза выбросоопасности или контроля эффективности способов предотвращения внезапных выбросов.

Каждое газодинамическое явление расследуется в установленном порядке. На каждое газодинамическое явление составляется акт по специальной форме и, кроме выбросов при сотрясательном взрывании, карточка регистрации.

<sup>7</sup> Научно исследовательский маркшейдерский институт, г. Донецк.

Места и дату возникновения выбросов угля и газа наносят на планы горных работ и планшеты, используя обозначение  $\oplus$ <sub>10.12.04</sub> (в красном цвете, относящиеся к категории внезапных, в черном - при сотрясательном взрывании).

Ответственность за обеспечение безопасных условий труда при разработке выбросоопасных угольных пластов возлагается на главного инженера шахты (шахтостроительного управления).

## 19.5 Прогноз опасности возникновения газодинамических явлений

**Прогноз выбросоопасности по геологоразведочным данным.** Прогноз производится геологоразведочными организациями, в том числе по данным геологоразведочных скважин, пробуренных с поверхности.

Шахтопласт относится к невыбросоопасным независимо от глубины разработки и природной газоносности, если комплексный показатель степени метаморфизма  $M > 27,7$  у.е. или  $I_{gr} < 3,3$ , а также, если для углей конкретной степени метаморфизма природная газоносность или глубина разработки меньше значений, указанных в таблице 19.3. Расчет комплексного показателя  $M$  производится при  $V^{daf} = 9-29\%$  по формуле  $M = V^{daf} - 0,16y$ , у.е., при  $V^{daf} > 29\%$  по формуле  $M = [(4V^{daf} - 91)/(y + 2,9) + 24]$ , у.е., где  $y$  – толщина пластического слоя угля при спекании, мм (для неспекающихся углей  $y = 0$ ).

В остальных случаях с глубины, определяемой данными таблицы 19.3, осуществляется прогноз выбросоопасности шахтопластов.

Таблица 19.3 – Характеристики шахтопластов, определяющие отнесение их к выбросоопасным или неопасным, разрабатываемых с прогнозом выбросоопасности

Выход летучих веществ $V^{daf}$ , %	Предельные значения комплексного показателя степени метаморфизма $M$ , у.е.	Критическая природная газоносность, м <sup>3</sup> /т.с.б.м.	Критическая глубина разработки, м
Более 29	26,3-27	8	400
	24,5-26,2	9	380
	23,7-27,6		
9-29	17,6-23,6	11	320
	13,5-17,5	12	270
	$\leq 13,4$	13	230
		15	150
Менее 9			

**Прогноз выбросоопасности участка шахтопласта в месте вскрытия его полевой выработкой.** Способ осуществляют работниками службы прогноза шахты при оказании научно-технической помощи МакНИИ. При подходе вскрывающей выработки к пласту или пропластку мощностью не менее 0,2 м, начиная с 10 м по нормали к предполагаемому их залеганию, производится бурение разведочных скважин глубиной не менее 5 м для уточнения положения пласта (пропластка). На расстоянии не менее 3 м по нормали бурят контрольные скважины (шпуры), в которых с помощью механического газозатвора ЗГ-1 или пневматического типа ПГШ-1 и прибора ПГ-2м измеряют скорость газовыделения  $q$ , а с помощью керноборника отбирают пробы угля для определения в МакНИИ крепости угля  $f$  и иодного показателя  $\Delta J$ .

Ситуация перед вскрытием оценивается как невыбросоопасная, если максимальные значения определяемых показателей одновременно соответствуют выполнению трех условий:  $q \leq 2$  л/мин;  $\Delta J \leq 3,5$  мг/г;  $f \geq 0,6$  у.е. Если хотя бы один из трех показателей не соответствует указанному условию, ситуация считается опасной и вскрытие пласта (пропластка) осуществляется при прогнозе «опасно».

**Текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из шпуров.** Сущность способа текущего прогноза выбросоопасных зон заключается в следующем. С целью получения исходных данных для текущего прогноза не более чем 25 м от геологического нарушения производят разведочные наблюдения. В подготовительных выработках эти наблюдения включают измерения начальной скорости газовыделения  $q_n$  (л/мин) в интервале 3,0-3,5 по длине шпура с помощью прибора ПГ-2МА и газозатворов ЗГ-1 или ПГШ-1, крепости угля  $f$  (у.е.) в шпуре глубиной 2 м прибором ПК-1 и общей мощности пласта  $m$  (м) в крайних точках забоя в пяти циклах проходки. В очистных выработках измерения проводят в пяти пунктах (шпурах) расположенных равномерно по длине забоя. На участке разведочных наблюдений производят также отбор десяти проб угля для определения объемного выхода летучих веществ угля по массе  $V^{daf}$  (%).

На основании обработки результатов разведочных наблюдений получают исходные данные для текущего прогноза: максимальную

начальную скорость газовыделения шпуров  $q_n^{\max}$  (л/мин), средние арифметические значения крепости угля  $f_{cp}$  (у.е.) и удельного выхода летучих веществ угля  $V_{cp}^{daf}$  (%), а также изменчивость крепости угля  $V_f$  (%) и мощности пласта  $V_m$  (%).

Если  $V_f \leq 20\%$ ;  $V_m \leq 10\%$ ;  $f_{cp} \geq 0,8$  у.е., а  $q_n^{\max}$  при  $V_{cp}^{daf} < 15\%$  менее 5 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} = 15-20\%$  менее 4,5 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} = 20-30\%$  менее 4,0 л/мин; при  $V_{cp}^{daf} > 30\%$  менее 4,5 л/мин, то делается заключение об отсутствии выбросоопасности пласта на участке разведочных наблюдений и дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением текущего прогноза выбросоопасности.

При текущем прогнозе измеряется только начальная скорость газовыделения в интервалах бурения шпуров 1,5-2,0; 2,5-3,0; 3,0-3,5 м. Шпуры бурят через 2 м подвигания подготовительного и 3,2 м очистного забоя, а в нишах лав - через 2 м.

В подготовительной выработке бурят два шпура в 0,5 м от стенок. В очистных забоях на пологих и наклонных пластах шпуры бурят в нишах на расстоянии 0,5 м от кутков, в 5 м от ниш и через 10 м по длине лавы.

Если хотя бы в одном из интервалов бурения шпуров начальная скорость газовыделения больше указанных критических значений или из-за сложных горно-геологических условий нельзя выполнить прогнозирование, то зона относится к опасной по выбросам. В этом случае дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением способов предотвращения выбросов угля и газа или сотрясательным взрыванием.

Выход забоя из опасной зоны определяется с помощью контрольных наблюдений, которые проводятся по методике разведочных наблюдений в двух циклах выемки пласта в очистных выработках и в пяти проходческих циклах в подготовительных выработках. При показаниях прогноза «неопасно» способ предотвращения выбросов или сотрясательное взрывание отменяются, и вводится текущий прогноз выбросоопасности.

**Текущий прогноз выбросоопасности по сейсмоакустической активности пласта.** Сейсмоакустическая активность (шумность) пласта является характеристикой, отражающей изменение напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта при ведении горных работ. За сейсмоакустическую активность принимается число естественных сейсмоакустических импульсов

(характерных щелчков в звуковом диапазоне), обусловленных трещинообразованием угля при изменении напряженно-деформированного состояния пласта в процессе ведения горных работ и регистрируемых звукоулавливающей аппаратурой в единицу времени.

Для прогноза опасных зон при очистных работах находят значения часовой и среднечасовой шумности. Характерным признаком входа очистного забоя в опасную зону считается устойчивое, не менее двух раз увеличение среднего значения часовой шумности, вычисленное за опорный интервал осреднения, равный 30 часам. Этот признак называется «критерием двух точек». Кроме устойчивого повышения среднего уровня шумности признаком опасности является внезапное возрастание часовой шумности в четыре раза и более по сравнению со средним уровнем шумности. Этот признак называется «критерий критического превышения». Заключение о входе забоя в опасную зону дается, когда хотя бы один из критериев имеет опасные значения. При этом заключение по «критическому превышению» является экстренным и требует немедленного оповещения руководства шахты и участка и прекращения работ по углю.

Регистрацию и замеры сейсмоакустической активности пласта осуществляют с помощью звукоулавливающей аппаратуры типа ЗУА-98 по типовой схеме: сейсмоприемник (геофон), усилитель низкой частоты, высокочастотный преобразователь, канал связи, демодулятор, регистрирующее устройство, магнитофон для контрольной записи активности пласта, одновременное ее прослушивание и регистрацию шумности оператором сейсмопрогноза.

В очистных выработках геофон может быть установлен путем расклинивания в шпуре длиной не менее 4 м, пробуренном по пласту из опережающей выработки или на элементах крепи. При малом радиусе действия геофона устанавливают несколько геофонов одного типа. В подготовительных выработках, проводимых взрывным способом, сейсмоприемник устанавливают на расстоянии 5-20 м от забоя в шпуре длиной не менее 2 м, пробуренном по углю, или в шпуре длиной 1 м, пробуренного по породе. В выработках, проводимых комбайнами, расстояние от забоя до шпура должно быть 20-40 м.

**Способы контроля выбросоопасности призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала.** Способы текущего контроля выбросоопасности призабойной части пласта в подготовительных и в очистных выработках по параметрам акустического сигнала основаны на зависимости параметров акустического сигнала, возникающего при воздействии на угольный пласт проходческого или добычного оборудования, от напряженно-деформированного состояния пласта.

Способы предназначены для выявления опасных по выбросам угля и газа зон в очистных и подготовительных выработках выбросоопасных или угрожаемых угольных пластов пологого и крутого падения и предусматривают регистрацию, передачу на поверхность акустического сигнала и его обработку в реальном времени на персональном компьютере.

В качестве специальных средств для реализации способов используются: система регистрации акустического сигнала и передачи его по линиям связи на поверхность (типа АПСС); персональный компьютер, совместимый с IBM; программа МакНИИ обработки и анализа акустического сигнала.

Для регистрации акустического сигнала при проведении подготовительных выработок устанавливается два сейсмоприемника (подземные блоки АПСС): один на расстоянии 5-10 м второй, (рабочий), на расстоянии 15-40 м от забоя, который подключается к аппаратуре АПСС. После подвигания забоя на 10-20 м АПСС подключается на первый сейсмоприемник, который становится рабочим, а второй устанавливается в 5-10 м от забоя. Допускается установка одного сейсмоприемника на расстоянии 15-20 м от забоя и его перенос на это же расстояние при подвигании забоя на 15-20 м.

Для регистрации акустического сигнала в очистных забоях сейсмоприемник устанавливается: при столбовой системе разработки - в вентиляционном и конвейерном штреках впереди забоя на расстоянии 15-40 м; при сплошной системе разработки - в двух штреках на расстоянии 10-30 м позади линии забоя; при смешанной системе разработки один сейсмоприемник устанавливается в опережающем штреке впереди забоя аналогично столбовой системе, а второй – аналогично сплошной системе разработки. При ведении очистных работ на расстоянии до 10 м от ранее отработанных лав и при длине очистного забоя до 120 м допускается установка одного сейсмоприемника в конвейерном штреке.

Сейсмоприемник устанавливается путем расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах, на глубине 0,3-1,0 м. Допускается установка сейсмоприемника на элементах крепи, если обеспечивается его надежный контакт с массивом.

При контроле выбросоопасности прогностическими параметрами акустического сигнала могут быть: частота максимальной амплитуды, нижняя и верхняя границы частоты при среднем уровне амплитуд и при повторном осреднении, амплитуды высокочастотной и низкочастотной составляющих. Коэффициент выбросоопасности, равный отношению последних, используется для качественной оценки выбросоопасности в забое. Для вычисления низкочастотной и высокочастотной составляющих устанавливается нижняя и верхняя рабочие частоты, которые принимаются близкими значениям нижней и верхней границ повторного осреднения амплитудного спектра.

Контроль выбросоопасности осуществляется: на угрожаемых и выбросоопасных пластах одновременно по четырем параметрам, на особо опасных пластах и участках отдельно по двум парам параметров. Как правило, одну пару составляют низко- и высокочастотные составляющие ( $A_n$  и  $A_b$ ), а вторую пару - нижние границы средних амплитуд ( $f_n$  и  $f_n^1$ ).

Для определения критических значений прогностических параметров предварительно проводят разведочные наблюдения в 30 циклах в неопасной по выбросам зоне, установленной другим способом прогноза, или в зоне, обработанной противовыбросными мероприятиями. Критические значения параметров автоматически вычисляются в программе анализа базы данных, они равны средним по выборке значениям, увеличенным (а для низкочастотной составляющей уменьшенным) на 1,5 среднеквадратического отклонения.

Контроль выбросоопасности осуществляется автоматически отдельно для каждого канала регистрации путем сопоставления текущих значений прогностических параметров с их критическими значениями. В качестве текущих значений используются средние по всему циклу наблюдений (цикл выемки угля в подготовительном забое, снятие полосы угля в очистном забое, в нише и т. п.) отдельно для каждого канала регистрации.

При прогнозе «неопасно» безопасная глубина выемки равна величине подвигания забоя в цикле. Результаты прогноза



распространяются на следующий цикл подвигания забоя, равный предыдущему выемочному циклу.

Прогноз «опасно» выдается компьютером, если текущие значения для низкочастотной составляющей опустятся ниже критического уровня, а для всех остальных превысят критический уровень.

При получении прогноза «опасно» оператор сообщает об этом в забой и горному диспетчеру шахты. Дальнейшее проведение выработки (выемка угля) осуществляется после выполнения противовыбросных мероприятий и контроля их эффективности или буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания.

Выход из опасной зоны осуществляется после получения прогноза «неопасно» и подвигания забоя в неопасной зоне на шесть циклов (зона запаса).

В очистных забоях нередко весьма важным является уточнение границ опасной зоны по длине лавы. Для этого применяют одним из следующих способов.

Первый способ - путем интерполяции по длине забоя значений коэффициента выбросоопасности  $K_B$  во временных интервалах и определение положения интервала с максимальным значением  $K_B$  по формуле

$$C_M = C_H + (C_K - C_H) n/N,$$

где  $C_M$  - номер секции крепи с максимальным значением  $K_B$ ;  $C_H$  - номер секции крепи начала движения комбайна;  $C_K$  - номер секции крепи остановки комбайна;  $N$  - общее количество набранных интервалов  $K_B$ ;  $n$  - номер интервала с максимальным значением  $K_B$ .

Границами участков возможного проявления выбросоопасности будут минимумы, расположенные с двух сторон от зоны максимального значения коэффициента выбросоопасности.

Этот способ применяют при регистрации и обработке сигнала, соответствующей равномерному движению комбайна по забою, или при наличии у оператора непрерывной информации о положении комбайна.

Второй способ заключается в определении состояния массива путем его импульсного возбуждения, регистрации и обработки акустического сигнала в пунктах наблюдений, которые располагаются с шагом 10-20 м по всей длине забоя. На каждом

пункте сейсмоприемник устанавливается в кровле, по обе стороны от сейсмоприемника на расстоянии 2-3 м наносят серии из 5-7 ударов по кровле. Акустический сигнал от импульсного возбуждения массива обрабатывается на компьютере по программам МакНИИ. В результате обработки для каждого пункта наблюдений вычисляется коэффициент выбросоопасности. Участок возможного проявления выбросоопасности включает зону максимального значения коэффициента выбросоопасности и обрамляющие ее с двух сторон минимумы.

Третий способ - путем бурения по всему забою шагом 10 м контрольных шпуров и определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения.

**Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавшей к ранее отработанным этажам (лавам).** Практика показывает, что на участке лавы, примыкающей к ранее отработанным этажам, выбросоопасность отсутствует. С позиций физического смысла разгрузка и дегазация участка пласта в верхней части этажа определяется процессами обрушения и сдвижения вмещающих пород в результате отработки запасов предыдущего этажа. Эти процессы зависят от глубины разработки пласта и протекают во времени. Поэтому верхнюю часть этажа, примыкающую к выработанному пространству предыдущих этажей, допускается разрабатывать как в невыбросоопасной зоне на участках, размеры которых по падению ( $L_p$ , м) определяют в зависимости от глубины верхней части (очередного) этажа ( $H$ , м) и времени ( $T$ , лет), прошедшего отработки запасов предыдущего этажа

$$L_{p1} = 17,2 - \frac{10}{T} \dots \text{для} \dots H \leq 800 \text{ м,}$$

$$L_{p2} = 29,3 - \frac{19,4}{T} \dots \text{для} \dots H > 800 \text{ м.}$$

По мере подвигания лавы на участке  $L_p$  противовыбросные мероприятия отменяются (кроме зон ПГД) и вводится контроль размера зоны разгрузки по динамике газовыделения.

**Оперативное управление интенсивностью технологических процессов.** Оперативное управление интенсивностью технологических процессов может применяться в очистных забоях с

комбайновой, щитовой и струговой технологией выемки, а также в нарезных и подготовительных выработках и заключается в изменение режима технологического воздействия на пласт в соответствии с результатами контроля акустической эмиссии (АЭ) горного массива аппаратурой ЗУА. Основным информативным признаком при управлении интенсивностью выемки угля являются часовая и десятиминутная активности сейсмоакустической эмиссии. Для осуществления оперативного управления при использовании в забое пневматической энергии организуют прямую громкоговорящую связь между оператором группы сеймопрогноза и машинистом, управляющим механизмом. При использовании в забое электроэнергии организуют прямую телефонную связь с диспетчером (начальником смены), который снимает напряжение с управляемого механизма путем дистанционного (с помощью аппаратуры ТУ-ТС) отключения электроэнергии с поверхности. Команда оператора должна быть выполнена в течение 2 мин. Разрешение на возобновление выемки может быть дано после начала нового часового интервала определения активности акустической эмиссии, но не ранее, чем через время последствия процесса (предварительно установленное время реакции пласта на прекращение работ), если активность не достигла критического значения.

## **19.6 Опережающая отработка защитных пластов**

Защитным считается такой пласт (пропласток, слой породы), опережающая разработка которого обеспечивает полную безопасность в отношении внезапных выбросов на защищаемом пласте свиты или частичную разгрузку от горного давления, облегчающую выполнение других способов борьбы с внезапными выбросами регионального или локального характера. Защите подлежат угольные пласты, опасные и угрожаемые по внезапным выбросам угля и газа, пласты (слои) выбросоопасных песчаников, по которым проводятся горные выработки.

Механизм защитного действия заключается в том, что по мере отработки защитного пласта вслед за выемкой угля развиваются деформации упругого восстановления, упругого последствия и обратной ползучести вмещающих пород, сопровождающиеся расслоением (обрушением) пород кровли и приводящие к изменению

напряженного состояния горного массива, в том числе находящихся в зоне влияния угольных пластов. Если разработка защитного пласта приведет к такому изменению напряженности находящегося в зоне влияния защищаемого выбросоопасного пласта, которое обеспечит рост газопроницаемости и, как следствие, эффективную дегазацию, выбросы угля и газа будут предотвращены.

Защитные могут быть не только угольные пласты, но и пропластки и породные слои. Если все пласты в свите потенциально выбросоопасные, то в качестве защитного принимается пласт наименее опасный и наиболее перспективный с точки зрения защиты, отрабатываемый как одиночный с применением необходимого комплекса противовыбросных мероприятий.

Отработку защитного пласта необходимо производить без оставления целиков и участков угольного массива в выработанном пространстве. В случае оставления целиков обязательным является нанесение их и зон ПГД от них на планы горных работ.

Пласты в свите могут разрабатываться в нисходящем, восходящем и смешанном порядках. Порядок разработки пластов в свите выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить эффективной защитой наибольшее число выбросоопасных и угрожаемых пластов (рис. 19.3).

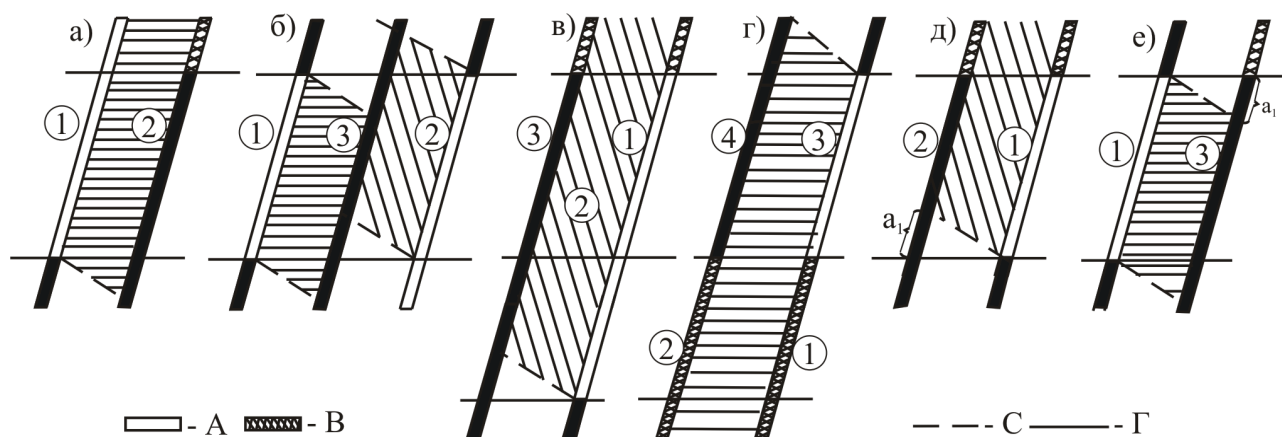


Рисунок 19.3 – Основные схемы использования защитных пластов  
 А – очистная выработка на защитном пласте; В – выработанное пространство на отработанных горизонтах; С – границы защиты; Г – отметка горизонта;  $a_1$  – незащищенный участок; 1, 2, 3, 4 – порядок отработки пластов и этажей

Защита пластов в пределах всего этажа (полная защита) обеспечивается надработкой при условии, что защитный пласт отработан на вышележащем горизонте (рис. 19.3, а); двойной защитой (рис. 19.3, б); подработкой при условии, что защитный пласт

отрабатывают с опережением на один этаж и более (рис. 19.3, в); восходящим порядком отработки этажей и пластов (рис. 19.3, г). В остальных случаях защита на всю высоту этажа не обеспечивается (рис. 19.3, д, е).

Участки  $a_1$ , характеризуются повышенной опасностью по внезапным выбросам, в особенности в ситуации, показанной на рис. 19.3, д. На крутых пластах запрещается ведение горных работ в незащищенной части этажа (частичной защиты) по схеме рисунка 19.3, д, кроме следующих случаев: выемку угля производят столбами по падению с помощью щитов агрегатов при полевой подготовке выемочных столбов; лава работает по безмагазинной схеме, запасные выходы на откаточный штрек оборудуют в выработанном пространстве, а выемка угля комбайном производят без присутствия людей в забое; выемку угля производят в пределах защищенной зоны через гезенки, проведенные с полевого откаточного штрека или откаточного штрека нижележащего пласта.

Изменения напряженного состояния горного массива, прослеживаются на более значительное расстояние над защитным пластом, чем под ним. Минимально допустимую мощность  $h_{\min}$  междупластья при подработке, с точки зрения технологической возможности последующей разработки опасного по выбросам пласта, определяется по формулам

$$h_{\min} \geq K_r m \cos \alpha \quad \text{при} \quad \alpha < 60^\circ;$$

$$h_{\min} \geq K_r m \sin \alpha/2 \quad \text{при} \quad \alpha \geq 60^\circ,$$

где  $m$  - мощность защитного пласта (слоя), м;  $\alpha$  - угол падения, град;  $K_r$  - коэффициент, учитывающий геологические и горно-технические условия разработки защитного пласта ( $K_r = 4$  при разработке защитного пласта с закладкой выработанного пространства;  $K_r = 6$  при разработке тонких и средней мощности пластов с полным обрушением кровли;  $K_r = 8$  при разработке мощного пласта щитовой системой с обрушением кровли при интенсивном перепуске пород с вышележащего горизонта;  $K_r = 10$  при разработке мощного пласта длинными столбами по простиранию или щитовой системой с обрушением кровли при затрудненном перепуске пород с вышележащего горизонта).

Для построения границ защищенных зон, в соответствии со схемами, показанными на рисунках 19.4 и 19.5, необходимо располагать следующими исходными данными:  $H$  – расстояние от дневной поверхности до нижней отметки очистной выработки защитного пласта, м;  $h_1$  и  $h_2$  – мощность пород междупластья над и под защитным пластом;  $\eta$  – содержание песчаников в составе междупластья, %;  $a$  и  $b$  – размеры выработанного пространства на защитном пласте соответственно по падению и простиранию.

Влияние способа управления кровлей учитывается введением понятия эффективной мощности защитного пласта, при полном обрушении

$$m_{эф} = m, \text{ м,}$$

а в случае применения закладки выработанного пространства

$$m_{эф} = K_3 m, \text{ м,}$$

где  $K_3$  – коэффициент, учитывающий компрессионные свойства закладочного материала ( $K_3 = 0,2$  при гидравлической закладке,  $K_3 = 0,3$  при других видах закладки).

Для пластов крутого падения принимают  $K_3 = 0,35$  – при гидрозакладке,  $K_3 = 0,45$  – при других видах закладки,  $K = 0,7$  – при управлении кровлей удержанием на кострах,  $K_3 = 1$  – при управлении кровлей полным обрушением или плавным опусканием.

Размеры защищенной зоны в кровлю (над пластом)  $S_1$  и в почву (под пластом)  $S_2$  определяют по схемам рисунков 19.4 и 19.5.

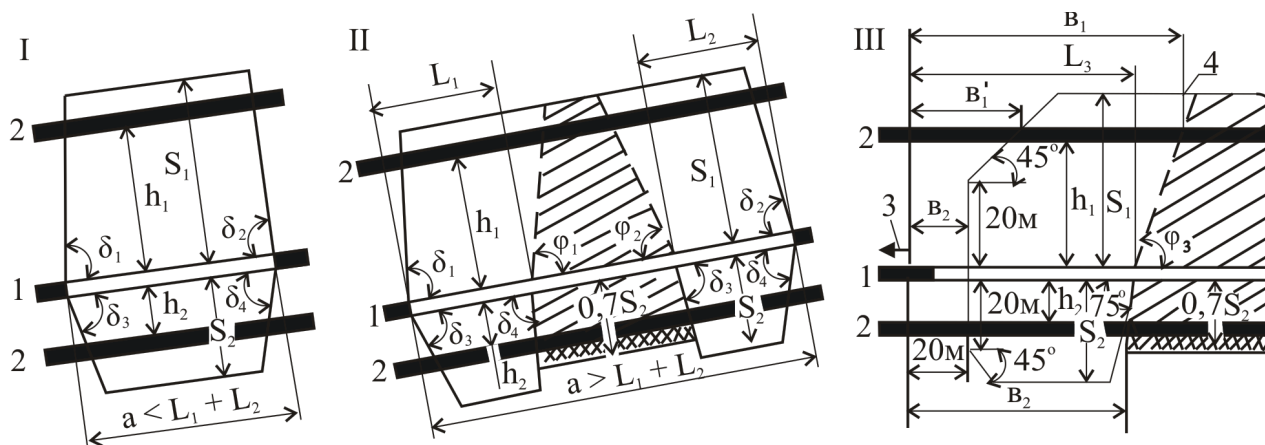


Рисунок 19.4 – Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по простиранию

I – сечение вкрест простиранию при  $a < L_1 + L_2$ ; II – тоже при  $a > L_1 + L_2$ ; III – сечение по простиранию; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя защитного пласта;  $\square$  – защищенная зона;  $\text{штриховка}$  – область восстановления опасных нагрузок;  $\text{красная штриховка}$  – незащищенный участок

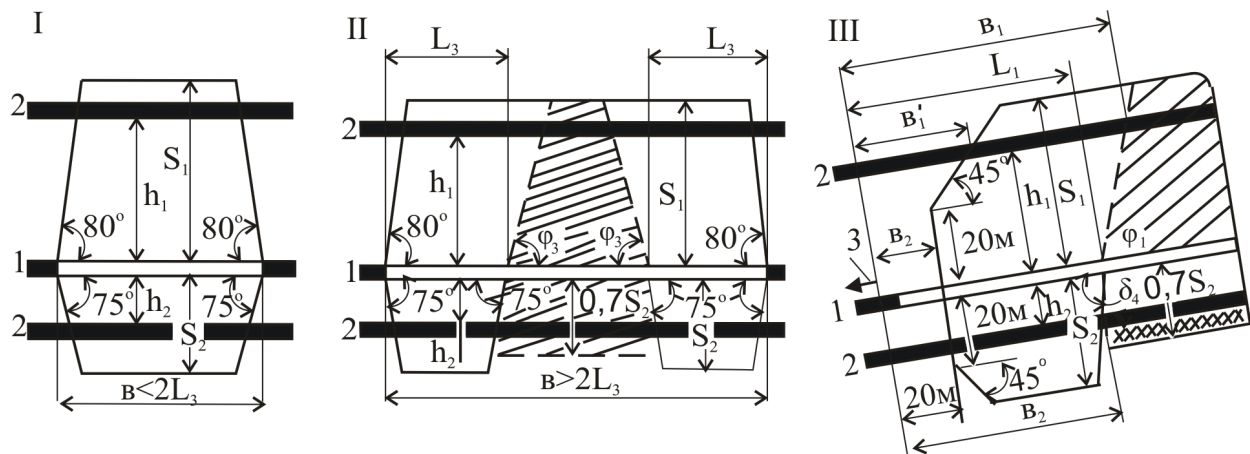


Рисунок 19.5 – Схема к построению защищенной зоны при обработке защитного пласта столбами по падению

I – сечение по простиранию при  $v < 2L_3$ ; II – тоже при  $v > 2L_3$ ; III – сечение вкрест простиранию; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя защитного пласта;  $\square$  - защищенная зона;  $\text{///}$  - область восстановления опасных нагрузок;  $\text{xxxxxx}$  - незащищенный участок

Расчет производят по формулам

$$S_1 = \beta_1 \beta_2 S_1^1 \text{ и } S_2 = \beta_1 \beta_2 S_2^1, \text{ м,}$$

где значения  $S_1^1$  и  $S_2^1$  берут из таблиц 19.4 и 19.5.

Таблица 19.4 - Значения  $S_1^1$  для различных глубин разработки

Глубина работ Н, м	Значения $S_1^1$ , м							
	Наименьший размер а или в выработки в плане, м							
	50	75	100	125	150	175	200	$\geq 250$
300	70	100	125	148	172	190	205	220
400	58	85	112	134	155	170	182	194
500	50	75	100	120	142	154	164	174
600	45	67	90	109	126	138	146	155
800	33	54	73	90	103	117	127	135
1000	27	41	57	71	88	100	114	122
1200	24	37	50	63	80	92	104	113

Таблица 19.5 - Значения  $S_2^1$  для различных глубин разработки

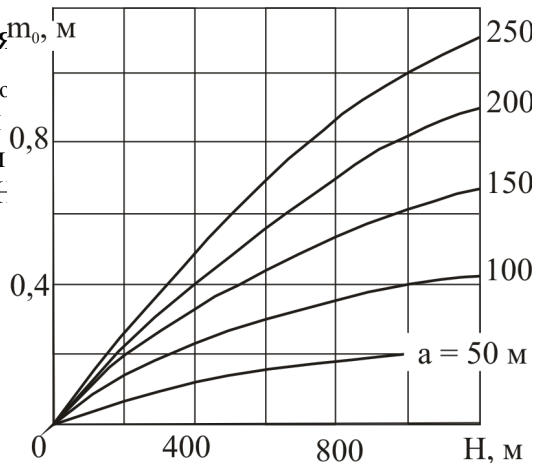
Глубина работ Н, м	Значения $S_2^1$ , м							
	Наименьший размер а или в выработки в плане, м							
	50	75	100	125	150	200	$\geq 250$	
300	56	67	76	83	87	90	92	
400	40	50	58	66	71	74	76	
500	29	39	49	56	62	66	68	
600	24	34	43	50	55	59	61	
800	21	29	36	41	45	49	50	
1000	18	25	32	36	41	44	45	
1200	16	23	30	32	37	40	41	

Коэффициент  $\beta_1$ , учитывающий значение  $m_{эф}$ , рассчитывается по формуле

$$\beta_1 = m_{эф} / m_o \leq 1,$$

где  $m_o$  - критическое значение мощности защитного пласта, определяемое по номограмме рисунка 19.6.

Рисунок 19.6 – Номограмма для определения критической мощности защитного пласта  $m_c$   $a$  – наименьший размер ( $a$  или  $b$  на рисунках 21.4 и 21.5) **выработанного** пространства выработки (если  $a > 0,3H$ , то при определении  $m_o$  принимается  $a = 0,3H$  но не более 250 м)



Коэффициент  $\beta_2$ , учитывающий процентное содержание песчаников в составе пород междупластья определяется по формуле

$$\beta_2 = 1 - 0,4\eta / 100.$$

Если для лав защитного пласта длиной больше 80 м в результате расчетов получено  $S_2 < 20$  м, то следует принимать  $S_2 = 20$  м.

Если  $h_1 < S_1$  при подработке или  $h_2 < S_2$  при надработке (см. рисунки 19.4 и 19.5), то необходимо завершить построение защищенной зоны со стороны границ выработанного пространства и выделить участки, характеризующие восстановлением опасных нагрузок. Для этого используются углы защиты  $\delta_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) и углы давления  $\varphi_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ), значения которых в функции от угла падения  $\alpha$  приведены таблице 19.6.

Таблица 19.6 - Значения углов защиты и давления для различных углов падения

Угол падения $\alpha$ , град.	Угол защиты, град				Угол давления, град.		
	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
0	80	80	75	75	64	64	64
10	77	83	75	75	62	63	63
20	73	87	75	75	60	60	61
30	69	90	77	70	59	59	59
40	65	90	80	70	58	56	57
50	70	90	80	70	56	54	55
60	72	90	80	70	54	52	53
70	72	90	80	72	54	48	52
80	73	90	78	75	54	46	50
90	75	80	75	80	54	43	48



Область восстановления опасных нагрузок на схемах б) и в) (рисунки 19.4 и 19.5) образуется лишь при одновременном выполнении двух условий:  $a \geq L_1 + L_2$  и  $b \geq L_3$ .

Параметры  $L_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ), используемые для построения защищенной зоны в надработанном массиве, рассчитываются по формуле

$$L_i = \beta_i L_i^1 \quad (i = 1, 2, 3),$$

причем значения  $L_i^1$  определяются по номограмме рисунка 19.7.

Дальность эффективной защиты в почву в области восстановления опасных нагрузок составляет  $0,7S_2$ . Область восстановления опасных нагрузок включается в зону, защищенную от выбросов, однако в ней вследствие восстановления опасного уровня нагрузок могут происходить горные удары, внезапные обрушения, выдавливания, высыпания угля и другие динамические проявления горного давления, не сопровождающиеся повышенным газовыделением.

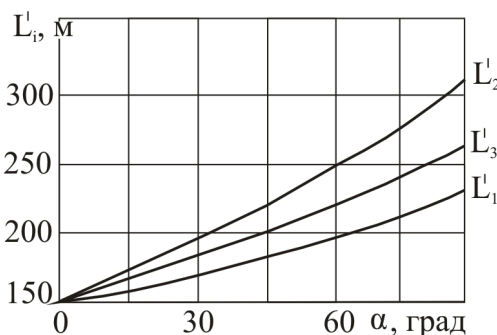


Рисунок 19.7 – Номограмма для определения величин  $L_i$  ( $i = 1, 2, 3$ )

Значения допускаемых минимального и максимального опережений очистным забоем защитного пласта горных работ на защищаемом пласте (см. рисунки 19.4 и 19.5) приведены в таблице 19.7.

Таблица 19.7 - Допускаемые опережения для различных условий разработки

Условия разработки	Величина допустимого опережения
Минимальное опережение: $v_1^1$ – при подработке $v_2^1$ – при надработке	$h_1$ , но не менее 20 м $h_2$ , но не менее 20 м
Максимальное опережение: $v_1$ – при подработке $v_2$ – при надработке	не ограничивается не ограничивается

Локальная выемка, т.е. отработка ограниченных участков защитных пластов, может применяться для предотвращения выбросов в забоях подготовительных выработок, проводимых по выбросоопасным песчаникам или выбросоопасным пластам угля

(рис.19.8, а), в местах вскрытия выбросоопасных пластов угля и выбросоопасных слоев песчаника квершлагами (рис.19.8, б, в) и участков  $a_1$  (рис. 19.3, д) выбросоопасных пластов.

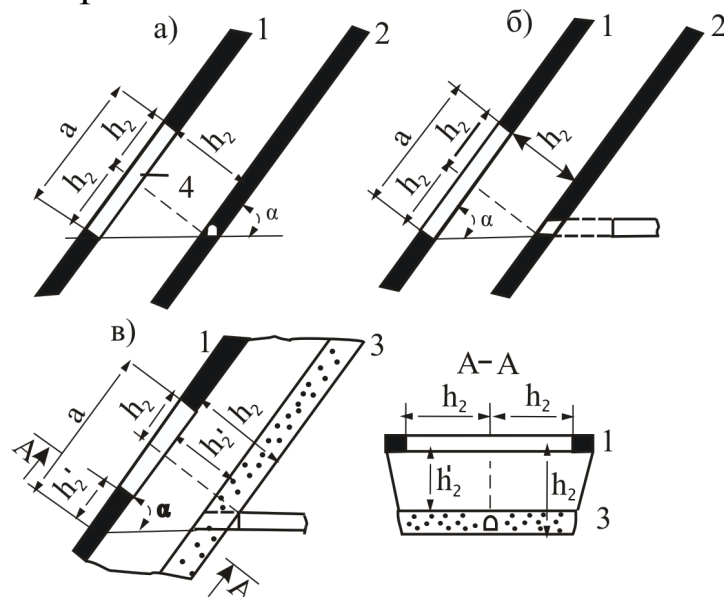
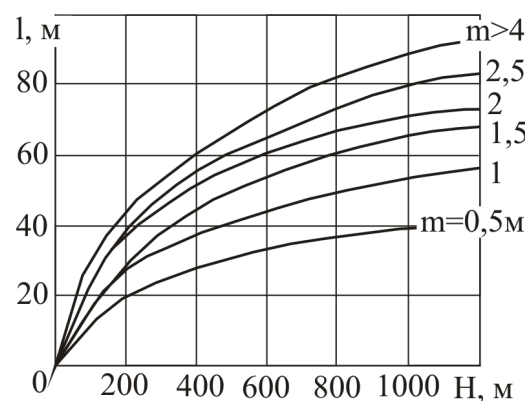


Рисунок 19.8 – Схема к определению параметров локальной защитной выемки пластов  
1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – выбросоопасный песчаник; 4 – квершлаг

Параметры локальной выемки защитных пластов при надработке определяются в соответствии со схемами, показанными на

рисунке 19.8. В случае подработки размер защитной выемки определяется аналогичным образом, только размер  $h_2$  ( $h_2^1$ ) заменяется на размер  $h_1$  ( $h_1^1$ ). Локальную выемку целесообразно применять, когда расстояние между защитным пластом и защищаемым выбросоопасным участком не превышает 30 м.

При разработке любого, в том числе защитного пласта не исключено оставление целиков по горно-геологическим условиям (например, в районе разрывного нарушения) или горнотехническим причинам (например, завал лавы). При наличии оставленных целиков, а также краевых частей пласта, на смежных в свите пластах, в том числе над или под защитным, возникают зоны повышенного горного давления (ПГД), вероятность возникновения выбросов угля и газа, в которых выше, чем за их пределами. При этом под целиком понимается часть угольного массива, наименьший размер

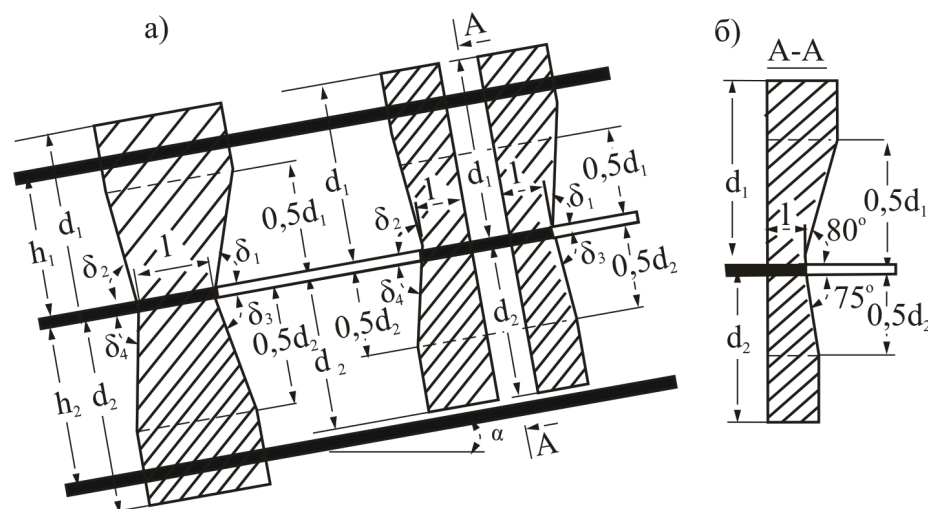


которого не превышает  $2l$ , где  $l$  – ширина зоны опорного давления, определяемая по номограмме (рис. 19.9).

Рисунок 19.9 – Номограмма для определения ширины  $l$  зоны опорного давления  
 $m$  – мощность пласта, м;  $H$  – глубина разработки, м

Если указанный размер больше  $2l$ , то следует участок угольного массива относить к краевой части пласта.

Зоны ПГД относят к особо выбросоопасным, построение их границ выполняют в соответствии со схемой, показанной на рисунке 19.10.



Размеры зон ПГД в кровлю  $d_1$  и почву  $d_2$  от краевой части (при  $a > 2l$ ) определяют по таблице 19.8 в зависимости от размеров выработанного пространства и глуби-

ны разработки пласта, на кото-ром оставлен целик, а значе-ния углов  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  - по таблице 19.6.

Рисунок 19.10 – Схема к построению зоны ПГД от краевой части пласта

а – на разрезе вкрест простирания; б – на разрезе по простиранию; - зона ПГД

Таблица 19.8 - Размеры зон ПГД для различных глубин разработки

Глубина разработки $H, \text{ м}$	Значения $d_1, \text{ м}$					Значения $d_2, \text{ м}$				
	при размере выработанного пространства «а», м									
	100	125	150	200	250	100	125	150	200	250
300	92	98	105	110	115	80	92	104	108	110
400	105	113	120	122	125	93	105	115	118	120
500	115	125	130	132	135	105	115	125	128	130
600	120	130	135	138	140	117	127	135	138	140
800	135	145	150	155	157	125	133	140	145	146
1000	145	155	160	165	168	132	140	148	150	153
1200	155	165	173	177	180	140	148	155	158	160

При построении зон ПГД в сечении по простиранию углы  $\delta_1, (\delta_2,)$  и  $\delta_3, (\delta_4)$  принимают соответственно равными  $80^\circ$  и  $75^\circ$ .

Размеры зон ПГД  $d_1$  и  $d_2$  от целика рассчитывают умножением соответствующих для краевой части величин  $d_1$  и  $d_2$  на коэффициент  $K$ , определяемый в зависимости от соотношения ширины целика  $L$  и ширины зоны опорного давления  $l$ :

L/l	≤0,1	0,15	0,20	0,25	0,35	0,5	1,0	1,5	≥2,0
K	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,13	1,25	1,13	1,00

За величину «а» при построении зон ПГД от целика принимают наибольшую ширину выработки, прилегающей к целику.

При построении зон ПГД от целиков с изменяющейся его шириной величину L определяют следующим образом. Если в наиболее широкой части  $L < 1$ , то за размер целика принимают его наибольшую ширину. Если в самой узкой его части  $L > 1$ , то за размер целика принимают его наименьшую ширину. Если в самой широкой части  $L > 1$ , а самой узкой  $L < 1$ , то размер целика принимают равным 1.

В случае наложения зон ПГД от нескольких краевых частей или целиков соседних пластов на один и тот же участок рассматриваемого пласта построение зон ПГД производят отдельно от каждой краевой части или целика.

Оценку эффективности защитного действия выполняют с целью установления наличия защиты и определения границ защищенных зон в следующих условиях.

- при расстояниях между защитным и выбросопасным пластом  $h_1 > S_1$  и  $h_2 > S_2$ ;

- в зонах ПГД, надработанных или подработанных очистной выработкой третьего пласта, расположенного выше выбросопасного пласта на расстоянии большем  $0,4S_2$  или ниже на расстоянии больше  $0,6S_1$ ;

- при надработке защитными пластами с эффективной мощностью  $m_{эф} < 0,5$  м, за исключения случаев когда  $h_2 < 0,7S_2$ ;

- при использовании в качестве защитных пластов мощностью менее 0,5 м;

- при дегазации крутых надрабатываемых пластов.

Оценка эффективности защитного действия включает анализ опыта разработки пласта и экспериментальную оценку напряженного и газодинамического состояния пласта по выходу буровой мелочи и начальной скорости газовыделения в контрольных шпурах.

При разработке защитных пластов следует применять способы управления кровлей полным обрушением или плавным опусканием. Управление кровлей полной закладкой выработанного пространства допускается при эффективной мощности  $m_{эф}$ , достаточной для обеспечения защиты. При надработке защитными пластами

мощностью 0,5 м и менее допускается оставление в выработанном пространстве отбитой горной массы, за исключением случаев, когда  $h_2 < 0,7S_2$ .

Главный маркшейдер шахты наносит границы защищенных, незащищенных зон и зон ПГД на планы горных работ; представляет маркшейдерскую документацию для составления проектов ведения горных работ; разрабатывает мероприятия по маркшейдерскому обеспечению ведения горных работ вблизи и в пределах границ зон ПГД; не позднее, чем за месяц до подхода горных выработок к границам незащищенной зоны и ПГД письменно в Книге указаний и уведомлений маркшейдерской службы уведомляет об этом главного инженера шахты, начальника соответствующего участка и горнотехнического инспектора; при подходе горных выработок к границе зоны ПГД на расстояние не менее 20 м, но не позднее, чем за трое суток до подхода выдает начальнику участка под расписку эскиз выработок с указанием на нем границ входа и выхода, а также расстояний до них от маркшейдерских пунктов или от характерных элементов горных выработок.

## **19.7 Региональные способы предотвращения газодинамических явлений**

**Дегазация надрабатываемых крутых пластов в зонах разгрузки.** Предотвращение выбросов угля и газа дегазацией может быть обеспечено только при условии, что ее применение приведет к такому уровню природной метаноносности, выбросы при котором невозможны. Вследствие практической нулевой газопроницаемости пластов это может быть достигнуто только в зонах, хотя бы с частичной разгрузкой. Поэтому дегазация крутых выбросоопасных пластов применяется при расстояниях между защитным и выбросоопасным пластами  $h_2$ , превышающих дальность защитного действия  $s_2$ , но не более 100 м.

Дегазация производится только надрабатываемого пласта и осуществляется скважинами, пробуренными из полевого штрека, расположенного в почве или кровле опасного пласта (рис. 19.11, а), или из откаточного штрека защитного пласта (рис. 19.11, б).

Дегазационные скважины бурят впереди защитного пласта, располагая их по восстанию в три ряда. Скважины первого ряда должны пересекать выбросоопасный пласт на 5-8 м выше

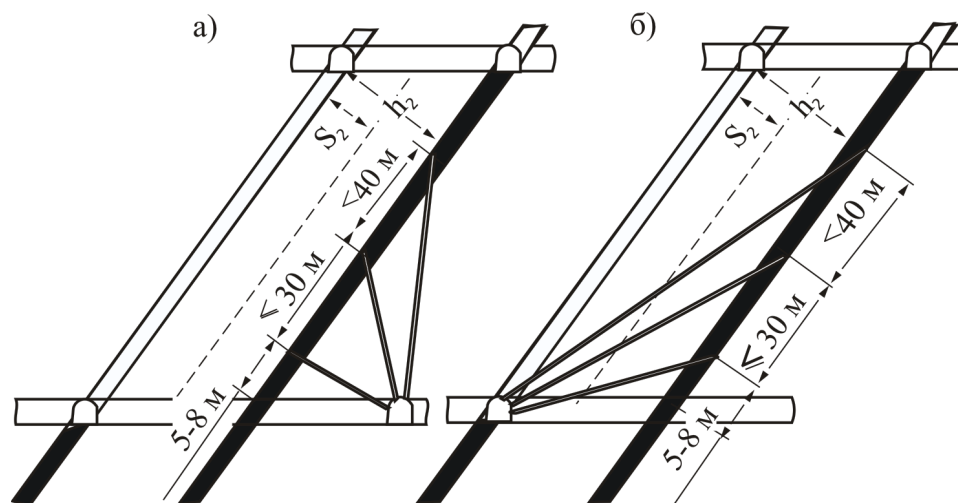


Рисунок 19.11 Схемы дегазации крутых наработываемых пластов

отметки будущего откаточного горизонта. Скважины второго ряда должны пересекать выбросоопасный пласт выше первого ряда на расстоянии по пласту не более 30 м, а третьего ряда - выше второго ряда не более 40 м.

При расстоянии между защитными и выбросоопасными пластами до 65 м расстояние по простиранию между забоями скважин ряда не должно превышать 25 м, второго и третьего ряда – 50 м, а при междупластье 65-100 м расстояние по простиранию между забоями скважин первого ряда - не более 20 м, второго и третьего ряда - 40 м.

Горные работы по выбросоопасному пласту должны отставать от линии очистного забоя защитного пласта на расстояние менее 150 м.

Бурение скважин, герметизацию их устьев, отвод метана в газопроводы, водоотделение и контроль режима работы производят в соответствии с Руководством по дегазации шахт.

Контроль эффективности дегазации осуществляется по начальной скорости газовыделения при поинтервальном ее измерении в шпурах. В случае неэффективности дегазации в соответствующем уступе применяют локальные противовыбросные мероприятия и контроль их эффективности.

**Увлажнение угольных пластов.** Эффективность увлажнения угольных пластов как способа предотвращения выбросов угля и газа не бесспорна. Считается, что увлажнение приводит к уменьшению прочности выбросоопасного пласта, как бы к превращению его из хрупкого материала в пластичный. Следствием этого будет перемещение зоны максимума напряжений в глубину массива и уменьшение напряженности

угля непосредственно у забоя. Существует также мнения, что свойства выбросоопасного пласта изменяются при увлажнении не в связи с увеличением общей влажности, а за счет увеличения фазово-физической влаги.

Увлажнение угольных пластов осуществляется через длинные скважины диаметром 80-110 мм, пробуренные из подготовительных выработок впереди очистных забоев по схеме аналогичной схеме предварительного увлажнения пласта в целях пылеподавления (см. рис. 5.2, а). Способ применяют на пластах при условии обеспечения направленности бурения скважин на заданную глубину, герметизации устья скважины, поступления воды в угольный пласт по всей длине нагнетательной скважины (т. е. если пласт относится к так называемым пластам, которые «воду принимают»).

Длину скважин для увлажнения принимают на 8-10 м меньше высоты этажа. Если по горно-геологическим условиям или при большой высоте этажа не удастся пробурить скважины на заданную глубину, то увлажнение производят через скважины, пробуренные из откаточного и вентиляционного штреков. При этом между скважинами должен оставаться целик не менее 5 м. Нагнетание рабочей жидкости в восстающие и нисходящие скважины производят обособленно.

Глубину герметизации скважин принимают равной половине расстояния между нагнетательными скважинами, а в нарушенном массиве - не менее 10 м. Герметизация скважин осуществляется цементно-песчаным или полимерными растворами. Для повышения эффективности увлажнения (улучшения смачиваемости угля) необходимо производить его гидрофилизацию добавками в нагнетаемую воду поверхностно-активного вещества ДБ концентрацией 0,2 – 0,4%. Для уменьшения сопротивления массива нагнетаемой жидкости, создаваемого содержащимся в угле газом, рекомендуется предварительная дегазация пласта с последующим использованием для увлажнения дегазационных скважин.

Расстояние между нагнетательными скважинами определяется из равенства  $L = R_v$ , м. Радиус увлажнения  $R_v$  зависит от проницаемости и сорбционной способности угля, времени увлажнения смачивающей способности водного раствора ПАВ и определяется экспериментально по содержанию физически связанной

(адсорбированной) влаги в отбираемых по специальной методике проб угля.

Увлажнение пласта производят при давлении нагнетания из условия

$$P_H > P_T = 0,75\gamma \text{ Н, кгс/см}^2,$$

где  $P_T$  - давление газа в пласте, кгс/см<sup>2</sup>.

Ширину увлажненного участка  $s_v$ , создаваемую до начала подвигания забоя выработки, определяют из условия

$$s_v = I_H + v_B, \text{ м,}$$

где  $I_H$  - неснижаемый запас увлажнения, необходимый для выдержки увлажненного участка в течение 30 суток, м;  $v_B$  - скорость подвигания забоя, м/мес.

Пласт считают достаточно увлажненным, если содержание физически связанной воды составляет в угле марок: Г, Ж, К - 2,5%; ОС, Т - 2%; А - 3%. При этом увлажнение считается эффективным, т. е. зона пласта считается неопасной, если показатель газодинамической активности угля (отношение содержания метана к содержанию физически связанной воды) составляет:  $n = 0,003$  для марок Г, Ж, К;  $n = 0,0015$  для марок ОС, Т и  $n = 0,0008$  для марки А.

Текущий контроль эффективности увлажнения в потолкоуступных забоях и забоях подготовительных выработок осуществляется по динамике газовыделения.

## **19.8 Предотвращение газодинамических явлений при вскрытии угольных пластов**

Вскрытие полевыми выработками и стволами выбросоопасных и угрожаемых пластов и пропластков мощностью более 0,3 м осуществляют сотрясательным взрыванием или проходческими комбайнами (комплексами) с дистанционным управлением в следующей последовательности: разведка положения пласта (пропластка) относительно забоя вскрывающей выработки; введение режима сотрясательного взрывания или дистанционного управления; прогноз выбросоопасности в месте вскрытия; выполнение способов предотвращения выбросов при опасных значениях показателей выбросоопасности; осуществление контроля эффективности



способов предотвращения выбросов; обнажение и пересечение пласта (с возведением усиленной крепи в местах сопряжения полевой выработки с пластом); удаление от пласта и отмена режима сотрясательного взрывания или дистанционного управления.

Сотрясательное взрывание или дистанционное управление вводят независимо от результатов прогноза выбросоопасности при приближении забоя выработки к пласту и отменяют после удаления от пласта на расстояниях по нормали к пласту соответственно не менее 4 и 2 м. При сбойке с ранее пройденной по пласту выработкой, а также при приближении к угрожаемому пласту сотрясательное взрывание может быть введено или отменено с расстояния 2 м. Допускается отмена режима сотрясательного взрывания при неопасных значениях показателей выбросоопасности для угрожаемых шахтопластов и пропластков, вскрытие которых может осуществляться с помощью взрывных работ в режиме для сверхкатегорийных по газу шахт.

Мероприятия по предотвращению выбросов угля и газа перед вскрытием пластов с углом падения более  $55^{\circ}$  осуществляют с расстояния не менее 3 м по нормали к пласту, а перед вскрытием пластов с углом падения менее  $55^{\circ}$  – с расстояния 2 м. При этом величина обработанной зоны пласта за контуром выработки должна составлять не менее 4 м. Обнажение пластов и пересечение пропластков взрывными работами производят при наличии породной пробки между выработкой и крутым пластом (пропластком) не менее 2 м, пологим, наклонным и крутонаклонным - не менее 1 м по нормали к пласту.

При вскрытии пластов стволами прогноз и способы предотвращения выбросов могут не применяться при условии обнажения и пересечения пласта с помощью буровзрывных работ за один прием, а стволов проводимых способом бурения при условии дистанционного управления комплексом с поверхности.

Вскрытие пластов промежуточными квершлагами и породными скатами (ортами) производят, как правило, путем сбойки с заранее пройденной по пласту выработкой, а вскрытие крутого пласта углеспускными скатами производят на участке пласта, обработанного противовыбросными мероприятиями из забоя нижней печи.

В забой вскрывающей выработки с расстояния 4 м по нормали к пласту одновременно допускается не более 3-х человек, а в забой

ствола - с расстояние 6 м из расчета возможности подъема всех людей за один прием.

Перед началом проведения вертикального ствола в пределах его проектного сечения производится разведка всей пересекаемой толщи пород разведочной скважиной. В углубляемых стволах разведку скважиной осуществляют с расстояния 10 м.

Для предотвращения внезапных выбросов при вскрытии пластов стволами может применяться бурение дренажных скважин, возведение каркасной крепи, гидрообработка угольного массива или сочетание этих способов.

### Вскрытие стволами с бурением дренажных скважин.

Сущность способа заключается в том, что в направлении проведения ствола бурят скважины для снижения природной метаноносности и устранения выбросоопасности (рис. 19.12). Эффективность способа

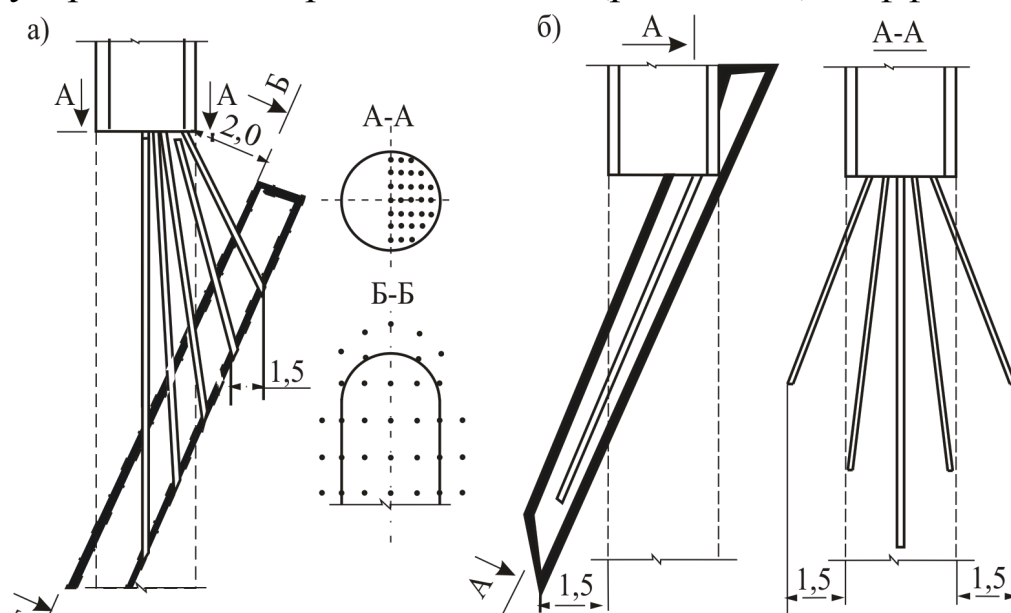


Рисунок 19.12 – Схемы расположения дегазационных скважин при обнажении а) и пересечении б) крутого пласта

достигается за счет образования вокруг скважины зоны неупругих деформаций, оцениваемой радиусом эффективного влияния скважины  $R_{эф}$ , в пределах которого пласт разгружен и

дегазирован до уровня устранения выбросоопасности.

Ориентируют скважины таким образом, чтобы эти зоны накладывались или соединялись, т. е. чтобы точки выхода скважин из пласта были удалены друг от друга не более чем на  $2R_{эф}$ . При этом точки выхода скважин из пласта должны быть расположены в пределах необходимой зоны его обработки на расстоянии не более  $R_{эф}$  от контура этой зоны. При диаметре скважин 80-100 мм  $R_{эф}$  принимается 0,75 м. При обнажении пластов скважины бурят с расстояния 2 м до пласта по нормали. Расстояние от контура ствола и

между скважинами в плоскости забоя последней заходки, проходимой под защитой этих скважин, должно составлять 1,5 м. Длина скважин определяется из расчета постоянного опережения забоя ствола скважинами на 2 м.

Дегазация считается эффективной после снижения давления газа в контрольных шпурах до величины менее  $10 \text{ кгс/м}^2$ .

**Вскрытие пласта стволами с возведением каркасной ограждающей крепи.** Сущность способа заключается в том, что в направлении проведения ствола бурят систему скважин диаметром 42-80 мм, в которых затем закрепляют (цементируют) металлические стержни диаметром 36-38 мм или трубы диаметром 40-50 мм. Скважины для каркасной крепи бурят с расстояния 2 м от пласта по нормали и располагают радиально через 0,3-0,5 м, считая по точкам входа скважин в пласт. Угол наклона скважин должен быть таким, чтобы в плоскости забоя любой заходки они располагались на расстоянии не менее 1,5 м от проектного контура ствола при бурении скважин по углю. Крезь должна опережать забой ствола не менее чем на 2 м. Свободные концы стержней (труб) заделывают в постоянную крепь ствола на длину не менее 2 м.

При обнажении пластов, когда забой очередной заходки находится в породах кровли пласта, расстояние скважин от контура ствола в плоскости этой заходки должно быть не менее 1 м. При выходе скважин в породы почвы пласта концы их должны быть от почвы пласта на расстоянии не менее 0,5 м по нормали в прочных породах и не менее 1 м в малопрочных.

При вскрытии крутых пластов каркасная крепь может возводиться не по всему периметру ствола, а только в месте его пересечения с пластом.

Физический смысл возведения крепи в том, что упрочнение пласта в месте установки крепи и его ограждение снижает вероятность возникновения и развития выброса угля и газа.

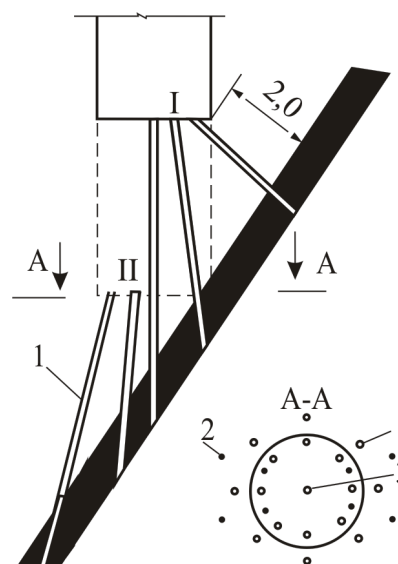
**Вскрытие стволами с гидрорыхлением угольного массива.** Способ основан на применении высоконапорного режима нагнетания, обеспечивающего разрушение угольного пласта (гидрорыхление), которое приводит не только к разгрузке необходимого участка пласта, но и к его интенсивной дегазации. С учетом необходимости разрушения пласта примерно по оси выработки бурят контрольную (компенсационную) скважину диаметром 100 мм - своеобразную плоскость обнажения, на которую

рассчитывают произвести разрушение на первом этапе нагнетания. С этой целью на последующих этапах предусматривается последовательное нагнетание в скважины, расположенные примерно по периметру забоя. Гидрорыхление угольного массива осуществляют через скважины диаметром 42-60 мм. В зависимости от диаметра ствола бурят 5-7 скважин для нагнетания воды (рис. 19.13).

Рисунок 19.13 – Схема расположения скважин и контрольных шпуров при гидрообработке крутого пласта из забоя ствола

1 – скважины для гидрорыхления угольного массива; 2 – шпуров для замера давления газа; 3 – контрольная скважина: I, II – пики обработки пласта

Герметизацию скважин осуществляют цементным раствором на величину породной пробки. Нагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением  $p_n = 0,75-2,0 \text{ МПа}$  до тех пор, пока вода не проникнет в контрольную или соседнюю скважину. Нагнетание считается эффективным после снижения давления газа в контрольных шпуров менее  $10 \text{ кгс/см}^2$ .



Вскрытие пластов кварцитами и другими полевыми выработками за пределами околоствольного двора осуществляется после прохождения вентиляционной сбойки на вышележащий горизонт для проветривания нового горизонта за счет общешахтной депрессии, а тупиковая часть вскрывающих выработок проветривается вентилятором местного проветривания. Для предотвращения внезапных выбросов угля и газа при вскрытии полевыми выработками может применяться бурение дренажных скважин, возведение каркасной крепи, гидрорыхление или увлажнение угольного массива, гидровывывание угольного пласта, образование разгрузочных полостей во вмещающих породах проходческими комбайнами или сочетание этих способов.

**Вскрытие пласта полевыми выработками с бурением дренажных скважин.** Сущность способа и его эффективности такая же, как и для вскрытия пласта стволами с бурением дренажных скважин. Дренажные скважины диаметром 80-100 мм бурят на пласт из вскрывающей выработки таким образом, чтобы точки выхода

скважин из пласта были удалены друг от друга не более чем на  $2R_{эф}$  и расположены в пределах необходимой зоны его обработки на расстоянии не более  $R_{эф}$  от контура этой зоны ( $R_{эф}$  принимают равным 0,75 м). Дегазацию считают эффективной после снижения давления газа в контрольных шпурах, пробуренных с выходом за контур выработки на 4 м, до значения менее  $10 \text{ кгс/см}^2$ .

**Вскрытие пласта полевой выработкой с нагнетанием воды в пласт в режиме гидрорыхления.** Сущность предотвращения выбросов угля и газа при применении этого способа такая же, как при вскрытии пласта стволами.

При вскрытии крутых пластов гидрорыхление производят через 5-6 скважин диаметром 45-60 мм. В середине забоя по оси выработки бурят контрольную (компенсационную) скважину диаметром 100 мм (рис. 19.14, а).

При вскрытии пологих, наклонных и крутонаклонных пластов гидрорыхление производят через серии скважин, которые бурят по мере продвижения забоя при их неснижаемом опережении не менее 4 м (рис. 19.14, б).

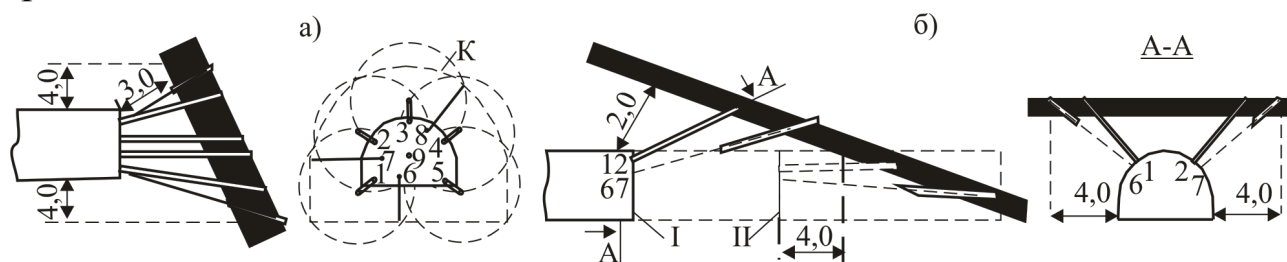


Рисунок 19.14 – Схемы расположения скважин для гидрообработки угольного массива при вскрытии крутых а) и пологих, наклонных и крутонаклонных б) пластов

1, 2, 3, 4, 5 – скважины для гидрорыхления; 6, 7, 8 – шпуры для замера давления газа; 9 – контрольная скважина; К – контур обработанного массива;  $R_{эф}$  – радиус эффективного влияния скважин; I, II – циклы обработки массива

Нагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением  $p_n = 0,75-2,0 \text{ МПа}$  до тех пор, пока вода не проникнет в соседнюю скважину или контрольную (на крутых пластах) скважину. Гидрорыхление считается эффективным при снижении давления газа в контрольных шпурах, пробуренных с выходом за контур выработки на 4 м, до значения  $10 \text{ кгс/см}^2$  и менее.

**Вскрытие пласта полевой выработкой с гидровыванием угля.** Вскрытие с гидровыванием может применяться на крутых и пологих пластах при наличии мягких пачек с коэффициентом

крепости угля  $f < 1$  и боковых породах средней устойчивости. Сущность способа заключается в том, что из забоя квершлага через породный целик (пробку) на угольный пласт бурят несколько скважин, которыми его перебуривают на всю мощность. Затем в определенной последовательности в скважинах высоконапорной струей воды угольный пласт размывается (вымывается). Продукты размыва (пульпа) выносятся через смежные (соседние) скважины в квершлаг. После того как на необходимом участке пласт будет вымыт, вскрытие пласта уподобляется вскрытию на заранее пройденную выработку, т. е. выброс угля и газа становится физически невозможным.

При гидровымывании впереди забоя выработки необходимо создать полость по всей мощности пласта или отдельной его пачке, контур которой должен выходить за контур квершлага на 1,5 м.

Гидровымывание выполняется через скважины диаметром 105-200 мм. Нижние скважины бурят под таким углом, чтобы они пересекали пласт на 1 м ниже подошвы выработки, верхние скважины бурят под углом 6-7° к горизонту. Число скважин может быть от 3 до 9 в зависимости от сечения выработки и принятой технологии гидровымывания. Гидровымывание осуществляется при давлении воды у насадки 40-70 кгс/см<sup>2</sup> и при расходе ее не менее 18 м<sup>3</sup>/ч. Гидровымывание осуществляется непрерывно до создания полости необходимых размеров, которые определяются с помощью разведочных шпуров и контроля за объемом вымытого угля. Обнажение пласта производят при снижении давления газа в контрольных шпурах, пересекающих пласт на расстоянии 4 м за контуром квершлага, до значения 10 кгс/см и менее.

Для удержания нависающего угольного массива на пластах с неустойчивыми углями возводят металлический каркас по своду выработки, предварительно вымывают нависающую часть массива с последующим тампонированием цементным раствором для создания искусственного свода или тампонируют всю вымытую полость с таким расчетом, чтобы при пересечении пласта вокруг выработки образовалось предохранительное кольцо толщиной не менее 1 м.

**Вскрытие пласта полевой выработкой с возведением каркасной крепи.** Сущность способа и его эффективность аналогичны описанной для вскрытия угольных пластов стволами. Металлическая каркасная крепь применяется при вскрытии крутых пластов, как правило, представленных мягкими, сыпучими углями и

слабыми боковыми породами.

Для возведения каркасной крепи через породную толщу по периметру выработки на расстоянии в среднем 0,3 м бурят скважины с таким расчетом, чтобы они пересекали пласт и входили в порода кровли (почвы) пласта не менее чем на 0,5 м. В скважины вводят металлические трубы диаметром не менее 50 мм, под их выступающие концы возводят железобетонную или металлическую арку, которую прочно соединяют с трубами каркаса и закрепляют в стенках и кровле выработки пятью-шестью анкерами в шпурах глубиной 1,5-2,0 м. Каркасная крепь должна иметь конструкцию, исключающую необходимость ее демонтажа при вскрытии и пересечении пласта.

**Вскрытие пологих пластов комбайнами.** При вскрытии пологих пластов проходческими комбайнами приближение, пересечение и удаление от пласта осуществляют после выполнения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения выбросов в опасных зонах. Проведение выработки на участке вскрытия может производиться с образованием разгрузочных щелей, гидрорыхлением угольного массива в сочетании с ограничением скорости проходки выработки до 1 м/смену и скорости внедрения коронки исполнительного органа в массив 0,5 м/мин. При контроле эффективности способов безопасный уровень давления газа в пласте должно быть не более 4 кгс/см<sup>2</sup>

**Вскрытие крутых пластов бурсобоечными машинами.** При вскрытии крутых пластов бурсобоечными машинами, также должны применяться противовыбросные мероприятия и дистанционное управление.

## **19.9 Локальные способы предотвращения газодинамических явлений**

**Гидрорыхление угольного пласта.** Гидрорыхление основано на высоконапорном нагнетании воды в пласт и широко применяется в очистных и подготовительных выработках на пластах, если обеспечивается бурение и герметизация скважин на заданную глубину и поступление воды в пласт или отдельные его пачки.

Сущность гидрорыхления пласта в очистных и подготовительных выработках несколько иная, чем при вскрытии пластов и заключается

в следующем. В направлении проведения выработки бурят ручными электро - или пневмосверлами скважины диаметром 40-45 мм, которые герметизируют шланговыми гидрозатворами отечественного производства или фирм «Хельтер» (Германия), «Таурис» (Венгрия) др. Глубина герметизации скважин принимается равной протяженности зоны эффективной трещиноватости призабойной части пласта, а за ее пределы через фильтрующую часть скважины в область неупругих деформаций пласта нагнетается вода под высоким давлением. Проникая в микротрещины этой области, вода производит рыхление пласта, сопровождающееся интенсивной дегазацией и увеличением безопасной зоны разгрузки.

К параметрам способа относятся: диаметр, длина и глубина герметизации скважин, расстояние между скважинами, величина неснижаемого опережения скважинами забоя выработки, количество, давление и темп нагнетания воды.

Длина скважин 6-9 м, глубина герметизации  $l_r = 4-7$  м. Величина неснижаемого опережения принимается равной фильтрующей части скважин и составляет  $l_{н.о.} = 2$  м. Расстояние между скважинами не должно превышать  $2R_{эф}$ , т. е. двух радиусов эффективного нагнетания воды в пласт, который определяется в зависимости от глубины герметизации и составляет  $R_{эф} \leq 0,8 l_r$ .

Расчетный удельный расход воды должен составлять не менее 20 л/т, а количество воды, нагнетаемое в одну скважину, определяют по формуле

$$Q = \frac{2R_{эф} q m \gamma_y}{1000} (l_r + l_{н.о.}), \text{ м}^3,$$

где  $m$  – мощность пласта, м;  $\gamma_y$  – удельный вес угля, т/м<sup>3</sup>.

Давление нагнетания воды принимается  $P_n = (0,75-2,0)\gamma_n$ , МПа при темпе нагнетания не менее 3 л/мин.

Число скважин принимают в зависимости от ширины полосы угольного массива подлежащей гидрорыхлению и расстояния между концевыми частями скважин не менее  $2R_{эф}$ . При этом в подготовительной выработке число скважин должно быть не менее двух.

В подготовительных выработках пологих пластов кутковые скважины бурят на расстоянии 1 м от кутков с наклоном 5-7° в сторону массива. В подготовительных выработках крутых пластов



верхнюю скважину бурят на расстоянии 1 м от кутка с подъемом 5-7° к линии простирания, нижнюю – горизонтально на расстоянии 0,5 м от подошвы выработки.

В очистных забоях с прямолинейной формой забоя скважины бурят перпендикулярно забою, при этом скважины каждого последующего цикла бурят между скважинами предыдущего цикла гидрорыхления. В комбайновых нишах на пологих пластах скважины бурят на расстоянии 1 м от кутков с наклоном 5-7° в сторону массива. В потолкоуступных лавах крутых пластов одну скважину располагают на расстоянии 1 м от кутка, под углом 5-7° с подъемом к линии простирания, остальные - по простиранию на расстоянии не более  $2R_{эф}$ .

Гидрорыхление считается законченным, если в скважину подано расчетное количество воды и давление воды снизилось не менее чем на 30% от максимального давления нагнетания.

Контроль эффективности гидрорыхления осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала в контрольных шпурах. Выемку угля после гидрорыхления допускается производить не более чем на глубину герметизации скважин  $l_r$ .

Схемы расположения скважин и шпуров для контроля эффективности гидрорыхления в подготовительных и очистных забоях пологих и крутых пластов приведены на рисунке 19.15.

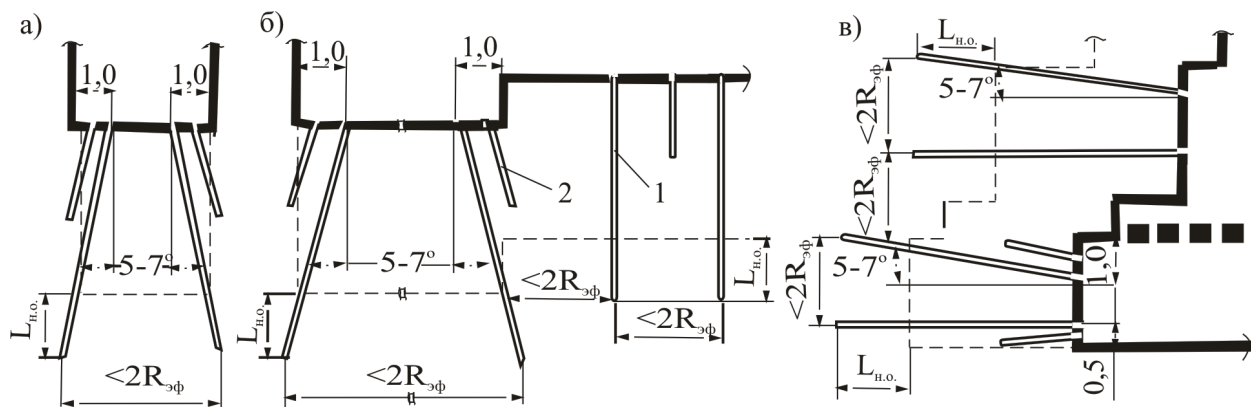


Рисунок 19.15 – Схемы расположения скважин 1 для гидрорыхления и шпуров 2 для контроля эффективности способа

а), б) – в подготовительной выработке, нише и комбайновой части лавы пологого пласта; в) – в штреке и уступах лавы крутого пласта

На шахтах оборудованных сейсмопрогнозом применяют оперативное управление гидрорыхлением в соответствии с Руководством по применению способа управления процессом гидрорыхления пласта по параметрам акустического сигнала. Способ

предусматривает регистрацию акустического сигнала, формирующегося при бурении скважин и нагнетании воды в угольный пласт, и последующую его обработку на персональном компьютере.

При бурении скважины определяется величина зоны разгрузки  $l_p$  и положение максимума опорного давления  $l_o$ , о чем оператор сообщает горному мастеру и заносит их значения в наряд-путевку.

Если расстояние от забоя до максимума опорного давления  $l_o$  больше или равно расчетной глубине герметизации  $l_r$ , то нагнетание производится при расчетной глубине герметизации. Если  $3 \text{ м} < l_o < l_r$ , то нагнетание производится при глубине герметизации, равной расстоянию от забоя до максимума опорного давления. Если  $l_o < 3 \text{ м}$ , то нагнетание не производится, а дальнейшее проведение подготовительной выработки, выемка в нише или на участке забоя лавы, величина которого равна расстоянию между крайними скважинами с  $l_o < 3 \text{ м}$ , увеличенному в обе стороны на 0,5 м интервала между скважинами, осуществляется буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания.

При нагнетании воды в скважину регистрация акустического сигнала производится непрерывно после достижения давления в гидросистеме 10 МПа.

Для регистрации акустического сигнала в очистном забое сейсмоприемник (подземный блок АПСС) устанавливается на расстоянии 3-10 м от скважины и подключается к системе передачи сигнала на поверхность или к РАМШ. В подготовительной выработке сейсмоприемник располагается на расстоянии 2-5 м от забоя в стенке со стороны нагнетаемой скважины. Сейсмоприемник закрепляется путем расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах на глубине 0,3-0,5 м.

При снижении давления на величину 30% и более от достигнутого максимального горный мастер запрашивает оператора об эффективности процесса гидрорыхления. При наличии на дисплее компьютера сообщения «Активный процесс завершен» он может прекратить гидрорыхление. Если сообщение о завершении активного процесса отсутствует, нагнетание продолжают до закачивания расчетного количества воды. Активный процесс гидрорыхления считается завершенным, если после достижения

максимального значения амплитуды низкочастотной составляющей зафиксировано ее снижение.

Гидрорыхление считается эффективным, если активный процесс завершен и давление в гидросистеме упало на 30% и более от достигнутого максимального, а при величине зоны разгрузки менее глубины герметизации дополнительно необходимо, чтобы частота максимальной амплитуды не превышала 120 Гц или коэффициент ее вариации во временных интервалах был более 15%.

Если гидрорыхление оценено как эффективное, то безопасная глубина выемки равна глубине герметизации скважины, и контроль эффективности путем определения зоны разгрузки не применяется.

Если гидрорыхление оценено как неэффективное, то безопасная глубина выемки принимается равной величине зоны разгрузки, установленной при бурении скважины для нагнетания, за вычетом неснижаемого опережения 1,3 м. В следующую смену производится повторное нагнетание.

**Образование разгрузочных пазов.** Область применения способа - подготовительные и очистные выработки крутых (уступы лав) и пологих (ниши лав и комбайновая часть в местах геологических нарушений) пластов.

Сущность способа, показанная на примере применения разгрузочных пазов в подготовительной выработке пологого пласта, заключается в «перерезке» пласта в кутках забоя, что приводит, вследствие устранения отпора стенок, к развитию деформаций упругого восстановления и обратной ползучести пласта, и, как следствие, к формированию безопасной зоны разгрузки в призабойной части пласта таких размеров и формы, которая позволяет безопасно выполнять работы по выемке угля минимум на один цикл выемки (рис. 19.16).

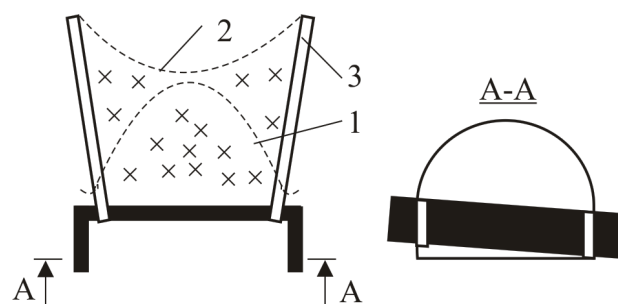


Рисунок 19.16 – Безопасная зона разгрузки пласта до 1 и после 2 образования разгрузочных пазов 3 в подготовительной выработке

Разгрузочные пазы должны удовлетворять следующим требованиям (параметрам): плоскость паза должна быть перпендикулярна к кровле (почве) пласта; паз должен быть

сплошным на всю мощность пласта; ширина паза должна составлять 60-80 мм; глубина паза не должна превышать 2,5 м; минимальное неснижаемое опережение пазом забоя должно быть не мене 1 м.

Разгрузочные пазы в нишах лав на пологих пластах образуют в кутках на расстоянии не более 0,5 м от стенок ниши, и ориентируют в направлении подвигания лавы. Разгрузочные пазы в подготовительных выработках пологих пластов располагают на расстоянии 0,5 м от стенок угольного забоя под углом 5-10° к оси выработки в сторону угольного массива. Аналогично ориентируют разгрузочные пазы в штреках на крутых пластах: один в нижнем кутке (у подошвы), другой в верхнем кутке. В очистных забоях с потолкоуступной формой забоя в кутке каждого уступа образуют разгрузочных паз, ориентированный под углом 5-10° к направлению подвигания забоя. При переходе лавами геологических нарушений пазы располагают, как правило, вдоль сместителя по схеме согласованной с МакНИИ.

Контроль эффективности разгрузочных пазов осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала в контрольных шпурах.

Схемы образования разгрузочных пазов и шпуров для контроля эффективности приведены на рисунке 19.17.

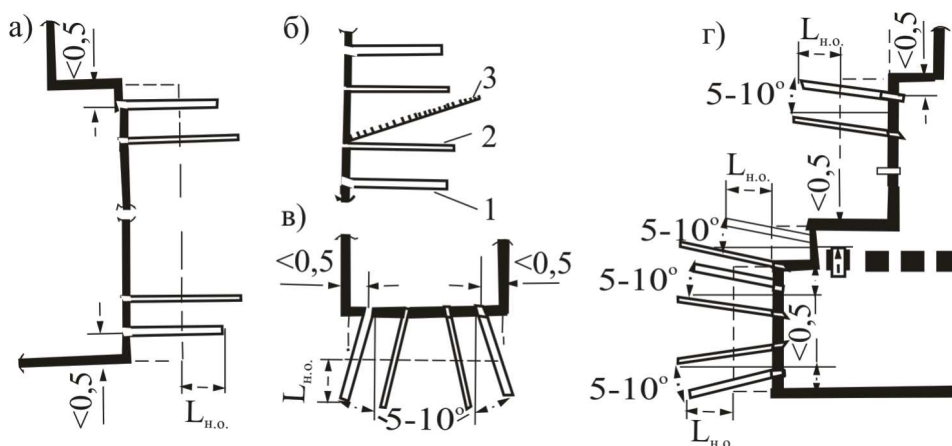


Рисунок 19.17 – Схемы расположения разгрузочных пазов и шпуров для контроля эффективности способа

а) и б) – в нише и комбайновой части лавы пологого пласта; в) – подготовительной выработке пологого пласта; г) - в штреке и уступе лавы крутого пласта; 1 - разгрузочные пазы; 2 – шпуры для контроля эффективности; 3 – геологическое нарушение

Для образования разгрузочных пазов должны применяться специальные механизмы с дистанционным управлением, например, установка типа 2ВПД конструкции ДонНТУ, основанная на вымывании угля тонкой высоконапорной струей воды. Отсутствие

подобных серийно выпускаемых установок сдерживает широкое применение этого простого и надежного способа предотвращения выбросов угля и газа.

**Торпедирование угольного пласта.** Способ основан на рыхлении призабойной (краевой) части пласта взрывом скважинного заряда и предназначен для применения на пологих пластах в подготовительных выработках, нишах лав и комбайновой части лав в зонах геологических нарушений. Торпедирование осуществляют как с предварительным, так и без предварительного нагнетания воды в пласт.

Торпедирование без предварительного нагнетания воды в пласт осуществляют в скважинах диаметром 55-60 мм. Длина скважин  $l_c$  принимается в зависимости от установленной по динамике газовыделения величины зоны разгрузки пласта  $l_o$ :

$l_o$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$l_c$ , м	8,5	9,0	9,5	10,0	12,0	13,5	15,5

Величина неснижаемого опережения забоя скважинами  $l_{но}$  для первого цикла торпедирования принимается равной 5 м, для последующих циклов с учетом суточного подвигания забоя  $l_{сут}$  из выражения

$$l_{но} = l_{сут} + 1 \geq 3 \text{ м.}$$

Расстояние между концевыми частями скважин в нишах не должно превышать 2 м, в комбайновой части лав и подготовительных выработках 2,5 м. Скважины, располагаемые в кутках забоя должны выходить за контур выработки не менее чем на 2 м.

Масса скважинного заряда определяют по формуле

$$Q = q(l_c - l_3), \text{ кг,}$$

где  $q$  – масса метра заряда, кг/м;  $l_3$  – общая длина забойки (не менее 3 м при длине скважины 8,5 м, 4 м при длине скважины 8,5–10 м и 5 м при длине скважины более 10 м).

Схемы расположения скважин для торпедирования без предварительного нагнетания воды в пласт и контрольных шпуров для контроля эффективности способа по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала приведены на рисунке 19.18.

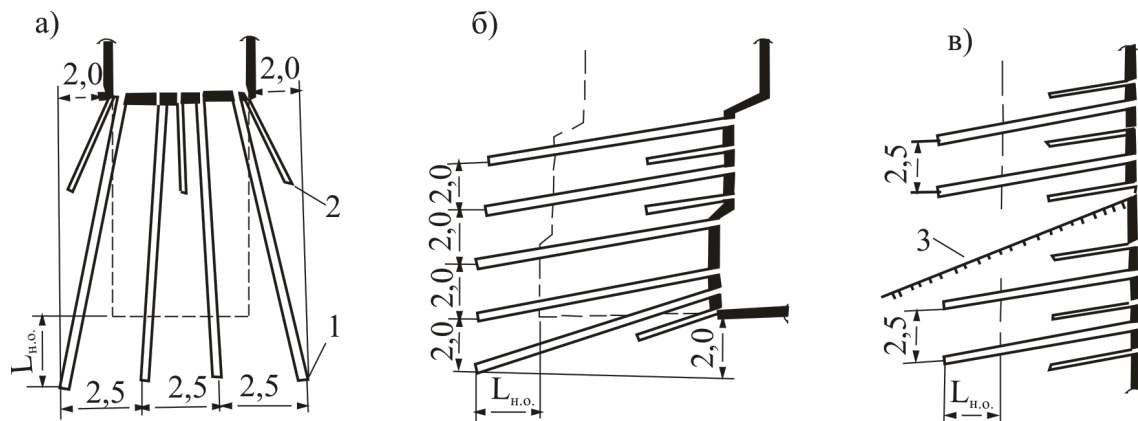


Рисунок 19.18 – Схемы расположения скважин для торпедирования без предварительного нагнетания воды в пласт и шпуров для контроля эффективности способа

а) – подготовительная выработка; б) – ниша лавы; в) – комбайновая часть лавы при обработке геологического нарушения; 1 – скважины для торпедирования; 2 – шпуров для контроля эффективности; 3 – геологическое нарушение

Торпедирование угольного пласта с предварительным нагнетанием воды в пласт в режиме рыхления осуществляют через скважины диаметром 45 мм и длиной 8 м. Глубину герметизации скважин при нагнетании принимают равной 5,5-6,5 м, величину неснижаемого опережения забоя скважинами - не менее 2 м. Выход скважин, расположенных в кутке забоя, за контур выработки не менее 1 м. Расстояние между концевыми частями скважин не должно превышать в подготовительных выработках и нишах лав 2,5 м, комбайновой части лав – 3 м. Массу заряда ВВ принимают равной 2,3-3 кг. Общая длина забойки должна быть не менее 3,5 м. Контроль эффективности способа также осуществляют по динамике газовыделения или параметрам акустического сигнала.

Бурение скважин для торпедирования осуществляют ручными электро - или пневмосверлами, с использованием для бурения скважин диаметром 55-60 мм резцов РУ-4м и буровых штанг из витой стали с наваренной по внешней части витков проволокой диаметром 5 мм. Скважины каждой новой серии (цикла) бурят на расстоянии не менее 0,5 м от предыдущей серии. Для удержания воды скважины располагают с наклоном вниз под углом 5-7°.

В качестве ВВ применяют скальный аммонал №1. Заряд однорядный сплошной колонковый. Вдоль патронов по длине заряда прокладывается детонирующий шнур (лента) и пеньковая веревка. Заряд обматывают суровой бязью и обвязывают шпагатом. Иницирование заряда - прямое осевое двумя патронами-боевиками.

Соединение электродетонаторов в одном заряде ВМ параллельное, а подсоединение зарядов в электровзрывную цепь последовательное.

Заряжание скважин диаметром 55-60 мм осуществляют с помощью металлических досыльников диаметром 8-10 мм с винтовым соединением секций длиной 1,5-3,0 м. На конце одной из секций устанавливается вилка, которая вводится в петлю на заряде при досылке его в скважину. Заряжание скважин диаметром 45 мм осуществляют деревянными досыльниками в торец заряда. После заряжания скважины заливают водой и производят взрывание зарядов с соблюдением требований режима сотрясательного взрывания.

**Образование разгрузочных щелей (полостей) во вмещающих породах.** Способ применяется при вскрытии пластов и проведении пластовых подготовительных выработок смешанным забоем комбайнами избирательного действия типа 4ПП-5 (рис. 19.19).

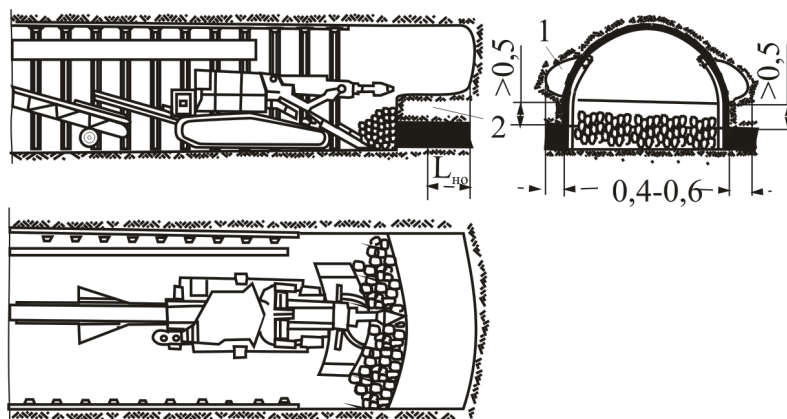


Рисунок 19.19 – Схема (технология) проведения выработок смешанным забоем с образованием разгрузочных щелей во вмещающих породах комбайнами избирательного действия

1 – разгрузочная щель (полость); 2 – предохранительный породный слой

Способ удачно сочетает технологию проведения выработки и устранения выбросоопасности за счет совмещения выемки вмещающих пород и одновременного образования щели (полости), уподобляющейся, по сути, защитному пласту в миниатюре.

Разгрузочную щель создают путем выемки вмещающих пород в кровле или почве пласта на глубину не менее 2 м с выходом за контур выработки не менее чем на 0,4 м, а на особо выбросоопасных пластах – не менее 0,6 м. При этом на крутых пластах щель в породах кровли за контуром создают только в верхней части. С целью исключения самовскрытия пласта между щелью и угольным пластом оставляют предохранительный породный слой толщиной не менее 0,5 м. Минимальная высота щели определяется диаметром исполнительного органа комбайна, максимальная - ограничивается проектным сечением выработки.

Контроль эффективности способа осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала.

**Гидроотжим угольного пласта.** Гидроотжим пласта может применяться в забоях очистных и подготовительных выработок за исключением восстающих подготовительных выработок с углом более  $25^\circ$  и очистных потолкоуступных забоев на крутых и крутонаклонных пластах.

Сущность способа заключается в том, что в направлении подвигания забоя бурят шпуры (шпур) длиной 2,3-5,8 м. На глубине 2,0-5,5 шпуры герметизируют с оставлением камеры длиной 0,3 м, в которую под высоким давлением и при высоком темпе нагнетается вода. Такой режим нагнетания приводит к тому, что угольный пласт между забоем и камерой смещается (отжимается) в сторону выработанного пространства. Процесс этот сопровождается снижением напряженности выдвинутой части и интенсивным газовыделением. Отжим пласта протекает весьма интенсивно, поэтому, как правило, в выбросоопасных зонах происходят выбросы угля и газа, что накладывает определенные требования к технологии выполнения способа и существенно (в настоящее время практически полностью) ограничивает его применение.

К параметрам гидроотжима относятся: длина шпура, глубина герметизации шпура, расстояние между шпурами, расстояние от кутка до шпура, расстояние от второй обнаженной поверхности пласта до шпура, глубина выемки, максимальное и конечное давление нагнетаемой воды, продолжительность нагнетания, производительность насосной установки.

В очистных и подготовительных забоях шпуры для гидроотжима бурят в направлении движения забоя, в кутках - под углом, обеспечивающим выход фильтрующей части шпура за контур на 0,5 м.

Насосные установки, предназначенные для гидроотжима, должны иметь производительность не менее 30 л/мин и располагаться на свежей струе воздуха на расстоянии не менее 120 м от забоя подготовительной выработки (люди не ближе места расположения насосной установки) и не менее 20 м от забоя очистной выработки (люди на расстоянии не менее 30 м). В период нагнетания воды в пласт в выработках, расположенных на исходящей струе воздуха, запрещается ведение взрывных работ, а электроэнергия должна быть выключена.



Контроль эффективности гидроотжима может осуществляться по динамике газовыделения, но основным способом является контроль по выдвиганию пласта (забоя). Замер величины выдвигания пласта производят по смещению забивных реперов или реперов в шпурах длиной 0,3-0,7 м. Гидроотжим считается эффективным, если выдвигание забоя составит в очистных не менее 0,01, а в подготовительных выработках не менее 0,02 глубины герметизации, давление воды снизится до установленного конечного значения и произойдет выход воды на забой. В забоях подготовительных выработок, а также в очистных забоях, в кутках смещение пласта на боковых поверхностях на расстоянии 1,0 м от забоя должно составлять не менее 1 см.

**Бурение опережающих скважин.** Бурение опережающих скважин может применяться в подготовительных и очистных выработках на пластах любой мощности. Физический смысл устранения выбросоопасности с применением способа аналогичный описанному в способе вскрытия пласта стволами с бурением дренажных скважин. Число скважин и схемы их расположения устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить разгрузку и дегазацию пласта в сечении выработки и за ее контуром на 4 м.

Параметрами способа являются: диаметр, длина и радиус эффективного влияния скважин, величина неснижаемого опережения скважинами забоя, расстояние между скважинами

Диаметр опережающих скважин должен составлять 80-250 мм, длину скважин не ограничивают, величина неснижаемого опережения на момент бурения новой серии скважин должна составлять не менее 5 м, а расстояние между скважинами не должно превышать  $2R_{эф}$ .

Радиус эффективного влияния скважин определяют опытным путем по изменению скорости газовыделения в измерительных камерах контрольных шпуров, пробуренных параллельно и на различных расстояниях от предполагаемого направления и места бурения опытной разгрузочной скважины. В основу методики положено увеличение газопроницаемости пласта и, как следствие, увеличение скорости газовыделения в измерительных камерах шпуров при формировании зоны неупругих деформаций вокруг опытной опережающей скважины в процессе и после ее бурения. За радиус эффективного влияния опережающей скважины принимают расстояние от нее до наиболее удаленного шпура, скорость

газовыделения из которого увеличилась по трем замерам не менее чем на 10% по сравнению с последним значением скорости газовыделения до ее увеличения.

Контроль эффективности опережающих скважин осуществляется по измерению начальной скорости газовыделения и выходу бурового штыба.

Как отмечалось выше, два обстоятельства, по сути недостатка, практически полностью ограничивают применение этого, ранее широко применявшегося способа. Во-первых, очень высокая вероятность выброса при бурении скважин большого диаметра. Во-вторых, в реально выбросоопасных зонах радиус эффективного влияния резко уменьшается, что фактически приводит к неэффективности способа.

**Образование разгрузочной щели по длине очистного забоя.** Способ применяют на пологих и наклонных пластах с устойчивыми и среднеустойчивыми породами кровли. Образование разгрузочной щели и последующую выемку угля производят с помощью выемочно-щеленарезной машины. Управление машиной в процессе образования щели осуществляется дистанционно с расстояния не менее 30 м от машины со стороны свежей при отсутствии людей в лаве и по ходу исходящей струи до ее подсвежения. К параметрам способа относятся: место расположения щели в сечении пласта, высота, глубина, неснижаемое опережение и угол в кутковой части щели. Контроль эффективности способа осуществляют путем определения глубины щели не более чем через 10 м по длине очистного забоя.

**Вибрационное воздействие на призабойную часть пласта.** Вибрационное воздействие на угольный пласт применяется в подготовительных выработках на пластах, не склонных к обрушениям (высыпаниям) угля с коэффициентом крепости не менее 0,6 по шкале М. Протоdjяконова и осуществляется с помощью пневмовибраторов, помещаемых в предварительно пробуренные шпурь. К параметрам способа относятся: диаметр и глубина шпуров, расстояние между шпурами, частота и амплитуда вибрации, продолжительность виброобработки пласта. Контроль эффективности способа осуществляют по динамике начальной скорости газовыделения.

## 19.10 Контроль эффективности способов предотвращения газодинамических явлений

**Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа по динамике газовыделения.** Способ по своей сущности является способом оценки выбросоопасности призабойной части пласта обработанной или не обработанной противовыбросными мероприятиями, так как в основе способа положено определение величины безопасной зоны разгрузки призабойной части пласта, выемка угля в пределах которой не сопровождается выбросами угля и газа.

Способ основан на поинтервальном с интервалом 0,5 м бурении шпуров диаметром 42 мм. На каждом интервале с помощью газозатвора ЗГ-1 герметизируют измерительную камеру длиной 0,2 м и прибором ПГ-2МА определяют начальную скорость газовыделения. По характеру изменения (динамике) скорости газовыделения по длине шпура делают заключение о размерах (протяженности) безопасной зоны разгрузки пласта.

Физическая сущность динамики газовыделения заключается в следующем (рис. 19.20).

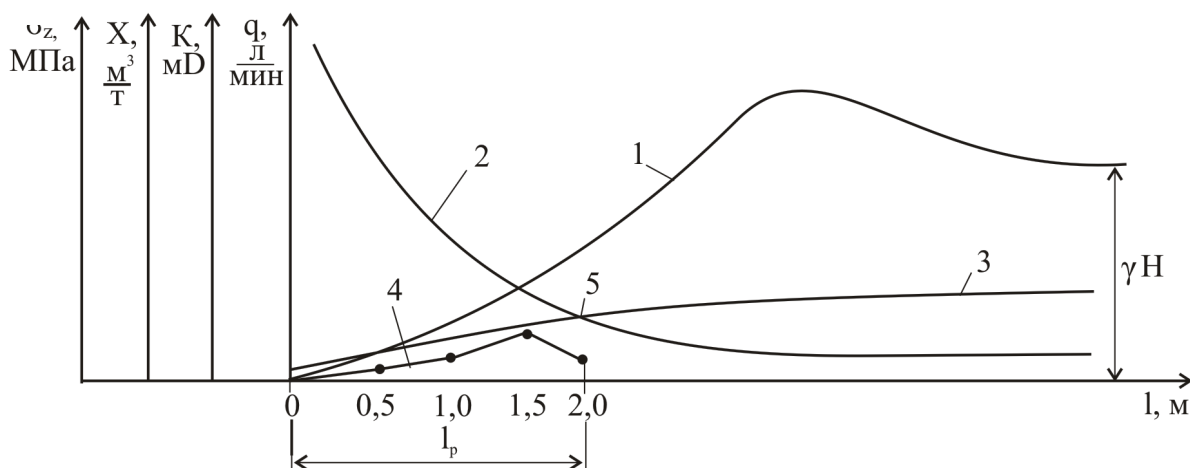


Рисунок 19.20 – К обоснованию физической сущности динамики начальной скорости газовыделения

1, 2, 3 – зависимости соответственно вертикальной компоненты напряжений  $\sigma_z$ , коэффициента газопроницаемости  $K$  и газонасности  $X$  от расстояния до забоя  $l$ ; 4 – график поинтервального измерения начальной скорости газовыделения  $q$  в интервалах бурения шпура 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м (динамика газовыделения); 5 – граница области практически нулевой газопроницаемости;  $l_p$  – протяженность безопасной зоны разгрузки пласта, м

Вблизи груди забоя из-за низкой напряженности 1 пласта и высокой газопроницаемости 2 пласт дегазирован практически до

уровня остаточной газоносности 3. Поступление газа по системе трещин в газовую камеру шпура незначительно, что определяет на первом (первых) интервалах близкие к нулевым значения скорости газовыделения 4. По мере углубления в массив в связи с ростом напряженности и уменьшением газопроницаемости происходит увеличение газоносности, что приводит при достаточном уровне газопроницаемости к закономерному увеличению (нередко стабилизации) скорости газовыделения на последующих интервалах измерения. При достижении определенного уровня напряженности (порядка 2,0-2,9 МПа) из-за смыкания системы трещин газопроницаемость пласта на границе (точке) 5 становится практически нулевой. На этом интервале, несмотря на высокую газоносность пласта, происходит снижение скорости газовыделения. Расстоянием от забоя до этого интервала и определяется протяженность (размеры) безопасной зоны разгрузки  $l_p$ . Граница безопасной зоны разгрузки может рассматриваться как своеобразный, определенного уровня напряженности газовый барьер, за пределами которого дегазация пласта практически отсутствует, а выемка угля в выбросоопасной зоне делает реальным возникновение выброса угля и газа. В сущности динамика газовыделения является интегральной характеристикой напряженно-деформированного и газодинамического состояния пласта.

На практике за безопасную зону разгрузки принимается расположение интервала, на котором рост или стационарность скорости газовыделения при поинтервальных замерах скорости сменится падением не менее чем на 15% по сравнению с предыдущим замером. При максимальной скорости газовыделения до 0,8 л/мин зона разгрузки считается равной длине шпура плюс 1 м. Если скорость газовыделения равна или превышает 0,8 л/мин и нет ее падения – зона считается равной длине шпура плюс 0,5 м.

Допустимая глубина выемки в пределах зоны разгрузки определяется с запасом неснижаемого опережения 1,3 м, т. е.

$$l_B = l_p - 1,3 \text{ м.}$$

В случае если установлено, что глубина выемки за цикл больше величины зоны разгрузки или неснижаемое опережение менее 1,3 м способ считается неэффективным и работы по выемке угля в выработке должны быть прекращены. Дальнейшее ведение работ в

забое возможно после повторного выполнения способов предотвращения выбросов, изменения их параметров, пересмотра способов, временной (не менее смены) остановки работ по углю и повторного определения величины зоны разгрузки.

Контрольные шпуров в подготовительных выработках, нижних печках лав на крутых пластах и в нишах лав на пологих пластах располагают на расстоянии до 0,5 м от кутков и ориентируют их по ходу движения забоя или параллельно скважинам, через которые осуществляют предотвращение выбросов на расстоянии от них не менее 0,4 м<sup>3</sup>. При применении разгрузочных пазов контрольные шпуров бурят параллельно пазам на расстоянии 1,0-1,5 м. В прямолинейной части лав шпуров бурят в направлении подвигания забоя и располагают их между скважинами или на расстоянии не более 10 м друг от друга. При контроле эффективности пазов, щелей и гидроотжима контрольные шпуров бурят на глубину не превышающую глубину щелей, пазов и шпуров для гидроотжима. Основные варианты схем расположения шпуров при контроле за эффективностью гидрорыхления, разгрузочных пазов и торпедирования приведены ранее на рисунках 19.17 – 19.20.

**Способ определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала.** Способ основан на зависимости параметров акустического сигнала от напряжённно-деформированного состояния призабойной части угольного пласта и предусматривает регистрацию акустического сигнала, формирующегося при бурении шпуров (скважин) в угольном пласте и его обработку на персональном компьютере. Область применения способа - очистные и подготовительные выработки на угрожаемых, выбросоопасных и особо выбросоопасных угольных пластах, в которых осуществляется контроль эффективности противовыбросных мероприятий или производится определение безопасной глубины выемки угля.

В качестве специальных средств для реализации способа используются: система передачи акустического сигнала из забоя на поверхность (типа АПСС) или шахтный регистратор (типа РАМШ); персональный компьютер, совместимый с IBM; программа МакНИИ обработки и анализа акустической информации.

При контроле эффективности противовыбросных мероприятий или определении безопасной глубины выемки угля расположение, количество и диаметр шпуров определяется аналогично, как и для

динамики газовыделения. Длина шпуров (скважин) должна быть не менее 3,5 метра. Для контроля эффективности противовыбросных мероприятий шпуры (скважины) необходимо бурить на 1 м длиннее глубины обработки пласта, которую обеспечивает применяемый способ.

Для регистрации акустического сигнала сейсмоприёмник (подземный блок АПСС) устанавливается на расстоянии 3-10 м от скважины по длине (ширине) забоя и подключается к магнитному регистратору или системе передачи сигнала на поверхность. Сейсмоприёмник закрепляется на глубине 0,3-0,5 м путём расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах.

Бурение шпуров (скважин) производится непрерывно или поинтервально на проектную глубину. При бурении фиксация глубины шпура (скважины) осуществляется через 0,5 м для пластов мощностью до 1 м и через 1 м для всех остальных. Регистрацию акустического сигнала и контроль за бурением осуществляет горный мастер прогноза, а обработку акустического сигнала на компьютере – оператор сейсмопрогноза.

Величина зоны разгрузки равна расстоянию от забоя до интервала бурения шпура (скважины), на котором соблюдаются следующие условия: энергия акустического сигнала после достижения максимального значения уменьшилась не менее чем в полтора раза, амплитуда высокочастотной составляющей уменьшилась в двух и более интервалах и значение отношения низко - и высокочастотной составляющей на этих интервалах не уменьшается.

## **19.11 Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам**

Проведение выработок по выбросоопасным породам в незащищенных зонах осуществляют с применением прогноза их выбросоопасности, а в опасных зонах - способов локализации и борьбы с выбросами.

В неопасных зонах, установленных прогнозом, проведение выработок можно осуществлять без применения противовыбросных мероприятий, а взрывные работы - без выполнения требований режима сотрясательного взрывания.

Вскрытие выбросоопасного песчаника мощностью 0,5 м и менее на глубине более 600 м допускается производить сотрясательным взрыванием без предварительного прогнозирования выбросоопасности и без применения противовыбросных мероприятий.

При подходе вскрывающей выработки к выбросоопасному песчанику из забоя выработки, начиная с 10 м по нормали, бурят не менее двух, с 5 м керновых разведочных скважин глубиной более 5 м для уточнения условий залегания песчаника.

Способы борьбы с выбросами или сотрясательное взрывание вводят при приближении к опасной зоне с расстояния не менее 3 м и отменяют при отходе от опасной зоны на такое же расстояние.

При проведении выработок буровзрывным способом вблизи выбросоопасного песчаника взрывные работы должны вестись в режиме сотрясательного взрывания при расстоянии по нормали от песчаника высокой степени выбросоопасности не менее 4 м, средней степени выбросоопасности - не менее 3 м и низкой степени выбросоопасности - не менее 2 м.

При проходке вертикальных стволов буровзрывным способом по выбросоопасным породам следует применять шпуров для взрывания длиной не более 4,5 м, а при проведении других выработок - не более 1,6-1,8 м.

При расчете зарядов шпуров следует исходить из того, что расход ВВ на разрушение 1 м<sup>3</sup> породы должен составить 0,8-1,5 кг непридохранительных ВВ. При применении предохранительных ВВ расход следует увеличивать на 25-30%.

При проходке вертикальных стволов комбайнами управление комбайном при вскрытии и пересечении выбросоопасных песчаников должны осуществлять дистанционно с поверхности при полном отсутствии людей в стволе и на поверхности не ближе 50 м от ствола.

**Прогноз выбросоопасности пород (песчаников) Донбасса.** Прогноз выбросоопасности пород осуществляют с поверхности на стадии геологоразведочных работ и при проведении горных выработок по делению кернов на диски и наличию кольцевых трещин, по эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) или по геолого-геофизическим данным.

Прогноз по данным разведочного бурения осуществляется в соответствии с Временным руководством по прогнозу выбросоопасности угольных пластов и вмещающих пород по данным

геофизических исследований геологоразведочных скважин в Донецком бассейне. Прогноз позволяет оценить выбросоопасность пород в пределах геолого-промышленного района или отдельных шахтных полей с целью выбора при проектировании шахт наиболее устойчивых и невыбросоопасных пород для проведения полевых выработок. В случае если пласт песчаника по данным разведочного бурения определен как выбросоопасный, степень его выбросоопасности может быть уточнена при проведении выработок по делению кернов на диски и наличию в кернах кольцевых трещин, по эффективной поверхностной энергии или по геолого-геофизическим данным.

Выбросоопасность пород по кернам определяют на основании анализа кернового материала, полученного при бурении скважин диаметром 59-76 мм. Керновые скважины бурят в направлении подвигания выработки и располагают:

- по оси выработки, если выбросоопасный песчаник находится во всем сечении выработки;

- в выбросоопасном слое песчаника, если в сечении выработки находятся выбросоопасный и невыбросоопасный слой, или по каждому слою, если выбросоопасность их неизвестна.

Длина скважин не ограничивается, но неснижаемое опережение их впереди забоя выработки должно быть не менее 2 м.

При вскрытии песчаника с расстояния не менее 3 м от забоя выработки до песчаника производят прогноз его выбросоопасности в месте вскрытия. При этом песчаник должен быть перебурен керновой скважиной за один или несколько приемов.

Характерной особенностью дисков и кольцевых трещин, образующихся при бурении керновых скважин в выбросоопасных пластах песчаника, отличающий их от дисков и трещин, образование которых обусловлено не выбросоопасностью, а режимом бурения или петрографическими особенностями песчаника, является перпендикулярность к оси скважин плоскостей ограничивающих кольцевые трещины или диски выпукло-вогнутой формы, с выпуклостью, направленной в сторону забоя скважины.

Признаки степени выбросоопасности пород следующие: наличие более 30-40 выпукло-вогнутых дисков в 1 м кернов - зона высокой степени опасности, возможны выбросы силой более 500 т; наличие в 1 м кернов не более 20-30 дисков, перемежающихся породными цилиндрами длиной 50-100 мм с характерными кольцевыми



трещинами - зона средней степени опасности, возможны выбросы силой менее 500 т; выход кернов размером 150-200 мм и более, опоясанных трещинами и перемежаемых единичными дисками - зона невысокой степени опасности, возможны выбросы до 50-100 т; отсутствие дисков (кольцевых трещин) - зона невыбросоопасная.

Для прогноза выбросоопасности пород по эффективной поверхностной энергии отбирают пробы из части керна длиной не менее 200 мм на участке деления его на диски или наличия кольцевых трещин и из участка, где диски или кольцевые трещины отсутствуют. Из каждой пробы изготавливают не менее трех образцов для определения величины ЭПЭ по Методике определения эффективной поверхностной энергии и вычисляют средние значения для каждой пробы.

Выбросоопасность песчаника определяют по безразмерному показателю  $V_{\text{ЭПЭ}}$  согласно формуле

$$V_{\text{ЭПЭ}} = \frac{(3 \rho_{\text{н}} g_{\text{сп}} H)^2}{A_{\text{п}} E \gamma_1} - \frac{\gamma_2}{\gamma_1},$$

где  $H$  - глубина залегания пород, м;  $g_{\text{сп}}$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $\rho_{\text{н}}$  - объемный вес вышележащих пород,  $\text{т/м}^3$ ;  $A_{\text{п}}$  - удельная поверхность разрушенного материала,  $\text{м}^2$ ;  $E$  - модуль упругости песчаника на участке деления керна на диски или наличия кольцевых трещин,  $\text{т/м}^2$ ;  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  - средние значения ЭПЭ по пробам керна на участках наличия дисков или кольцевых трещин и отсутствия их соответственно,  $\text{м}\cdot\text{с}^2$ .

Песчаник считают выбросоопасным, если  $V_{\text{ЭПЭ}} > 1$ , и невыбросоопасным, если  $V_{\text{ЭПЭ}} \leq 1$ .

Для прогноза выбросоопасности по геолого-геофизическим данным в забое выработки отбирают пробы из каждого однородного по структурно-текстурным признакам слоя песчаника мощностью более 1 м. Если песчаник однородный по всей мощности, то отбирают одну пробу. Из этих проб изготавливают образцы, по которым в лабораторных условиях определяют прогностические показатели выбросоопасности согласно Руководства по применению метода локального прогноза выбросоопасности горных пород по геолого-геофизическим данным. Нормированные величины этих показателей дифференцируют по рангам выбросоопасности, с

помощью которых по фактической величинам каждого показателя определяют ранг выбросоопасности.

Выбросоопасность песчаника (слоя) устанавливают по безразмерному комплексному критерию, который рассчитывается по сумме рангов всех показателей по формуле

$$B = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_7}{12} + \frac{B_6}{2},$$

где  $B_1 \dots B_7$  - ранги прогностических показателей выбросоопасности.

При  $B \leq 0,35$  песчаник относят к невыбросоопасным. Если  $B = 0,36 \dots 0,39$ , то необходимо дополнительное опробование. При  $B \geq 0,4$  песчаник относят к выбросоопасным.

Заключение о результатах прогноза выбросоопасности пород подписывают геолог и руководитель службы прогноза шахты, согласовывают с соответствующим разработчиком способа прогноза и утверждают главным инженером шахты.

**Предотвращение и локализация выбросов породы и газа.** Для предотвращения и снижения вероятности выбросов песчаников разработаны следующие способы: оптимизация параметров буровзрывных работ; проведение выработки с опережающим забоем; возведение заградительных перемычек; образование разгрузочных щелей; применение комбайнов со специальным исполнительным органом.

Оптимизация параметров буровзрывных работ по своей сущности не предназначена для предотвращения выбросов породы и газа и основана на разрушении только части массива в проектном сечении выработки. Сущность оптимизации заключается в следующем. Взрывание зарядов производят в 2-4-х шпурах. Последующий за этим выброс разрушает породы оставшейся части проектного сечения, совершая полезную работу, а разрушенная выбросом порода, оставшаяся в непосредственной близости от забоя, обуславливает более быстрое затухание выброса и, как следствие, уменьшение его силы (интенсивности).

При проведении подготовительной выработки буровзрывным способом с опережающим забоем соотношение сечения опережающего забоя проводимой выработки и отставание забоя от опережающего должно быть таким, чтобы отбитая при взрывании в

пределах проектного сечения забоя порода полностью перекрывала сечение опережающего забоя (рис. 19.21).

В зонах высокой степени выбросоопасности рекомендуется в опережающем забое бурить не более 12 шпуров, располагая отбойные шпуров по эллиптическому контуру.

В зонах невысокой и средней степени выбросоопасности бурение отбойных шпуров в передовом забое по эллиптическому контуру

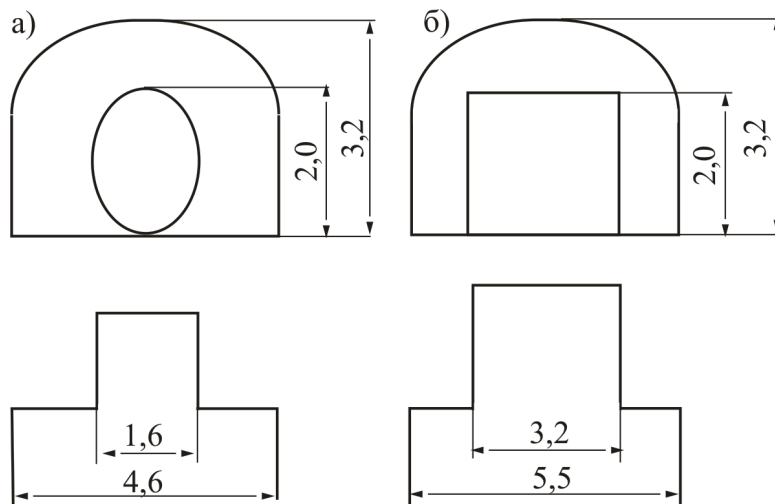


Рисунок 19.21 – Схема проведения выработок с опережающим забоем  
а – в зонах высокой степени опасности; б – в зонах средней и невысокой степени опасности

необязательно и число их может быть увеличено. В забое проектного сечения шпуров располагают в один ряд на расстоянии не более 0,6 м от стенок опережающего забоя выработки. Если одного ряда шпуров недостаточно для доведения выработки до проектных размеров, взрывание зарядов шпуров в отстающем забое производят в несколько очередей.

Способ возведения заградительных перемычек в комплексе со специальными параметрами БВР заключается в том, что на определенном расстоянии от забоя устанавливают заградительную канатную перемычку, а взрывными работами разрушает только часть пород в сечении выработки. При этом взорванная и выносимая выбросом порода не отбрасывается, а заполняет пространство до перемычки, тормозя развитие выброса.

Для возведения заградительной перемычки кольца из канатов подводят под стойку арки в момент ее установки или подвязывают к ней после установки. При сборке опалубки кольца закрепляют на нужной высоте и в таком положении бетонируют. Перед заряджанием шпуров петли канатов накладывают на кольца и закрепляют шплинтовочным канатом большого диаметра (рис. 19.22).

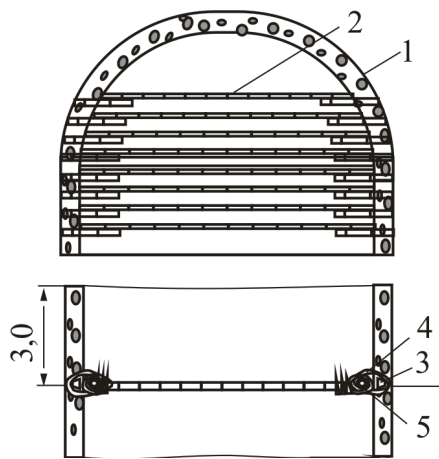


Рисунок 19.22 – Схема установки заградительной перемычки

1 – бетонная крепь; 2 – перемычный канат; 3 - арка; 4 – кольцо из каната; 5 – шплинтовочный канат

Канатную перемычку устанавливают на расстоянии от забоя 3,0-3,5 м. Расстояние от почвы выработки до нижнего каната принимают 0,5-0,6 м, между канатами 0,15-0,2 м, а от верхнего каната до кровли выработки 0,6-0,8 м. Диаметр канатов для перемычки 22-25 мм, канатов для колец 18-20 мм, шплинтовочного каната 59 мм. Длина каната перемычки должна быть на 0,14 м больше ширины выработки.

Заградительные перемычки в комплексе со специальными параметрами буровзрывных работ применяют при проведении выработок в зонах высокой степени выбросоопасности. В случае необходимости перемычки могут быть установлены в несколько рядов.

Физическая сущность способа образования разгрузочных щелей в выбросоопасных породах заключается в разгрузке горного массива от горного давления в пределах возможной взрывной отбойки пород.

Разгрузочные щели могут быть плоскими (рис. 19.23, а) или расположенными по контуру выработки (рис. 19.23, б).

Ширина щели должна быть не менее 20 мм. Глубина щели регламентируется технической характеристикой установки для образования щели и должна превышать величину цикла проведения выработки на величину неснижаемого опережения равного не менее 0,3 м.

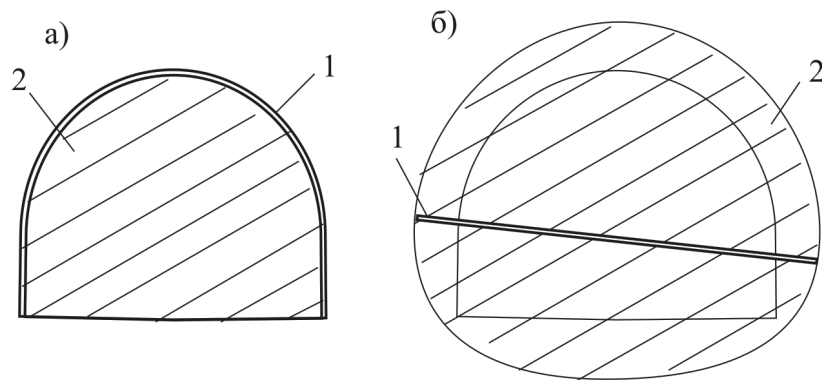


Рисунок 19.23 - Схема расположения разгрузочной щели по контуру выработки а) и плоской б)

1 – разгрузочная щель; 2 – защищенная зона в сечении выработки по длине щели

Плоская щель должна по длине выходить за контур выработки в обе стороны по 0,6 м.

После образования разгрузочной щели разрушение породного массива в пределах проектного сечения контура выработки может производиться механическим или буровзрывным способом.

Предотвращение выбросов при проведении выработок по выбросоопасным породам проходческим комбайном со специальным исполнительным органом сферической формы достигается за счет уменьшения скорости деформации упругого восстановления массива путем регулирования режима разрушения пород и снижения напряжений на контуре выработки за счет придания ей круглой, а забоя - полусферической формы.

Параметры способа определяются степенью выбросоопасности пород, геометрическими размерами исполнительного органа и выработки и скоростью ее проведения.

Скорость проведения выработок по выбросоопасным породам определяется по формуле

$$v = 0,9/l, \text{ м/ч,}$$

где  $l = 0,38ВД$  - глубина полусферы забоя при разрушении пород, м (В - показатель выбросоопасности пород по данным прогноза, Д - диаметр выработки, м).

При высокой степени выбросоопасности пород скорость проведения выработки не должна превышать 0,5 м/ч, а при средней - 1 м/ч. Контроль режима работы комбайна производят по данным акустического прогноза выбросоопасности пород.

Изложенные требования распространяются и на проведение вертикальных стволов стволопроходческими комбайнами.

## **19.12 Сотрясательное взрывание**

Впервые сотрясательное взрывание, в целях провоцирования выброса угля и газа, применили в 1890 г. во Франции, в отечественной практике – в 1917 г. в шахте «Красный Профинтерн» (г. Енакиево) при вскрытии пласта «Дерезовка» на горизонте 340 м, которое сопровождалось выбросом угля и газа интенсивностью 200 т.

В действующей отечественной практике угледобычи сотрясательное взрывание является относительно безопасным способом выемки (отбойки) угля в очистных выработках выбросоопасных угольных пластов, вскрытия (пересечения)

выбросоопасных угольных и проведения выработок по выбросоопасным угольным пластам и породам (песчаникам).

Сотрясательное взрывание проводится в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах и разработанной на их основе отраслевой Инструкции по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины.

На каждый забой, где применяется сотрясательное взрывание, составляется Инструкция и разрабатывается (на основании опытных взрываний) Паспорт буровзрывных работ (паспорт БВР), выполнение которого должно обеспечить полную отбойку угля по всему сечению выработки с заданным подвиганием забоя. При этом шпур (скважина) по углю бурят только электро-пневмосверлами или машинами вращательного действия, так ударное или ударно-вращательное бурение на выбросоопасных пластах запрещено из-за возможности выброса при бурении.

Для подготовки и проведения сотрясательного взрывания приказом назначаются руководители для конкретной выработки и общий руководитель с поверхности шахты, который, в частности, должен вести Журнал проведения сотрясательного взрывания на шахте и обязан все служебные разговоры при производстве взрывных работ фиксировать на магнитофонную ленту со сроком хранения не менее трех суток.

Сведения о месте и времени сотрясательного взрывания должны выставляться не позже чем за смену на доске объявлений в ламповой и у стволов спуска и подъема людей.

Сотрясательное взрывание ведется, как правило, в специально выделенную смену (допускается с разрешения Госгорпромнадзора - в специально выделенные междуменные перерывы) и, в так называемом, режиме сотрясательного взрывания, направленном на защиту людей от последствий возможных выбросов угля и газа.

Режимом сотрясательного взрывания предусматривается, что все люди выводятся из выработок с исходящей от места взрывания струей и должны находиться на расстоянии не менее 1000 м от слияния исходящей от забоя струи воздуха со свежей, считая против направления ее движения. Взрывание должно производиться мастером-взрывником в присутствии лица технического надзора (руководителя сотрясательного взрывания в забое) с расстояния не менее 600 м по свежей струе (но не ближе 200 м от места слияния исходящей струи воздуха со свежей) со стационарного взрывного

пункта, представляющего собой закрытый на ключ металлический ящик, в который введена взрывная магистраль. Сотрясательное взрывание при вскрытии особовыбросоопасных пластов производится со взрывного пункта на поверхности при полном отсутствии людей в шахте. При углубке вертикальных стволов с действующих горизонтов взрывной пункт должен находиться на участке в период пересечения пласта – на поверхности в 50 м от ствола, на участке приближения и удаления – на действующем горизонте, но не ближе 200 м от углубляемого ствола.

На время сотрясательного взрывания во всех выработках шахты, в которые может попасть метан после взрывания, электроэнергия отключается, кроме пусковой аппаратуры вентиляторов местного проветривания и аппаратуры автоматического контроля содержания метана.

После взрывания осмотр выработки разрешает руководитель сотрясательного взрывания с поверхности исходя из информации о содержании метана (не более 2%), но не ранее чем через 30 мин после взрывания. Осмотр забоя выполняют лицо технического надзора и мастер-взрывник.

Для сотрясательного взрывания применяют ВВ IV класса. При определенных условиях взрывных работ по выбросоопасным песчаникам разрешается применение ВВ III класса. Исследования МакНИИ показали, что слой воды толщиной 5 мм полностью флегматизирует продукты взрыва. Поэтому при взрывании ВВ в скважинах заполненных водой, в частности, при торпедировании угольного пласта для предотвращения выбросов угля и газа, допускается специальным журнальным постановлением применение непридохранительных ВВ II класса.

Инициирование зарядов осуществляется электродетонаторами мгновенного и короткозамедленного действия с общим временем замедления не более 220 мс. При вскрытии пластов до их обнажения время замедления допускается увеличивать до 320 мс.

После проведения сотрясательного взрывания и уборки угля (горной массы) высока вероятность провоцирования, так называемых «запоздалых выбросов угля и газа», вызванных воздействием на «свежообнаженную» призабойную часть угольного пласта с высоким уровнем концентрации напряжений (особенно в кутках забоя). Поэтому после сотрясательного взрывания по угольному или смешанному забою не допускается любое воздействие на угольный

пласт. Уборка угля вблизи угольного забоя должна производиться только вручную – лопатами<sup>8</sup>. Если не достигнуто достаточное разрушение угля и не получена требуемая конфигурация забоя, то следует провести повторное сотрясательное взрывание по его оконтуриванию.

В остальном ведение взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания должно соответствовать требованиям к взрывным работам на шахтах опасных по газу.

## **20 Обвалы и обрушения горных пород**

Аварии, связанные с обвалами и обрушениями горных пород, по числу смертельно травмируемых стоят на первом месте на одну аварию и на втором месте по тяжести последствий после аварий, связанных с взрывами газа и угольной пыли. Специфика этого вида аварий заключается в том, что в большинстве случаев обвалы и обрушения спровоцированы непосредственными исполнителями работ и, как правило, сопровождаются общим, групповым и (или) смертельным травматизмом.

Обрушение пород и завалы горных выработок происходят в следующих местах: сопряжения очистных забоев с подготовительными выработками в раскрепленном пространстве при передвижке приводов (головок) забойных конвейеров, выкладке бутовых полос (особенно в бутовых штреках), выемке ниш (51%); раскрепленном пространстве за комбайном при зачистке его перед задвижкой конвейера, так называемый «треугольник смерти» (13%); местах передвижки вручную посадочных стоек и тумб (8%); призабойном пространстве подготовительных выработок в период уборки породы, оформления забоя и установки крепи (18%); местах перекрепления горных выработок в момент извлечения крепи (6%).

Наиболее часто повторяющимися причинами обвалов и обрушений горных пород являются: нарушение паспортов крепления (62%); несоответствие паспортов крепления горно-геологическим условиям (8%); отсутствие или неисправность крепи (23%).

Нарушение паспортов крепления допускается в основном исполнителями работ. Однако почти треть нарушений проектов и паспортов крепления (31%) связаны с действиями руководителей

408 \_\_\_\_\_

<sup>8</sup> В частности на шахтах Франции при уборке угля после сотрясательного взрывания применялись (применяются) деревянные лопаты.



работ, своевременно не обеспечившими забой материалами и элементами крепления и (или) выдавшими задания на работы в заведомо опасные места.

При существующей технологии основным организационным направлением снижения травматизма от вывалов и обрушений является строгое соблюдение технологической дисциплины.

Основными направлениями технических решений является применение технологии и оборудования с надежным и максимальным по площади перекрытием пород кровли; комплексная механизация очистных работ; анкерное крепление с датчиками (индикаторами) деформаций (напряжений) в подготовительных выработках и местах их сопряжений с очистными забоями.

Научной основой, в частности последнего направления, может служить научное открытие, развиваемое в ДонНТУ (Николин В.И., Подкопаев С.В. и др.), согласно физической сущности, которого трехосное сжатие и химическое превращение органических веществ в процессе формирования угольных месторождений обусловили склонность пород к деформациям генетического возврата - деформациям упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести, возникающие как при, так и после проведения выработок в направлении плоскостей обнажения.

## **21 Предотвращение прорывов воды, глины и пульпы в горные выработки**

Источникам поступления воды и затопления действующих выработок могут быть поверхностные водоемы; затопленные выработки соседних шахтопластов и близлежащих пластов в свите, залегающие над или под действующими выработками и связанные с ними естественными и искусственными нарушениями; обводненные зоны и затопленные выработки разрабатываемого пласта, в общем случае удаленные от действующих выработок не более чем на 200 м; незатампонированные геологоразведочные и технические скважины. Существенные предпосылки к затоплению выработок проявляются при разработке водоносных и обводненных участков месторождениях, характеризующихся наличием пльвуном, карстовых вод и др. Одним из источников затопления выработок является прорывы глины и пульпы, используемые в шахтах в качестве заилочных материалов.

Поражающими факторами при прорывах воды является затопление действующих горных выработок и возможное попутное поступление вредных газов, таких как метан, сероводород, диоксид углерода и др. Вследствие нарушения проветривания при затоплении в газообильных шахтах возможно загазирование выработок до взрывоопасных концентраций метана.

Возможность безопасной выемки угля под водотоками, водоемами, водоносными горизонтами и обводненными зонами определяется Правилами охраны сооружений и природных объектах от вредного влияния подземных горных выработок на угольных месторождениях.

Провалы на земной поверхности, образовавшиеся вследствие горных разработок, должны быть засыпаны и оборудованы отводами по руслу возможного водотока. Устья действующих и погашенных стволов, шурфов, штолен и технических скважин должны быть защищены, в том числе в случае оседания земной поверхности, от проникновения поверхностных вод в действующие выработки.

Общим и определяющим требованием к предотвращению затопления действующих выработок являются требования к водоотливу шахты. Системы водоотлива шахты или горизонта должны удовлетворять требованию невозможности затопления действующих выработок от притока подземных вод: объем водосборников должен быть не менее 4-часового максимального притока воды для главного водоотлива и 2-часового для участкового без учета заиливания, которое не должно превышать 30% их объема; подача каждого рабочего и резервного насосного агрегата должна обеспечивать откачку максимального суточного притока воды не более чем за 20 ч.

Определение границ зон, опасных по прорывам воды из затопленных выработок, проектирование и ведение горных и буровых работ в этих зонах осуществляется в соответствии с бассейновой Инструкцией по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок и Указаниями о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах.

Границы таких опасных зон устанавливаются в зависимости от надежности определения размеров затопленных выработок: по границам барьерного целика на пластах с достоверно известным контуром затопленной выработки или по зоне между недостоверно

известным контуром затопленных выработок и границей безопасного ведения горных работ.

При проектировании работ на пластах, залегающих под или над пластом с затопленными выработками, опасными по прорывам воды, принимаются зоны предохранительных целиков. Определение размеров барьерных целиков и границ безопасного ведения горных работ должно производиться в специальных проектах.

Горные работы должны производиться по проектам, предусматривающих мероприятия по предотвращению прорывов воды и вредных газов в действующие выработки.

Проведение подготовительных выработок в пределах опасной зоны должно производиться узким забоем с бурением опережающих скважин, а на пластах более 25° - с дополнительным проведением парной выработки.

Очистные работы в зоне, опасной по прорывам воды, допускаются после предварительного оконтуривания выемочного участка подготовительными выработками.

Заиленные участки, в которых обнаружена вода или пульпа, приравниваются к затопленным выработкам.

Разработка участков, опасных по прорывам глины и пульпы, производится по паспортам выемочных участков в соответствии с требованиями бассейновой Инструкции по предотвращению прорывов глины в действующие горные выработки.

До начала очистных работ под или вблизи заиленного участка должна быть проведена разведка разрабатываемого участка путем бурения скважин диаметром 75-100 мм из выработок вентиляционного горизонта участка или соседних пластов.

Если в забое, приближающемся к опасной зоне, появляются признаки возможного прорыва воды, глины или пульпы (потение забоя, усиление капежа, резкое усиление горного давления, деформация изоляционных перемычек и др.) люди должны быть немедленно выведены из данного забоя и других прилегающих выработок в безопасное место.

## **22 Загазирование горных выработок**

Загазирование горных выработок относится к аварийным ситуациям. К загазированию относятся все случаи превышения норм концентрации метана в поперечном сечении горных выработок в

свету и в открытых, не заложённых породой или другими материалами куполах.

При отсутствии данных о фактической концентрации метана к загазированным также относят:

- в шахтах I и II категории - тупиковые выработки, в которые выделяется метан при прекращении их проветривания на 30 мин и более;

- в шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам угля и газа - тупиковые выработки, в которые выделяется метан при прекращении их проветривания на 5 мин и более.

При этом следует иметь в виду, что загазирования выработок разделяются на общие, местные и слоевые.

Аварийные ситуации загазирования ликвидируются, как правило, силами шахты в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных выработок, учету и предупреждению загазирования. При невозможности обеспечения проветривания отдельных выработок и для разгазирования изолированных участков привлекаются ГВГСС.

Обязательный вызов ГВГСС осуществляется при остановке вентиляторов главного проветривания продолжительностью более 30 мин для обследования загазированных выработок с целью спасения и вывода людей и обеспечения дежурства в необходимых местах и разгазирования горных выработок в соответствии со специальными разработанными мероприятиями.

В соответствии с Типовыми указаниями по ликвидации последствий аварийных ситуаций, к загазированию по определенным показателям относится проникновение в горные выработки сильнодействующих ядовитых веществ.

Аварийное заражение горных выработок в таких случаях обусловлено, главным образом, двумя процессами природного и техногенного происхождения: накоплением токсичных веществ в геологических структурах шахтного поля и переносом свободно содержащихся в трещинах и порах и сорбированных на поверхности пор токсичных веществ подземными водами, приток которых обычно возрастает при образовании трещин в результате сдвижения пород после подработки и надработки.

В местах выхода зараженных вод в горные выработки происходит испарение ряда токсичных веществ. Как показывает

негативный опыт работы некоторых шахт Центрального района, это может вызвать насыщение рудничного воздуха до концентраций, значительно превышающих предельно допустимую концентрацию. Так, в непроветриваемой выработке при поступлении в нее вод, содержащих хлорбензол, концентрация его паров в воздухе при температуре 20 °С может превышать ПДК в 883, фенола в 216, а бензола в 64300 раз. В проветриваемых выработках превышение ПДК токсичных веществ в воздухе возможно при их содержании в воде для указанных веществ соответственно в 1200-1700; 400-500 и 300-360 раз выше ПДК при средней интенсивности проветривания выработки (скорость струи 1,0-2,0 м/с).

Механизм поступления токсичных веществ предопределяет локальность зон заражения горных выработок и практическую невозможность выполнения достоверного прогноза ожидаемых концентраций химических веществ в подземных водах и выработок. Реально основной задачей прогноза должно стать определение потенциально опасных по химическому заражению зон в пределах шахтного поля и отдельных выемочных участков, а также установление возможного вида проникающих с дневной поверхности токсичных веществ.

Правилами безопасности не предусмотрено выполнение текущего прогноза опасности химического заражения горных выработок, за исключением шахт, опасных по нефтегазопроявлениям. Поэтому во всех случаях обнаружения несвойственного для шахт запаха должны быть отобраны и направлены в ГВГСС пробы воздуха и воды для анализа на содержание вредных веществ, главным образом, органического ряда.

## **23 Подготовка шахты к ликвидации аварий и организация аварийно-спасательных работ**

### **23.1 Противоаварийная защита шахт**

Противоаварийная защита шахт должна обеспечивать предотвращение возможных аварий, своевременную информацию о появлении признаков аварии и включение всех средств ее локализации и ликвидации.

Противоаварийная защита шахты, участков, технологических процессов (линий) и рабочих мест создается согласно специальному

разделу проекта (паспорта), где на основе фактических или прогнозных данных об опасных факторах предусматриваются мероприятия по предупреждению аварий и травматизма, устанавливаются противоаварийные системы и средства коллективной защиты.

Безопасность производственных процессов должна обеспечиваться постоянным контролем безопасных (опасных) параметров и своевременной остановкой технологических процессов (линий) и работ в пред аварийных и аварийных ситуациях. С целью предотвращения взрывов газа и пыли, пожаров, внезапных выбросов угля и газа в подземных выработках и в диспетчерской шахты должны предусматриваться средства противоаварийной системы, включающие:

- автоматический централизованный контроль и управление вентиляторами;
- датчики автоматического контроля метана с опережающим отключением электроэнергии при превышении его предельно допустимых норм;
- контроль метана переносными и встроенными в горные машины приборами;
- контроль пылеобразования, запыленности и средств пылевзрывозащиты;
- датчики обнаружения эндогенных пожаров в начальной стадии;
- систему подавления взрывов и экзогенных пожаров в начальной стадии;
- релейную защиту в электроаппаратах и кабельной сети.

Этим требованиям Правил безопасности отвечает унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами - система УТАС.

Система УТАС состоит из следующих подсистем (рис. 23.1):

- сбора и первичной обработки информации, что является совокупностью работы датчиков, которые обеспечивают измерение и передачу данных по контролируемым параметрам;
- передачи данных по передаточным устройствам и телекоммуникационным линиям;

- анализа собранной информации с программным обеспечением, которое осуществляет контроль и визуальное изображение на мониторе контролируемых параметров и объектов:
- управления горно-шахтным оборудованием (горными машинами, конвейерами, насосами, вентиляторами, высоковольтными ячейками и т.п.) и комплексами.

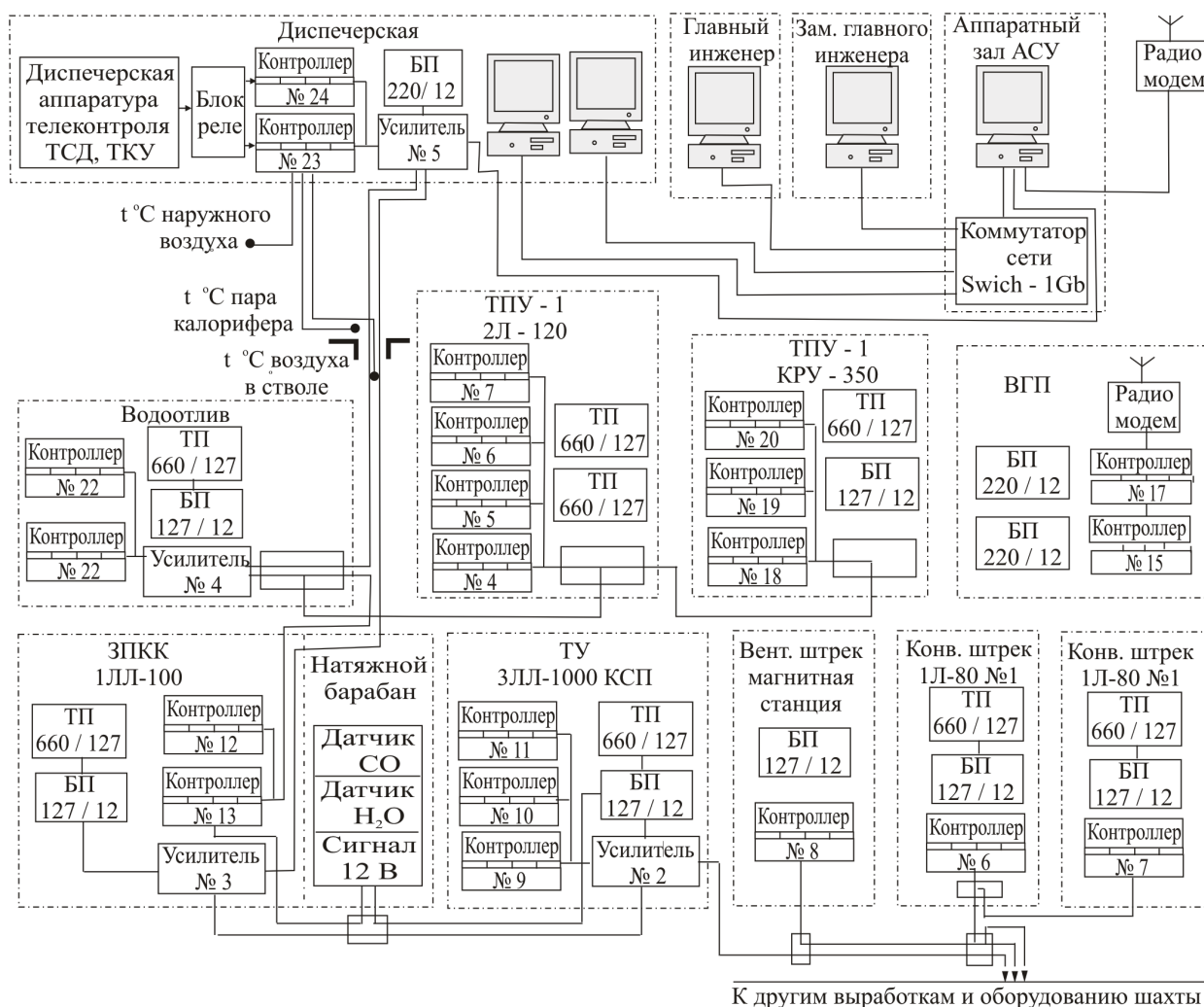


Рисунок 23.1 – Структурная схема системы УТАС

Комплект аппаратуры системы УТАС состоит из программируемых контроллеров и датчиков, которые фиксируют параметры работы оборудования (скорость, пробуксовку, вибрацию, температуру нагревания, нагрузки и т. п.), а также следят за

параметрами окружающей среды (концентрация метана, диоксида углерода, кислорода, водорода, скорость воздушного потока, давление и др.). Программируемые контроллеры являются программно управляемыми устройствами для принятия сигналов от датчиков, их анализа, принятия решений о выдаче информации на поверхность диспетчеру и команд на управление горными машинами и комплексами.

Система УТАС обеспечивает:

- непрерывный автоматический контроль (измерение) параметров шахтной атмосферы и микроклимата шахты (концентрации метана, окиси углерода, кислорода, скорости потока воздуха, температуры и др.) в местах установки соответствующих датчиков;

- непрерывный автоматический контроль (измерение) параметров технологического оборудования и его узлов (температуры, вибрации, манометрического и дифференциального давления, скорости ленточного конвейера) в местах, где установлены датчики:

- передачу, прием, отображение на дисплеях показаний и состояния датчиков;

- предоставление диспетчеру информации о состоянии любого контролируемого объекта с использованием четырех типов сигналов (нормальная работа, предаварийное состояние, аварийное состояние, режим проверки);

- отключение контролируемого механизма или группы механизмов, объектов при достижении предаварийных и аварийных состояний;

- визуальную сигнализацию при достижении предаварийного состояния;

- визуальную и звуковую сигнализацию при достижении аварийного состояния и сообщения при отключении аппаратуры или сигнал тревоги при не отключении аппаратуры (объекта);

- контроль исправности телекоммуникационных линий связи, датчиков и аппаратуры;

- формирование и выдачу на дисплей, по запросу оператора, сохраняемых данных о состоянии окружающей среды и технологического оборудования за любой период времени на протяжении года;



-формирование данных и графиков текущих показаний датчиков, выдачу их на печать.

Важной функцией системы УТАС является самоконтроль работы - о неисправности любого датчика информируется диспетчер, а система блокирует работу оборудования или технологического процесса контролируемого этим датчиком до устранения неисправности.

Для выполнения всех функций в состав системы УТАС входит почти 3000 устройств и датчиков, позволяющих в зависимости от условий изменять функциональные возможности и конфигурацию системы.

Потенциально система может работать с автоматизированными механизированными комплексами по добыче угля, которые могут обслуживаться двумя - тремя работниками, находящимися в шахте, что радикально повышает уровень безопасности работ.

Кроме общей по шахте противоаварийной системы УТАС и локальных подсистем, таких как АКМ, СЛВА и др., необходимые блокировки, концевые выключатели и реле должны быть предусмотрены на всех горных, транспортных (подъемных) машинах и технологических линиях.

Обеспечение безопасной эксплуатации горных выработок, зданий (сооружений) и горношахтного оборудования достигается ежесменным (ежесуточным) профилактическим их осмотром, планово-предупредительным ремонтом и эксплуатацией в соответствии с Правилами безопасности, проектами, паспортами и заводскими инструкциями (руководствами).

Важным элементом противоаварийной защиты является связь и сигнализация. Каждая шахта должна быть оборудована следующими видами связи и сигнализации: системой телефонной связи; системой общешахтного аварийного оповещения; местными системами оперативной и предупредительной сигнализации на технологических участках (подъеме, транспорте, очистных забоях и др.).

Телефонные аппараты должны устанавливаться в соответствии с проектом, в том числе на всех эксплуатационных участках, основных пунктах откатки и транспортирования грузов, на всех пунктах посадки людей в транспортные средства, во всех электромашинных камерах, ЦПП, распределительных пунктах напряжением выше 1200 В, у стволов, в складах взрывчатых

материалов, в здравпунктах, в выработках подготовительных участков и в местах, предусмотренных планом ликвидации аварий.

Аппаратура аварийной связи и оповещения устанавливается в выработках шахт в соответствии с планом ликвидации аварий; на поверхности - в диспетчерской и кабинете главного инженера шахты.

Система общешахтного аварийного громкоговорящего оповещения в горных выработках должна обеспечивать: оповещение об аварии людей, находящихся в шахте; прием на поверхности сообщения об аварии, передаваемого из шахты; ведение переговоров и передачу с автоматической записью на магнитофон указаний, связанных с ликвидацией аварии.

Кроме специальной аппаратуры аварийного оповещения и связи, для передачи сообщения об аварии должны использоваться средства местной технологической связи. Очистные забои на пологих и наклонных пластах должны оборудоваться громкоговорящей связью между пультом машиниста комбайна и переговорными постами, установленными по лаве и на прилегающих выработках.

Клетки, предназначенные для подъема и спуска людей, должны оснащаться средствами связи с машинным отделением.

Для спасения застигнутых аварией людей и ликвидации аварий в начальной стадии на каждой эксплуатационной, реконструируемой и строящейся шахте должен быть составлен план ликвидации аварий (ПЛА).

Все шахты в период строительства, реконструкции, эксплуатации и ликвидации должны обслуживаться подразделениями ГВГСС. На каждой шахте должна быть организована и функционировать шахтная горноспасательная служба (ШГС).

В систему противоаварийной защиты входят также обеспеченность шахты и горных выработок запасными выходами, организация табельного учета спустившихся в шахту и выехавших из нее, пункты самоспасения, средства коллективной и индивидуальной защиты (жизнеобеспечения) и др.

## **23.2 Средства защиты органов дыхания при авариях**

При подземных авариях шахтный воздух становится непригодным для дыхания по двум основным причинам: из-за

образования (поступления) ядовитых (токсичных) газов свыше предельно допустимых концентраций (отравляющее действие) или снижения содержания кислорода до опасного для жизни предела (удушающее действие).

Основным и наиболее опасным ядовитым газом является оксид углерода, образующийся в опасных концентрациях при пожарах и взрывах газа и угольной пыли. Оксид углерода взаимодействует с гемоглобином крови и образует карбоксигемоглабин, не обладающий способностью переносить кислород к тканям организма, вызывая тем самым ферментное нарушение тканевого дыхания и др. При острых отравлениях наблюдается головная боль, головокружение, тошнота, рвота, слабость, одышка, учащенный пульс, потеря сознания, судорги, кома и (или) смертельный исход.

Уменьшение содержания кислорода до опасных пределов происходит при газодинамических явлениях, в основном при внезапных выбросах угля и газа, а также при взрывах газа и пыли и пожарах. Снижение содержания кислорода ниже 16-15% приводит к кислородному голоданию клеток головного мозга - аноксии. При этом дыхание и пульс учащаются, а главное - снижается способность мышления. При содержании кислорода 10-8% теряется сознание, затем прекращается дыхание, а через 5-7 минут вследствие необратимых изменений в клетках головного мозга наступает смерть. Главная особенность аноксии заключается в субъективной бессимптомности - человек не чувствует ее проявления и не предпринимает мер к своему спасению.

Для защиты органов дыхания при авариях на угольных шахтах применяются или разработаны к применению следующие дыхательные аппараты и средства.

1. Шахтные самоспасатели СПП-2, ШСС-1, ШСМ-30, ШСТ-50, С-50, ОХУ-К906, предназначенные для защиты органов дыхания при аварии и выхода из выработок с непригодной для дыхания атмосферой.

2. Устройства индивидуального и группового аварийного воздухообеспечения «Воздух-1», «Воздух-2», «Воздух-3», предназначенные для обеспечения дыхания при выбросах угля и газа.

3. Групповые средства защиты органов дыхания (передвижные спасательные пункты ПСП, ПСПМ и дыхательные аппараты АД-180, АД-360), предназначенные для обеспечения дыхания при авариях и

включения или переключения на протяженных маршрутах в резервные самоспасатели.

4. Регенеративные изолирующие респираторы Р-30, Р-34, Р-35, РС, предназначенные для ведения аварийно-спасательных работ в горных выработках с непригодной для дыхания атмосферой.

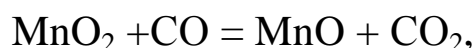
5. Аппараты «Горноспасатель 10» (ГС-10), «Горноспасатель 11» (модификации ГС-11С, ГС-11Р) и аппарат АГС-2М, предназначенные для восстановления дыхания (реанимации) пострадавших.

6. Воздушно-баллонные специализированные аппараты МБА, «Украина-2», «Юнга», АСВ-2, АИР-324, АИР-317, предназначенные для ведения аварийно-спасательных работ в специфичных условиях (под водой, пожарными на поверхности, зонах локального химического заражения и т. п.)<sup>9</sup>

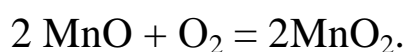
**Шахтные самоспасатели.** По принципу действия и области применения шахтные самоспасатели подразделяются на два принципиально различных класса: фильтрующие (типа СПП-2) и изолирующие (ШСС-1, ШСМ-30, ШСТ-50, С-50, ОХУ-К906).

Фильтрующий самоспасатель СПП-2 относится к рудничным противогазам (дыхательным аппаратам) одноразового действия с открытой системой дыхания и круговой циркуляцией воздуха. Самоспасатель СПП-2 защищает органы дыхания от оксида углерода, дыма и пыли и поэтому может применяться только на шахтах не опасных по внезапным выбросам угля и газа. При этом концентрация оксида углерода должно быть не более 1%, а содержание кислорода в воздухе не менее 17% при незначительном содержании смолистых веществ. Масса самоспасателя 1,05 кг, размеры 135x85x120 мм.

Принцип действия самоспасателя основан на доокислении токсичного оксида углерода СО до безвредного диоксида углерода СО<sub>2</sub>. Химическая реакция происходит в предварительно осушенном воздухе в гопкалитовом слое, представляющем смесь MnO<sub>2</sub> (60%) и катализатора CuO (40%) по следующей схеме:



при непрерывном доокислении MnO обратно до MnO<sub>2</sub>



420

<sup>9</sup> В приведенную классификацию указанные средства не включены и не рассматриваются, так как имеют и ограниченное применение при авариях на угольных шахтах.

Поэтому срок защитного действия самоспасателя 45 мин определяется не гипокситовым слоем, а временем насыщения влагой осушителя воздуха – слоя силикогеля, что определяет требования к герметичности корпуса самоспасателя.

После ряда аварий, показавших низкую эффективность самоспасателей СПП-2, фактически с 1996 г. применение фильтрующих самоспасателей на шахтах Украины было запрещено. Однако на шахтах других угледобывающих стран применение фильтрующих самоспасателей допускается.

Изолирующие самоспасатели относятся к дыхательным аппаратам (противогазам) одноразового действия на химически связанном кислороде с закрытой системой дыхания и маятниковой циркуляцией воздуха и могут применяться на шахтах всех категории при любых видах аварий.

Шахты оснащаются преимущественно самоспасателями ШСС-1 (ШСС-1П)<sup>10</sup> и малогабаритным самоспасателем ШСМ-30<sup>11</sup>.

Самоспасатель ШСС-1 является основным и предназначен для ношения на плечевом ремне. При выполнении работ самоспасатель должен находиться на расстоянии не более 5-ти метров от рабочего места.

Малогабаритный самоспасатель ШСМ-30 носится на поясном ремне и предназначен для оперативного включения при аварии<sup>12</sup> и

<sup>10</sup> Отличительная особенность ШСС-1П - пластмассовый корпус.

<sup>11</sup> Самоспасатели ШСТ-50, С-50, ОХУ-К906 имеют ограниченное применение или находятся на стадии разработки. Поэтому эти самоспасатели детально не рассматриваются, а только ниже приводится их краткая характеристика.

Самоспасатель одноразового действия ШСТ-50 предназначен для шахт Центрального района, потенциально опасных по химическому загрязнению. Самоспасатель обеспечивает защиту органов дыхания и зрения в течение 50 мин, в том числе от проникающих с поверхности химических ядовитых газов и паров органического ряда (фенол, хлорбензол, ацетон и др.).

Самоспасатель одноразового действия С-60 предназначен для постоянного ношения в шахте и хранения в подземных спасательных пунктах и имеет срок защитного действия 60 мин.

Самоспасатель ОХУ-К906 многократного действия и рассчитан на хранение в шахте. Срок защитного действия в зависимости от легочной вентиляции составляет 90-480 мин.

<sup>12</sup> Самоспасатель ШСМ-30, прежде всего, предназначен для применения на шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа.

передвижения от места работы на свежую струю или к месту расположения пункта переключения в резервные самоспасатели.

Самоспасатель ШСС-1 (рис. 23.2) имеет герметичный стальной корпус 1 цилиндрической формы, в который вмонтирован регенеративный патрон 2 с пусковым устройством 3. К регенеративному патрону 2 подсоединен дыхательный мешок 4<sup>13</sup> с избыточным клапаном 5 и гофрированный шланг 6 с загубником 7 и носовым зажимом 8.

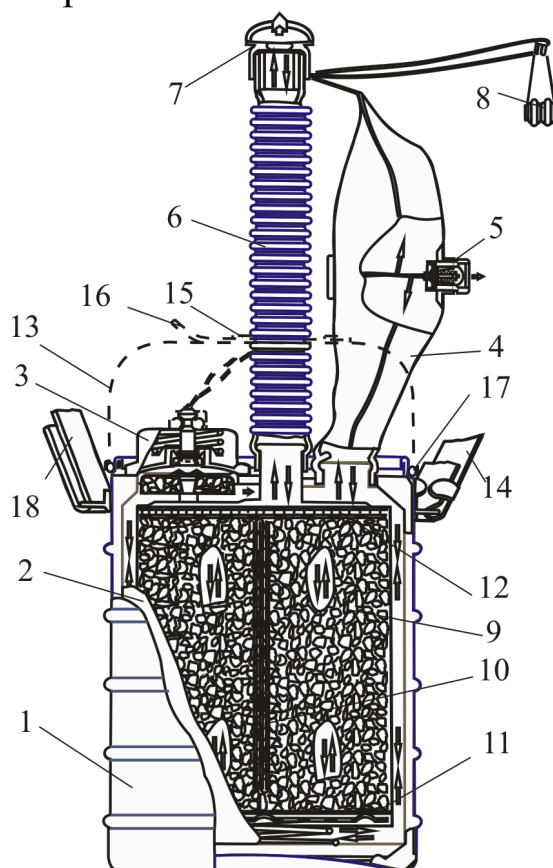


Рисунок 23.2 - Шахтный

изолирующий самоспасатель ШСС-1

- - поступление кислорода при срабатывании пускового устройства; ⇨ выдыхаемый воздух; ⇨ обогатенный кислородом вдыхаемый воздух после экзотермической реакции восстановления (регенерации)

Регенеративный патрон заполнен гранулированным кислородосодержащим продуктом 9 (продукт ОКЧ-2, основой которого является надперекись калия  $K_2O$ ), рассредоточенным с целью уменьшения спекания секционным теплораспределителем 10. Снизу продукт поджат пружинами с помощью поджимной перегородки 11, сверху ограничен пылезадерживающим фильтром 12, исключающим попадание мелких гранул и пыли продукта в дыхательные пути.

В нерабочем положении дыхательный мешок и гофрированный шланг находятся в свернутом состоянии под крышкой 13, которая посредством двух металлических лент 14 и быстро раскрываемого замка 15 с ремешком 16 прочно прикрепляется к корпусу и обеспечивает герметизацию с помощью резиновой прокладки 17. Для ношения самоспасателя к корпусу прикреплен плечевой ремень 18.

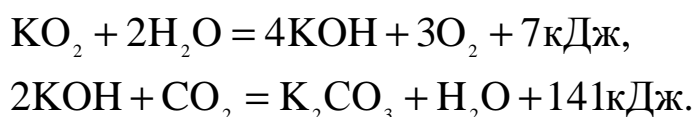
Принцип действия самоспасателя заключается в следующем. При вскрытии и отбросе крышки самоспасателя срабатывает пусковое устройство, предназначенное для заполнения дыхательной системы

422

<sup>13</sup> Дыхательный мешок является необходимым элементом любой закрытой системы дыхания и предназначен для обеспечения циркуляции и постоянства давления воздуха в системе при вдохе и выдохе.

самоспасателя запасом кислорода в начальный период времени. Пусковое устройство состоит из брикета кислородосодержащего продукта, резиновой мембраны, стеклянной ампулы с серной кислотой и ударного механизма, соединенного гибкой нитью с крышкой самоспасателя. При отрыве крышки самоспасателя ударный механизм освобождается от упора, разбивает ампулу с серной кислотой, которая вступает в химическую реакцию с надперексидом калия, в результате чего в течение 8-15 с выделяется около 5 л кислорода.

При включении в самоспасатель выдыхаемый из легких воздух проходит через загубник, по дыхательному шлангу попадает в регенеративный патрон, где содержащиеся в выдыхаемом воздухе продукты органической деятельности углекислый газ<sup>14</sup> и пары воды (влаги) вступают в экзотермические химические реакции. При этом водяные пары играют роль катализатора при связывании углекислого газа по следующей схеме:



В результате реакций выдыхаемый воздух очищается от углекислого газа и паров влаги и обогащается кислородом. Очищенный и обогащенный кислородом воздух через кольцевой зазор регенеративного патрона заполняет дыхательный мешок. При этом избыток воздуха удаляется через избыточный клапан, срабатывание которого происходит под действием нити растяжения при расширении дыхательного мешка и повышении давления воздуха до определенного предела. При акте вдоха из дыхательного мешка воздух по кольцевому зазору вторично поступает в регенеративный патрон, проходит противопылевой фильтр и по шлангу, загубнику поступает в органы дыхания.

Процесс регенерации воздуха в регенеративном патроне экзотермический, что приводит к нагреванию корпуса самоспасателя и является признаком его нормальной работы.

423 \_\_\_\_\_

<sup>14</sup> Выдыхаемый воздух содержит до 4% углекислого газа.

## Техническая характеристика самоспасателя ШСС-1

Срок защитного действия, мин:	50
При передвижении по горным выработкам при отсиживании	до 300
Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более	60
Масса, кг, не более	3,1
Размеры, мм	134x254
Срок службы, год	3

Самоспасатель ШСМ-30 (рис. 23.3) имеет бесшланговую конструкцию и состоит из регенеративного патрона 1 с загубником 2 и подбородником 3, дыхательного мешка 4 с избыточным клапаном 5, носового зажима 6 и оголовья 7. Регенеративный патрон заполнен кислородосодержащим продуктом 8 (продукт ОКЧ-2), рассредоточенным между теплораспределителем 9. Со стороны загубника расположены пылезадерживающий фильтр 10, перегородка полости слюнособираательницы 11 и теплоприемник 12 для снижения температуры вдыхаемого воздуха за счет испарения части влаги, оставшейся на волокнах теплообменника при предшествующем выдохе. Корпус регенеративного патрона защищен теплоизолятором 13, а на крышке патрона закреплен теплоизоляционный экран 14 для защиты лицевой части от ожога.

В нерабочем состоянии самоспасатель находится в герметичном футляре из двух половинок, снабженным быстровскрываемым замком и кольцами для крепления к поясному ремню.

Принцип регенерации и циркуляции воздуха в регенеративном патроне аналогичны как в самоспасателе ШСС-1.

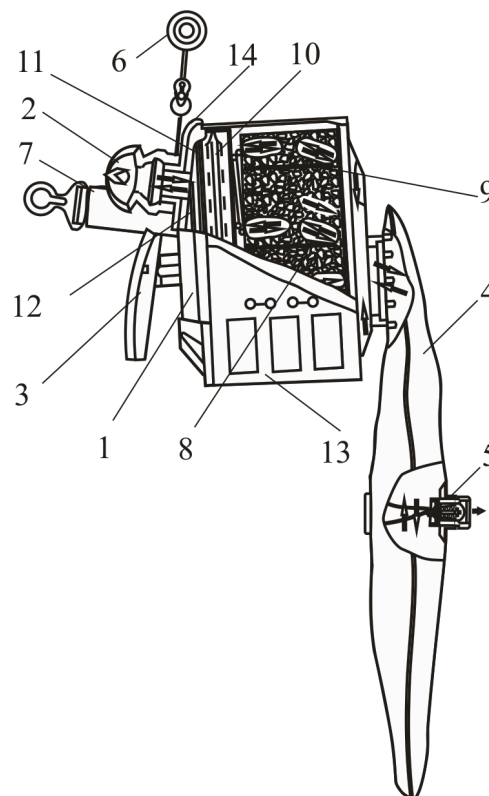


Рисунок 25.3 - Шахтный изолирующий малогабаритный самоспасатель ШСМ-30

← выдыхаемый воздух; → обогатенный кислородом вдыхаемый воздух после экзотермической реакции восстановления (регенерации) выдыхаемого воздуха; - охлажденный вдыхаемый воздух после прохождения теплоприемника; → - избыточный воздух



## Техническая характеристика самоспасателя ШСМ-30

Время защитного действия, мин:	
при передвижении по горным выработкам	30
при отсиживании	130
Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более	58
Масса, кг, не более	1,5
Размеры, мм	178x152x172
Срок службы, год	4

Эксплуатация самоспасателей в течение предусмотренного срока службы требует постоянного контроля за герметичностью корпуса (футляра) самоспасателя. Перед спуском в шахту обязательно должен проводиться внешний осмотр самоспасателя. При обнаружении пробоин или вмятин на корпусе и крышке (футляре), неисправности замка и отсутствии пломбы самоспасатель к эксплуатации не допускается.

Периодическая проверка самоспасателей проводится ежемесячно. При периодических проверках проводится внешний осмотр самоспасателей и контроль их герметичности на приборе герметичности самоспасателей ПГС. При проверке на герметичность самоспасатель помещают в герметичную камеру прибора ПГС и создают избыточное пневматическое давление 5 кПа (500 мм вод. ст.) Самоспасатель считается герметичным, если в течение 15 с падение давления в камере составляет не более 200 Па (20 мм вод. ст.). Результаты каждой периодической проверки оформляется актом.

Самоспасатели по истечении срока службы и забракованные самоспасатели списываются и уничтожаются комиссией с оформлением акта. Уничтожение самоспасателей производится гашением водой или сжиганием с соблюдением предусмотренных мер безопасности.

**Устройства аварийного воздухообеспечения.** Устройства аварийного воздухообеспечения «Воздух-1», «Воздух-2» и «Воздух-3» применяются на шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа имеющих пневмоэнергию.



Рисунок 23.4 - Устройства индивидуального аварийного воздухообеспечения а) - «Воздух-1» и б) - «Воздух-2»

Устройства индивидуального аварийного воздухообеспечения «Воздух-1» и «Воздух-2» (рис.23.4) устанавливаются

ливаются на воздухоподающих шлангах отбойных молотков, пневмосверл или другого пневмоборудования. В аварийной обстановке устройство «Воздух-1» включается поворотом головки против часовой стрелки до упора, после чего из выпускного отверстия начинает поступать сжатый воздух. Конструкция устройства «Воздух-2» позволяет быстро отсоединить пневмоинструмент от воздухоподающего шланга с последующим использованием для дыхания сжатого воздуха, поступающего по этому шлангу.

Устройство группового аварийного воздуховоснабжения «Воздух-3» (рис. 23.5) рассчитано на обеспечение воздухом одновременно трех человек и устанавливается в опережающей части откаточных и вентиляционных штреков и через 50 м по откаточному штреку на расстоянии 200 м позади лав. Устройство состоит из коллектора сжатого воздуха, трех раструбов для дыхания, штуцера для подключения устройства с помощью гибкого резинового шланга к магистральному трубопроводу и кронштейна для крепления на стенке выработки. Включение устройства осуществляется путем поворота раструба (раструбов) вверх на 90°.

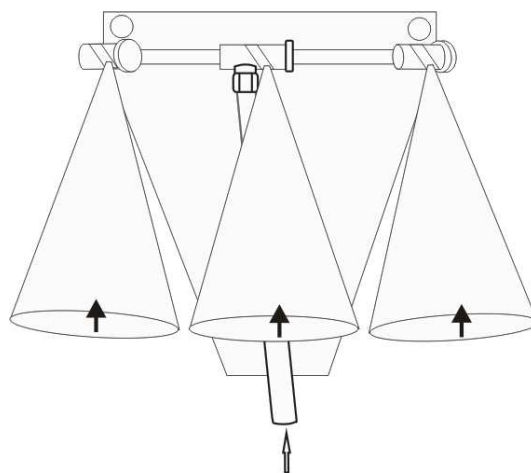


Рисунок 23.5 - Устройство группового аварийного воздуховоснабжения «Воздух-3»

Кроме применения указанных устройств аварийного жизнеобеспечения очистные участки выбросоопасных пластов, использующих пневмоэнергию, должны быть оборудованы трубопроводами сжатого воздуха, подведенными со стороны откаточного и вентиляционного горизонтов. На крутых пластах в потолкоуступных забоях эти трубопроводы должны быть соединены (закольцованы). В лавах крутых пластов с потолкоуступной формой забоя в каждом уступе должны быть оборудованы отводы от магистрали сжатого воздуха с переключателями. В лавах пологих пластов должен быть проложен магистральный шланг сжатого воздуха с 3-5-ти отводами с переключателями.

**Групповые средства защиты органов дыхания.** Групповые средства защиты органов дыхания основаны на комбинированном

использовании сжатого воздуха из баллонов или пневмосети или химического связанного кислорода и изолирующих самоспасателей.

Передвижные спасательные пункты ПСП и ПСПМ применяются для следующих целей:

- переключения из отработавших свой ресурс самоспасателей в резервные для выхода на свежую струю на протяженных маршрутах выхода;

- включения в резервные самоспасатели в случае невозможности использовать личные самоспасатели;

- обеспечения воздухом для дыхания до нормализации проветривания или прихода горноспасателей;

- обеспечение двухсторонней связи с диспетчером шахты.

Места установки спасательных пунктов для переключения в резервные самоспасатели определяются на основании расчета длительности выхода из аварийного участка на свежую струю и учета времени защитного действия самоспасателей. На шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа спасательные пункты устанавливаются в подготовительных выработках на расстоянии 40-50 м от забоя и на откаточном и вентиляционном штреках на расстоянии не далее 50 м от лавы.

Передвижные спасательные пункты ПСП и ПСПМ (рис. 23.6, а и б) конструктивно выполнены в виде металлического шкафа с закрытыми и опломбированными дверцами, в котором размещены воздухопроводная система и резервные самоспасатели ШСС-1 – в пункте ПСП размещаются 12 самоспасателей и 15 - в пункте ПСПМ.

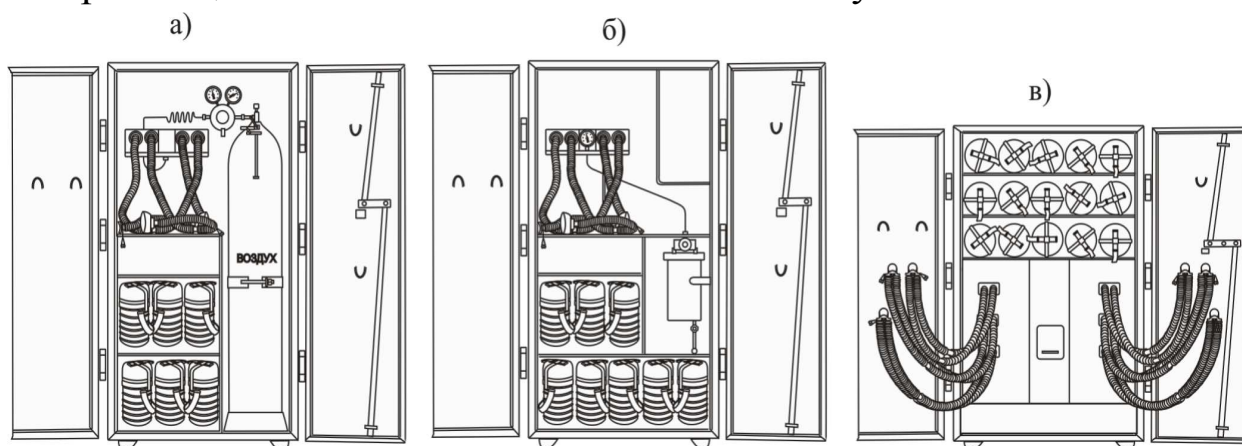


Рисунок 23.6 – Групповые средства защиты органов дыхания  
а) и б) - передвижные спасательные пункты ПСП и ПСПМ; в) – аппарат дыхательный АД-180

Размеры шкафа ПСП и ПСПМ одинаковы и составляют 1418x333x736 мм, масса в снаряженном состоянии соответственно

192 и 164 кг.

Пункт ПСП имеет автономное воздухообеспечение от баллона со сжатым воздухом. Воздуховодная система пункта состоит из баллона со сжатым воздухом, редуктора<sup>15</sup>, четырех легочных автоматов<sup>16</sup> и воздухопроводов (гофрированных шлангов) к двум полумаскам с переговорными устройствам (мембранами) и двум загубникам. Срок защитного действия пункта ПСП при одновременном включении четырех человек составляет 70 мин.

В пункте ПСПМ обеспечение воздухом осуществляется от шахтной пневмосети. Для очистки сжатого воздуха воздуховодная система содержит фильтр-отстойник, к которому через легочные автоматы подсоединяются четыре воздуховода к двум загубникам и двум полумаскам с переговорными устройствами.

В обоих пунктах подача воздуха к воздуховодам и аварийный вызов диспетчера с помощью громкоговорящей связи ИГАС-3 осуществляется автоматически при открывании дверцы пункта<sup>17</sup>.

Аппараты групповой защиты органов дыхания АД-180 и АД-360 применяются на шахтах опасных по внезапным выбросам угля и газа. Требования к местам их установки такие же, как и для спасательных пунктов ПСП и ПСПМ в подготовительных выработках и выемочных участках выбросоопасных пластов.

Аппараты АД-180 (рис. 25.6, в) и АД-360 конструктивно выполнены также в виде металлического шкафа, в котором размещены воздуховодная система аппарата для включения шести человек и 15 резервных самоспасателей ШСС-1. Размеры шкафа АД-180 несколько меньше чем у пунктов ПСП и ПСПМ и составляют 1243x736x350 мм, а масса (без самоспасателей) - 85 кг.

Аппараты АД-180 и АД-360 работают автономно с использованием химически связанного кислорода. Воздуховодная система аппаратов состоит из регенеративного патрона с кислородосодержащим продуктом ОКЧ-2, клапана безопасности,

428

<sup>15</sup> Редуктор обратного действия снижает давления кислорода в баллоне от 200 МПа до постоянно поддерживающего давления 0,4 МПа.

<sup>16</sup> Легочный автомат представляет собой систему из двух клапанов, срабатывающих при разряжении в воздуховодной системе, создаваемого при вдохе, порядка 20 мм. вод. ст.

<sup>17</sup> При отсутствии громкоговорящей связи ИГАС-3 на стенках пунктов крепится телефон.

дыхательного мешка, коллекторов вдоха и выдоха, клапанов вдоха и выдоха и воздухопроводов вдоха и выдоха с загубниками.

В аппаратах осуществляется замкнутый цикл дыхания с круговой циркуляцией воздуха. Выдыхаемый воздух поступает через загубник (загубники), по шлангу (шлангам) выдоха, через клапан (клапаны) выдоха и коллектор выдоха в регенеративный патрон и далее, отжимая клапан безопасности, в дыхательный мешок. При вдохе обогащенный кислородом воздух, поступает из дыхательного мешка в коллектор вдоха и далее через клапан (клапаны) вдоха по воздухопроводу (воздуховодам) и загубнику (загубникам) к каждому включенному в аппарат.

Срок защитного действия аппаратов АД-180 и АД-360 при одновременном включении шести человек составляет соответственно 180 и 360 мин.

**Регенеративные изолирующие респираторы.** По принципу действия регенеративные изолирующие респираторы разделяются на три группы: очистке выдыхаемого воздуха от углекислого газа химическим известковым поглотителем ХП-И и обогащение воздуха из баллона со сжатым кислородом (Р-30, Р-34); использование для поглощения углекислого газа щелочного сорбента СЩ-1 на основе гидроксида натрия и обогащение воздуха кислородом из баллона (Р-35, Р40Е)<sup>18</sup>; регенерации выдыхаемого воздуха на основе использования кислородосодержащего продукта ОКЧ-2 (РХ-4, РХ-4Е, РС, РХС, РХ-2,)<sup>19</sup>

По назначению респираторы разделяются на основные (Р-30, Р-35, Р40Е, РХ-4, РХ-4Е) и вспомогательные (Р-34, РС, РХС, РХ-2).

429

<sup>18</sup> В респираторе Р-35 обеспечиваются более комфортные условия дыхания, чем в респираторе Р-30. Основной недостаток Р-35 – необходимость замены регенеративного патрона после применения респиратора. В респираторе Р-40Е предусмотрено применение высокоэффективного щелочного сорбента СЩ-2.

<sup>19</sup> В респираторах данной группы проблематичным является снижение содержание кислорода во вдыхаемом воздухе в зависимости от физической нагрузки до физиологически оптимального значения (21-40%) и заполнении дыхательного мешка в случае потери дыхательного объема. В наибольшей степени эти проблемы решены в респираторе химическом РХ-4Е и респираторе специальном РС. Исполнение респиратора РХ-4Е соответствует, а по ряду показателей превосходит европейские требования безопасности по надежности и условиям дыхания. Респиратор РС рекомендован как вспомогательный для оснащения ВГК.

Основные респираторы предназначены для оснащения отделений ГВГСС для ведения аварийно-спасательных работ в горных выработках.

Вспомогательные респираторы имеют меньшие срок защитного действия, габариты и массу и используются, если основной респиратор не соответствует условиям работы (например, в стесненных условиях), для включения и вывода пострадавших, в комплекте с теплозащитными костюмами (куртками) и для оснащения членов ВГК.

В настоящее время основным респиратором, находящимся на оснащении ГВГСС, является респиратор Р-30, а ВГК оснащены вспомогательными респираторами Р-34.

Респираторы Р-30 и Р-34 имеют одинаковые главные конструктивные элементы и принцип работы. Респираторы в рабочем положении размещаются на спине. Основные узлы воздухопроводной и кислородоподающей систем респиратора расположены в дюралюминиевом ранце 1 с подвесной и амортизирующей системой ремней 2 (рис. 23.7).

Воздуховодная система респираторов состоит из соединительной коробки 3, слюноудаляющего насоса -

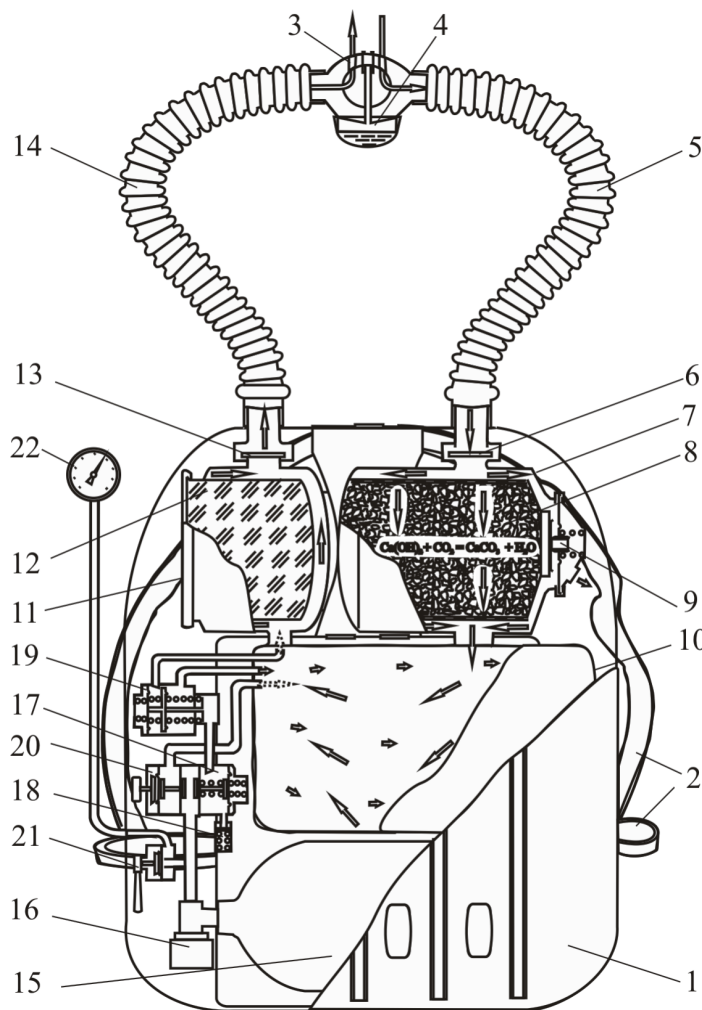


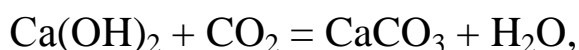
Рисунок 23.7 – Схема изолирующих регенеративных респираторов Р-30 и Р-34

⇔ выдыхаемый воздух; ⇨ выдыхаемый воздух после экзотермической реакции поглощения углекислого газа; → - постоянная подача кислорода; ⇨ - подача кислорода при срабатывании легочного автомата; ⇨ - аварийная (принудительная) подача кислорода с помощью кнопки байпаса; **ановления** (регенерации) выдыхаемого воздуха; ⇨ - обогащенный и охлажденный вдыхаемый воздух; ⇔ - избыточный воздух

резиновой груши 4, шланга выдоха 5, клапана выдоха 6, регенеративного патрона 7, снаряженного известковым поглотителем 8, избыточного клапана 9, дыхательного мешка 10, холодильника 11 с охлаждающим элементом - брикетом водяного льда 12<sup>20</sup>, клапана вдоха 13 и шланга вдоха 14. Соединительная коробка обеспечивает возможность быстрого присоединения лицевой части, в качестве которой может быть использовано мундштучное приспособление либо дыхательная маска «Меди» с панорамным стеклом и разговорной мембраной.

Кислородоподающая система состоит из кислородного баллона 15 с запорным вентилем 16, к которому подсоединен кислородораспределительный блок, состоящий из редуктора 17<sup>21</sup> с предохранительным клапаном 18, легочного автомата 19, аварийного клапана (байпаса) 20 и перекрывного вентиля 21 капиллярной трубки с манометром 22.

Принцип работы респираторов заключается в следующем. Выдыхаемый человеком воздух, через лицевую часть, соединительную коробку 3, шланг выдоха 5, клапан выдоха 6 поступает в регенеративный патрон 7. В регенеративном патроне происходит экзотермическая химическая реакция поглощения диоксида углерода (углекислого газа) известковым поглотителем



сопровождающаяся увлажнением воздуха выделяющейся водой (что является положительным моментом) и выделением тепла приводящего к нагреванию воздуха (что является отрицательным моментом)<sup>22</sup>. Из регенеративного патрона выдыхаемый воздух поступает в дыхательный мешок 10 (где воздух обогащается кислородом поступающим из кислородоподающей системы). Избыток воздуха удаляется через избыточный клапан 9 регенеративного

431\_\_\_\_\_

<sup>20</sup> Респиратор может применяться в диапазоне температур от -40 до +60 °С. Охлаждающий элемент устанавливается для охлаждения вдыхаемого воздуха при температуре окружающей среды свыше 27 °С. Для работы при отрицательной температуре респиратор комплектуется специальным регенеративным патроном.

<sup>21</sup> Напомним, что редуктор снижает давления кислорода в баллон от 200 МПа до постоянно поддерживающего давления 0,4 МПа.

<sup>22</sup> Именно поэтому более предпочтительным является использование щелочного сорбента СЩ-1 в респираторе Р-35.

патрона 7. При вдохе воздух из дыхательного мешка проходит через холодильник 11 (где охлаждается) и через клапан вдоха 13, шланг вдоха 14, соединительную коробку 3 и через лицевую часть поступает в легкие.

Движение воздуха в воздухопроводной системе осуществляется в одном направлении по кругу за счет срабатывания клапанов вдоха и выдоха. Потому респираторы Р-30 и Р-34 относятся к изолирующим дыхательным аппаратам с закрытой системой дыхания и круговой циркуляцией воздуха.

В кислородоподающей системе респираторов применена комбинированная подача кислорода в воздухопроводную систему:

- постоянная в количестве 1,3-1,5 л/мин, достаточного для физической нагрузки средней тяжести (осуществляется через редуктор 17 и дозирующее отверстие при включении в респиратор и открытия вентиля 9);

- легочно-автоматическая в количестве 60-100 л/мин при выполнении тяжелой физической работы (осуществляется через редуктор 17 и легочный автомат 19, срабатывающий автоматически за счет разряжения в воздухопроводной системе при рефлекторном глубоком вдохе);

- через аварийный клапан (байпас) в количестве 100-300 л/мин, применяется при выходе из строя редуктора или легочного автомата и периодической продувки воздухопроводной системы с целью предотвращения скопления азота (осуществляется в обход редуктора 17 путем нажатия на кнопку байпаса 20).

Техническая характеристика респираторов	Р-30	Р-34
Срок защитного действия, ч	4	2
Запас кислорода, л	400	200
Масса химпоглотителя ХП-И, кг	1,7	1,7
Масса охлаждающего элемента, кг	0,75	0,75
Полезная емкость дыхательного мешка, л	4,5	4,5
Габаритные размеры, мм	450x375x165	460x340x140
Масса в снаряженном виде без лицевых частей, охлаждающего элемента и крышки холодильника, кг	11	9

**Аппараты восстановления дыхания пострадавших.** Аппараты искусственной вентиляции легких «Горноспасатель-10» (ГС-10), «Горноспасатель-11» (модификации ГС-11С и ГС-11Р) и портативный автономный горноспасательный ингалятор АГС-2М находятся на оснащении ГВГСС и применяются при нарушении



дыхания (реанимации) пострадавших, как в пригодной, так и в непригодной для дыхания атмосфере.

### **23.3 План ликвидации аварий**

План ликвидации аварий разрабатывается на случай предполагаемых (возможных) аварий в соответствии с Инструкцией по составлению планов ликвидации аварий на каждые 6 месяцев главным инженером шахты и командиром обслуживающего шахту горноспасательного взвода, согласовывается с командиром военизированного горноспасательного отряда (ВГСО) и утверждается соответствующим техническим руководителем ГП (ПО, самостоятельной шахты и др.) за 15 дней до ввода в действие.

Основная задача ПЛА обеспечения безопасности людей и ликвидация аварий в начальной стадии. Если мероприятия ПЛА выполнены, но авария не ликвидирована или требуется ликвидация ее последствий, то разрабатывается другой документ - оперативный план ликвидации аварий, составление которого осуществляется в соответствии с требованиями Устава ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ.

Перед составлением ПЛА проверяются: обеспеченность шахты, горизонтов и горных выработок запасными выходами; соответствие времени движения по загазированным выработкам сроку защитного действия самоспасателей; наличие, состояние и расположение средств спасения горнорабочих и подготовленность работников к их использованию; ожидаемая газовая обстановка на участках в случае отключения дегазационной системы; время загазирования тупиковых забоев в случае остановки ВМП; устойчивость вентиляционных струй при тепловой депрессии пожара; состояние вентиляционных устройств; наличие и состояние средств оповещения об аварии; размещение пунктов и расстановку членов ВГК; водоснабжение, обеспеченность и состояние средств пожаротушения.

По материалам проверок устанавливаются зоны поражения при пожарах, взрывах, внезапных выбросах, горных ударах, обрушениях, прорывах воды, проникновения ядовитых химических веществ и д. р., определяется зона реверсирования вентиляционной струи, производится оценка пожарной опасности горных выработок. Материалы проверок оформляются актами и рассматриваются на

совещании при главном инженере шахты с участием командира взвода ГВГСС.

План ликвидации аварий снабжается титульным листом, оглавлением и содержит:

1. Оперативную часть, состоящую из позиций и являющейся основным его содержанием.

2. Обязанности и порядок действия должностных лиц, участвующих в ликвидации аварий.

3. Список должностных лиц и учреждений, которые должны быть немедленно извещены об аварии.

4. Основные правила поведения (действия) работников шахты при авариях.

5. Указания по ликвидации последствий аварийных ситуаций (загазирование, остановка ВГП, застревание клетки или обрыв каната, общешахтное отключение электроэнергии, истечение хлора из хлораторной, выход из строя изотопных датчиков).

К оперативной части ПЛА прикладывается следующая графическая документация.

1. Схема вентиляции шахты (рис. 23.8).

2. Схема горных выработок и план поверхности шахты (на схеме горных выработок дополнительно указываются места расположения средств пожаротушения, оповещения об аварии и группового спасения рабочих, а на плане поверхности - схема подачи воды в шахту и подъездные пути к стволам и шурфам).

3. Планы горных работ по пластам или горизонтам (на планах дополнительно указывается направление движения воздуха, места установки телефонов и их номера).

4. Микросхемы горных выработок шахты (микросхемы горных выработок прилагаются только к экземпляру плана, хранящемуся в ГВГСС, и предназначены для выдачи командирам отделений при выходе на задание).

Ответственность за правильное составление ПЛА и его соответствие действительному положению в шахте несут главный инженер шахты и командир горноспасательного взвода. При вводе новых участков и выработок, изменении схемы вентиляции и запасных выходов главный инженер шахты обязан в течение суток внести в ПЛА и согласовать с командиром обслуживающего шахту горноспасательного взвода соответствующие поправки и дополнения.

Планы ликвидации аварий с соответствующими приложениями должны находиться у горного диспетчера и в горноспасательном взводе.

Изучение ПЛА инженерно-техническими работниками шахты производится под руководством главного инженера. Ответственность за ознакомление рабочих с правилами поведения при авариях и запасными выходами несет начальник участка. После ознакомления с правилами поведения при возникновении аварии и запасными выходами работники расписываются об этом в Книге инструктажа по безопасности работ.

Ответственным руководителем работ по ликвидации аварий является главный инженер шахты, а до его прибытия на шахту – горный диспетчер.

Основной структурной частью ПЛА является позиция. Каждая позиция имеет следующие атрибуты: наименование, порядковый номер, условный символ, изображение выработок позиции (аварийного участка) на схеме вентиляции шахты и текстовое содержание.

Наименование позиции состоит из наименования выработок позиции (аварийного участка) и возможной в этих выработках (на этом участке) аварии. К выработкам позиции или аварийного участка относят выработку, часть выработки или несколько сопряженных выработок.

Сопряженные выработки и случаи пожара или взрыва допускается включать в одну позицию, если для этих выработок и аварий соблюдаются следующие условия: предусматривается одинаковый аварийный режим проветривания; применяют одинаковые мероприятия по спасению людей; совпадают маршруты движения горноспасательных отделений и порядок выполнения ими работ.

Для каждой тупиковой выработки на случай пожара и (или) взрыва разрабатывается (составляется) отдельная позиция.

На схеме вентиляции шахты выработки позиции выделяют (раскрашивают) одним цветом, позиции нумеруют, начиная с поверхности по направлению движения вентиляционной струи, проставляют номера позиций внутри символов и окрашивают символы в цвет выработок позиций<sup>23</sup>.

435\_\_\_\_\_

<sup>23</sup> На схеме вентиляции шахты на рисунке 23.8 выделение позиций цветом отсутствует.

# СХЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТЫ

КАТЕГОРИЯ ШАХТЫ ПО ГАЗУ	ОПАСНАЯ ПО ВЫБРОСАМ
ОПАСНОСТЬ ПО ПЫЛИ	ОПАСНАЯ
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ГАЗООБИЛЬНОСТЬ	64 м <sup>3</sup> /т
АБСОЛЮТНАЯ ГАЗООБИЛЬНОСТЬ	9,9 м <sup>3</sup> /мин
ОБЩИЙ РАСХОД ВОЗДУХА ПО ШАХТЕ:	ФАКТИЧЕСКИЙ 6280 м <sup>3</sup> /мин
	РАСЧЕТНЫЙ 5900 м <sup>3</sup> /мин
УТЕЧКИ ВОЗДУХА:	
ВНЕШНИЕ	1110 (16%) м <sup>3</sup> /мин
ВНУТРЕННИЕ	1831 (29%) м <sup>3</sup> /мин

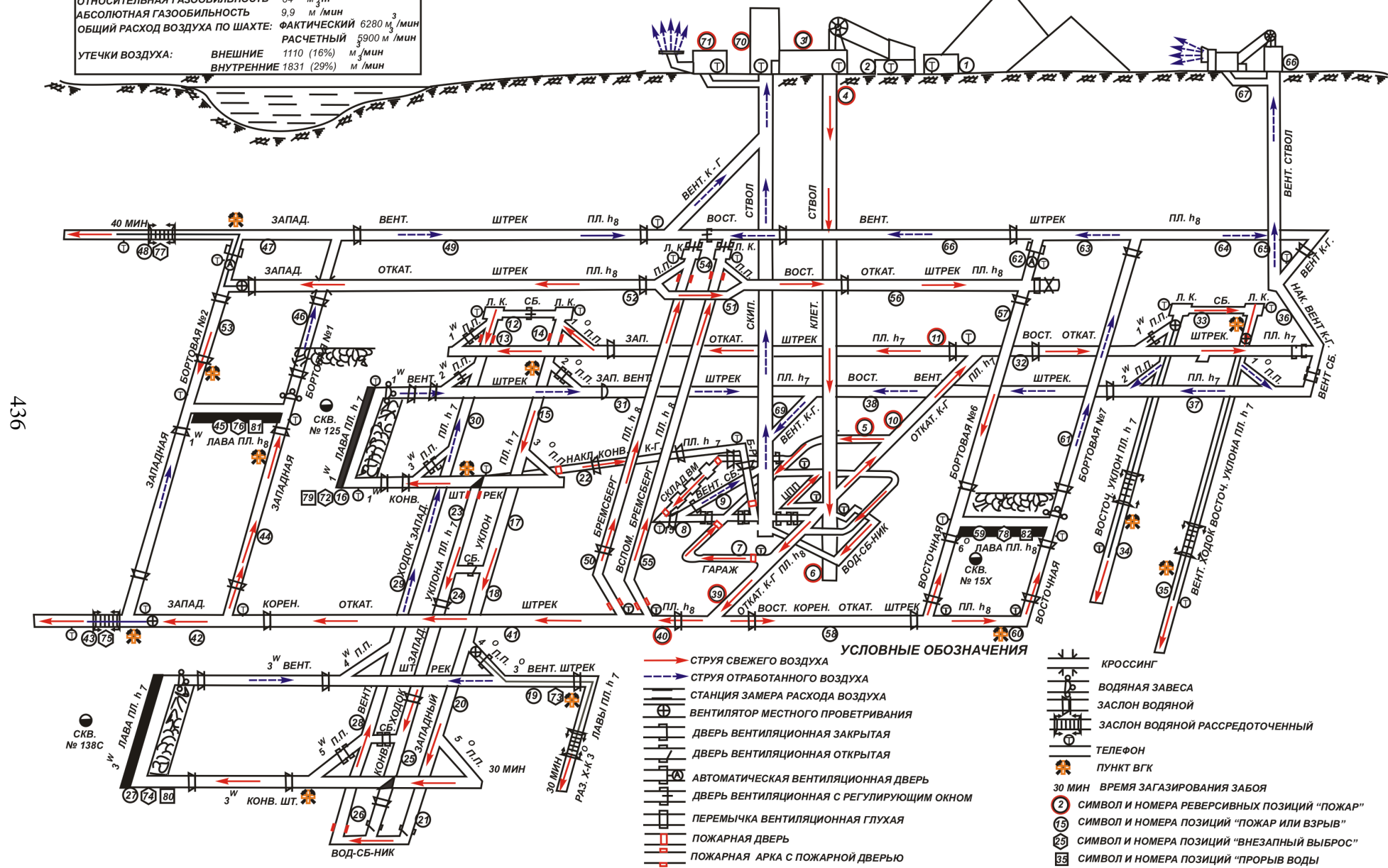


Рисунок 23.8 – Схема вентиляции шахты к плану ликвидации аварий

436

Текстовое содержание позиций составляют (разрабатывают) и оформляют по специальной форме в виде «таблиц» (табл. 23.1).

Из текстового содержания позиций формируют в виде альбома оперативную часть ПЛА. В оперативной части позиции располагают в возрастающем порядке, причем номер каждой позиции должен совпадать с соответствующим номером страницы оперативной части.

Позиции оперативной части составляют в зависимости от вида аварии на следующие выработки и объекты шахты:

- пожар - на все выработки шахты и примыкающие к ним надшахтные здания, сооружения и обогатительные фабрики (установки), при пожаре в которых продукты горения могут попасть в шахту, а также на здания подъемных машин, компрессорной и вакуумнасосной;

- взрыв – на все выработки газовых шахт, в которых обнаружен метан при нормальном режиме проветривания, выработки и сооружения с интенсивным пылеобразованием на шахтах, опасных по взрывчатости угольной пыли (очистные и тупиковые забои, камеры опрокидов, угольных загрузок, выработки по которым уголь движется самотеком), подземные склады ВМ, зарядные камеры, гараж, а также здания вакуумнасосной и компрессорной станций;

- внезапный выброс – на все очистные и подготовительные забои на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа;

- прорыв воды (пульпы) и затопление – на все выработки и зоны, опасные по прорыву воды (пульпы);

- горный удар – на все выработки и зоны, опасные по горным ударам;

- обрушение угля (породы) – на все выработки шахты составляется одна общая позиция;

- аварийные ситуации – для каждой аварийной ситуации составляется одна общая позиция.

При составлении позиций основополагающим является правильный выбор аварийного вентиляционного режима проветривания шахты и аварийного участка. Аварийный вентиляционный режим определяется, прежде всего, режимом работы вентиляторов глазного проветривания (ВГП). Применяют следующие аварийные вентиляционные режимы проветривания:

- нормальный, предусматривающий нормальную работу ВГП с сохранением или увеличением подачи воздуха в шахту;

Таблица 23.1 - Позиция 25. 1<sup>W</sup> конвейерный штрек 1<sup>W</sup> лавы пл. h<sub>7</sub> от 3<sup>W</sup> приемной площадки, 1<sup>W</sup> лава, 1<sup>W</sup> вентиляционный штрек до 2<sup>W</sup> приемной площадки – пожар или взрыв

Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий	Ответственные за мероприятия Исполнители	Пути и время выхода людей	Пути движения отделений ГВГСС и задание
<p>1. Вызвать 1-й взвод 3-го ВГСО. Обеспечить прибытие на шахту отделений ГВГСС и автомобилей со специальной техникой в соответствии с диспозицией выезда отряда на аварию.</p> <p>2. Обеспечить нормальную работу вентиляторов главного проветривания скипового и вентиляционного стволов.</p> <p>3. Отключить электроэнергию: - при пожаре в 1<sup>W</sup> лаве, отключив ячейки 5 и 6 на РПП –3; - при взрыве в шахту, отключив вводы 1, 2 и 3 в поверхностной подстанции.</p> <p>4. Оповестить все участки об аварии по телефону.</p> <p>5. Подготовить механизированную доставку людей и отделений ГВГСС.</p> <p>6. Направить членов ВГК из близлежащих выработок с респираторами и средствами пожаротушения по запад. уклону и далее по 1<sup>W</sup> конв. штреку для тушения пожара со стороны свежей струи.</p> <p>7. Обеспечить подачу воды на 1<sup>W</sup> конв. и 1<sup>W</sup> вент. штреки.</p> <p>8.1 Включить водяную завесу на 1<sup>W</sup> вент. штреке.</p> <p>8.2 Подготовить электровоз и порожние вагонетки для доставки техники пожаротушения.</p> <p>9. Обеспечить подачу сжатого воздуха в шахту.</p> <p>10. Направить в шахту отделения ГВГСС.</p>	<p><u>Диспетчер</u> Телефонистка <u>Ком отряда</u> Ком. взвода</p> <p><u>Главн. механик</u> Диспетчер, маш. вентиляторов</p> <p><u>Главн. энергетик</u> Деж. слесарь <u>Главн. энергетик</u> Деж. электропод.</p> <p><u>Диспетчер</u> Телефонистка <u>Нач. УШТ</u> Маш. электровоз</p> <p><u>Главн. инженер</u> Диспетчер, ком. ШГС, чл. ВГК</p> <p><u>Главн. механик</u> Деж. водотлива <u>Главн. механик</u> Деж. слесарь <u>Нач. УШТ</u> Маш. электровоз</p> <p><u>Главн. механик</u> Маш.компрес.ст. <u>Главн. инженер</u> Ком. Взвода</p>	<p>При пожаре вывести людей: - находящихся за очагом пожара в 1<sup>W</sup> конв. штреке на участке от 3<sup>W</sup> пр. пл. до лавы, 1<sup>W</sup> лаве, 1<sup>W</sup> вент. штреке по 2<sup>W</sup> пр. пл., вент. ходку, 1<sup>W</sup> пр. пл., зап. откат. штреку, откат. кв-гу к клетевому стволу и на поверхность.– 25 (15) мин.</p> <p>- находящихся до очага пожара в 1<sup>W</sup> конв. штреке на участке от 3<sup>W</sup> пр. пл. до лавы, 1<sup>W</sup> лаве, 1<sup>W</sup> вент. штреке по 2<sup>W</sup> пр. пл., ходку запад. уклона, 1<sup>W</sup> пр. пл., зап. откат. штреку, откат. кв-гу на пл. к клетевому стволу</p> <p>- находящихся в 1<sup>W</sup> вент. штреке на участке от 2<sup>W</sup> пр. пл. до 2<sup>0</sup> пр. пл., по 2<sup>0</sup> пр. зап. откат. штреку клетевому стволу и на поверхность.– 25 (15) мин.</p> <p>- находящихся в зап. вент. штреке по вост. вент. штреку, вост. откат. штреку. к клетевому стволу и на поверхность.– 25 (15) мин.</p> <p>- находящихся на вент. квершлага к скиповому стволу и на поверхность – 25 (15) мин.</p> <p>- находящихся во 2<sup>W</sup> и 2<sup>0</sup> пр. пл. по зап. откат. штреку к клетевому стволу и на поверхность.– 25 (15) мин.</p> <p>- находящихся в вост. вент. штреке по вост. откат. штреку. к клетевому стволу и на поверхность.– 25 (15) мин.</p> <p>При взрыве вывести всех людей из шахты к клетевому стволу и на поверхность.</p>	<p>Направить в шахту отделения ГВГСС: 1-е отделение по клет. стволу, откат. кв-гу, зап. откат. штреку, 1<sup>W</sup> пр. пл., вент. ходку, 2<sup>W</sup> пр. пл. на 1<sup>W</sup> вент. штрек, 1<sup>W</sup> лаву, 1<sup>W</sup> конв. штрек к очагу аварии для спасения людей и вывода их обратным путем на поверхность.</p> <p>2-е отделение по клет. стволу, откат. кв-гу, зап. откат. штреку, 1<sup>0</sup> пр. пл., зап. уклону, 3<sup>0</sup> пр. пл. на 1<sup>W</sup> конв. штрек, 1<sup>W</sup> лаву, 1<sup>W</sup> вент. штрек к очагу аварии: при пожаре для его ликвидации со стороны свежей струи; при взрыве - для спасения людей и вывода их обратным путем на поверхность.</p> <p>3-е отделение по клет. стволу, откат. кв-гу, зап. откат. штреку, 1<sup>0</sup> пр. пл., зап. уклону, 2<sup>0</sup> пр. пл-ке для обследования 1<sup>W</sup> вент. штрека до 2<sup>W</sup> пр. пл-ки и вывода людей на свежую струю и на поверхность.</p> <p>4-е отделение по клет. стволу, откат. кв-гу, зап. откат. штреку, 1<sup>0</sup> пр. пл., зап. уклону, 2<sup>0</sup> пр. пл-ке для обследования зап. вент. штрека, вент. кв-га и вывода людей на свежую струю и на поверхность.</p> <p>Последующие отделения направляются по усмотрению руководителя работ по ликвидации аварии.</p>

- реверсивный, предусматривающий реверсирование ВГП с изменением направления движения вентиляционной струи по всей шахте;

- нулевой, предусматривающий остановку ВГП и проветривание шахты за счет естественной депрессии;

- нормальный, предусматривающий нормальную работу ВГП с сохранением подачи воздуха в шахту и местным изменением режима проветривания аварийного участка.

Нормальный режим проветривания применяют при взрывах, выбросах, прорывах воды, а также при пожарах не в зоне реверса (например, позиция 59: 6<sup>о</sup> лава пласта  $h^8$  – пожар или взрыв, см. рисунок 23.8). При этом сохранение подачи воздуха в шахту применяют при прорывах воды и пожарах, а увеличение - при выбросах и взрывах, не объединенных в одну позицию с пожаром.

Реверсивный режим проветривания следует однозначно применять при пожарах в зоне реверса, к которой относятся надшахтные здания, стволы, выработки околоствольных дворов, по которым поступает свежий воздух в шахту (например, позиция 39: откаточный квершлаг на пласт  $h_8$ , см. рисунок 23.8). Реверсирование ВГП в этих случаях обеспечивает вынос газообразных продуктов горения кратчайшим путем на поверхность, минуя основные места работы людей.

Кроме того, при всасывающем проветривании шахты несколькими ВГП реверсирование применяют при пожаре в здании и канале вентилятора или выше канала вентилятора и надшахтном здании вентиляционного (скипового) ствола. Реверсирование ВГП в указанных случаях осуществляют с целью обеспечения устойчивости восходящей струи по аварийному стволу при внезапной остановке его вентилятора. В зависимости от места пожара реверсирование осуществляют по следующим схемам. При пожаре в стволе выше канала вентилятора и надшахтном здании ствола (например, позиция 70: скиповой ствол выше канала вентилятора, надшахтное здание скипового ствола - пожар, см. рисунок 23.8) необходимо обеспечить нормальную работу аварийного вентилятора и реверсировать остальные вентиляторы шахты. При пожаре в здании и канале вентилятора (например, позиция 71: здание и канал вентилятора скипового ствола - пожар, см. рисунок 23.8) следует реверсировать неаварийные вентиляторы шахты, после чего аварийный вентилятор

остановить, закрыть канал вентилятора шибером и открыть шлюзовые двери в надшахтном здании.

При нагнетательном способе проветривании шахты несколькими вентиляторами главного проветривания и пожаре в здании и канале вентилятора аварийный вентилятор останавливается, а остальные работают в нормальном режиме.

Нулевой режим может осуществляться на не газовых шахтах при пожарах в главных вентиляционных выработках для снижения скорости распространения пожарных газов.

Нормальный режим проветривания шахты с изменением местного режима проветривания аварийного участка применяют только для отдельных случаев пожаров в пределах выемочных полей. Местным режимом, в основном, предусматривается увеличение или уменьшение расхода воздуха, закорачивание или реверсирование вентиляционной струи на аварийном участке. Изменение местного режима проветривания аварийного участка осуществляется путем открытия (закрытия) вентиляционных и (или) закрытия пожарных дверей.

Увеличение расхода воздуха предусматривается при пожарах в наклонных выработках с нисходящим проветриванием с целью предотвращения опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии (например, позиция 24: конвейерный ходок западного уклона пласта  $h_7$  от сбойки на западный уклон до сбойки на вентиляционный ходок – пожар, см. рисунок 23.8). Это достигается за счет увеличения сопротивления в параллельных выработках и в сбойках между ними при закрытии вентиляционных дверей.

Уменьшение расхода воздуха предусматривается при пожарах в наклонных выработках с восходящим проветриванием для снижения активности развития пожара и предотвращения рециркуляции продуктов горения под действием тепловой депрессии (например, позиция 50: вспомогательный бремсберг пласта  $h_8$ , см. рисунок 23.8). В основном, это достигается путем закрытия пожарных дверей до очага пожара.

Закорачивание вентиляционной струи проводится, в основном, для отвода продуктов горения кратчайшим путем в исходящую струю (например, позиция 52: западный откаточный штрек пласта  $h_8$  от приемной площадки до западной бортовой №2 - пожар, см. рисунок



23.8). Это достигается путем открытия вентиляционных дверей за очагом пожара на смежных с аварийным участках выработках.

Местное реверсирование вентиляционной струи осуществляется преимущественно для вывода продуктов горения в исходящую струю, минуя очистные забои. Осуществление местного реверсирования возможно только при наличии не менее двух воздухоподающих выработок на выемочном участке. Фактически, местное реверсирование осуществляют путем закорачивания вентиляционной струи. Например, для позиции 53: западная бортовая №2 пласта  $h_8$  от западного откаточного штрека до 1<sup>w</sup> лавы – пожар (см. рисунок 23.8) целесообразно осуществить местное реверсирование струи путем открытия вентиляционной двери на западной бортовой №2.

При составлении позиций весьма важным является правильное определение выработок так называемых угрожаемых участков. В общем виде к угрожаемым участкам относят выработки, в которые могут попасть продукты аварии или которые в результате аварии и при принятом вентиляционном режиме лишились запасного (для выработок, проветриваемых за счет общешахтной депрессии) или основного (для тупиковых выработок) выхода.

В зависимости от вида аварии к угрожаемым участкам относят:

- при взрыве - все выработки шахты, так как под действием ударной волны могут быть нарушены вентиляционные сооружения шахты и может наступить так называемый «вентиляционный хаос»;

- при пожаре – выработки, по которым распространяются газообразные продукты аварии при нормальном режиме, а также выработки и надшахтные здания при реверсивном режиме проветривания;

- при выбросе - выработки, по которым распространяются газообразные продукты аварии;

- при прорыве воды - выработки, по которым устремляется вода, включая самую углубленную выработку (следует иметь в виду, что на отдельных шахтах вместе с водой возможно поступление различных газов);

- при отсутствии двух пригодных для использования выходов из выработки или из шахты (загазировании, затоплении и т. п. одного из выходов) – эта выработка или вся шахта;

- при отсутствии выхода из тупиковой выработки (загазировании, затоплении и т. п.) - эта выработка.

## 23.4 Организационные основы горноспасательной службы

История ведения горноспасательных работ свидетельствует о неразрывной связи их с развитием угледобывающей отрасли, о зависимости эффективности предупреждения и ликвидации аварий от глубины изучения природных факторов и теоретического обоснования применения способов и средств защиты горнорабочих и горноспасателей, техники и технологии ведения аварийно-спасательных работ при различных видах подземных аварий. Одновременно анализ хода ликвидации аварий, характера возникающих осложнений, соответствия используемой техники и технологии в сложившейся аварийной обстановке позволяет выявлять нерешенные вопросы в техническом, тактическом и организационных аспектах. Поэтому теория и практика ведения аварийно-спасательных работ на угольных шахтах обуславливают друг друга и составляют основу одного из важных направлений горной науки - **горноспасательного дела.**

На созданную в Украине Государственную военизированную горноспасательную службу возложены обязанности по обслуживанию всех угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий угольной промышленности независимо от форм собственности.

Деятельность ГВГСС регламентируется законами Украины, нормативными актами Минуглепрома, Уставом ГВГСС по ведению горноспасательных работ, Дисциплинарным Уставом ГВГСС, Положением о государственной военизированной горноспасательной службе в угольной промышленности, Положением о прохождении службы в ГВГСС, наставлениями, пособиями и другими документами.

Основными задачами ГВГСС являются:

- спасение людей во время аварии, оказание квалифицированной медицинской помощи пострадавшим непосредственно на месте аварии и во время транспортирования до лечебного учреждения;

- тушение подземных пожаров, разгазирование выработок, ликвидация последствий взрывов, внезапных выбросов угля и газа, породы и газа, внезапных прорывов метана, химического заражения выработок, ликвидация других видов аварий и их последствий в непригодной для дыхания атмосфере;

- выполнение аварийно-спасательных работ и ликвидация последствий аварий на поверхности шахт, если авария угрожает людям, находящимся в горных выработках, а также на угольных разрезах, обогатительных и брикетных фабриках и других обслуживаемых объектах;

- выполнение в шахтах и на поверхности технических работ, требующих специальной квалификации и применения газозащитных аппаратов и других средств защиты, находящихся на оснащении ГВГСС;

- проведение инженерной оценки подготовленности обслуживаемых объектов к ликвидации аварий, участие в разработке и согласование планов ликвидации аварий;

- ведение спасательных и аварийных работ в соответствии с планами, диспозицией и единой государственной системой взаимодействий в чрезвычайных ситуациях;

- постоянное повышение профессиональных навыков и физической подготовки оперативного военизированного состава и обучение руководящих работников обслуживаемых объектов правилам и способам ликвидации аварий в начальный период;

- проведение научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по проблемам горноспасательного дела, противоаварийной защиты объектов угольной промышленности, изготовление, ремонт и техническое обслуживание изолирующих дыхательных аппаратов для шахтеров и горноспасателей, средств контроля газового состава и температуры шахтного воздуха, средств аварийной связи, оборудования для тушения пожаров, изоляции горных выработок, разборки завалов, медицинского оборудования для оказания помощи на до госпитальном этапе и другого специального оснащения.

- обслуживание на договорной основе предприятий других отраслей.

Основная ответственность за научно-технический уровень горноспасательного дела в угольной промышленности возложена на НИИГД «Респиратор». Он обеспечивает разработку и изготовление новой горноспасательной и пожарной техники, средств защиты шахтеров и горноспасателей от тепла, газа и пыли.

На обслуживании ГВГСС находятся все действующие, строящиеся и закрываемые угольные шахты, обогатительные и брикетные фабрики, другие предприятия угольной и других отраслей промышленности в Донецкой, Луганской, Днепропетровской,

Кировоградской, Николаевской, Житомирской, Черновицкой и Львовской областях.

Всеми направлениями деятельности горноспасательной службы (профилактической, оперативной и технической) руководит Центральный штаб (ЦШ) ГВГСС, расположенный в Донецке и подчиняющийся начальнику ГВГСС, назначаемому Кабинетом министров Украины по представлению Минуглепрома Украины. Руководство оперативно-профилактической работой подразделений ГВГСС восточных регионов осуществляет Штаб ГВГСС Луганской области.

Основным профессиональным подразделением ГВГСС является военизированный горноспасательный отряд. В систему ГВГСС входят один оперативный и 12 номерных ВГСО, дислоцирующихся по угледобывающим регионам. Одним ВГСО обслуживаются шахты и другие объекты, расположенные территориально в зонах подчинения от одного до трех государственных предприятий (объединений) шахт, а также самостоятельные шахты в пределах обслуживаемой территории.

В составе отряда состоят три или больше горноспасательных взводов и специальные подразделения обеспечения: инженерно-техническая служба, газоаналитические лаборатории, взвод депрессионных, газовых и тепловых съемок, реанимационно-противошоковая группа (РПГ) и др.

Самый крупный взвод отряда, имеющий наиболее мощное техническое оснащение, называется оперативным. Помимо обслуживания своей группы шахт оперативный взвод участвует в ликвидации всех аварий на объектах, обслуживаемых горноспасательным отрядом. Другие взводы отряда называются номерными. На базе оперативного взвода обычно организуется штаб ВГСО. Штаб ВГСО обеспечивает руководство оперативно-технической и хозяйственной деятельностью всех подразделений, входящих в состав отряда.

Первичным оперативным подразделением ГВГСС является горноспасательный взвод, способный проводить аварийно-спасательные работы в полном объеме (спасение людей, разведка, ликвидация аварий и их последствий) и дислоцирующийся в районе расположения обслуживаемых им объектов в радиусе обычно не более 15-20 км от шахт.

Горноспасательный взвод располагает комплексом технических и жилых зданий. К основным техническим зданиям относятся: гараж оперативных автомашин, база горноспасательного оборудования (резервного), кабинеты командира и помощника командира взвода, комнаты дежурного у телефона, отдыха, кислородных дожимающих

и воздушных компрессоров, моечная аппаратов, помещение для снаряжения регенеративных патронов к респираторам, мастерская, учебный и спортивный залы. На территории одного или нескольких взводов имеется учебная шахта или «дымный» штрек для тренировок в респираторах и приобретения навыков в управлении горноспасательной техникой и применении специальных устройств, приспособлений, контрольно-измерительных приборов.

В составе каждого крупного горноспасательного взвода или для группы взводов организуется газоаналитическая лаборатория, выполняющая отбор и анализ плановых и аварийных проб воздуха и пыли для газового и пылевого контроля на обслуживаемых шахтах.

Первичной оперативной единицей взвода является горноспасательное отделение, способное самостоятельно выполнять отдельные задания по ликвидации аварии. Отделение состоит из командира, 5-6 респираторщиков и водителя оперативной автомашины. Автомашина обеспечивается местами для сидения всего личного состава отделения и для оснащения, необходимого для спасения людей и ликвидации аварий. Оснащение и автомашина должны находиться в постоянной готовности к применению и выезду на аварийный объект.

Табелем минимального оснащения отделений ГВГСС, направляемых в первую очередь для спасения людей, разведки и ликвидации аварий, предусмотрено обязательное наличие рабочих респираторов для всего состава отделения и одного резервного респиратора, изолирующих самоспасателей и катушек связи в количестве, определяемом руководителем горноспасательными работами, аппарата связи, аппарата искусственной вентиляции легких, носилок, двух запасных двухлитровых баллонов с кислородом, связки инструмента, сумки слесаря-горноспасателя, командирской сумки отделения, лампы с красным светом или отражающего стекла, контейнера-укладки медработника и другого специального оснащения для различных видов аварий (пожарные ствол и рукава, контейнер с охлаждающими элементами, приспособления для подсоединения к трубопроводам, парусная перемычка, одеяло, диэлектрические перчатки, приборы контроля газового состава среды, расхода воздуха, сосуды для отбора проб воздуха, воды и другие устройства и приспособления.

Личный состав ГВГСС разделяется на военизированный и вольнонаемный. По задачам деятельности военизированный состав может быть оперативным и неоперативным. К оперативному составу относятся работники, участвующие непосредственно в организации и

проведении аварийно-спасательных работ или привлекаемые к выполнению таких работ.

Военизированный состав разделяется на рядовой и четыре группы командно-начальствующего состава (высшая, старшая, средняя и младшая с четырьмя категориями в каждой группе).

Военизированный состав принимается на службу по соглашению-подписке или контракту на 3-5-летний период после стажировки или испытательного срока. Оперативный военизированный состав комплектуется из лиц, удовлетворяющих по состоянию здоровья требованиям Инструкции по профессиональному отбору работников горноспасательной службы, а также имеющих квалификацию, соответствующую требованиям занимаемой должности и профессии работников ГВГСС.

На должности командного и рядового состава для выполнения работ с применением респираторов принимаются лица в возрасте от 20 до 35 лет. Предельный возраст для работников этой категории - 50 лет, за исключением лиц высшего и старшего командного состава. Лица, поступающие на должности, предусматривающие работу в респираторах и в зонах повышенных температур, проходят медицинский отбор и ежегодное обследование

К оперативному составу ГВГСС при приеме на службу предъявляются следующие квалификационные требования: на должности респираторщиков принимаются подземные рабочие ведущих профессий с квалификацией не ниже 5-го разряда, имеющие стаж работы в шахте не менее одного года; на должности младшего командного состава (командиры отделений) - горные техники, имеющие не менее двух лет подземного стажа, или наиболее квалифицированные респираторщики, имеющие стаж работы в горноспасательной службе и специальность горных техников, прошедшие обучение по программе этой категории; на должности среднего (командиры взводов) оперативного командного состава - горные инженеры, имеющие стаж подземной работы не менее двух лет и прошедшие специальную подготовку. На должности старшего командного состава обычно выдвигаются командиры среднего состава после приобретения не менее чем двухлетнего опыта оперативной работы при ликвидации аварий.

Высший и старший командный оперативный военизированный состав комплектуется горными инженерами, прослужившими не менее двух лет в подразделениях ГВГСС.

Лица оперативного состава, по должности и профессии, выполняющие работы в непригодной для дыхания атмосфере,

проходят обязательную стажировку при выполнении упражнений в респираторе и получают допуск к несению службы.

Для повышения теоретической и практической подготовки командно-начальствующего состава старшей и средней групп в г. Донецке функционирует Центр подготовки горноспасателей. Квалификационная подготовка и тренировки рядового и младшего командного оперативного состава производятся на базе ВГСО.

Для военизированного состава определены два режима несения службы: повседневной (в межаварийный период) и чрезвычайной ситуации. Повседневная деятельность профессиональных подразделений включает круглосуточное дежурство оперативных отделений и командного состава в количестве, необходимом для первоочередного выезда на обслуживаемый объект при аварии в соответствии с диспозицией выездов. В режиме повседневной деятельности осуществляется весь комплекс мер, обеспечивающих полную готовность оперативного состава к ведению аварийно-спасательных работ, и включает физические тренировки, повышение профессиональной подготовки, проведение инженерной оценки состояния противоаварийной защиты обслуживаемых объектов и их подготовленности к спасению людей и ликвидации аварий, а также выполнение работ неаварийного характера, в основном в непригодной для дыхания атмосфере.

Круглосуточное дежурство оперативного военизированного состава осуществляется в соответствии с графиком сменности, который разрабатывается командиром подразделения и утверждается командиром ВГСО. Продолжительность смены обычно 8 или 12 ч. В графике отражается последовательность дежурств командного и рядового состава подразделений ВГСО. По графику несения службы отделениями взвода различают дежурную, резервную, свободную и выходную смены. Для несения службы в подразделении выписывается наряд на дежурство. Круглосуточное дежурство по подразделению осуществляют командиры, медицинские работники, респираторщики и водители. Общая продолжительность рабочего времени каждым лицом согласно графику в повседневном режиме не должна превышать нормального количества рабочих часов за учетный период (неделю, месяц), определяемого законодательством Украины о труде.

Дежурное отделение всю смену находится в техническом здании, выполняет предусмотренные графиком работы, отлучаясь домой

только для приема пищи. Один из респираторщиков назначается дежурным у телефона. Он принимает извещение об аварии, заполняет путевку на выезд, оповещает личный состав взвода об аварии и другие взводы отряда о выезде своего отделения, поддерживает связь с аварийным объектом, принимает и передает распоряжения вышестоящих командиров по инстанциям.

Резервное отделение обычно находится в техническом здании в дневное время и выполняет работы, предусмотренные графиком, а в ночное время находится по домам.

Свободная смена занимается теоретической подготовкой или посещает обслуживаемые взводом объекты. В остальное время может отлучаться за пределы расположения взвода. Для оперативного состава, несущего службу по графику сменности, учитывается суммарное время работы. Неоперативный военизированный состав осуществляет трудовую повседневную деятельность в соответствии со своими задачами и функциями и внутренним трудовым распорядком, отвечающим действующему трудовому законодательству.

Режим чрезвычайных ситуаций вводится с момента поступления вызова с обслуживаемого объекта и выезда первых отделений для спасения людей и ликвидации аварии. В этот период порядок несения службы определяется командиром отряда и включает особый режим труда, отдыха и учет времени работы в респираторе. Для военизированного неоперативного состава ГВГСС режим трудовой деятельности, при необходимости, регламентируется специальным распоряжением.

Требования к вольнонаемному составу определяются законодательством Украины о труде.

## **23.5 Шахтные горноспасательные станции**

Тяжесть последствий аварии и продолжительность ее ликвидации в большой мере зависят от промежутка времени между возникновением аварийной ситуации и началом активных действий по предотвращению распространения и непосредственной ликвидации аварии. Значительная протяженность горных выработок и удаленность от ствола рабочих мест на многих шахтах не позволяют горноспасателям прибыть к месту аварии в начальной стадии ее развития.



Для спасения людей и ликвидации аварии в начальной стадии развития с 1971 г. на шахтах были организованы добровольные участковые вспомогательные горноспасательные команды (ВГК) из наиболее квалифицированных горнорабочих и ИТР, обученных основным приемам ведения аварийно-спасательных работ и подготовленных к работе в респираторах, а с 1975 г. на наиболее опасных шахтах начали создавать шахтные горноспасательные службы (ШГС), являющиеся составляющим звеном в структуре ГВГСС.

В настоящее время ШГС действуют на всех шахтах и организуются по совместному приказу директора шахты и командира ВГСО. Для руководства деятельностью ШГС в штате ГВГСС введены две штатные должности - командир взвода ШГС и его помощник, освобожденные от всех работ в подразделении ГВГСС, обслуживающем эту шахту. На должность командира взвода ШГС и его помощника назначаются горные инженеры, имеющие опыт оперативной работы или прошедшие специальную подготовку в подразделении ГВГСС.

Деятельность ШГС и каждого члена ВГК регламентируется Правилами безопасности, Положением о шахтной горноспасательной станции на угольных шахтах Украины, Уставом ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ.

Основные задачи ШГС: спасение людей и локализация аварий в начальный период их возникновения; оказание содействия профессиональным подразделениям ГВГСС при ведении горноспасательных работ; проведение профилактической работы по обеспечению подготовленности шахты к ликвидации аварий; выполнение отдельных видов работ по противоаварийной защите выработок, выемочных участков и других объектов в шахте в непригодной для дыхания атмосфере, т.е. когда требуется включение в респираторы.

Выполняет ШГС следующие функции: на основных рабочих местах (в очистных и подготовительных забоях, при перекреплении выработок и др.) обеспечивает ежедневное присутствие необходимого количества членов ВГК для немедленного осуществления аварийно-спасательных работ; организует подземные пункты ВГК с комплектом оснащения в полной готовности к применению в аварийных условиях; привлекает членов ВГК других участков для выполнения первоочередных работ по ликвидации

аварии или для взаимодействия с профессиональными подразделениями ГВГСС; осуществляет дежурство членов ВГК при ведении огневых работ в горных выработках и в надшахтных зданиях; производит подбор и подготовку членов ВГК из наиболее опытных и физически крепких горнорабочих и ИТР, добровольно вступивших в ВГК.

Базируется ШГС на поверхностном комплексе шахты в специальных помещениях для подготовки и тренировок личного состава и размещения аппаратуры и оборудования в соответствии с Табелем технического оснащения ШГС. Оснащение размещается на территории ШГС, в подземных пунктах ВГК в специальных контейнерах и в учебно-тренировочном комплексе. Оно представлено дыхательной аппаратурой (респираторы основные 4- и вспомогательные 2-часового действия), кислородными дожимающими компрессорами, аппаратами для искусственного дыхания, контрольно-измерительной аппаратурой для проверки респираторов и другого оборудования, газоанализаторами, первичными средствами пожаротушения (ручные огнетушители, пожарные стволы, рукава, гидрант-пистолеты и др.), носилками, средствами оказания первой медицинской помощи (жгуты, шины, перевязочные пакеты) и другим специальным оснащением.

Для содержания горноспасательной аппаратуры и оборудования в постоянной готовности к применению на каждые 60 членов ВГК шахтой вводится штатная должность специально обученного подземного слесаря-электрослесаря ШГС.

Численность и расстановка членов ВГК определяются главным инженером шахты и командиром ВГСО из расчета наличия в каждой смене одного-двух членов участковых ВГК в очистных и подготовительных забоях, в протяженных выработках, оборудованных конвейерами и т. д.

На общешахтных участках вентиляции и техники безопасности, внутришахтного транспорта, дегазации, энергомеханической службы обычно подготавливают по 3-4 члена ВГК основных профессий: машинистов электровозов, лебедок, насосов, горных мастеров, крепильщиков по ремонту вентиляционных сооружений, электрослесарей. Члены ВГК указанных участков должны участвовать в ликвидации аварии в любой выработке шахты и привлекаться к ведению аварийно-спасательных работ совместно с отделениями ВГСС.

Расстановка членов ВГК должна производиться в соответствии планом ликвидации аварий так, чтобы хотя бы один член ВГК мог прибыть к месту аварии с респиратором и другим оснащением не

позже чем через 30 мин после получения сигнала об аварии или обнаружения ее признаков.

Возглавляет участковую ВГК начальник участка. Члены ВГК, проходят первоначальное специальное обучение в ШГС по 32-часовой программе. Каждые полгода члены ВГК проходят однодневную переподготовку с обязательными двух часовыми упражнениями в респираторе и шести часовым теоретическим и практическим обучением. На каждого члена ВГК заводится специальная карточка учета выполнения упражнений в респираторе.

На членов ВГК аварийного участка возлагаются следующие обязанности: знать план ликвидации аварии в части, касающейся обслуживаемого участка, и свои действия при различных видах аварий; при обнаружении признаков аварии немедленно сообщить диспетчеру или лицу надзора участка, предупредить об аварии соседние участки; при угрозе или образовании непригодной для дыхания атмосферы вскрыть контейнер с респираторами, произвести их беглую проверку, включиться в респираторы и приступить к выполнению работ в соответствии с планом ликвидации аварий и с фактической обстановкой, используя средства противоаварийной защиты участка и подземного пункта ВГК.

Члены ВГК из других участков и общешахтных служб, получив команду или известие об аварии, должны следовать кратчайшим путем на помощь членам ВГК аварийного участка (выработки) с дыхательной аппаратурой и необходимым оснащением в зависимости от вида аварии; при необходимости оказывать помощь застигнутым аварией горнорабочим и выводить их на свежую струю; ликвидировать пожар или предотвращать его распространение до прибытия подразделений ГВГСС; принимать участие в ликвидации сложных аварий совместно с подразделениями ГВГСС; сообщать диспетчеру или надзору ВТБ и своевременно принимать меры по восстановлению нарушенного проветривания выемочного участка или отдельной выработки (рассоединены или повреждены вентиляционные трубы, нарушена вентиляционная дверь и др.); знать места расположения в горных выработках пунктов ВГК, средств связи и противопожарной защиты, пунктов переключения в резервные самоспасатели; уметь выполнять работы в респираторе и применять первичные средства тушения пожара; знать правила транспортирования пострадавших при различных поражениях; докладывать ответственному руководителю работ по ликвидации аварий или диспетчеру шахты о всех изменениях обстановки и ходе спасения людей и ликвидации аварий членами ВГК до прибытия отделений ГВГСС; информировать прибывшие к месту аварии отделения ГВГСС о сложившейся обстановке, принятых мерах и

действовать дальше по указанию руководителя горноспасательных работ в шахте; контролировать состояние средств пожаротушения и самоспасения на добычном участке, в выработках, а также принимать меры по устранению нарушений Правил безопасности, поставив в известность лицо технического или вентиляционного надзора на участке; дежурить при проведении огневых работ в шахте и в надшахтных зданиях; узнав об аварии, находясь вне шахты, прибыть в распоряжение руководителя ликвидации аварии и действовать по его указанию.

Слесарь ВГК обязан: знать устройство, принцип работы, правила проверки и эксплуатации кислородно-дыхательной аппаратуры, приборов и оборудования для ее проверки и снаряжения, выполнять их техническое обслуживание и ремонт; осуществлять периодически проверку технического состояния оснащения подземных пунктов ВГК и учебно-тренировочного комплекса и при необходимости производить замену или переснаряжение составляющих частей оснащения и оборудования.

До прибытия к месту аварий отделений ГВГСС руководство действиями ВГК осуществляет старшее лицо надзора аварийного участка, а при его отсутствии - наиболее опытный член ВГК этого участка. К месту аварии должен прибыть командир взвода ШГС (его заместитель). Все члены ВГК должны быть оповещены об аварии, собраны на шахте и по мере необходимости могут привлекаться к работе по ликвидации аварий.

Работами членов ВГК на поверхности руководит главный инженер (начальник ШГС), а в горных выработках - командир взвода ШГС. После прибытия отделений ГВГСС члены ВГК поступают в распоряжение старшего командира и обычно привлекаются к выполнению работ в составе отделения ГВГСС в пригодной для дыхания атмосфере: по монтажу и демонтажу оборудования, возведению перемычек, доставке материалов, отбору проб воздуха и другим, обычно вспомогательным видам работ.

В составе одного отделения ГВГСС, как правило, работает не более двух членов ВГК. В состав отделения, идущего в разведку, может включаться один член ВГК из ИТР шахты, допущенный к работе в респираторе.

В выработках со свежей струёй воздуха действия членов ВГК осуществляются в начальный период самостоятельно в соответствии с планом ликвидации аварий, в последующее время - по

оперативному плану согласно указаниям руководителя работ по ликвидации аварии.

## 23.6 Действие ГВГСС при ликвидации аварий

**Выезд на аварию.** Вызов на аварию принимает дежурный по взводу, при этом он заполняет специальную путевку с указанием места и характера аварии и включает сигнал тревоги. Сигнал раздается на территории части и во всех квартирах личного состава.

По сигналу тревоги все находящиеся на территории части оперативные работники направляются к дежурным оперативным машинам и выстраиваются у них по отделениям.

Старший из присутствующих командиров проверяет готовность части к выезду, сообщает основные сведения об аварии, отдает команду о посадке в машины и выезде (сам он следует в кабине головной машины). Выезд не откладывается даже в случае обнаружения неполадок в какой-либо машине, в том числе и в головной; в последнем случае старший командир пересаживается в следующую машину.

Организация службы ГВГСС позволяет осуществить выезд отделений по сигналу тревоги за 30—60 с (в зависимости от времени суток). Первым по тревоге выезжает дежурное отделение. У него должны быть путевка и план ликвидации аварий аварийной шахты.

Следование на шахту производится при ограниченной скорости, обычно не превышающей 60 км/ч, во избежание возможных аварий. При аварии оперативной машины в процессе следования на шахту или каком-либо ином препятствии дальнейшему передвижению старший командир должен принять меры, обеспечивающие быстрое прибытие отделений на шахту (использование проходящего транспорта, вызов транспорта с шахты и т. п.).

О всякой задержке в пути командир должен сообщить любыми возможными средствами (радиосвязь, телефон и др.) в ближайшее подразделение ГВГСС, на шахту, где произошла авария, или обратиться на ближайшее предприятие, в организацию и учреждение за помощью.

Если необходим выезд на аварию нескольких горноспасательных взводов, то он осуществляется в порядке, устанавливаемом специальной диспозицией горноспасательного отряда, в зависимости от масштабов и характера аварии.

**Подготовка к спуску в шахту.** Прибывший на шахту командир взвода ГВ ГСС, обслуживающего шахту, становится руководителем горноспасательных работ. Командиры соседних подразделений, прибывшие на данную шахту для оказания помощи в ликвидации аварии, поступают в подчинение к руководителю горноспасательных работ.

В случае прибытия на шахту командира ВГСО или его заместителя последние принимают на себя руководство горноспасательными работами. Руководитель горноспасательных работ сразу же по прибытии на шахту является к ответственному руководителю работ по ликвидации аварии и докладывает ему о прибытии подразделения, обязательно сообщая его численный состав.

Руководитель горноспасательных работ получает от ответственного руководителя работ по ликвидации аварий письменное оперативное задание. Он должен ознакомиться с ним и составить себе ясное представление об обстановке: характер, место и размеры аварии, количество и места нахождения застигнутых аварией в шахте людей, общее число прибывших на шахту респираторщиков, включая респираторщиков прибывших соседних подразделений, средства для ликвидации аварии (ГВГСС и шахты), состояние вентиляции выработок и механизмов шахты и др. После этого руководитель горноспасательных работ принимает решение: определяет цель и способы действия по ликвидации аварии, а также задачи каждого отделения ГВ ГСС.

Личный состав подразделения, прибывший на шахту, по распоряжению командира начинает подготовку к спуску в шахту. Бойцы надевают респираторы и производят их боевую проверку. В соответствии с характером аварии они берут необходимое снаряжение и выстраиваются у машин по отделениям. Подготовка к спуску в шахту занимает 1-2 мин.

При таких авариях, как пожары, взрывы, внезапные выбросы и затопления, бойцы отделения берут в шахту газоанализаторы, аппараты связи, вспомогательные респираторы, самоспасатели, носилки, одеяла и средства оказания первой помощи пострадавшим.

После завершения подготовки командиры отделений направляются на командный пункт для получения заданий. Руководитель горноспасательных работ дает задания каждому

командиру отделения и указывает, какое дополнительное снаряжение следует взять с собой бойцам отделений.

После этого руководитель горноспасательных работ подает команду о следовании к стволу шахты и спуске в нее. Сам руководитель горноспасательных работ остается на командном пункте при ответственном руководителе работ по ликвидации аварии. По мере необходимости он может спускаться в шахту для уточнения обстановки на месте, при этом на время своего отсутствия он должен оставить заместителя из лиц командного состава.

Спуск в шахту должен быть тщательно подготовлен. Перед бойцами отделения должны быть поставлены ясные, конкретные задачи с правильным учетом сложившейся в шахте обстановки. Снаряжение отделения должно соответствовать поставленным перед ним задачам. От тщательности и продуманности подготовки к спуску в шахту в значительной степени зависит успех действий ГВГСС.

**Оперативный план ликвидации аварии.** План ликвидации аварии составляется на начальный период ее и предусматривает в основном первоочередные мероприятия по спасению людей (пути выхода застигнутых аварией людей, вентиляционные режимы, пути следования отделений ГВГСС) и ликвидации аварии, а также общее направление последующих работ.

Однако при всякой аварии обычно возникают такие обстоятельства, которые требуют уточнения и конкретизации плана ликвидации аварии. С этой целью ответственным руководителем работ по ликвидации аварии и руководителем горноспасательных работ на основе действующего на шахте плана ликвидации аварии составляется оперативный план ликвидации аварии, который учитывает конкретную обстановку и дополнительные сведения об аварии, поступившие от рабочих и технадзора шахты.

Оперативный план ликвидации аварии составляется после выдачи заданий первым прибывшим на шахту отделениям ГВГСС. Оперативный план утверждению не подлежит. При его составлении могут быть учтены рекомендации специалистов и экспертов.

При составлении оперативного плана в первую очередь решается, вопрос о вызове соседних горноспасательных частей, которые вызываются немедленно, если на шахте произошла крупная авария (взрыв метана, пыли, пожар и т. п.).

В оперативном плане находят отражение следующие вопросы: работы по спасению застигнутых аварией в шахте людей;

вентиляционный режим для шахты в целом и для отдельных участков на разных этапах ликвидации аварии; способ и мероприятия по ликвидации аварии; обеспечение работ по ликвидации аварии материалами; мероприятия по обеспечению бесперебойной работы на не захваченных аварией участках.

Одним из назначений оперативного плана является координация действий администрации шахты и ГВГСС.

В оперативном плане ликвидации аварии указываются соответствующие мероприятия, сроки их выполнения и ответственные за их выполнение лица из числа технического персонала шахты и работников ГВГСС. В процессе работы по ликвидации аварии оперативный план обычно дополняется, уточняется и корректируется.

Оперативный журнал по ликвидации аварии ведется для регистрации всех действий, предпринятых администрацией шахты и ГВГСС для ликвидации аварии. В оперативном журнале указываются аварийная обстановка на шахте и ее последующие изменения, время прибытия на шахту ГВГСС, их численность, содержание и время выдачи оперативных заданий, полученных ГВГСС от ответственного руководителя работ по ликвидации аварии и руководителя горноспасательных работ; время спуска в шахту отделений с перечислением их основного оснащения; задания работников шахты и результаты их выполнения; анализы проб шахтного воздуха; время прибытия отделений на подземную базу, время их ухода с базы на выполнении заданий, информация о ходе выполнения заданий, время возвращения на базу, время выхода отделений из шахты; время отправления ГВГСС с шахты по ликвидации аварии.

К оперативному журналу прилагаются схемы и эскизы, составленные при ликвидации аварии, а также все оперативные планы ликвидации аварии. Никаких подчисток в оперативном журнале не допускается. Все исправления должны вноситься путем зачеркивания неправильной записи и внесения правильной записи на свободном незаполненном месте.

Кроме оперативного журнала на командном пункте ведутся журнал учета работы отделений ГВГСС на ликвидации аварии и суточный график очередности работ ГВГСС.

**Организация горноспасательных работ.** Особенно четко должны быть организованы горноспасательные работы в начальный период аварии, когда правильное решение, своевременно принятое и



быстро выполненное, может спасти многих находящихся в шахте людей и свести к минимуму ущерб от аварии. В этот период ответственный руководитель работ по ликвидации аварии должен проверить, вызвана ли ГВГСС, дать указания о выводе людей из опасных участков шахты, организовать сбор членов ВГК и дать распоряжения о мероприятиях по ликвидации аварии. Он же выявляет число людей, находящихся в шахте. Спуск в шахту допускается только с разрешения ответственного руководителя работ.

Руководство горноспасательными работами осуществляется из командного пункта, устанавливаемого обычно в кабинете главного инженера шахты. На командном пункте разрешается нахождение лишь лиц, привлекаемых к ликвидации аварии. Командный пункт должен иметь связь с местами ведения горноспасательных работ и специальными службами ГВГСС. Руководитель горноспасательных работ должен находиться на командном пункте. При его отсутствии (спуск в шахту, отдых) на командном пункте остается его заместитель, о чем делается запись в оперативном журнале.

Горноспасательные работы состоят из разведки аварии, вывода застигнутых аварией людей, оказания им первой помощи, организации службы тыла и действий по ликвидации аварии.

Служба тыла включает подземную и наземную базы, связь, медицинское обеспечение и газоаналитическую лабораторию.

В зависимости от условий горноспасательные работы могут проводиться путем организации работ точек, участков и районов.

Рабочей точкой называется место ведения горноспасательных работ, которое обеспечивается действием одного отделения. Участком горноспасательных работ называется несколько рабочих точек, близко расположенных друг от друга, тактически объединенных и находящихся под непосредственным руководством командира взвода. Районом горноспасательных работ называется несколько горноспасательных участков, удобно расположенных в сети горных выработок для непосредственного руководства командиром отряда. При определенных обстоятельствах может возникнуть необходимость в организации таких рабочих точек, участков и районов, которые подчиняются непосредственно руководителю горноспасательных работ. Такие рабочие точки, участки и районы называются отдельными.

Описанная организация работ (отделение-взвод-отряд) применяется при длительных авариях. При мелких авариях, а также в

начальный период ликвидации любых аварий горноспасательные части обычно используются отделениями, а не взводами и отрядами.

**Разведка аварии.** Задачами разведки являются: розыск, установление числа и спасение застигнутых аварией людей; выяснение обстановки на месте аварии, ее характера и масштаба; установление состояния вентиляции, задымленности и загазованности атмосферы, направления движения воздуха, состояния вентиляционных сооружений, вентиляторных установок выработок, трубопровода сжатого воздуха и прочих средств вентиляции и выполнение работ по восстановлению вентиляции (навешивание брезентовых перемычек и др.); установление состояния, мест и размеров завалов, затоплений и т. п.; установление кратчайших путей к местам нахождения застигнутых аварией людей и к месту аварии; установление наличия материалов и средств для ликвидации аварии; выполнение первоначальных работ по ликвидации аварии, разборка завалов; подкрепление выработок для обеспечения обратного выхода; установление наличия и исправности телефонной связи.

Разведка может выполняться одним из следующих способов: непосредственно в горных выработках; с помощью соответствующих работ (горноспасательных, буровых и др.); опросом работников шахты; изучением документов (планов, схем и т. п.).

Организует разведку руководитель горноспасательных работ. Руководить разведкой может любой командир ГВГСС. В особо сложных условиях, - при одновременном ведении разведки в нескольких направлениях, руководить разведкой должен командир отряда или его заместитель.

В разведку в горные выработки с непригодной для дыхания атмосферой направляется не менее пяти человек, включая командира отделения. Это требование обусловлено необходимостью обеспечения выноса пострадавшего горноспасателя путем поочередной смены двух пар остальных членов отделения. Каждому ушедшему в разведку отделению на подземной базе должен быть выставлен резерв для оказания при необходимости соответствующей помощи. В сложных условиях резерв должен быть двойной или тройной. Для оказания помощи и поддержки в особо сложных условиях в разведку посылаются несколько отделений, одно за другим на расстоянии слышимости звукового сигнала, а при спасении людей - через каждые 20-30 мин.

Уходящее в разведку отделение снабжается респираторами, лампами и минимально необходимым снаряжением, которое включает вспомогательный изолирующий респиратор, ручные носилки, брезентовые перемычки, набор инструментов (топор, кайло, ножовка, гвозди), аппарат связи, нить связи, соответствующую длине маршрута, пять самоспасателей, аппарат искусственного дыхания, медицинскую сумку и бюретки для набора проб воздуха. При поиске людей отделение берет с собой дополнительное количество самоспасателей. В зависимости от характера аварии берется и другое снаряжение (огнетушители, приспособление для промежуточного подсоединения к водопроводу, пожарный рукав и др.).

Выбор отделения, уходящего в разведку, должен быть тщательно продуман и соответствовать характеру аварии и задачам отделения.

Порядок движения отделения в разведке при хорошей видимости - в колонне по одному с интервалом 1-2 м, при плохой видимости - со сдвигом, чтобы не пройти мимо пострадавшего.

При движении в задымленных или незнакомых выработках отделение должно пользоваться «нитью связи», по которой осуществляется возвращение на базу. Обычно для этой цели используется провод шахтофона. При нахождении в непригодной для дыхания атмосфере отделение обязано поддерживать постоянную связь при помощи шахтофона или телефона.

При обнаружении пострадавшего в загазированной атмосфере отделение обязано оказать ему помощь и вынести на свежую струю - к базе. После передачи пострадавшего резервному отделению можно продолжать разведку.

Если в загазированной атмосфере кто-либо из состава отделения потерял сознание, почувствовал себя плохо или в его респираторе обнаружена неисправность, то после оказания ему помощи (при неисправности респиратора - переключение во вспомогательный респиратор) отделение в полном составе должно выйти в выработку со свежей струей или на базу.

При движении в респираторах необходимо руководствоваться следующими положениями: в горизонтальных и пологих (до 10°) выработках, а также при движении вверх по выработкам с углами наклона более 10° (включая вертикальные) на движение вперед можно расходовать половину рабочего запаса кислорода (150 л) и на возвращение назад - другую половину; при движении вниз по выработкам с углами наклона более 10° (включая вертикальные) на

движение вперед можно расходовать одну треть рабочего запаса кислорода (100 л), а на движение назад - две трети (200 л).

**Спасение людей, застигнутых аварией, и оказание помощи пострадавшим.** Спасение застигнутых аварией в шахте людей включает операции по их поиску, выводу (выносу) в безопасное место, непосредственному тушению пожара в начале его возникновения (при наличии такового) и улучшению атмосферных условий в выработках.

Поиски людей в действующих выработках практически не отличаются от действий при разведке. В старых полуобрушенных выработках, завальных частях лав и бутовых штреках поиски следует производить с осторожностью подкрепляя при необходимости кровлю. При поисках, связанных с разборкой завала, нужно действовать с максимальной быстротой.

Вывод и вынос людей производится по ближайшим выработкам, ведущим к свежей струе воздуха. Людей, находящихся на струе, идущей от очага пожара, выводят обычно по движению воздуха. В первую очередь из загазированных выработок выносятся пострадавшие, имеющие признаки жизни.

Непосредственное тушение пожара и восстановление вентиляции является наиболее эффективным средством помощи застигнутым аварией в шахте людям.

**Подземная и наземная базы ГВГСС.** Базы ГВГСС организуются для обеспечения оперативных действий подразделений. Базы бывают подземные и наземные.

Подземная база ГВГСС организуется для размещения сил и средств ГВГСС, применяемых при ликвидации аварии, и осуществления постоянной связи с работающими подразделениями и командным пунктом. Начальником подземной базы является лицо командного состава ГВГСС по должности не ниже помощника командира взвода.

Подземная база располагается в выработке со свежей струей воздуха, непосредственно примыкающей к загазированной зоне. Такое ее расположение обеспечивает оперативную связь с работающими в загазированной зоне отделениями, минимальное время на выход горноспасателей на отдых, вывод пострадавших на базу и в случае необходимости быстрое оказание помощи отделениям. Вокруг базы необходимо постоянно проверять состав воздуха.

На подземной базе располагаются резервные отделения, связные (при крупных авариях), в некоторых случаях - медпункт. Там же находятся запасные кислородные баллоны, регенеративные патроны и респираторы по числу работающих респираторщиков, аккумуляторные светильники в количестве не менее 25% от числа работающих респираторщиков, аппараты искусственного дыхания, медикаменты, бак с кипяченой водой, раствор для промывки мундштуков респираторов, теплая одежда (одеяла), огнетушители, насосы и другое снаряжение - в зависимости от рода аварии.

При затяжных авариях организуются центральная подземная база и местные подземные базы на участках горноспасательных работ.

Наземная база организуется при ликвидации затяжных аварий для своевременного и бесперебойного обеспечения работающих подразделений ГВГСС горноспасательным оборудованием и материалами. Кроме запаса соответствующих материалов на базе должны находиться запасные части к респираторам и запас необходимого оборудования.

На наземной базе для обеспечения выполнения ее функций организуется мастерская по ремонту аппаратуры, кислородонаполнительная, зарядная поглотительных патронов, газоаналитическая лаборатория. На базе круглосуточно дежурят телефонист, слесарь по ремонту аппаратуры и шофер с дежурной машиной.

При затяжных авариях на шахте организуются питание личного состава ГВГСС, отдых, санитарное и культурное обслуживание.

Служба связи при ликвидации аварии имеет весьма важное значение. Она создается для обеспечения оперативного управления горноспасательными работами и достижения согласованных действий между работающими отделениями.

Оперативная связь организуется сверху вниз: от руководителя горноспасательных работ к отделениям. Однако занятые на ликвидации аварии отделения и сами должны следить за действием связи. В случае ее нарушения они должны немедленно принимать меры к восстановлению связи.

Связь может осуществляться телефоном, шахтофоном, связными, простейшими звуковыми и световыми сигналами. Снимать шахтную телефонную связь можно только с разрешения руководителя горноспасательных работ.

При каждом командире должен быть связной. При руководителе горноспасательных работ обычно находятся два-три связных.

При звуковой сигнализации горноспасатели пользуются специальным кодом: один сигнал - «стой», два сигнала - «уйди от опасности» и т. д.

**Медицинское обслуживание.** Организация медицинского обеспечения при ведении горноспасательных работ возлагается на директора шахты, местные органы здравоохранения и представителя медицинской ГВГСС.

Целью медицинского обеспечения при ликвидации аварии является оказание врачебной помощи людям, пострадавшим при аварии или выполнении горноспасательных работ.

В оперативных подразделениях ГВГСС функционируют реанимационно-противошоковые группы, оказывающие неотложную медицинскую помощь, проводящие интенсивную терапию и реанимацию в месте нахождения пострадавших во время аварии или несчастного случая, при транспортировании их в лечебное учреждение. Основной состав РПГ представлен врачами следующих специальностей: анестезиологи-реаниматологи, хирурги, травматологи и терапевты. На догоспитальном уровне помощь оказывается с применением аппаратов искусственной вентиляции легких, наркозных аппаратов, анальгонов, противошоковых и противоожоговых средств, энтеросорбентов и медицинских препаратов различной направленности в зависимости от вида и тяжести поражения пострадавших, специальных средств транспортирования по горным выработкам с различными углами наклона и размерами площади поперечного сечения.

При ликвидации сложных затяжных аварий, а также при спасении людей на подземной базе должно быть организовано постоянное дежурство медицинского персонала ГВГСС или шахты.

**Горноспасательные работы по ликвидации аварий.** Своевременное выполнение горноспасательных работ является необходимым условием успешного спасения людей и ликвидации аварии.

Конкретные действия ГВГСС по ликвидации аварии и ее последствий определяются совокупностью многих факторов, из которых основными являются: характер аварии, ее масштабы и место, вызванные аварией разрушения, наличие в шахте людей, их число и места нахождения, число прибывших на шахту ГВГСС. Большое значение имеют конкретные условия шахты: газообильность,

взрывчатость пыли, схема вентиляции, число и состояние вентиляционных сооружений до аварии, мощность и угол падения пласта и др.

В случае возникновения аварий, связанных с загазированием выработок (пожары, взрывы, внезапные выбросы газа), первостепенное внимание уделяется созданию требуемого вентиляционного режима, для чего могут использоваться брезентовые перемычки, может быть выполнен ремонт и восстановление разрушенных вентиляционных сооружений или возведение новых.

При пожарах в шахте основное внимание уделяется правильному выбору способа их тушения и организации работ. Особое внимание уделяется работам при высокой температуре в загазированных выработках (удаление горючих материалов с пути продвижения пожара, установка водяных завес и т. п.). Тушение пожаров обычно организуется со стороны свежей струи.

При взрывах метана и угольной пыли основными задачами ГВГСС являются разборка завалов, восстановление поврежденных элементов крепи, тушение пожаров, если они возникли, и т. д.

При внезапных выбросах породы (угля) и газа работы ведутся по отводу газа в общеисходящую струю шахты кратчайшим путем, уборке или выпуску выброшенной горной породы, подкреплению полостей выброса и проведению специальных выработок для спасения людей.

**Возвращение ГВГСС после ликвидации аварии.** Возвращение последнего подразделения ГВГСС с шахты в распоряжение части производится только по письменному разрешению ответственного руководителя работ по ликвидации аварии.

Возвращение должно быть организовано так, чтобы соблюсти основной принцип организации службы ГВГСС - постоянную боевую готовность. Для этого на шахте должно быть собрано и проверено все доставленное подразделением горноспасательное оборудование. По возвращении в часть оборудование приводится в боевое состояние и обнаруженные неисправности немедленно устраняются. Лишь после этого личный состав отправляется на отдых.

**Литература:** [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20]

## Контрольные вопросы

1. Аварийная опасность угольных шахт (факторы, определяющие аварийную опасность, классификация аварий, структура аварийности).
2. Условия возникновения и протекания взрывов метановоздушных смесей (взрывные газы горных выработок, пути образования газообразной горючей смеси, диаграмма взрываемости метана, типы горения и способы воспламенения метановоздушных смесей, прямой и обратный взрывной удар, первичное и вторичное пламя).
3. Условия возникновения и протекания взрывов пылевоздушных смесей (особенности и физика возгораемости частиц пыли, влияние летучих веществ, дисперсности, зольности, влажности и содержания метана на процесс воспламенения пыли, источники воспламенения, нижний и верхний концентрационных пределы воспламенения, схема перехода отложившейся пыли во взвешенное состояние).
4. Последствие и причины взрывов газа и (или) угольной пыли (поражающие факторы, особенности взрывов с участием пыли, распределение взрывов по местам происшествя, причинам образования взрывоопасной смеси и источникам воспламенения).
5. Порядок перевода шахт на газовый режим, основная направленность мероприятий газового режима и их дифференциация в зависимости от категории шахт по метану.
6. Обоснуйте требование газового режима к максимально допустимым концентрациям метана.
7. Основные требования газового режима при обнаружении недопустимых концентраций метана и нарушении вентиляции, приводящем к загазированию.
8. Требования газового режима к проветриванию шахты.
9. Требования газового режима к организации и схемам проветривания участков шахты.
10. Требования газового режима к дегазации разрабатываемых и смежных пластов или выработанных пространств.
11. Требования газового режима на шахтах, опасных по нефтегазопроявлениям, шахтах с выделением сернистого газа или сероводорода.
12. Контроль содержания метана: организация и средства контроля.
13. Порядок отнесения шахтопластов угля к опасным по взрывам пыли и перевода шахты на пылевой режим. Основная направленность мероприятий пылевого режима.
14. Какие мероприятия пылевого режима предусматриваются для предупреждения участия во взрыве отложившейся пыли и локализации взрывов в зависимости от вида пылевзрывозащиты?
15. В зависимости от каких факторов устанавливают параметры способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок?



16. Осланцевание горных выработок (места, ограничение применения, требования к инертной пыли, нормы и технология осланцевания).
17. Обмывка водой горных выработок (места, ограничение применения, нормы расхода воды, технология обмывки).
18. Связывание отложившейся угольной пыли гигроскопическими смачивающе-связующими составами (возможные места применения, технология связывания).
19. Как определяется периодичность побелки, осланцевания, обмывки, нанесения смачивающе-связующих составов в горных выработках?
20. Как определяется и рассчитывается интенсивность пылеотложения в вентиляционных штреках?
21. Непрерывное связывание угольной пыли туманообразующими завесами (требования к установке и технологии).
22. Требования к установке сланцевых и водяных заслонов (виды, конструкция и параметры заслонов).
23. Защита забоев пластовых подготовительных выработок рассредоточенными водяными или сланцевыми заслонами (места установки, конструкция и параметры заслонов).
24. Требование пылевого режима к местам установки сланцевых и водяных заслонов.
25. Автоматическая система локализации вспышек метана и угольной пыли (места установки, конструкция, принцип работы, обслуживание).
26. Общие сведения о шахтных пожарах (опасность и экономические последствия экзогенных и эндогенных пожаров, их количественное соотношение, распределение по местам возникновения и материалам горения, пожарная опасность и организация пожарной защиты шахты).
27. Укажите причины экзогенных пожаров и назовите предшествующие им обстоятельства и (или) нарушения.
28. Ознакомьтесь и имейте представление об основных теориях (гипотезах) самовозгорания углей и глинисто-углистых пород.
29. Горно-геологические и горнотехнические условия ведения горных работ как факторы, определяющие условия самовозгорания углей и глинисто-углистых пород (влияние способов вскрытия и подготовки, схем и способов проветривания, угла падения, мощности и тектонической нарушенности пластов, приуроченность к определенным местам и др.).
30. Изложите методологический подход к определению группы склонности шахтопласта к самовозгоранию.
31. Укажите особенности развития подземных экзогенных пожаров. Приведите и опишите схему формирования зон горения горной выработки.
32. Какие способы и средства применяют для обнаружения экзогенных пожаров?
33. Какие стадии самовозгорания угля выделяют в процессе развития эндогенного пожара? Охарактеризуйте эти стадии.

34. Какие изменения происходят в составе воздуха аварийного участка в процессе развития эндогенного пожара? Охарактеризуйте признаки самонагрева угля на контролируемом участке.

35. Как и с использованием каких средств осуществляют контроль за самонагреванием угля?

36. Укажите и кратко охарактеризуйте основные направления пожарной профилактики экзогенных пожаров в шахтах.

37. Кратко изложите основные требования по снижению эндогенной пожароопасности, склонных к самовозгоранию шахтопластов.

38. Из каких сетей состоит система пожарного водоснабжения шахты? Требования к пожарному водоснабжению промплощадки.

39. Требования подачи воды в шахту. Изложите основные положения методики расчета параметров подземного пожарно-оросительного трубопровода.

40. Требования к оборудованию подземного пожарно-оросительного трубопровода (конструкция редукционного клапана, места установки пожарных кранов с пожарными гайками и задвижек).

41. Требования к размещению и количеству средств пожаротушения на промплощадке и в выработках шахты (огнетушители, песок, инертная пыль, лопаты, двери, арки, ляды, установки для создания пены, пожарные пики, материалы для изоляции и инертизации, пожарный склад).

42. К каким трем направлениям воздействия на подземный пожар сводятся способы и тактические приемы тушения пожара? Как классифицируют способы тушения пожаров? Укажите область применения, достоинства и недостатки каждой группы способов.

43. Классификацию огнегасительных веществ по их фазовому состоянию.

44. Классификация средств пожаротушения.

45. Перечислите огнегасительные свойства воды. Какие пожары нельзя или неэффективно тушить водой?

46. За счет чего обеспечивается пожаротушащий эффект огнегасительных порошков, их классификация? Для тушения, каких пожаров следует применять средства порошкового пожаротушения, ограничение по области их применения?

47. Способы образования пен, их классификация и показатели свойств. Пожаротушащие свойства пен, ограничение их по применению.

48. Какие инертные газы и аэрозоли применяют при тушении подземных пожаров?. Какие задачи решаются при инертизации среды выработок? Количественные критерии и виды инертизации среды.

49. Какие результаты достигаются при комбинированном применении огнегасительных веществ определенного состава в смеси или при их раздельном воздействии на очаг горения? Виды применяемых средств пожаротушения комбинированного действия и роль их основных компонентов состава.

50. Кратко охарактеризуйте тип, назначение, устройство и принцип работы средства тушения пожаров водой.

51. Назначение огнетушителей, их классификация, тип, область применения, принцип работы и эксплуатационные характеристики основных огнетушителей.

52. Классификация шахтных мобильных установок и устройств, их назначение, тип, область применения, принцип работы и основные эксплуатационные характеристики.

53. Автоматические установки и системы пожаротушения, их классификация, отличие установок и систем по составу, их основные типы. Состав и принцип работы автоматических систем пожаротушения.

54. Изолирующие сооружения, используемые при тушении развитых пожаров (разделение перемычек по назначению и сроку службы, конструкции перемычек, используемые материалы и оборудование).

55. Значение проблемы газодинамических явлений (проблемы выбросов угля и газа) для угольной промышленности. Классификация газодинамических явлений по характерным признакам. Понятие категории «внезапные».

56. Выбросы (внезапные выбросы) угля и газа (определение выброса угля и газа, в каких выработках и при каком воздействии происходят выбросы угля и газа, протекание, интенсивность, последствия, травмирующие факторы и предупредительные признаки выбросов угля и газа).

57. Общие сведения о других газодинамических явлениях (внезапные выдавливания и высыпания угля с повышенным газовыделением, выбросы пород и газа, внезапные разрушения пород почвы с прорывами метана, горные удары, суффлярные выделения метана).

58. Ваше понимание природы и механизма выбросов угля и газа (основные факторы, обуславливающие формирование выбросоопасности, физическая модель выбросоопасного пласта, зависимость выбросоопасности угольных пластов и песчаников от метаморфизма углей, механизм выброса угля (породы) и газа).

59. Как разделяются шахтопласты на категории выбросоопасности?

60. Какие мероприятия (направленность мероприятий) содержит применяемый на шахтах комплекс мер при разработке выбросоопасных и угрожаемых шахтопластов (изложить основное содержание и обоснование сущности мероприятий)?

61. Организация работ по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа (функции Минуглепрома, Центральной комиссии, МакНИИ, НИМИ, Госгорпромнадзора, службы прогноза участка ВТБ, участка ПР по ТБ, производство сотрясательного взрывания, ведение документации, расследование, ответственность).

62. Прогноз выбросоопасности по геологоразведочным данным (организация, выполняющая прогноз, показатели прогноза, критерии определения глубины проведения прогноза).

63. Прогноз выбросоопасности шахтопласта в месте вскрытия полевой выработкой (организация и технология выполнения прогноза, применяемое оборудование, показатели и критерии прогноза).

64. Текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из шпуров (технология разведочных наблюдений и выполнения способа, применяемое оборудование, показатели и критерии прогноза, схема расположения шпуров, выход из опасной зоны).

65. Текущий прогноз выбросоопасности по сейсмоакустической активности пласта (физическая сущность сейсмоакустической активности пласта, критерии входа в опасную зону, технология способа, применяемое оборудование).

66. Способы контроля выбросоопасности призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала (физическая сущность определения параметров акустического сигнала, назначение и технология способов, применяемое оборудование, прогностические параметры сигнала, коэффициент и параметры выбросоопасности).

67. Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавших к отработанным этажам – лавам (физическая сущность устранения выбросоопасности, практическое применение).

68. Оперативное управление интенсивностью технологических процессов (область применения, сущность и технология оперативного управления).

69. Опережающая отработка защитных пластов (защитный и защищаемый пласты, механизм защитного действия, требования и схемы защитной отработки, минимально допустимая мощность междупластья).

70. Основные положения методики построения границ защищенных зон (для маркшейдеров).

71. Основные положения методики построение зон ПГД (для маркшейдеров).

72. Контроль эффективности и маркшейдерское обеспечение защитного действия.

73. Дегазация надрабатываемых крутых пластов в зонах разгрузки (ограничение применения, схемы и контроль эффективности дегазации).

74. Увлажнение угольных пластов (представление об устранении выбросоопасности увлажнением, технология, параметры, критерий и контроль эффективности увлажнения).

75. Общие требования вскрытия пластов полевыми выработками и стволами сотрясательным взрыванием или проходческими комбайнами (содержание и последовательность выполнение работ, меры безопасности).

76. Вскрытие стволами с бурением дренажных скважин (сущность способа, схема расположения скважин, критерий эффективности).

77. Вскрытие пласта стволами с возведением каркасной ограждающей крепи (сущность и физический смысл способа, схема расположения скважин).

78. Вскрытие стволами с гидрорыхлением угольного массива (сущность способа, схема расположения скважин и контрольных шпуров, технология способа, критерий эффективности).

79. Вскрытие пласта полевыми выработками с бурением дренажных скважин (сущность способа, схема расположения скважин, критерий эффективности).

80. Вскрытие пласта полевой выработкой с гидровывыванием угля (сущность, область применения и технология способа).

81. Вскрытие пласта полевой выработкой с возведением каркасной крепи (сущность, область применения и технология способа, требования к конструкции крепи).

82. Вскрытие пологих пластов комбайнами (противовыбросные мероприятия, ограничение скорости проведения и внедрение в массив).

83. Гидрорыхление угольного пласта (сущность, область применения и параметры способа, применяемое оборудование, критерии завершения и контроль эффективности гидрорыхления, управление гидрорыхлением по параметрам акустического сигнала).

84. Образование разгрузочных пазов (область применения и сущность способа, требование к пазам, схемы их расположения, контроль эффективности, оборудование для образования пазов).

85. Торпедирование угольного пласта (сущность и область применения способа, два варианта способа, их параметры, тип ВВ, технология, применяемое оборудование, контроль эффективности).

86. Образование разгрузочных щелей (полостей) во вмещающих породах при проведении подготовительных выработок комбайнами избирательного типа (сущность, параметры, технология и контроль эффективности способа).

87. Гидроотжим угольного пласта (сущность способа, причины ограничения применения).

88. Бурение опережающих скважин (сущность способа, причины ограничения применения).

89. Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа по динамике газовыделения (сущность и технология выполнения способа, физическая сущность динамики газовыделения, безопасная зона разгрузки, допустимая глубина выемки, схемы расположения контрольных шпуров).

90. Способ определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала (сущность и область применения способа, применяемые средства, расположение контрольных шпуров и сейсмоприёмника, критерии определения зоны разгрузки, технология способа).

91. Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам (мероприятия при подходе и вскрытии песчаника, прогноз выбросоопасности по делению кернов на диски, способы предотвращения и снижения вероятности выбросов).

92. Сотрясательное взрывание (характеристика как способа выемки, организация и режим сотрясательного взрывания, требования к ВВ, уборке угля и оформлению забоя).

93. Обвалы и обрушения горных пород (особая опасность и специфика обвалов и обрушений, основные места и причины обвалов и обрушений, основная направленность организационных и технических решений по снижению травматизма от обвалов и обрушений).

94. Предотвращение затопления горных выработок (источники затопления выработок, поражающие факторы при прорывах воды, требования к водоотливу, определение границ затопленных зон, ширины барьерных целиков, обеспечение безопасной выемки угля под водоемами, водотоками т. п., требования к ликвидации провалов, защита устьев стволов, шурфов, штолен и технических скважин).

95. Загазирование горных выработок (виды и критерии загазирования, организация ликвидации загазирования, источники и механизм проникновения в горные выработки ядовитых веществ, определение заряженных зон).

96. Изложите основные требования к организации и средствам противоаварийной защиты шахт (без учета возможностей системы УТАС).

97. Унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами - система УТАС (общие сведения, функции подсистем).

98. По каким двум основным причинам и соответствующим им авариям шахтный воздух становится непригодным для дыхания?

99. Как проявляется действие гипоксии, в чем ее главная особенность?

100. Как разделяют (классифицируют) по назначению средства защиты органов дыхания при авариях на угольных шахтах?

101. На какие два класса по принципу действия и области применения подразделяются самоспасатели?

102. К каким дыхательным аппаратам относятся, на каких шахтах и при каких авариях могут применяться изолирующие самоспасатели? Типы основных самоспасателей, принцип действия, особенности конструкции и эксплуатации, техническая характеристика.

103. Для чего и где устанавливаются устройство аварийного воздухообеспечения «Воздух-1», «Воздух-2» и «Воздух-3»?

104. Для каких целей применяют передвижные самоспасательные пункты ПСП и ПСПМ, их конструктивное исполнение, отличие в воздухообеспечении и оснащении, срок защитного действия?

105. Какой принцип работы аппаратов групповой защиты АД-180 и АД-360, их срок защитного действия ?

106. Регенеративные изолирующие респираторы на сжатом кислороде Р-30 и Р-34, назначение, принцип действия, техническая характеристика.

107. Какие действия с пострадавшим позволяют производить аппараты "Горноспасатель 10" и "Горноспасатель 11"? Для чего предназначается горноспасательный ингалятор АГС-2?

108. План ликвидации аварий (назначение, основная задача, порядок ввода в действие, основное содержание, ответственные за правильное составление и изучение, место хранения) Кто является ответственным руководителем работ по ликвидации аварий и руководителем горноспасательных работ?

109. Основная структурная часть ПЛА – позиция (атрибуты позиции: наименование, порядковый номер, условный символ, изображение выработок позиции (аварийного участка) на схеме вентиляции шахты, текстовое содержание).

110. Какие аварийные вентиляционные режимы предусматриваются ПЛА в зависимости от вида и места аварии, их сущность и назначение?

111. Общие требования отнесения выработок (участков) шахты к угрожаяемым. Какие выработки (участки) шахты относятся к угрожаяемым в зависимости от вида аварии?

112. Организационные основы горноспасательной службы (задачи и структура ГВГСС).

113. Шахтные горноспасательные станции (структура, задачи и функции ШГС, базирование и оснащение ШГС, руководство, обучение, численность и расстановка членов участковых ВГК, обязанности и действия членов ВГК аварийного и других участков, руководство членами ВГК до и после прибытия отделений ГВГСС, участие членов ВГК в работе отделений).

114. Действие ГВГСС при ликвидации аварий (выезд на аварию, подготовка к спуску в шахту, составление оперативного плана ликвидации аварии, организация горноспасательных работ, разведка аварии, спасение людей и оказание помощи пострадавшим, подземная и наземная базы, медицинское обслуживание, горноспасательные работы по ликвидации аварий, возвращение после ликвидации аварии).

---

---

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левкин Н.Б. Предупреждение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. - Донецк: Донбасс, 2002. – 396 с.
2. Сыркин П.С., Ягодкин Ф.И., Мартыненко И.А., Нечаенко В.И. Технология строительства вертикальных стволов. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1997. - 456 с.
3. Шевцов Н.Р., Таранов П.Я., Левит В.В., Гудзь А.Г. Под общ. ред. Н.Р. Щевцова. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов. – 4-е издание переработанное и дополненное – Донецк: ООО «Лебедь», 2003. – 279 с.
4. Умнов А.Е., Голик А.С., Палеев Д.Ю., Щевцов Н.Р. Предупреждение и локализация взрывов в подземных условиях. – Недра, 1990. – 286 с.
5. Булгаков Ю.Ф. Тушение пожаров в угольных шахтах. Донецк: НИИГД, 2001. –280 с.
6. В.И. Николин, М.П. Васильчук. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений. – Липецк: Липецкое издательство Роскомпечати 1997. – 496 с.
7. Предотвращение выбросов угля и газа с помощью щелевой разгрузки / Николин В.И., Александров С.Н., Яйло В.В., Фридман Г.М. – Киев: Техника, 1992. – 150 с.
8. Зборщик М.П., Осокин В.В. Горение пород угольных месторождений и их тушение. – Донецк: ДонГТУ, 2000. – 180 с.
9. Ликвидация аварий в угольных шахтах. Теория и практика / В.В. Радченко, С.М. Смоланов, Г.М. Алейникова и др.; Под общ. ред. Г.М. Алейниковой. -К. Техника, 1999.- 320 с.
10. Минеев С.П., Рубинский А.А., Витушко О.В., Радченко А.Г. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах: [монография]. – Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2010. - 603 с.
11. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах, том I, II, Норд-Пресс, 2004. А.М. Брюханов, В.И. Бережинский, К.К. Бусычин и др. Стр. 548 т.І, стр. 632, т.ІІ
12. НПАОП 10.0-1.01.-10 Правила безпеки у вугільних шахтах - Киев, 2010 - 430 с..
13. ДНАОП 1.1.30 - 4.01-97 Устав ГВГСС по організації і веденню горноспасательных работ. - К., 1997. - 453 с.
14. Сборник инструкций к Правилам безопасности в угольных шахтах. - т. 1, К., 1996. – 425 с.
15. Сборник инструкций к Правилам безопасности в угольных шахтах. - т. 2, К., 1996. – 410 с.
16. Единые правила безопасности при взрывных работах. – К.: Норматив, 1992. – 171 с.
17. Инструкция по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины. – Макеевка – Донбасс: МакНИИ, 1994. - 46 с.
18. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям.-Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
19. КД 12.07.403-96 «Разработка проекта противопожарной защиты угольных шахт».
20. КД 12.01.402-2000 «Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины».
21. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра. 1976. -.303 с.



# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

Аварийно-спасательная лестница, 88, 107, 113, 151

Аварийные вентиляционные режимы, 106, 111, 222, 242, 299, 339, 373, 395, 437-440, 441

Аварийный участок, 163, 222, 280, 305, 427, 435, 437, 439, 440, 451, 452, 455

Авария (аварийная ситуация, аварийная опасность, аварийность), 7, 8, 11 - 13, 17, 19, 20, 23, 24, 26, 30, 33, 67, 98, 113, 143, 158, 171, 179, 187, 198, 218- 221, 236, 240, 242, 259, 262, 299, 309, 408, 413, 414, 416, 418, 419, 421, 433 - 435, 437, 438, 440 - 463

Автоматическая система локализации вспышек метана и угольной пыли, 260, 261

Административно-бытовой комбинат (АБК), 82, 83

Антипирогены, 288, 289

Аппаратура контроля метана (АКМ), 241, 248, 351, 417

Аппаратуры контроля метана (АКМ), 241, 243, 245, 248, 351, 417

Аппараты восстановления дыхания (реанимации) пострадавших, 432

Армирование стволов, 110

Аспиратор АЭРА, 33

Аэрозоли, 138, 288, 289

## Б

Бадья, 106, 108, 109, 172, 181, 182, 184

Базы ГВГСС, 159, 360, 444, 456, 457, 460, 461

Безопасная зона разгрузки, 395

Безопасность взрывных работ, 130, 131, 134, 137

Безопасность работающих на выбросоопасных пластах., 352

Безопасность труда, 6, 68, 69, 325

Безопасность горных выработок, технологических процессов и оборудования, 6, 19

Бетонная крепь, 109

Бремсберг, 149, 151, 296

Бурение скважин (шпуров), 37, 38, 49, 54, 58, 105, 337, 351, 352, 356, 378, 380, 383, 397, 403, 406

Буровзрывные работы, 20, 92, 105, 118, 377, 403, 405, 406

## В

Вентилятор главного проветривания (ВГП), 242, 437, 439

Вентилятор местного проветривания (ВМП), 28, 92, 146, 199, 215, 238, 244, 245, 317, 319, 380, 433

Взрывание зарядов, 118

Взрывная сеть, 141

Взрывник (мастер-взрывник), 119

Взрывные работы, 13, 21, 31, 32, 58, 93, 94, 97, 108, 117 - 119, 122, 123, 125, 127, 130 - 135, 138, 140, 226, 238, 266, 286, 325, 336, 338, 349, 352, 377, 392, 398, 406 - 408

Взрывчатая угольная пыль, 121, 133

Взрывчатые материалы, 120, 128

Взрывчатые материалы и средства взрывания, 78, 117 - 131, 134, 138, 142, 170, 268, 283, 298, 316, 391, 437

Взрывчатые свойства и процессы взрыва угольной пыли, 228 - 234, 251, 253

Взрывы газа и угольной пыли, 12, 13, 31, 33, 92, 98, 117, 118, 123, 124, 126, 127, 131, 134, 142, 145, 146, 189, 197, 199 - 201, 203, 214, 215, 221, 222, 231, 232, 235, 419, 463

Вибрационная болезнь, 15, 16

Виды аварий (опасные факторы), 13, 117, 118, 143, 144, 166, 172, 187, 190, 192, 193, 195 - 201, 207, 208, 214, 220 - 222, 235, 238, 240, 242, 245 - 247, 250, 260, 266, 284, 304, 312, 313, 324, 333, 335, 347, 408

Виды исполнения электрооборудования, 42, 77, 135, 146, 165, 193, 196 - 201, 207, 242, 284

Виды, причины и процессы воспламенение и горения метановоздушной смеси, 31, 223 - 227, 245, 251

Вода, 28, 30, 37 - 41, 48 - 51, 54 - 59, 61, 63 - 67, 83, 89, 133, 135, 136, 138, 139, 158, 170, 201, 228, 230, 251, 254, 257, 258, 265, 267, 269, 272, 285, 286, 291, 292, 293, 294 - 296, 303, 304, 306 - 309, 323, 326, 340, 352, 375, 376, 380 - 386, 388 - 390, 392, 393, 408, 410, 411, 413, 423, 433, 434, 437, 438, 439, 441, 445

Водоотлив, 292, 294

Водоснабжение, 291 - 294

Вспышки и горение метана, 13, 117, 134, 221, 225, 260, 261

Выбор обеспыливающих мероприятий, 35, 45, 48  
Выбросоопасная зона, 330, 340, 351, 392, 394  
Выбросы породы (песчаников) и газа, 103, 240, 324, 325, 333, 337, 338, 342 - 344, 363, 366, 368, 398 - 406  
Выбросы угля и газа, 13, 91, 220, 324 - 326, 330 - 338, 342, 343, 345, 347, 349, 351 - 355, 357, 370, 373, 374, 377, 380 - 382, 389, 407, 408, 414, 419, 442  
Выдавливания (отжимы) угля, 326, 332  
Выемочный участок, 288  
Выходы из горных выработок и шахты, 87, 90

### Г

Газовый режим, 239, 240, 242, 243 - 250  
Газодинамические явления, 13, 30, 91, 92, 98, 218, 220, 240, 273, 324 - 326, 332 - 338, 342 - 345, 347, 349 - 352, 355, 357, 369, 370, 373, 374, 377, 381, 389, 407, 408, 419, 437  
Генератор тонкодисперсных водяных аэрозолей ГПВ, 137  
Геологические нарушения, 91, 105, 218, 219, 239, 271, 273, 288, 300, 326, 327, 328, 351, 356, 387 - 389  
Гигиена труда и промышленная санитария, 6, 19, 27, 30, 82, 84  
Гидрант, 292, 310  
Гидрозатворы, 384  
Гидропылевзрывозащита, 251, 252, 254 - 259  
Гипоксия, 30, 31  
Главная поверхностная подстанция (ГПП), 192, 310  
Главный инженер шахты, 22, 36, 90, 105, 114 - 116, 127, 145, 157, 184, 200, 248, 286, 353, 355, 373, 418, 433 - 435, 450, 452, 457  
Глубина разработки, 12, 50, 51, 88, 102, 111, 138, 175, 176, 218, 278, 326, 328, 332, 333, 337, 341, 347, 348, 350, 355, 356, 362, 383, 384, 387, 388, 392, 393, 396 - 398, 400, 406, 442  
Горно-геологические условия, 11, 12, 14, 17, 49, 94, 102, 218, 272, 286, 337, 343, 357  
Горнопроходческое оборудование, 18, 37, 42, 57, 71, 74, 75, 96, 97, 247, 383, 391  
Горноспасательное дело, 7, 220, 442, 443  
Горноспасательное отделение, 445  
Горноспасательные работы, 442, 449, 454, - 458, 461, 462  
Горноспасательный взвод, 438, 444, 457

Горноспасательный отряд, 433, 438, 444, 447 - 450, 453, 454, 457, 458  
Горные выработки, 20, 27, 32, 117, 149, 151, 194, 222, 288, 291, 293, 295, 296, 300, 363, 412, 458  
Горные удары, 324, 333, 334, 369  
Горный диспетчер, 416  
Горный закон Украины, 18  
Горючие и взрывчатые газы и пары, 12, 30 - 32, 117, 121, 123, 131, 133, 136, 140, 142, 146, 194, 198, 199, 201, 205, 208, 214, 218, 220, 222 - 228, 230 - 235, 236 - 249, 255, 260, 262, 267, 272, 273, 277, 284, 302 - 305, 310, 331, 334, 339 - 344, 353, 374, 376, 407, 410 - 414, 416, 437, 442, 455  
Госсанэпиднадзор, 23

Государственная военизированная горноспасательная служба (ГВГСС), 18, 32, 33, 221, 244, 247, 262, 282, 286, 303, 412, 413, 418, 430, 432, 434, 438, 442 - 446, 448 - 458, 460 - 463  
Государственный Комитет Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору (Госгорпромнадзор), 6, 20, 22 - 24, 28, 48, 193, 198, 206, 353, 407

### Д

Дегазация, 245, 246, 337, 373, 374  
Диаграмма взрываемости метана, 223  
Динамика скорости газовыделения, 352, 394  
Диоксид углерода (углекислый газ), 31, 32, 313, 319, 416, 420, 431  
Дистанционное управление, 377

### З

Завесы (водяные, водовоздушные, лабиринтно-тканевые и др.), 43, 57, 62, 63, 255, 256  
Загазирование выработок, 246, 411, 412  
Задвижки, 298  
Заиливание., 290, 301  
Запыленность, 30 - 34, 36, 42, 44, 45, 48, 53, 54, 55, 56, 63, 133, 251, 413, 414  
Заряжание шпуров (скважин), 139, 140  
Защита от действия опасных и вредных факторов, 19, 23, 24, 28, 35, 73, 78, 80, 82, 94, 106, 169, 175, 187 - 192, 195, 196, 204, 209 - 214, 349, 364, 379, 418 - 433, 443, 445, 446, 449, 450, 451, 454, 459, 461  
Защита от утечек и короткого замыкания, 195, 211 - 214

Зоны повышенного горного давления (ПГД), 326 - 328, 330, 347, 354, 362, 364, 370, 371 - 373

## И

Изоляционные сооружения, 284, 301, 321, 323

Инертизация среды, 301, 305

Инертные газы и аэрозоли, 302

Интенсивность (сила) выброса, 165, 255, 331

## К

Калориферы, 29, 300

Камеры, 290

Канатно-кресельные, монорельсовые и напочвенные дороги, 149, 150, 157

Канаты, 106, 108, 109, 144, 148, 153, 154, 155, 172 - 183, 185, 186, 266, 267, 285, 294, 404, 434

Категория производственного процесса по пылевому фактору, 47, 48, 59

Категория шахт (шахтопластов) по видам опасных и вредным факторов, 12, 14 - 17, 20, 31 - 33, 118, 123, 124, 126, 127, 134, 142, 145, 146, 189, 197, 199 - 201, 203, 214, 215, 239, 240, 243, 247, 250, 274, 275, 290, 323, 334, 338, 347, 350, 412, 437

Квершлаг, 20, 27, 32, 114, 117, 194, 222, 259, 287, 288, 291, 335, 352, 363, 370, 377, 412, 458

Кислород, 30, 33, 230, 271, 280, 281, 303, 331, 419, 420, 429

Климатические условия, 27, 28, 29, 30, 33

Командир горноспасательного взвода ГВГСС, 434

Командир отделения ГВГСС, 434

Комбинированная пылевзрывозащита, 251, 252

Конвейерный транспорт, 59, 60, 71, 74, 91, 101, 106, 144, 145, 148, 149, 155, 156, 166 - 171, 204, 211, 263, 266, 267, 283 - 285, 300, 304, 309, 320, 409

Кондиционирование воздуха, 28, 298

Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа, 352, 376, 394, 396

Копер, 293

Крепление подготовительных выработок, 94, 95, 245, 283

Крепь очистных выработок, 104

Крепь сопряжения, 104

Крутонаклонные пласты, 273, 290

Крутые пласты, 14, 17, 53, 198, 273, 287, 290, 297, 359, 366

## Л

Лечебно-профилактическое обслуживание, 19, 82, 84

Ликвидация отказавших зарядов, 142

Локальные способы предотвращения выбросов угля и газа, 383 - 387, 388 - 393

Ляды, 106, 107, 299

## М

Материалы, 284

Машины и механизмы, 12, 13, 23, 73, 92, 98, 202, 219, 220, 248, 285

Медицинское обслуживание, 462

Межпожарный период, 274

Мероприятия, снижающие выбросоопасность угольного пласта, 349

Метаморфизм углей, 51, 230, 269, 271, 337, 340, 341, 342, 344, 355

Метан, 12, 30, 31, 32, 117, 121, 123, 131, 133, 136, 140, 142, 146, 194, 198, 199, 201, 205, 208, 214, 218, 220, 222, 223, 224, 225 - 233, 235 - 249, 255, 260, 262, 267, 272, 273, 277, 284, 302 - 305, 310, 331, 334, 339, 340, 341, 343, 344, 353, 374, 376, 407, 410 - 412, 414, 416, 437, 442, 455

Микросхемы горных выработок, 434

## Н

Наземные пожары, 262, 275

Напряжённо-деформированное и газодинамическое состояние пласта, 324

Нарядная система, 6

Насосные установки, 39

Научно исследовательский маркшейдерский институт, 354

Несчастный случай, 8, 12, 103, 130, 143, 144, 157, 158

Ниши лав, 330

Нормативные отраслевые акты, 32, 118, 188, 193, 195, 198, 199, 201, 209, 212, 240, 243, 246, 247, 251, 265, 286, 334, 374, 385, 411, 412, 433, 446, 449

Нормы содержания метана, 31, 223, 240, 241, 242, 248

## О

Обвалы и обрушения, 12, 13, 92, 97, 98, 101, 103, 104, 105, 218, 332, 408, 409

Обеспыливание, 33, 35, 36, 43, 45, 48, 52, 251

Обеспыливание вентиляционных потоков, 61, 62, 64

Обмывка горных выработок, 57, 58  
Оборудование для прогноза и предотвращения выбросов, 356, 358, 360, 363, 384, 397  
Оборудование очистных забоев, 18, 28, 99, 100, 104, 290, 349, 417  
Обрушения (высыпания) угля, 273, 324, 325, 332  
Обучение по охране труда, 19 - 22, 118, 119, 130, 144, 184, 218, 261, 353, 443, 446, 449, 451  
Огневые работы, 238, 286  
Огнегасительные вещества, 302 - 305  
Огнетушители, 298, 303, 310, 312, 313, 450, 459, 461  
Ограждающий барьер, 96  
Оксид углерода (угарный газ), 31 - 33, 224, 280, 282, 419, 420  
Опасные природные и производственные факторы, 6, 8, 12, 13 - 33, 58, 64, 92, 94, 98, 101, 103, 105, 106, 109, 110, 117, 120, - 122, 124, 125, 130 - 132, 134, 135, 138, 139 - 141, 187, 218 - 222, 225, 228 - 233, 235, 237 - 239, 245, 247, 250 - 252, 259, 261 - 264, 266, 268, 272 - 277, 279, 281, 283, 286, 290, 291, 293, 300 - 303, 305, 306, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 319 - 321, 323 - 327, 330 - 336, 338, 345, 362, 369, 377, 382, 403, 406, 407 - 414, 419, 433, 434, 437 - 443, 451, 454, 455, 463  
Оперативная часть плана ликвидации аварий, 434, 437  
Оперативный журнал ликвидации аварии, 456  
Оперативный план ликвидации аварий, 433  
Опережающая отработка защитных пластов, 337, 348, 363 - 374  
Оросители (форсунки, насадки), 39 - 41, 55, 59, 63  
Орошение, 35, 38 - 42, 47, 48, 53 - 55, 57 - 59, 60, 61, 134, 137, 140, 238, 267, 309  
Освещение, 77, 78, 110, 126, 143, 200, 203, 213  
Острая сердечно-сосудистая недостаточность, 13  
Ответственный руководитель работ по ликвидации аварий, 456  
Очистка и обеззараживание воды, 64, 67  
Очистные выработки, 28, 43, 63, 89, 202, 244, 245, 298, 326

## П

Падение людей, 13, 92  
Падение предметов, 13, 92  
Парашютные устройства, 144, 154, 155, 181  
Паспорт санитарно-технического состояния условий труда, 84  
Паспорта выемочных участков и проведения и крепления выработок, 90, 92  
Пены, 42, 55, 137, 289, 300, 304, 305, 311, 315, 316 - 318, 323  
План ликвидации аварий (ПЛА), 23, 418, 433 - 435, 437, 453  
Пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа, 21, 102, 118, 146, 194, 198, 202, 244, 288, 347, 350, 377, 437  
Пласты, склонные к горным ударам, 21, 334  
Пневмогидроорошение, 38, 41  
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), 37, 42, 133, 289, 311, 375  
Погрузочные машины, 57, 71, 74, 75, 108  
Подземные пожары, 13, 31, 64, 92, 98, 117, 131, 187, 188 - 220, 261 - 266, 268, 272 - 280, 282, 283, 286, 287, 291 - 293, 295, 296, 299, 301 - 303, 305 - 310, 313 - 317, 319 - 323, 414, 433, 435, 438 - 443, 451, 454, 460, 463  
Подземный транспорт, 17, 30, 143, 144  
Подъемные сосуды, 29, 106, 108 - 110, 116, 129, 152, 155, 172 - 177, 179 - 182, 184, 185, 187, 307, 434  
Подъемные установки (подъемы), 88, 111, 112, 151, 171, 172, 174 - 178, 180 - 183, 185, 186, 200, 203  
Пожарная безопасность, 6, 220, 264, 265  
Пожарная водяная завеса, 295  
Пожарно-оросительный трубопровод, 35, 38, 40, 52, 285, 291, 294, 295, 296, 298, 306, 309, 310  
Пожарные арки, двери, ляды, 208, 284, 299, 300, 302  
Пожарные гайки, 297, 306  
Пожарные краны, 294, 298  
Пожарные пики, 300, 307  
Пожарные рукава, 306  
Пожарный извещатель, 321  
Пожарный ствол, 295, 296  
Пожароопасность шахты, 264, 265  
Позиция плана ликвидации аварий, 222, 435, 437, 439, 440, 441  
Пологие пласты, 53, 54, 332, 383, 384, 388, 426

- Поперечные сечения выработок, 93  
 Порошки, 135, 302, 304, 306, 310, 313, 320  
 Посадка кровли, 103, 104  
 Правила безопасности в угольных шахтах (Правила безопасности), 7, 18, 19, 22, 72, 93, 150, 154, 158, 162, 166, 171, 173, 174, 176, 177, 182, 183, 185 - 187, 191, 201, 265, 286, 413, 414, 417, 449, 452  
 Предохранительные лебедки, 105  
 Предохранительность взрывчатых веществ (условия применения), 120, 121  
 Предохранительный полок, 106  
 Предупредительные признаки выбросов угля и газа, 332  
 Природа и механизм выбросов угля и газа, 338 - 346  
 Причины и последствия взрывов газа и угольной пыли, 235 - 239  
 Проведение выработок по выбросоопасным породам (песчаникам), 398  
 Проведение подготовительных выработок, 96, 245, 391, 398  
 Проветривание (вентиляция), 17, 28, 29, 61, 79, 92, 104, 105, 146, 199, 215, 238, 240 - 245, 272, 287, 288, 296, 297, 299, 301, 305, 314, 317, 319, 353, 380, 407, 433, 439, 440  
 Прогноз выбросоопасности угольных пластов, 338, 348, 355 - 358, 360 - 363, 399, 401  
 Прогноз выбросоопасности пород (песчаников), 399 - 402  
 Программные средства, 22, 23  
 Прорывы воды и пльвунов, 13, 220, 410, 411  
 Прорывы газа из почвы выработок, 324, 334  
 Противоаварийная защита, 19, 218, 413, 417, 418, 443, 447, 451  
 Противоаварийные системы, 248, 351, 414, 415, 417  
 Противопожарная защита, 265, 291  
 Противопылевые респираторы, 35, 44, 80  
 Профессиональные бурситы, 16  
 Профессиональные заболевания, 19  
 Профессиональные заболевания пылевой этиологии, 14, 15, 34  
 Профессиональные заболевания шумовой этиологии, 15  
 Профессиональный отбор, 19, 130, 218, 443  
 Профессиональный риск травматизма, 8, 9, 10, 11  
 Проходка, углубка и крепление стволов, 57, 71, 74, 75, 105, 107, 108  
 Проходческий полок, 106 - 112, 116, 256 - 259  
 Пылевая нагрузка, 34  
 Пылевой режим, 219, 250 - 259  
 Пылевыделение, 14, 28, 35, 36, 38, 44, 47, 48, 61, 63  
 Пылеобразование, 36, 37, 55, 56, 59, 414  
 Пылеотложение, 54, 64, 135, 232 -235, 250 -255  
 Пылеподавление пеной, 55  
 Пылеулавливание, 42, 57, 61, 64
- Р
- Разведка аварии, 376, 378, 444, 458  
 Распределительный подземный пункт (РПП), 192, 199, 211, 214, 438  
 Реанимационно-противошоковая группа (РПГ), 444, 462  
 Региональные способы предотвращения выбросов угля и газа, 373, 374, 376  
 Редукционный клапан (узел), 297, 431, 432  
 Рельсовый транспорт, 145 -148, 150 -155, 158 - 160, 162, 163 - 166, 190, 211  
 Респираторы, 35, 80, 82, 429 -432, 445, 446, 449 - 451, 454, 459, 461  
 Риск развития профессиональных заболеваний, 14  
 Руководитель горноспасательных работ, 452, 456, 461
- С
- Самоспасатели, 24, 420 - 425, 427, 428, 433, 445, 451, 454, 459  
 Свита пластов, 218, 250, 287, 349, 364, 370, 410  
 Связь и сигнализация, 6, 8, 23, 54, 64, 72, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 140, 141, 144, 145, 151, 157, 160, 162, 165, 169 - 172, 181, 183, 186, 187, 191, 193, 198, 199, 203, 205, 206, 219, 232, 248, 260, 287, 310, 321, 339, 340, 353, 358, 359, 362, 363, 375, 395, 416 - 418, 427, 428, 442, 443, 445, 448, 451, 453, 454, 457 -462  
 Сейсмоакустика, 385, 386, 391, 402  
 Система управления охраной труда, 6, 17, 18, 19  
 Система УТАС, 414 - 417  
 Системы разработки, 268, 287, 349  
 Системы электрической защиты, 187 - 192, 196, 209

Склонность угля и углистых пород к самовозгоранию, 239, 264, 268 - 275, 286, 288, 290  
Сланцевая пылевзрывозащита, 251 - 253, 256 - 259  
Служба охраны труда, 19, 85  
Содержание, ремонт и ликвидация горных выработок, 113 - 115, 117  
Состояние охраны труда, 6, 14  
Сотрясательное взрывание, 118, 121, 141, 194, 325, 326, 330, 335, 338, 350, 352, 354, 355, 361, 376, 377, 386, 391, 398, 406 - 408  
Способ подготовки шахтного поля, 347  
Способы борьбы с выбросами пород (песчаников), 403 - 406  
Способы и средства обнаружения подземных пожаров, 279 - 282  
Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа., 351, 352, 376  
Способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии, 22, 247, 287, 330, 331, 333, 335, 348, 349, 351, 352, 376, 377 - 383, 398, 399, 406 - 408, 422  
Способы тушения пожаров, 301, 302  
Способы управления кровлей, 102  
Средства защиты органов дыхания, 24, 418 - 432, 459  
Средства пожаротушения, 126, 291, 292, 294 - 298, 302, 303, 306 - 322, 431-434, 450, 452, 459, 461  
Стадии развития эндогенных пожаров, 279 - 281  
Стволы, шурфы, штольни, околоствольные дворы, 29, 30, 293, 300  
Стендер, 292  
Степень метаморфизма угля (выход летучих веществ), 229, 250, 268  
Стимулирование охраны труда, 19  
Страховые тарифы и страховые взносы, 11  
Суфлярные выделения метана, 244  
Схемы проходки стволов, 107

## Т

Теории (гипотезы) самовозгорания, 268 - 272  
Технологические схемы пылеподавления, 43, 53, 154  
Травматизм (общий, смертельный, структура, динамика, показатели), 8, 9 -, 14, 17, 19, 85, 92, 98 - 101, 104 - 106, 117, 143, 144, 160, 172, 220, 324, 409, 414  
Транспорт и подъем, 13, 30, 143, 172

Требования к персоналу, 19, 21, 22, 117, 119, 120, 130, 218, 443  
Туманообразование, 38  
Тупиковые выработки, 29, 219, 240, 244, 245, 247, 248, 259, 441  
Тюбинги, 109  
Тяговая цепь комбайна, 105

## У

Увлажнение угольного массива, 37, 38, 48 - 51, 52, 384  
Угольные целики, 288 - 290, 328  
Угрожаемый участок, 441  
Удельное пылевыведение пласта, 45  
Удушья и отравления, 13  
Уклон, 149, 151, 295, 296  
Управление кровлей, 89, 287, 350, 372  
Условия труда, 6, 12, 16 - 18, 23, 35, 48, 72, 84, 85, 100, 108, 110, 355  
Условно профессиональные заболевания, 16, 17  
Уступы лав, 330  
Утопления, 13  
Участковые вспомогательные команды (ВГК), 18, 429, 430, 433, 438 - 452, 457  
Участок буровзрывных работ (БВР), 20, 118, 127, 138, 139, 238, 404, 406  
Участок вентиляции и техники безопасности (ВТБ), 20, 32, 36, 113, 127, 194, 244, 248, 249, 261, 286, 353, 451  
Участок профилактических работ по технике безопасности (ПР по ТБ), 20, 36, 354  
Участок шахтного транспорта (УШТ), 145  
Учет спуска и подъема людей, 24, 26

## Ф

Фиброзоопасность, 35  
Физическая модель выбросоопасного пласта, 341 - 344  
Фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, 11

## Х

Химическое заражение выработок, 412, 413  
Ходовые отделения выработок, 96

## Ц

Центральная подземная подстанция (ЦПП), 192, 194, 211, 417  
Центральный район Донбасса., 32, 332  
Центральный штаб (ЦШ) ГВГСС, 444

## Ш

Шахтная горноспасательная служба (ШГС), 418, 438, 449 - 452  
Шахтная документация, 22, 23, 246, 249, 250, 354, 418, 433 - 435, 437, 453, 456  
Шахтные горноспасательные станции (ШГС), 18, 418, 438, 449 - 452  
Ширина проходов и величина зазоров, 93, 97, 150  
Штрек, 295, 296  
Шум и вибрация, 67, 69, 73, 75, 77  
Щитовые агрегаты, 290

Э

Эжектирование, 38, 55, 59  
Экзогенные пожары, 262, 263, 265 - 268, 283, 285  
Экзотермические реакции окисления, 31, 222

Электрические проводки, 19, 23, 74, 78, 98, 105, 123, 124, 126, 128, 141, 163, 164, 169, 171, 178, 183, 190, 191, 197, 198, 201 - 207, 210, 211, 213 - 215, 261, 266, 285, 292, 295, 321, 391, 413, 414, 416  
Электрооборудование, 13, 23, 92, 187, 193, 196, 198, 200, 206 - 208, 213, 214, 220, 242, 283, 303  
Электроснабжение и управление машинами, 213 - 215  
Эндогенные пожары, 262, 264, 265, 268, 271, 273 - 275, 280, 283, 288, 414

Я

Ядовитые (токсичные) газы, 30 - 33, 134, 224, 280, 282, 412, 413, 419, 420, 421

Александров Сергей Николаевич  
Булгаков Юрий Федорович  
Яйло Владимир Васильевич