

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Ю.Ф. Булгаков, А.Л. Кавера, Е.В. Курбацкий, В.А. Трофимов

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

*Учебное пособие для студентов, обучающихся по
специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Донецк
ООО «Цифровая типография»
2017

Булгаков, Ю. Ф. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело: учебное пособие для студентов / Ю. Ф. Булгаков, А. Л. Кавера, Е. В. Курбацкий, В. А. Трофимов. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2017. – 291 с.

Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВПО «ДОННТУ» как учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело».

Составители:

Булгаков Юрий Федорович – заведующий кафедрой «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, доктор технических наук, профессор.

Кавера Алексей Леонидович – доцент кафедры «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, кандидат технических наук, доцент.

Курбацкий Евгений Васильевич – доцент кафедры «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, кандидат технических наук, доцент.

Трофимов Виталий Александрович – доцент кафедры «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, кандидат технических наук, доцент.

Рецензенты:

Мамаев Валерий Владимирович – заместитель директора по научной работе НИИГД «Респиратор», доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Марийчук Иван Филиппович – доцент кафедры «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика» ДонНТУ, кандидат технических наук, доцент.

Ответственный за выпуск:

Булгаков Юрий Федорович – заведующий кафедрой «Охрана труда и аэрология» ДонНТУ, доктор технических наук, профессор.

Подготовлено согласно с учебной программой нормативной дисциплины «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» и образовательно-профессиональной программы высшего профессионального образования Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики по профессиональному направлению «Горное дело».

Составлено в соответствии с Правилами безопасности в угольных шахтах Донецкой Народной Республики и Уставом по организации и ведению горноспасательных работ Государственной военизированной горноспасательной службой Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики.

Приведен анализ негативных факторов, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых, и системы управления охраной труда в угольных шахтах. Показаны структура и динамика аварийности и травматизма, а также риска профессиональных заболеваний. Изложены вопросы безопасности ведения горных работ. Подробно рассмотрены методы, средства защиты и мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и действия горноспасательной службы в угольной промышленности. Описаны методические основы моделирования вентиляционных сетей и аварийных вентиляционных режимов шахт.

Предназначено для подготовки специалистов РПМ, ТБГД, М, Ш, ОПИ.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития угольной промышленности наблюдается обострение проблем в сфере условий труда. Это обусловлено тем, что значительная часть работников трудится или в тяжелых или во вредных условиях. Исследование проблем, связанных с обеспечением благоприятных условий труда, изучением причин возникновения производственного травматизма и профессиональных заболеваний является одним из актуальных направлений современной научно-исследовательской работы.

Целями освоения дисциплины «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» является формирование у будущих специалистов представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека. А также умение применять на практике научные и инженерные знания при решении вопросов обеспечения безопасных условий труда, снижения производственного травматизма, ликвидации аварий, пожаров и взрывов на горных предприятиях.

Соединена тематика безопасного взаимодействия человека с производственной средой, обеспечение системы управления производством горных работ, а также методы предупреждения и ликвидации аварий.

В пособии рассмотрены вопросы безопасности ведения горных работ, методы, средства защиты и мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и действия горноспасательной службы в угольной промышленности, приведен анализ негативных факторов, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых, и системы управления охраной труда в угольных шахтах.

Авторы признательны студентам кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ДонНТУ за глубокую переработку исходного материала и активное участие в составлении следующих глав:

Агаркову Александру Владимировичу: I, II, III, V, XIV, XV, XVI;

Краснову Дмитрию Сергеевичу: I, IV, VI, X, XI, XII, XIII;

Муляру Роману Сергеевичу: I, VII, VIII, IX, X, XI, XII.

Авторы будут благодарны за предложения, направленные на улучшение пособия. Все советы будут учтены в следующем издании.

ГЛАВА I

ДИНАМИКА АВАРИЙНОСТИ, РИСК ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

1.1 Профессиональный риск травматизма на угольных шахтах

Угольная шахта – действующее горное предприятие по добыче угля подземным способом, которое является сложным и в своем роде уникальным 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 [1,2].

Характер и степень возможного воздействия различного рода природных и производственных опасных факторов на работающих определяет опасность рабочего места и уровень профессионального риска работника [3].

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	-	46,4	2,140

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 $1,0 \times 10^{-3}$. 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

$0,63 \times 10^{-3}$. 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 $0,6 \times 10^{-3}$ 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 $0,5 \times 10^{-3}$. 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 государстве, в частности - процесс реструктуризации в угольной промышленности. На рисунке 1.1 показана динамика показателей работы отрасли за 1960 - 2006 годы [4,5].

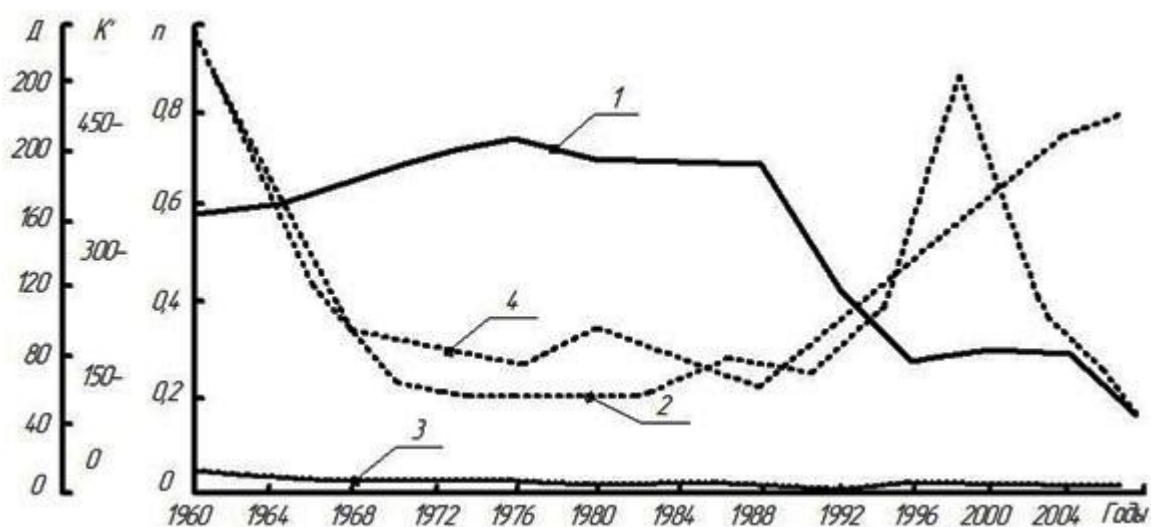


Рисунок 1.1 – Динамика показателей работы отрасли по годам: 1 – добыча угля (Д), млн. тонн; 2 и 3 – коэффициенты (К) общего и смертельного

травматизма на млн. тонн добычи угля; 4 – риск травматизма со смертельным исходом в относительных единицах

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 $0,57 \times 10^{-3}$, отклонение от среднего значения не превышает 2,8%.

Из характера изменения показателей профессионального риска видно, что осязаемое 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 [5].

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 - $0,18 \times 10^{-3}$ (100 млн. тонн/год);
- Германия - $0,12 \times 10^{-3}$ (250 млн. тонн/год);
- Австралия - $0,21 \times 10^{-3}$ (313 млн. тонн/год);
- США - $0,45 \times 10^{-3}$ (1052 млн. тонн/год);
- Россия – $0,48 \times 10^{-3}$ (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 Риск развития профессиональных заболеваний

На развитие профессиональных заболеваний основное влияние оказывает концентрация пыли, содержание в ней свободной двуокиси кремния, метаморфизм разрабатываемого угля, температура воздуха и другие горно-геологические условия [4,5].

Для оценки опасности шахт по пылевому фактору выделены следующие группы (кадастры): малоопасные, средней опасности и опасные шахты.

В первую группу 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, 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- и виброопасности шахт определяют горная техника, длительность работы машин, количество циклов проходки за смену, форма организации труда, профессиональный состав горнорабочих. Основным источником информации при определении виброопасности и шумоопасности является статическая форма I-ТЭК, которая ведется на шахтах.

Разбивка шахт на группы по фактору шума осуществляется согласно этой 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, а 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 $L < 84$ дБ, 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. Данные о мощности отрабатываемых пластов регистрируются на шахте в горно-геологическом паспорте и находят отражение в форме I-ТЭК. 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, эндартериит 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°C. Ко второй группе шахт средней опасности относятся 49% шахт с температурой воздуха в выработках в пределах 27-32°C. Остальные шахты, в выработках которых температура воздуха более 32°C, относятся к третьей группе шахт, опасных по температурному фактору.

Для снижения уровня профессиональной заболеваемости и укрепления здоровья работников угольной отрасли необходимо проводить соответствующие мероприятия:

➤ проведение первичных и повторных периодических медицинских обследований, то есть профилактика и выявление профессиональных заболеваний, обязательный мониторинг работников;

- применение форм защиты временем – рациональные режимы труда и отдыха, сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск;
- создание электронного банка данных, содержащего информацию о работниках, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, и уровне профессионального риска на рабочих местах;
- сбор и хранение в виде электронной базы данных сведений о состоянии здоровья работников и дате прохождения всех видов осмотров;
- разработка оценочных критериев определения ранних признаков профессионального заболевания;
- создание службы страховых экспертов, занимающихся контролем за застрахованными с первичными признаками профзаболеваний, их профессиональным маршрутом, при необходимости выводом из вредных условий труда и предоставлением нового рабочего места;
- разработка страховых программ профилактики профессиональной заболеваемости работников и контроль за их выполнением;
- разработка целевых программ по предупреждению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, и их финансированию;
- первичное ознакомление и периодическое подтверждение работниками знаний правил техники безопасности, обучение охране труда, проверка знаний по требованиям, предъявляемым к охране труда;
- обучение работников практическим навыкам оказания первой медицинской помощи пострадавшим на производстве;
- оборудование комнат психологической разгрузки;
- применение ингаляторов, фотариев, комплексная витаминизация;
- введение дополнительного вида страхования – страхование утраты заработка вследствие досрочного оставления работы в условиях с вредными и (или) опасными производственными факторами.

Таким образом, для минимизации риска профессиональной заболеваемости работников угольной промышленности необходимо со стороны работодателей не только улучшать их условия труда и быта, использовать эффективные средства индивидуальной защиты, но и проводить для них, в соответствии с требованиями законодательства в области гигиены и охраны труда, периодические медицинские обследования, что даст возможность вовремя провести профилактические меры с целью недопущения дальнейшего развития патологии [3,5].

1.3 Структура и динамика аварийности и травматизма в шахтах

На уровень аварийности и травматизма на шахтах Донбасса 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								
		Всего шахт	Выделение метана				Опасные по внезапным выбросам угля и газа	Горные удары	Взрывчатая угольная пыль	Самовозгорание угля
			В т. ч. по категориям							
			I	II	III	Сверхкатегорные				
Донецкая	105	47	10	5	3	29	53	13	65	27
Луганская	70	34	5	2	4	23	20	-	34	11

Из таблицы 1.2 видно, что в угольной промышленности Донбасса 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 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 [3,4].

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 выработ- ках, %
			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 5	6,6 -	9	3,1	1
Взрывы метана и пыли, вспышки и горение метана	12	0,5	47	16,0	8
Прорывы воды и плывунов	3	0,1	1	0,3	
Подземные пожары	75	3,3	5	1,7	
Электрооборудование	114	5,0	12	4,1	
Прочие аварии	24	1,1	19	6,5	
Всего подземных аварий	2275	100	244		
Взрывные работы			2	0,7	
Удушья и отравления			3	1,0	12
Падение людей			16	5,5	
Падение предметов			6	2,0	
Утопления			1	0,3	
Острая сердечно- сосудистая недостаточность			14	4,8	
Прочие факторы			7	2,4	
Всего: - в подземных выработках			293	100	100
- на поверхности			62		
- по шахтам			355		

Примечание. Общий травматизм в горных выработках приведен с использованием данных по отдельным годам и различным источникам.

По степени тяжести аварий максимальные последствия приходятся 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).

Высокий уровень общего травматизма в отрасли. Ежегодное количество случаев общего травматизма – более 25 тысяч, 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 Донбасса 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 Донбасс занимает предпоследнее место среди угледобывающих стран, а сам показатель на порядок и более отличается от аналогичных показателей ведущих угледобывающих стран мира [3,5].

ГЛАВА II

ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАБОТЫ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

2.1 Система управления охраной труда в угольных шахтах

Система управления охраной труда на предприятиях угольной промышленности создается с целью обеспечения безопасных и безвредных условий труда, предупреждения аварий, несчастных случаев, профессиональных заболеваний с учетом требований ПБ в угольных шахтах ДНР [1].

Организация работы по охране труда на шахте базируется на нарядной системе, которая является составной частью системы управления производством в угольной промышленности на всех уровнях от министерства до конкретного рабочего места.

Назначением нарядной системы является определение и выдача сменных заданий на безопасное ведение работ с учетом фактического состояния горного массива, окружающей среды, техники, технологических процессов и рабочих мест. Она должна обеспечивать координацию работ участков, цехов, служб и сторонних организаций на шахте при обязательном обеспечении безопасных и безаварийных условий труда, соблюдения трудовой, технологической и производственной дисциплины.

Основной задачей нарядной системы является обеспечение безопасного выполнения месячных заданий (планов), разрабатываемых соответствующими службами шахты. Она включает разработку месячных заданий и, при необходимости, недельных, суточных и сменных заданий. Эта необходимость определяется характером и содержанием производственных, технологических и рабочих процессов, их устойчивостью и ритмичностью, подвижностью по времени.

С заданиями (планами) и безопасными приемами выполнения производственных процессов должен быть ознакомлен каждый исполнитель не позднее начала выполнения наряда.

Наряды на производство работ, ремонт, устранение неисправностей и обслуживание горно-шахтного оборудования в цехах и службах шахты выдаются руководителями соответствующих цехов и служб, сменным инженерно-техническим персоналом и утверждаются должностным лицом, координирующим работу всей шахты в смене и определенным приказом по шахте. При необходимости утверждать эти наряды могут также директор шахты, главный инженер, заместитель директора по производству, заместитель главного инженера, о чем должен быть уведомлен упомянутый выше руководитель смены по шахте.

Наряды на выполнение работ вне территории участка, а также на выполнение работ сторонними организациями выдаются лицами технического надзора соответствующих участков (цехов, служб) при обязательном утверждении наряда-путевки начальником смены или другим лицом, утверждающим наряды по шахте, и согласовании времени и объема работ с руководителем того участка (цеха, службы), где будут выполняться работы.

Начальники (их заместители и помощники начальника участка, цехов, служб) выдают наряды горным мастерам и мастерам, оформляя их стандартной наряд - путёвкой. Горные мастера и мастера выдают наряды, как правило, в устной форме непосредственно бригадирам, звеньевым, рабочим.

Наряды на ремонт, устранение неисправностей и обслуживание горно-шахтного оборудования на участке, в цехе, службе выдаются исполнителям непосредственно механиком соответствующего участка (цеха, службы), а в его отсутствии — начальником (заместителем начальника, помощником начальника) участка (цеха, службы). Эти наряды оформляются нарядом-рапортом стандартной формы, который выдается старшему исполнителю работ, с соответствующей записью в наряд - путевке горного мастера.

Наряды на производство особо опасных и сложных работ оформляются письменно в виде наряда - допуска и выдаются под расписку непосредственно исполнителям работ. К особо опасным и сложным относятся работы, выполнение которых должно осуществляться по специально разработанным

проектам (паспортам, мероприятиям). Перечень таких работ составляется и ежегодно пересматривается на каждой шахте.

В первую очередь выдаются наряды по устранению ликвидации имеющихся отступлений от проектов (паспортов, схем) и требований ПБ.

Наряды на восстановительные работы после ликвидации аварий выдаются на основании разовых, утвержденных в установленном порядке, мероприятий по безопасному ведению этих работ, в которых должны быть указаны лица технического надзора, в присутствии которых они выполняются. С мероприятиями под расписку ознакамливаются все рабочие и лица сменного надзора, участвующие в работах по ликвидации последствий аварии. Лицу сменного надзора выдается наряд - допуск.

При изменении производственной ситуации должностные лица участков, цехов, служб, ответственные за производство работ в смене, имеют право на самостоятельное изменение наряда. В случае, если это изменение влияет на другие участки (цеха, службы), то оно согласовывается с должностными лицами или диспетчером, координирующим по смене работу в шахте. Изменения должны быть записаны в наряд-путевку горного мастера росписью лица, изменившего наряд. На выполнение опасных работ оформляется наряд-допуск с обязательной информацией диспетчера шахты.

Контроль за организацией и функционированием нарядной системы в смене по шахте, количеством исполнителей на рабочих местах и обеспечением безопасных условий труда осуществляет должностное лицо, координирующее в целом работу в смене, определенное приказом по шахте.

Ежемесячно, в установленное приказом время, директор шахты, главный инженер, заместитель директора по производству проводят на всех нарядах совещание по разработке заданий на месяц с разбивкой на недельные задания.

На совещании проводится разбор и анализ работы шахты за прошедший месяц, определяются направления работы и взаимодействия структурных подразделений, режим и устойчивость их работы, выделяются ремонтные и профилактические дни и смены для проведения ремонтов оборудования, выработок, а также для выполнения мероприятий по обеспечению безопасного ведения работ.

Исходя из производственной необходимости, главный инженер или заместитель директора по производству проводят декадные (недельные) совещания, на которых уточняется и конкретизируется текущая ситуация и, при необходимости, корректируются плановые задания. Начальники участков (цехов, служб) на основании принятых на оперативном совещании решений устанавливают задание каждому подразделению на месяц, на декаду, на сутки, о чем делается соответствующая запись в книге нарядов соответствующего подразделения.

Для ведения нарядной системы установлена следующая учетно-контрольная документация: книга нарядов (общешахтная); книга нарядов участка; наряд-путевка на производство работ горного мастера (мастера); книга нарядов участка ВТБ; наряд-путевка мастера ВТБ; книга нарядов по прогнозированию выбросоопасности и контроля выполнения противо-выбросовых мероприятий; наряд-путевка горного мастера участка по прогнозу и контролю за выбросоопасностью пластов; книга нарядов участка профилактических работ по ТБ; наряд-путевка горного мастера участка профилактических работ по ТБ; книга нарядов участка ВШТ; наряд-путевка горного мастера ВШТ; путевой лист машиниста локомотива; книга наряда участка взрывных работ; наряд-допуск на выполнение особо опасных и сложных работ; оперативный журнал безопасного производства работ в подземных электроустановках; наряд-рапорт на производство работ в подземных электроустановках; книга нарядов участка технологического комплекса поверхности; книга нарядов и организации работ по технологическому обслуживанию и текущему ремонту оборудования шахт (наряд-рапорт); путевка мастера взрывника.

Все документы нарядной системы оформляются, ведутся, используются и хранятся в строго установленном, едином для всей отрасли, порядке ведения документации.

В соответствии с Законом ДНР «Об охране труда» к работникам могут применяться любые поощрения за активное участие и инициативу в осуществлении мероприятий по улучшению условий труда и повышению его безопасности. Стимулирование предусматривает материальное и моральное поощрение [1,5].

Важнейшим принципом системы стимулирования является установление прямой зависимости условий стимулирования от достигнутых

результатов производственной деятельности без травм, аварий, нарушений правил и норм охраны труда.

Система стимулирования предполагает рациональное сочетание форм морального и материального поощрения с мерами воспитательного, дисциплинарного и экономического воздействия на нарушителей трудовой и производственной дисциплины, правил, норм и инструкций по охране труда.

Конкретные показатели, условия, виды и формы стимулирования, а также меры воздействия на нарушителей отражаются в коллективном договоре предприятия.

2.2 Обеспечение нормальных климатических условий и состава шахтного воздуха

2.2.1 Обеспечение нормальных климатических условий

Основными параметрами микроклимата являются температура воздуха, его относительная влажность, скорость движения воздуха и давление. Температура и влажность воздуха в глубоких шахтах и на дневной поверхности существенно отличаются [3,4].

Нагревание воздуха происходит в результате сжатия его с увеличением глубины, теплообмена с окружающим породным массивом, выделения тепла от охлаждения и окисления транспортируемой горной массы и полезного ископаемого, выделения тепла от работающих механизмов, машин, оборудования, выделения тепла от окислительных процессов и др. Влажность изменяется в широких пределах и может достигать 100 %.

Организм человека — это саморегулирующаяся система, физиологический механизм которой с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образованной теплоты (теплопродукция) количеству теплоты, отданной во внешнюю среду (теплоотдача). Система терморегуляции включает в себя тепловой центр, расположенный в гипоталамусе (отдел промежуточного мозга, в котором расположены центры вегетативной нервной системы), термочувствительные нервные клетки в различных отделах центральной нервной системы (от коры головного мозга до спинного мозга), терморецепторы внутренних органов,

слизистых оболочек и кожи с соответствующими нервными проводящими путями, эфферентные (efferens — выносящий, выводящий, передающий импульсы от нервных центров к рабочим органам) нервные пути и эфферентные органы в виде кожных сосудов, эндокринных и потовых желез, скелетных мышц.

При перегревании организма механизм терморегуляции способствует увеличению теплоотдачи. Она осуществляется через систему кровообращения и путем потоотделения. Роль системы кровообращения состоит в усилении тока крови через кожу вследствие расширения кожных сосудов, а также частоты сердечных сокращений и минутного объема крови. В результате увеличивается теплопроводность тканей, поступление тепла к поверхности кожи и ее температура, что способствует большему рассеиванию тепла в окружающую среду.

Реакция организма на охлаждение направлена на уменьшение теплоотдачи и увеличение количества теплоты, вырабатываемой организмом.

Самочувствие и работоспособность человека в условиях подземных горных работ определяются совместным действием на его организм температуры, влажности и скорости движения воздуха.

При нормальных климатических условиях в организме здорового человека поддерживается постоянная температура $36,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. При отклонении температуры от нормы на несколько градусов ухудшаются окислительно-восстановительные процессы, нарушается жизнедеятельность организма. Нормально организм человека вырабатывает определенное количество тепловой энергии, которая расходуется на поддержание обмена веществ (320 - 630 кДж/ч) и отдается окружающей среде (840 - 2100 кДж/ч).

Чрезмерный перегрев организма ухудшает работоспособность, резко учащает пульс и дыхание, нарушает водно-солевой баланс, замедляет мыслительную деятельность, рассеивает внимание, ухудшает восприятие информации, способствует развитию опасных сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и других заболеваний. Наиболее тяжелое последствие перегрева организма — тепловой удар. Его симптомы: рвота, головокружение, расширение кровеносных сосудов кожи, падение кровяного давления, нарушение кровообращения и дыхания, судороги, иногда потеря сознания и смерть.

При охлаждении тела человека резко падает работоспособность, теряется координация движений, их быстрое действие, появляется сонливость,

опасная заторможенность центральной нервной системы, рост числа ошибок, неправильных действий. При очень сильном охлаждении ухудшается кровообращение, создается опасность замерзания.

Отвод избыточной теплоты осуществляется инфракрасным излучением от предметов более нагретых к менее нагретым (радиация); конвекцией — передачей теплоты телом человека омывающему его воздуху; испарением влаги (скрытая теплота парообразования) с поверхности тела человека и т.д. Наибольшее влияние на организм человека оказывают температура воздуха, скорость движения воздуха, его влажность. Изменение барометрического давления оказывает меньшее влияние.

Температура воздуха наиболее сильно влияет на отвод теплоты из организма. Из графиков рис. 2.1 видно, что с повышением температуры окружающего воздуха удельный вес теплоотдачи испарением повышается, а теплоотдачи излучением и теплопроводностью уменьшается.

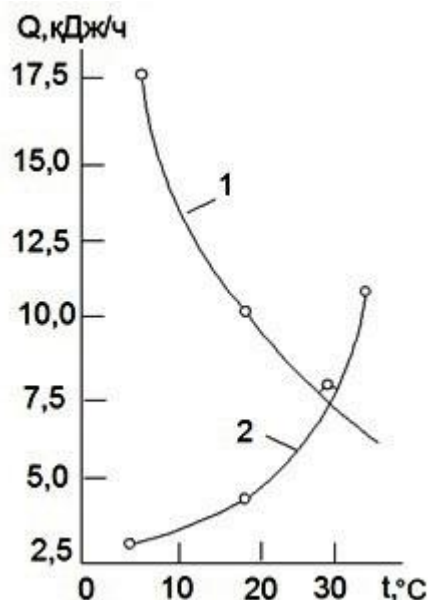


Рисунок 2.1 – Зависимость теплоотдачи организма Q от изменения температуры воздуха t :
1 – излучением, конвекцией;
2 – испарением влаги

При понижении температуры с 26-ти до 11 $^\circ\text{C}$ выработка теплоты в организме увеличивается на 1670 Дж/ч.

Как показали исследования Санкт-Петербургского института охраны труда и Донецкого научно-исследовательского института гигиены труда и профзаболеваний, с ростом температуры воздуха линейно увеличиваются частота пульса горнорабочих, расход энергии, коэффициент отдыха (время

отдыха, выраженное в долях времени работы) и нелинейно быстро падает производительность труда. Относительная влажность воздуха оказывает влияние на отвод теплоты от организма. Чем выше относительная влажность воздуха, тем меньше объем испаряющейся влаги и количество расходуемой на испарение теплоты. Движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты, если температура воздуха меньше температуры тела человека. Если температура воздуха выше температуры тела человека, то происходит нагрев организма. Минимальная ощутимая человеком скорость движения воздуха равна 0,2 м/с. Совместное действие температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха может быть антагонистическим (действие одних ослабляет действие других) или синергическим (действие одних усиливает действие других). Для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма человека следует обеспечивать требуемые санитарными нормами значения температуры окружающего воздуха, скорости движения воздуха на рабочих местах, относительной влажности его, при которых происходит нормальный отвод тепла от тела человека [5].

2.2.2 Обеспечение требуемого состава шахтного воздуха

Состав атмосферы рабочих зон горных выработок шахт изменяется вследствие выполнения различных технологических процессов с выделением вредных газообразных и пылеобразных веществ. В ряде случаев эти выделения столь интенсивные, что воздух рабочей зоны становится непригодным для дыхания. Поэтому устанавливаются предельно допустимые концентрации различных вредностей [4,5].

Ниже приведены допустимые массовые концентрации пыли различных веществ в воздухе горных выработок и производственных помещений (мг/м^3) в соответствии с ССБТ ГОСТ 12.1.005—76 "Воздух рабочей зоны".

Важнейшим условием обеспечения нормальных гигиенических условий является гигиеническая оценка рудничных машин и механизмов, которая производится в соответствии с ГОСТ 12.2.106—86. Оценку состава воздуха рабочей зоны производят по максимальным разовым измерениям концентрации пыли за время, не превышающее 30 мин (ГОСТ 12.1.005-76).

Таблица 2.1 – Кристаллический диоксид кремния при массовой доле его в пыли

>70% (кварц, кристобалит, тримидит)	1
10 – 70% (гранит, шамот, слюда сырая, углепородная пыль и др.)	2
2 – 10% (горючие крупенистые сланцы, медно-сульфидные руды, углепородная пыль, глина и др.)	4
Магнезит	10
Известняк	6
Асбест природный и искусственный, смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10%, асбестоцемент	6
Тальк, слюда, флогопит, мусковит	4
Цемент, оливин, апатит, форсотерит	6
Антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5%	6
Каменный уголь с содержанием свободного диоксида кремния до 5%	10
Углепородная и угольная пыль с содержанием свободного диоксида кремния 5 – 10%	4

В настоящее время готовится законодательная документация по введению для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия среднесменных предельно допустимых концентраций пыли (ССК). Введение ССК повысит достоверность оценки потенциальной опасности труда в запыленной атмосфере.

Опасность возникновения профзаболевания зависит от попавшей в легкие пыли. Контроль запыленности атмосферы рабочей зоны в горных выработках осуществляется сотрудниками военизированных горно-спасательных частей (ВГСЧ) и службой вентиляции и техники безопасности (ВТБ) шахт в соответствии с планом, утвержденным главным инженером шахты. Для периодического пылевого контроля используют пробоотборники. Результаты измерений, проводимых ВГСЧ, передаются предприятию в двухдневный срок в установленной форме.

Институтами МакНИИ и НИИГД разработана автоматизированная система сбора, хранения, учета и обработки информации о запыленности воздуха шахт (АСИЗ). Система АСИЗ прошла опытную проверку, но пока не нашла практического применения.

В МГГУ совместно с ИПКОН РАН и АМТ РАМН разработана система автоматизированного учета персональных пылевых экспозиционных доз.

Данная система позволяет получить информацию о пылевой обстановке на рабочем месте в любое время и накопительной дозе пыли, полученной рабочим в течение смены, месяца, года и т.д.

В большинстве стран основными приборами определения концентрации пыли являются индивидуальные пробоотборники. Кроме того, для периодического измерения концентрации пыли применяются экспресс-пылемеры.

Так, в США используется радиоизотопный пылемер RDM, в Англии — оптические (лазерные) пылемеры в сочетании с гравиметрическими типа Simplin, в ФРГ — оптические тиндалометры типа TM-digital. В России в институте ИПКОН разработаны радиоизотопные индивидуальные пробоотборники, которые прошли экспериментальные испытания и рекомендуются к серийному выпуску. В Научно-исследовательском физико-химическом институте им. Карпова создан фотоэлектрический аэрозольный спектрометр ФАС, который также может широко использоваться на практике.

Качество воздуха определяется объемной долей кислорода в нем, которая не должна быть ниже 20 %, и объемными долями различных газов, не превышающими санитарных норм. Объемная доля малоядовитого газа CO_2 должна быть не более 0,5 % на рабочих местах и в исходящих струях участков, 0,75 % — в выработках с исходящей струей крыла шахты, горизонта в целом, и 1 % - при проведении выработок по завалам.

При ведении взрывных работ выделяются различные оксиды азота и другие газы. При пересчете ядовитых газов на условный оксид углерода принимается: 1 л диоксида азота эквивалентным 6,5 л оксида углерода, 1 л сернистого газа — 2,5 л оксида углерода, 1 л сероводорода - 2,5 л оксида углерода.

При допуске людей в забой после взрывных работ объемная доля ядовитых газов не должна превышать 0,008 % при пересчете на условный оксид углерода. Такое разжижение должно достигаться не более чем за 30 мин после взрыва.

Контроль концентрации вредных газов осуществляется на шахтах службой ВТБ и инженерно-техническим персоналом в сроки, устанавливаемые главным инженером шахты. Результаты замеров заносят в специальный журнал. Для замеров концентрации газов применяются шахтные интерферометры, приборы СМП и СШ, а также ГХ.

Существует система газового контроля «Метан», которая автоматически передает сведения на пункт управления горного диспетчера.

ГЛАВА III

БОРЬБА С ШАХТНОЙ ПЫЛЬЮ КАК ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ВРЕДНОСТЬЮ

3.1 Предупреждение заболеваниями пылевой этиологии

Заболевания, обусловленные действием пыли, составляют наибольший процент из всех профессиональных заболеваний. Бронхит пылевой этиологии – форма профессиональной патологии, развивающаяся при длительной работе в условиях повышенной запыленности атмосферы рабочей зоны и характеризующаяся поражением бронхиального дерева. Бронхит пылевой этиологии приводит к развитию эмфиземы легких и дыхательной недостаточности, что вызывает изменения в сердечно-сосудистой системе человека [3,4].

Пылевой бронхит – хроническое профессиональное заболевание органов дыхания, возникающее в результате длительного вдыхания промышленной пыли в повышенных концентрациях и характеризующееся атрофическим и склеротическим изменением всех структур бронхиального дерева с нарушением моторики бронхов и наличием гиперсекреции. Пылевой бронхит наряду с пневмокониозами в структуре профессиональных заболеваний занимает 1-2 место и делит его с вибрационной болезнью. Потенциально опасные профессии: шахтеры, угольщики, металлурги, производители цемента, работники ткацких фабрик, зернотоков, элеваторов и др. Частота хронического бронхита в этих профессиях составляет от 12-18 до 78%. В список профессиональных болезней пылевой бронхит внесен в 1970 году.

Единой классификации пылевого бронхита нет. Клинические группировки пылевых бронхитов включают выделение степени тяжести (стадии), преобладание клинического синдрома (астматический, инфекционно-воспалительный, бронхит-эмфизема) и период заболевания (ремиссия, обострение).

Пылевой бронхит всегда имеет прогрессирующее течение. Этому способствует нерациональное трудоустройство лиц с установленным диагнозом, отсутствие необходимых лечебно-оздоровительных мероприятий, перенесенные острые пневмонии.

Для предотвращения развития хронического бронхита нужно предотвратить вдыхание пыли при концентрации, превышающей предельно-

допустимую ПДК, для чего может использоваться эффективная вентиляция, гидрообеспыливание, дистанционное управление, воздушные души, изолированные кабины операторов и др.

Современный уровень развития техники позволяет проводить добычу и переработку полезных ископаемых без чрезмерной загрязнённости вдыхаемого воздуха. Поэтому работодатель обязан проводить эффективный мониторинг степени загрязнённости воздуха с использованием персональных пробоотборников, включая персональные пылемеры PDM, работающие в реальном масштабе времени. Это позволяет своевременно обнаружить превышение ПДК, и принять адекватные корректирующие меры.

В тех случаях, когда использование эффективных средств коллективной защиты не позволяет надёжно снизить концентрацию пыли до величины, меньшей ПДК, и при повышенной индивидуальной чувствительности рабочих, может использоваться самое последнее и самое ненадёжное средство защиты - респираторы.

Правилом при определении трудоспособности больных пылевым бронхитом должно быть следующее: наличие пылевого бронхита является абсолютным противопоказанием к продолжению работы в контакте с пылью. Больной признается стойко частично утратившим трудоспособность, стойко нетрудоспособным в своей профессии, нуждающимся в постоянном рациональном трудоустройстве. При трудоустройстве со снижением квалификации и заработной платы больной направляется на МСЭК для определения процента (степени) утраты общей и профессиональной трудоспособности и III группы инвалидности по профессиональному заболеванию на период переквалификации (примерно на 1 год). При II и чаще при III стадии пылевого бронхита возможна стойкая полная утрата трудоспособности. Больной признается полностью утратившим общую и профессиональную трудоспособность, нетрудоспособным и вне своей профессии, нуждающимся в направлении на МСЭК для определения II, реже I группы инвалидности по профессиональному заболеванию и процента утраты общей и профессиональной трудоспособности.

При неосложненных случаях пылевого бронхита больному противопоказан труд с воздействием:

- пыли;
- неблагоприятных факторов микро- и макроклимата;
- веществ раздражающего органы дыхания действия;
- физического перенапряжения.

В осложненных случаях круг противопоказаний расширяется.

3.2 Способы и средства борьбы с пылью в шахтах

В соответствии с п. 6.7. Правил безопасности в угольных шахтах ДНР, на каждой шахте должны осуществляться мероприятия по обеспыливанию воздуха в соответствии с проектом комплексного обеспыливания и требованиями «Инструкции по комплексному обеспыливанию воздуха». А на шахтах, опасных по взрывам угольной пыли, кроме того, мероприятия по пылевзрывозащите горных выработок в соответствии с требованиями «Инструкции по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли» [1].

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 гидро-

механизированный способ добычи угля, при котором концентрация пыли непосредственно при гидроотбойке угля не превышает 4 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 70%. Поэтому для снижения пылепоглощения 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 капель 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

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

где P - требуемое давление воды у оросительного устройства, МПа; ΔP - потери давления в оросительном устройстве, МПа; λ - потери давления в 1 п. м. забойного водопровода; Q - требуемый расход воды, м³/мин; $L_{\text{л}}$ - длина лавы (забойного трубопровода), м; α - 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 следующей формуле:

$$Q = R \cdot A, \text{ л/мин},$$

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 табл. 3.1).

Таблица 3.1 – 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 β - коэффициент расхода форсунок.

3.3 Предварительные меры борьбы с пылью

Пункт 6.7.2 Правил безопасности в угольных шахтах ДНР гласит, что при всех технологических и производственных процессах, в результате которых в рудничную атмосферу выделяется пыль, мероприятия по обеспыливанию воздуха должны включать перечень необходимых устройств и оборудования для борьбы с пылью и предусматривать систематическую их проверку, для обеспечения их надежной и эффективной работы в соответствии с требованиями «Инструкции по комплексному обеспыливанию воздуха» и руководства по их эксплуатации [1].

Меры борьбы с пылью в угольных шахтах должны проводиться в следующих направлениях: предупреждение или значительное уменьшение пылеобразования, подавление пыли, взвешенной в воздухе, обезвреживание пыли в отношении опасности взрыва. Радикальным средством борьбы с пылью является введение такой технологии выемки угля, при которой пыль не возникала бы или человек был бы полностью изолирован от пыли (безлюдная выемка). Значительно снижается запыленность при гидравлическом способе отбойки и транспортировки угля. Этот способ уже применяется на шахтах разных бассейнов [1,3].

Разрабатываются способы беспыльного резания угольных пластов тонкими водяными струями, выходящими под давлением 200—500 атм. Создаются также конструкции импульсных водометов на сверхвысокое давление воды до 10000 атм, разрушающих пласт угля без образования пыли. Наконец, разработана опытная конструкция проходческого агрегата, источником энергии для которого служит высоконапорная вода. Этот агрегат служит не только для проходки подготовительных выработок, но и для гидрозакладки. Все операции агрегата беспыльны.

Таким образом, внедрение в практику новой технологии выемки угля и проходки подготовительных выработок должно обеспечить беспыльные условия работы.

Следует, однако, отметить, что гидродобыча угля, ликвидировав основной вредный фактор, принесла с собой новые вредно действующие производственные факторы, подлежащие устранению. Основной из них — шум, достигающий 125 дБ при работе монитора. Не исключено переохлаждение организма рабочих гидродобычи в зимний период, главным

образом в связи с промоканием одежды. Рабочих гидрозабоя необходимо снабжать специальной непромокаемой одеждой.

Прогрессивными с точки зрения гигиены являются способы выемки угля при отсутствии людей в забоях. Управление выемочными механизмами происходит со штреков. Конечно, в самом забое пыль образуется, и необходимы меры ее подавления, как необходимы и меры, предотвращающие поступление пыли на штреки. Но рабочий благодаря дистанционному управлению находится в месте, не загрязненном пылью. Такой способ выемки угля применяется на ряде шахт Донбасса.

В последнее время основным способом борьбы с пылью в подземных выработках является применение воды для орошения, промывки шпуров, нагнетания в пласт, гидроотбойки и т. п. В очистных забоях используется орошение водой при работе комбайнов, врубовых машин, отбойных молотков в лавах крутопадающих пластов.

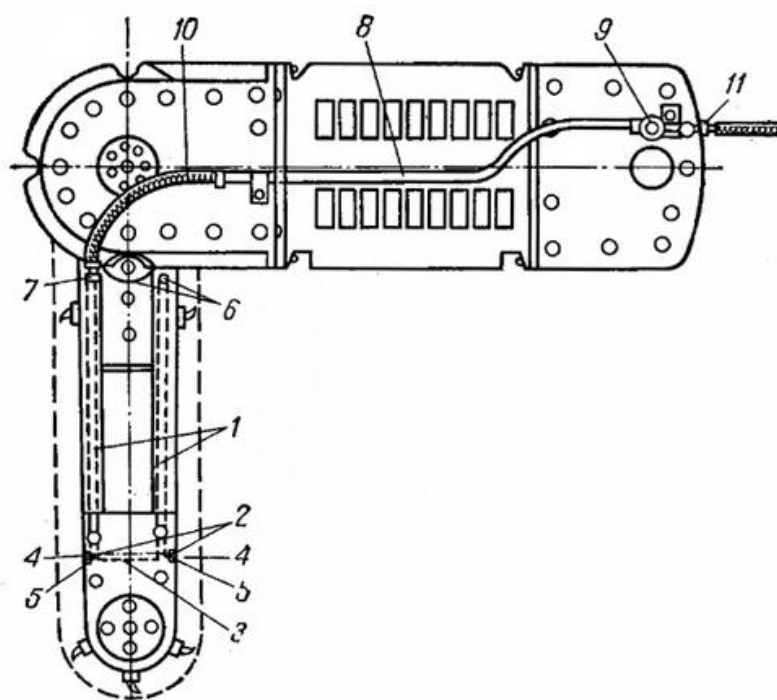


Рисунок 3.1 – Схема оросительного устройства врубовой машины:
1 — трубки; 2 — тройники; 3 — трубка; 4 — форсунка; 5 — отверстие;
6 — отверстия, сообщающиеся с трубками; 7 — штуцер; 8 — трубка;
9 — вентиль; 10 — шланг; 11 — конусная муфта

При работе врубовой машины водяной факел подается форсунками непосредственно в зарубную щель. Этим достигается значительное пылеподавление: количество пыли уменьшается до 12 раз (рис. 3.1). Схема

оросительного устройства на комбайне «Донбасс» показана на рис. 3.2. Водяной факел от форсунок направляется в места пылеобразования. Общий расход воды при давлении 4 атм составляет 15—18 л/мин. Количество пыли уменьшается примерно в 4 раза. Добавление к воде поверхностно-активного вещества ДБ (смесь полиэтилглицольмоноалкилфениловых эфиров) в количестве 0,1 - 0,2% улучшает смачиваемость пыли, и концентрации ее снижаются в некоторых случаях в 6 - 7 раз. Можно повысить пылеподавление при работе комбайна, если увеличить давление воды, подаваемой в форсунки, до 25-30 атм, что достигается включением в комбайн специального насоса.

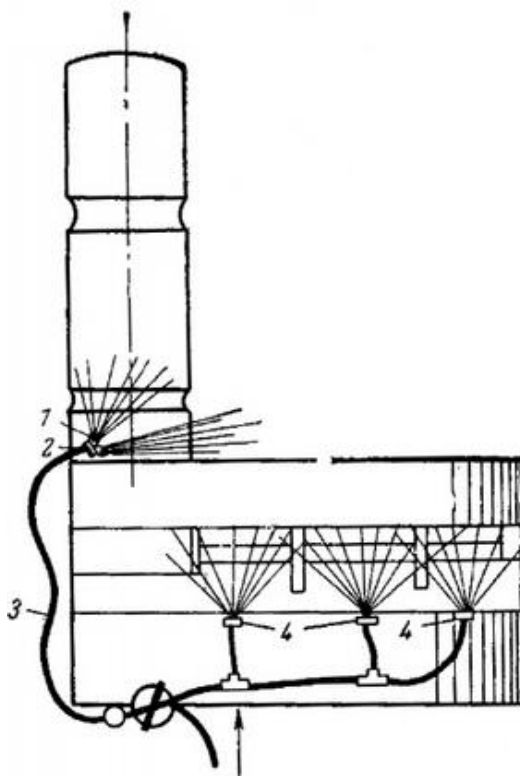


Рисунок 3.2 – Схема оросительного устройства на комбайне «Донбасс»:
1 — оросители; 2 — кронштейн; 3 — рукав; 4 — ороситель

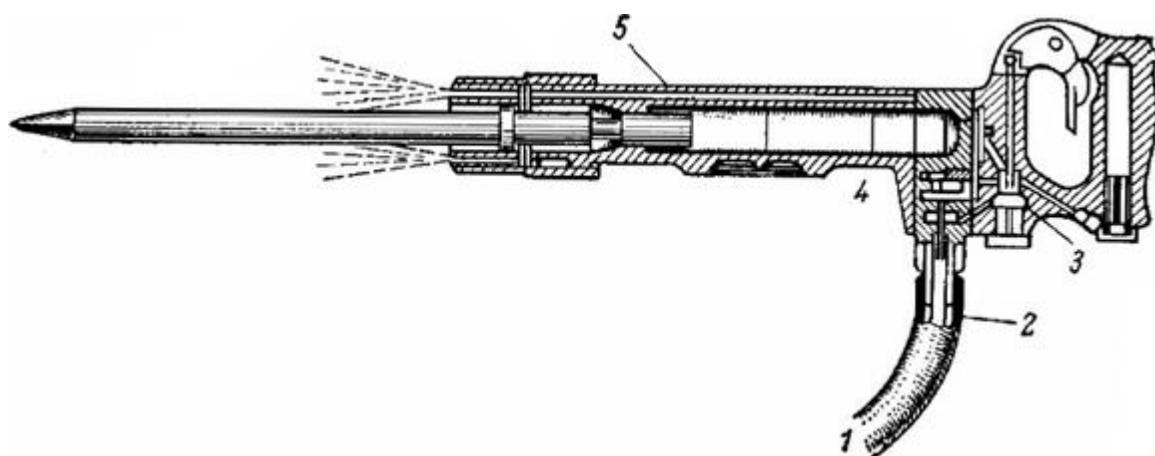


Рисунок 3.3 – Отбойный молоток, оборудованный оросительной системой:
 1 — внутренний шланг; 2 — кольцевое пространство; 3 — кран;
 4 — вентиль; 5 — канал

На крутопадающих пластах в лавах используют отбойные молотки с орошением (рис. 3.3). Расход воды при этом составляет от 0,5 до 9 л/мин, количество пыли уменьшается примерно в 5 раз. Однако для борьбы с пылью на крутых пластах этого недостаточно, так как основное количество ее образуется при спуске угля. Здесь для борьбы с запыленностью применяются специальные форсунки, орошающие движущийся уголь водой. Эффективность указанных выше средств борьбы с пылью достигает 96—98%. Однако остаточное количество пыли еще очень велико — примерно 300—400 мг на 1 м³ воздуха. Одним из наиболее эффективных средств борьбы с пылью в очистных забоях является увлажнение пласта угля в массиве. Для этой цели в пласте угля по всему забою пробуривают шпуровые скважины, в которые нагнетается вода под давлением 50—60 атм и более. Увлажнение угля в массиве таким способом снижает запыленность воздуха на 40—50%, а применение длинных скважин (по 2 м) и давления около 200 атм — на 80%.

Следовательно, ни одно описанное выше мероприятие, примененное изолированно, не может дать необходимого обеспыливающего эффекта, - он может быть достигнут только применением всего указанного комплекса. В подготовительных забоях при машинной проходке для борьбы с пылью применяется орошение водой и вентиляция. При буровых работах, когда производится мелкошпуровое пневматическое бурение, борьба с пылеобразованием осуществляется путем промывки скважины водой, в результате чего количество пыли может быть уменьшено в 10—15 раз. Сухое пылеулавливание возможно при бурении двумя способами: отсасыванием пыли из-под колпака, плотно прилегающего к груди забоя, или

отсасыванием пыли по каналу бура. Отсасываемый воздух должен очищаться от пыли в специальных фильтрах. Применение сухого пылеулавливания наиболее целесообразно при бурении в тех местах, где имеется недостаток воды, и в условиях вечной мерзлоты.

Для бурения по углю и мягким породам используются электросверла, которые вызывают меньшее пылеобразование, чем пневматические перфораторы, но все же очень большое. Для борьбы с пылью при электробурении разработаны способы как мокрого, так и сухого пылеулавливания.

Большое количество пыли образуется при взрыве шпуров. Для пылеподавления в этом случае применяют ряд средств. Рекомендуется обмывать стены забоя водой для предупреждения взметывания осевшей пыли вследствие действия взрывной волны. Эффективным мероприятием является применение внутренней и внешней гидрозабойки шпуров. Для внутренней забойки разработаны гидropатроны, которые вставляются внутрь шпура, а для внешней забойки в забое развешиваются хлорвиниловые мешки с водой. Взрывная волна разрывает гидropатрон и хлорвиниловые мешки и диспергирует воду до мельчайших аэрозолей, способствующих осаждению пыли из воздуха.

Для осаждения пыли из воздуха после взрыва шпуров применяются также водяные оросители или туманообразователи, устанавливаемые в штреке на расстоянии 8—12 и 20—30 м от забоя. Оросители приводят в действие до взрыва шпуров и прекращают их действие через 30—40 минут после взрыва. Водяные аэрозоли достаточно эффективно способствуют осаждению пыли из воздуха и препятствуют распространению ее по выработкам.

Форсунки распылителей следует изготавливать из нержавеющей стали или пластмассы (капрона).

Орошение при помощи туманообразователей применяется главным образом для предупреждения распространения пыли по шахте. При машинной погрузке породы в забоях, при загрузке вагонеток углем из люков, в местах перегрузки с конвейера на конвейер, при опрокидывании вагонеток в бункер производится форсуночное орошение. Для загрузки вагонеток из люков применяются металлические переносные люки с орошением. Для удаления рабочего от места пылеобразования устраивается дистанционное управление загрузкой вагонеток из люка.

Для предупреждения взрывания пыли, осевшей на стенки выработок, применяют специальные уборочные машины, обмывание стенок выработок водой при помощи специального агрегата, связывание пыли на стенках выработок специальными растворами, например хлористого кальция.

Существенную роль в борьбе с пылью в подземных выработках играет вентиляция. Показано, что в подготовительных забоях наиболее эффективной в отношении удаления пыли является скорость движения воздушной струи 0,4 м/сек. Рационально в подготовительных забоях организовать приточно-вытяжную вентиляцию. Очистные забои должны проветриваться каждый в отдельности обособленной струей, а не последовательной, или должна применяться специальная очистка воздуха от пыли и газов. Оптимальны для выноса пыли скорости 0,8—1,6 м/сек.

При добыче угля открытым способом существуют следующие способы борьбы с пылью. При экскавации навалов эффективным способом является предварительная пропитка горной массы водой или специальными растворами и применение гидромониторов. Добавление к воде коагулянтов (0,01 г-экв/л хлористого натрия, 0,001 г-экв/л хлористого кальция и др.) укрупняет пылевые частицы и уменьшает пылераспределение. Поступление в воздух пыли предупреждается также путем обычного орошения породы и угля перед погрузкой с помощью передвижных оросительных установок-цистерн. Добавление к воде смачивателей ДБ и ОП-7 повышает эффективность пылеподавления.

Для оздоровления условий труда машинистов экскаваторов и шоферов самосвалов кабины экскаваторов и самосвалов должны быть герметизированы и в них должны быть установки для кондиционирования воздуха (зимой — подогрев, летом — охлаждение). Рекомендуются также производить орошение водой дорог с интенсивным движением автомобилей.

При вращательном бурении рекомендуется на ручном инструменте применять промывку и пылеотсос, на бурильных стенках — установки для пылеулавливания.

Для предупреждения взрыва пыли правилами по технике безопасности требуется осланцевание, сущность которого заключается в добавлении к угольной пыли сланцевой пыли в количестве, при котором эта смесь становится негорючей и неопасной по взрыву. Эффективные меры борьбы с пылью путем применения воды исключают необходимость применения осланцевания [1,5].

3.4 Обеспыливание воздуха

В соответствии с п. 6.7.1 Правил безопасности в угольных шахтах ДНР, на каждой шахте должны осуществляться мероприятия по обеспыливанию воздуха в соответствии с проектом комплексного обеспыливания и требованиями «Инструкции по комплексному обеспыливанию воздуха». А на шахтах, опасных по взрывам угольной пыли, кроме того, мероприятия по пылевзрывозащите горных выработок в соответствии с требованиями «Инструкции по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли».

3.4.1 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 производится обеспыливание воздуха исходящего из очистной выработки. Основным способом пылеподавления при указанных производственных процессах является орошение со следующими параметрами (табл. 3.2).

В механизированных очистных забоях пологих и крутых пластов пылеподавление при выемке угля осуществляется с использованием средств орошения, которыми оснащаются выемочные машины (комбайны), механизированные крепи, струговые установки, фронтальные и щитовые агрегаты. На рис. 3.4 приведены технологические схемы пылеподавления орошением при выемке пологих пластов механизированным комплексом и струговой выемке [4,5].

Таблица 3.2 – 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 ³ горной массы	Не менее 50

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.

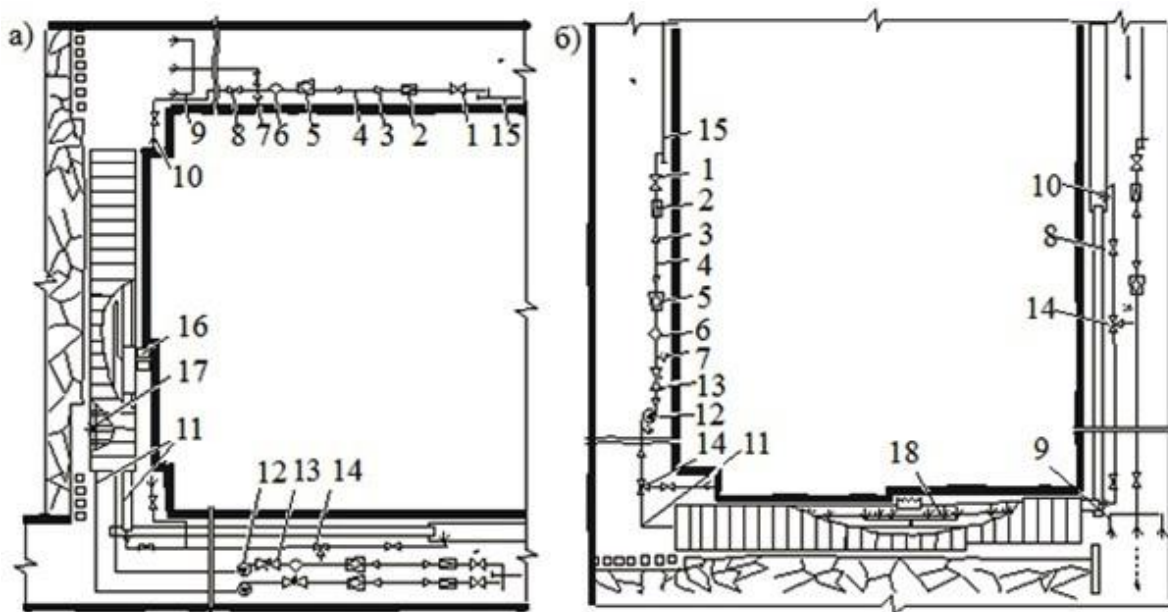


Рисунок 3.4 – Технологические схемы пылеподавления орошением при выемке пологих пластов механизированным комплексом:

- 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 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/м², 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 подсвежения 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. 3.5).

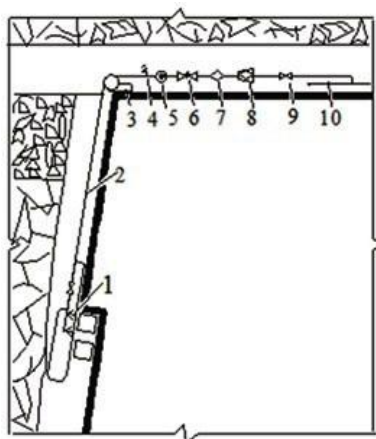


Рисунок 3.5 – Технологическая схема орошения при комбайновой выемке крутых пластов: 1 - оросительные устройства комбайна; 2 - забойный трубопровод; 3 - шлангоподборщик; 4 – манометр; 5 - насосная установка; 6 - вентиль управляемый; 7 - дозатор смачивателя; 8 - фильтр; 9 - вентиль; 10 - штрековый трубопровод

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^3 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 её части под вентиляционным штреком, в щитовых лавах вдоль конвейероструга и зоне выгрузки угля в углеспускную печь, в потолкоуступных забоях в 4-5-ом верхних уступах по одному в каждом уступе (рис. 3.6).

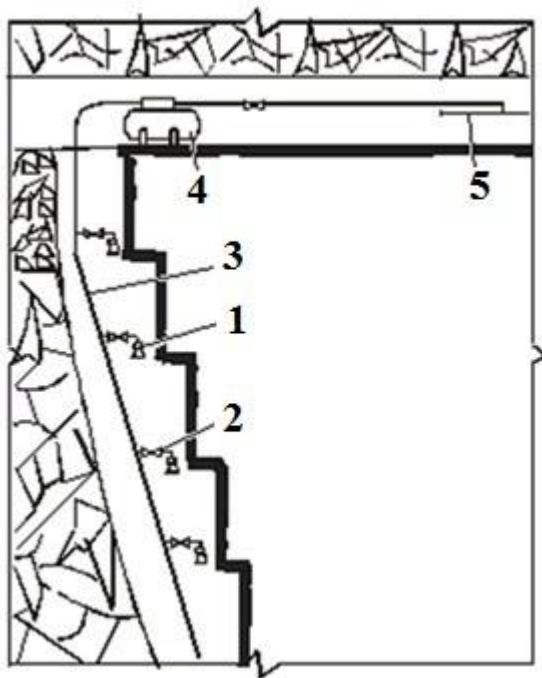


Рисунок 3.6 – Технологическая схема применения пены при молотковой выемке угля на крутых пластах:

- 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 [3,4].

3.4.2 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.

Таблица 3.3 – 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 ³ 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 ² поверхности выработки	1,0-2,0
Водяная завеса при взрывных работах		л/м ³ проходящего воздуха	0,1

При всех производственных процессах, при которых образуется и выделяется пыль, должно применяться пылеподавление с параметрами, указанными в таблице 3.3.

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. 3.7).

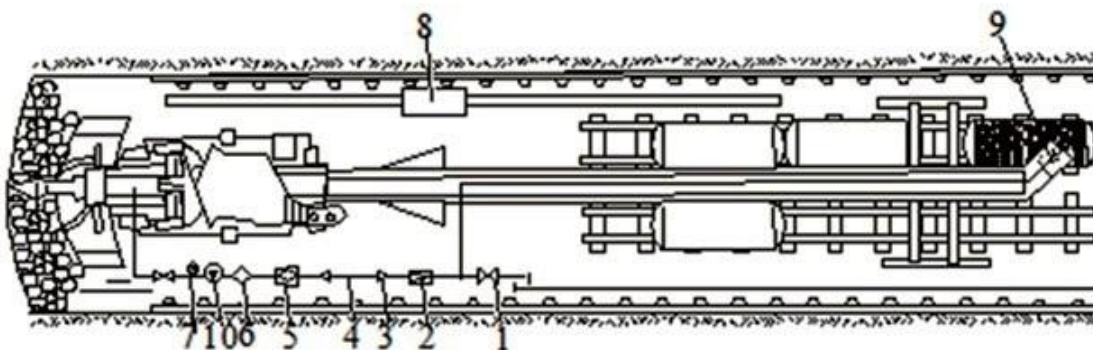


Рисунок 3.7 – Технологическая схема обеспыливания в забое с комбайновой проходкой:

- 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 м³/час обмывка забоя перед взрывными работами и орошение при погрузке породы может не производиться [1,3].

3.5 Подземная подготовка воды для пылеподавления

Методы очистки шахтных вод обуславливаются их физико-химическими и технологическими свойствами, а также климатическими условиями угольных месторождений. В отечественной и зарубежной практике применяются механическая (безреагентная) очистка шахтных вод, физико-химическая, химическая (реагентная), электро-химическая и другие. Наибольшее распространение получили безреагентная и реагентная очистки.

В 1975 году введены санитарные правила, по которым вода, используемая для нужд пылеподавления и комплексного обеспыливания, должна отвечать питьевому стандарту ГОСТ 2874-73. Для районов с дефицитом питьевой воды разрешается по согласованию с органами государственного санитарного надзора использовать шахтную воду, при условии ее предварительной очистки до норм питьевого качества. Последнее требование ставит перед угольной промышленностью важные задачи, связанные с необходимостью обессоливания некоторого объема шахтных вод перед их использованием для отдельных объектов водопотребления, особенно в условиях шахт Донбасса.

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 1-10-6 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 см³.

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. 3.8).

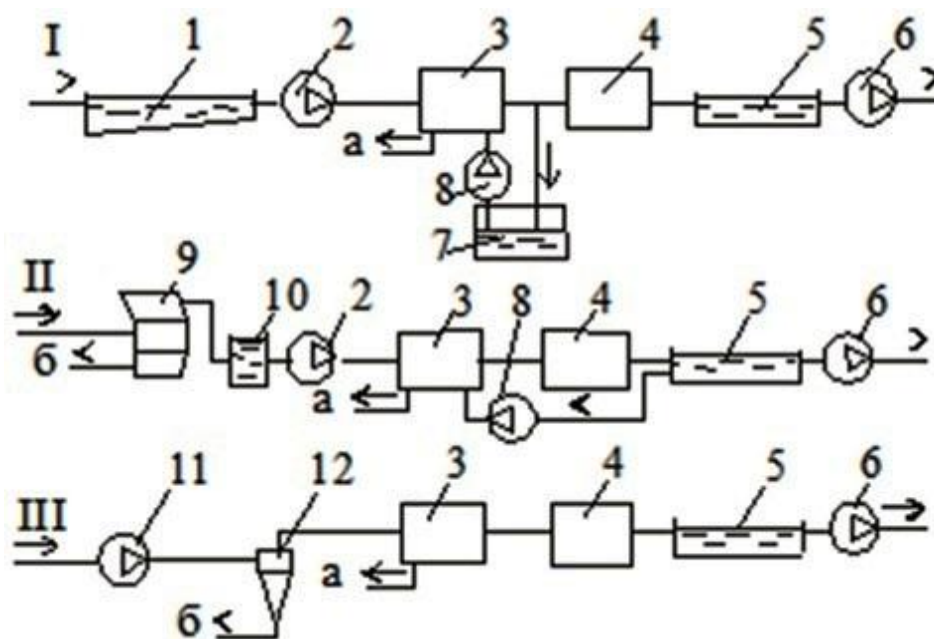


Рисунок 3.8 – Схемы установок для очистки воды в подземных условиях:
 1 - отстойник горизонтальный; 2 - насос; 3 - фильтры напорные; 4 - установка для обеззараживания воды; 5 - резервуар для чистой воды; 6 - насос;
 7 - резервуар для воды; 8 - насос; 9 - отстойник наклонный; 10 - жидкость уравнивающая; 11 –насос; 12 – гидроциклон;
 а – сброс промывной воды; б – удаление шлама

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

В III-м варианте 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. 3.9).

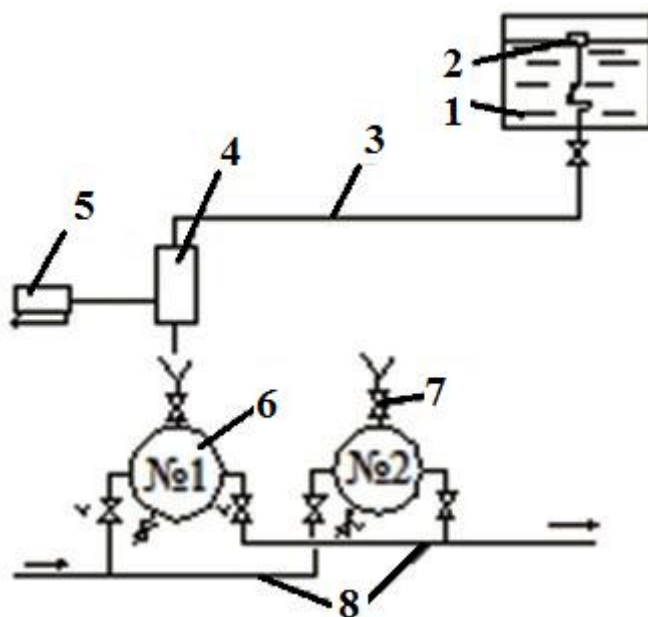


Рисунок 3.9 – Схема установки для обеззараживания воды:

- 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 м³ 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 [3,5].

ГЛАВА IV

ШУМОВАЯ И ВИБРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТНИКОВ ШАХТ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

4.1 Источники шума и вибрации в шахте

Все шахтные механизмы являются источниками шума. Наибольшей интенсивностью обладают вентиляторы, комбайны и пневматические установки [3,5].

Известно, что шум неблагоприятно воздействует на организм человека: вызывает утомление, снижает трудоспособность, может привести к травме органов слуха. Вредное влияние шума сказывается не только на органах слуха, но и на центральной нервной системе. При непрерывном напряжении из-за шума возрастает опасность возникновения несчастных случаев.

В условиях шахт и рудников шум мешает вовремя распознать звуки, обычно предшествующие и сопровождающие обвалы кровли, выбросы угля, породы и газов. Шум заглушает сигналы при работе и обслуживании машин и механизмов, мешает правильно воспринимать их, что может привести к появлению опасных ситуаций.

Такое разнообразие возможных последствий шума зависит от широты диапазона звуковых колебаний, силы звука и времени его действия. Частота звуковых колебаний измеряется в Гц, а интенсивность или сила звука — в Вт/см². В диапазоне от 20 до 20000 Гц человек слышит звук, такой диапазон называют звуковым. В качестве основной величины, участвующей в нормировании шума и расчетах, принимается звуковое давление и его уровень.

При работе комбайнов и конвейеров шум колеблется в пределах 86-100 дБ, струговые установки создают шум, равный 74-80 дБ, перфораторы — 111-124 дБ, вентиляторы частичного проветривания СВМ-6 — 102 дБ, движущий состав порожних вагонеток — 100 дБ, буровой станок — 96 дБ и

т. д. Основным источником шума при работе вентиляторных установок является сам вентилятор. Наиболее высокий уровень шума создают осевые вентиляторы.

Для снижения шума вентиляторных установок применяют глушители, а вентиляторы снабжают звукопоглощающими кожухами. Глушители устанавливаются ближе к вентилятору в выходном канале перед диффузором. Суммарное снижение шума в глушителях ПГС составляет 25-30 дБ. Для снижения шума при работе осевых вентиляторов местного проветривания применяют глушители ГСМВ-5 и ГШ-5. Глушитель ГСМВ-5 снижает уровень шума в среднем на 11-12,5 дБ, а глушитель ГШ-5 — на 10-18 дБ. Для снижения шума стационарных вентиляторных установок применяют глушители типа ПГС конструкции Донгипроуглемаша, состоящие из пяти стенок (пластинок), каждая из которых собирается из трех секций.

Глушитель смонтирован в прямоугольном канале железобетонного диффузора. Суммарное снижение шума в глушителях ПГС составляет 25-30 дБ. Для снижения шума от работающих компрессоров применяются резонаторные глушители многоступенчатого типа.

ВНИИБТ разработан комплекс средств снижения шума турбокомпрессоров типа К-500, который включает в себя звукоизолирующие ограждения турбин и редуктора. В проемах фундамента компрессора и воздухоохладителя установлены экранирующие пластины со звукопоглощающим покрытием. На промежуточные патрубки и воздуховоды нанесены звукоизолирующие покрытия из слоя звукопоглотителя, закрепленного металлической сеткой с асбестоцементной штукатуркой.

Внешнее покрытие выполнено из листовой стали и установлено на виброизолирующую прокладку. Для снижения шума, проникающего из подвального помещения, предусмотрены звукоизолирующие щиты монтажных проемов и звукоизолирующие укрытия переходных площадок.

Снижение шума редуктора и турбины обеспечивается пластинчатым глушителем. На сбросе воздуха устанавливается глушитель.

Применение описанного комплекса позволяет снизить уровень шума в помещениях на 10-15 дБ. Для снижения шума при работе перфораторов разработан ручной пневматический перфоратор ПР-25МВ, снабженный шарнирно-подвижной рукояткой и встроенным глушителем. Для снижения аэродинамического шума, возникающего при выхлопе отработавшего

воздуха, под выхлопным окном установлена эластичная камера-глушитель с окном.

С ее помощью снижается уровень шума на 30 %. Для снижения шума при работе породопогрузочных машин применяются специальные глушители. Так, для машины ППМ-3М разработаны глушители шума основных и дополнительных выхлопов. Эти глушители позволяют снизить уровень шума на 10 дБ. Если комплекс технических, организационных и других мер не обеспечивает нормальных условий труда по шуму, то используются различные средства индивидуальной защиты (антифоны, беруши, шумозащитные наушники и шлемы).

Для измерения общего уровня шума в шахтных условиях применяют аппаратуру ШВК-И в рудничном и взрывобезопасном исполнении. Вибрация — периодические колебания сложного характера, сотрясающие все тело человека (общие) или отдельные его части (местные).

Местная вибрация характеризуется колебаниями инструмента и оборудования, передаваемыми к отдельным частям тела (например, к рукам при работе ударным и вращательным инструментом). При общей вибрации колебания передаются всему телу от работающих механизмов на рабочем месте через пол, сидение или рабочую площадку. При работе с ручным виброинструментом вибрации оказывают влияние на центральную нервную систему и могут вызвать вибрационное заболевание (ангионевроз).

Признаками этого заболевания являются спазмы сосудов и сопутствующие им боли. Общие вибрации оказывают воздействие на нервную и сердечно-сосудистую системы организма человека, а также на работу вестибулярного аппарата.

Для предупреждения вибрационных заболеваний устанавливаются предельно допустимые уровни колебательной скорости контакта в зависимости от средней геометрической частоты октавных полос. Для снижения степени воздействия местных вибраций необходимо осуществлять эффективные меры по снижению интенсивности вибраций в источнике их образования.

Для этих целей применяют специальные виброгасящие пружинные каретки, специальные пневмоподдержки, исключаящие постоянный контакт человека с вибрирующим инструментом. Для предупреждения распространения вибраций на рабочие места проводятся технические

мероприятия, заключающиеся в устройстве специальных фундаментов или амортизаторов.

В целях предупреждения возникновения вибрационных болезней у работающих с вибрирующим инструментом рекомендуется проведение комплекса профилактических мероприятий (водных процедур, массажа, лечебной гимнастики, ультрафиолетового облучения, витаминизации и т. д.).

4.2 Методы и средства защиты от шума и вибрации в шахте

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 малозумных технологических процессов; применение средств дистанционного управления и автоматического контроля; применение малозумных 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 [3,5].

Основные мероприятия по снижению шума и вибрации подземного горно-шахтного оборудования и их фактическая эффективность приведены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Мероприятия по снижению уровней вибрации подземного горно-шахтного оборудования и их фактическая эффективность

Мероприятия по снижению уровня вибрации	Эффективность DL_{Φ} , дБ в октавных полосах частот f , Гц
1	2
Виброизолирующие салазки самоходных бурильных машин	$DL_{\Phi} = 20/ f = 125-1000$
Виброзащитные сидения электровозов и погрузо-доставочных машин	$DL_{\Phi} = 5-12/ f = 2-125$
Виброзащитные площадки проходческих комбайнов, бурильных и погрузочных машин	$DL_{\Phi} = 6-10/ f = 2-16;$ $DL_{\Phi} = 15-22/ f = 32-125$
Виброгасящие эластичные изоляторы и пружинные обоймы рукояток отбойных молотков, перфораторов, электро- и пневмосверл	$DL_{\Phi} = 5-6/ f = 8-1000;$
Применение виброгасящих смазок	$DL_{\Phi} = 10-15/ f = 8-1000.$

Таблица 4.2 – Мероприятия по снижению уровней шума подземного горно-шахтного оборудования и их фактическая эффективность

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

4.3 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 [4,5].

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 - 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.

Если вибрация превышает предельно допустимые уровни для конкретного рабочего места или выполнения конкретных технологических операций (табл. 4.3), устанавливается рациональный режим труда

работников виброопасных профессий. Основные положения режима труда и отдыха приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.3 – 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

Таблица 4.4 – Режимы труда и отдыха шахтеров, подвергающихся воздействию шума и вибрации

Режим работы	Мероприятия по ограничению времени влияния шума и вибрации
Внутрисменный	В зависимости от превышения предельно допустимого уровня вибрации определяется допустимое суммарное время действия вибрации за рабочую смену. 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.
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.

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.

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.

4.4 Освещенность рабочих мест в шахте

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 [1,3].

Для питания подземных осветительных установок должно использоваться напряжение не выше 220 В. Для ручных переносных светильников, питаемых от искробезопасных источников, разрешается напряжение не выше 42 В.

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 устанавливают непосредственно на полке или подвешивают 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). Зарядание производят 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.

Согласно п. 8.11 Правил безопасности в угольных шахтах ДНР, на промплощадке шахты освещению подлежат все места работ, приемные площадки у ствола, лестницы, проходы для людей, помещения электромеханических установок, автотранспортные, железнодорожные и другие пути, в том числе - на породные отвалы. Осветительные установки на поверхности шахты выполняются в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

При этом в надшахтных зданиях, примыкающих к стволам с исходящей струей воздуха, шахт, опасных по газу или пыли, а также в зданиях, примыкающих к стволам, подающим свежую струю воздуха, шахт, опасных по внезапным выбросам угля, пород и газа, должны применяться рудничные светильники с уровнем взрывозащиты не ниже РВ. Чтобы предотвращать взрывы газа или пыли, для освещения бункеров на шахтах, опасных по метану или взрывам пыли, нужно применять рудничные взрывобезопасные светильники.

В конвейерных галереях и местах сортировки на таких шахтах допускается применение светильников в исполнении РП. Уровни освещенности нужно поддерживать в соответствии с СНиП 11-А. 9-71 «Искусственное освещение. Нормы освещенности».

В помещениях подъемных машин и электромеханических мастерских освещение должно быть комбинированным, сочетающим общее освещение всего помещения с местным освещением каждого рабочего места.

Пункт 8.11.2 ПБ в угольных шахтах ДНР гласит: в зданиях подъемной машины, главной вентиляционной установки, компрессорной, в машинных отделениях холодильных установок, надшахтных зданиях стволов, зданиях лебедок породных отвалов и канатных дорог, зданиях дегазационных установок, котельных, зданиях угольных бункеров, в административно-бытовых комбинатах (АБК) должно предусматриваться аварийное освещение от независимого источника питания [1].

Работниками участка ВТБ проводится визуальный контроль рабочего состояния головных аккумуляторных светильников.

ГЛАВА V

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТЕРОВ. САНИТАРНО-БЫТОВОЕ И МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. ПАСПОРТИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

5.1 Средства индивидуальной защиты

Работники шахт должны быть бесплатно обеспечены спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с действующими отраслевыми нормами [1,3].

Спецодежда служит для защиты рабочих от неблагоприятного воздействия (механического, химического и термического) внешней среды. Спецодежда должна быть воздухо- и паропроницаема, водоупорна, 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 эксплуатации подземными рабочими;
- 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 представлены 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 (ДНАОП 1.1.30-5.36-96).

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 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 клееные проходческие, предназначенные для проходчиков, работающих в обводненных шахтах; сапоги резиновые клееные 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 околосуставных 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 выпускают 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, своевременная починка спецодежды и спецобуви, а также санитарная обработка противопылевых респираторов, защитных касок, портянок (носков) и спецобуви.

5.2 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 пол в душевой устраивают с наклоном, обеспечивающим хороший сток мыльных вод; ежедневно 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 небующимися 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.

5.3 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 [2,3].

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 проведённой паспортизации могут разрабатываться дополнительные мероприятия по ликвидации выявленных производственных вредностей.

Министерство угля и энергетики ДНР по согласованию с центральным комитетом профсоюзов на основе типового паспорта, с учётом всех опасных и вредных производственных факторов, характерных для угольной промышленности, дополняют и разрабатывают отраслевой паспорт и доводят их до каждой шахты и вышестоящих организаций.

ГЛАВА VI

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ВЕДЕНИЕ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

6.1 Безопасность ведения горных работ

Общие требования, согласно п. 5.1 ПБ в угольных шахтах ДНР:

1) Ведение горных работ на угольных шахтах разрешается осуществлять способами, которые соответствуют требованиям промышленной безопасности и не запрещены к применению на угольных шахтах Горным законом ДНР, настоящими Правилами и другими отраслевыми нормативными документами.

2) Оборудование и материалы, применяемые для крепления подземных горных выработок, должны соответствовать требованиям ТУ, межгосударственным ГОСТам.

3) Повторное использование металлической крепи допускается после проведения ее обследования комиссией шахты, которая назначается ее руководителем. По результатам работы комиссии составляется акт о возможности повторного использования металлической крепи.

4) Все горные машины, механизмы, электрооборудование, приборы, аппаратура, сооружения и устройства на шахтах должны устанавливаться, сооружаться и эксплуатироваться в соответствии с требованиями ПБ и других нормативных документов, которые указываются в руководствах по эксплуатации и технических условиях на изделия.

5) Проектирование горных работ на шахтах должно осуществляться в соответствии с требованиями Горного закона ДНР, Закона ДНР «Об охране труда», этих Правил и других отраслевых нормативных документов с включением мероприятий по предупреждению ОВПФ и гарантированию безопасности труда.

6) Устройством выходов из горных выработок на каждой шахте должно быть не менее двух отдельных и безопасных выходов из горных выработок на поверхность, приспособленных для передвижения (перевозки) работников. Каждый горизонт шахты должен иметь не менее двух отдельных

выходов на вышележащий (нижележащий) горизонт или поверхность, приспособленных для передвижения (перевозки) работников. Две и более спаренные выработки с одним направлением движения вентиляционной струи, приспособленные для передвижения работников, считаются одним запасным выходом. На разветвлениях всех выработок должны быть прикреплены указательные знаки с наименованием выработок, указателем направления и длины пути выхода на поверхность. Выработки, служащие запасными выходами на поверхность, должны быть оборудованы для передвижения работников и транспортных средств для их ремонта и поддержания в исправном состоянии на весь период эксплуатации. Состояние выходов должно контролироваться службой ВТК не реже одного раза в сутки. Результаты осмотра заносятся в наряд-путевку горного мастера ВТК, а при неудовлетворительном состоянии запасного выхода - в специальную книгу, находящуюся на участке ВТБ. План с нанесенными системами запасных выходов и путей выхода горняков при нормальном и реверсном режимах проветривания должен вывешиваться в уголке безопасности нарядного участка и удобном месте в подземных выработках. Любые изменения к ПЛА вносятся в течение суток.

7) При сближенном расположении стволов (на одной промплощадке) после их проходки (углубки) до проектного горизонта в первую очередь проводится сбойка стволов между собой, а потом - оборудование постоянного клетового подъема. В случае вскрытия нового горизонта одним стволом или подготовки его уклонами в первую очередь проводятся выработки, обеспечивающие горизонт 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 оборудованию пройденного ствола постоянным или временным клетовым подъемом (в соответствии с проектом) и водоотливом.

8) Вертикальные стволы, служащие выходами на поверхность, должны быть оборудованы подъемными установками (одна из которых должна быть клетовой) и лестничными отделениями. Лестничные отделения в стволах могут отсутствовать, если в них имеются две подъемные установки с независимым подводом энергии. Стволы оборудуются так, чтобы по каждому из них все работники могли выехать (выйти) на поверхность. В вертикальных стволах, глубиной до 50 м при наличии лестницы в обоих стволах, в одном из них подъемная установка может отсутствовать.

9) В наклонных выработках, по которым предусмотрен выход работников, должен быть свободным проход, шириной не менее 0,7 м и высотой 1,8 м, в котором сооружаются с углами наклона выработок:

- ◆ от 7° до 10° - перила, прикрепленные к крепи;
- ◆ от 11° до 25° - трапы с перилами;
- ◆ от 26° до 30° - сходни со ступеньками и перилами;
- ◆ от 31° до 45° - лестницы с горизонтальными ступеньками и перилами.

10) В лестничных отделениях стволов и других выработках с углом наклона от 45° до 90° лестницы должны устанавливаться с уклоном не более 80° и выступать на 1 м над горизонтальными полками. Полки должны засверливаться в крепления стволов по проекту. Расстояние между полками должно быть не более 8 м. Лазы в полках устраиваются шириной не менее 0,6 м. Расстояние от края лаза до лестницы по нормали - не менее 0,7 м. Лазы над первыми верхними лестницами должны закрываться лядами. Лазы в стволах и других выработках между соседними полками должны быть смещены относительно друг друга на ширину лаза. Расстояние между крепью и лестницей у ее основания должно быть не менее 0,6 м. Ширина лестницы должна быть не менее 0,4 м, а расстояние между ступенями - не более 0,4 м. Выходами из подземных выработок служат два наклонных ствола, в одном из них оборудуется механизированная перевозка работников, а также предусматривается возможность выхода работников по свободному проходу ствола, шириной не менее 0,7 м и высотой 1,8 м с необходимым оснащением для безопасного передвижения работников. Требования данного пункта распространяются также и на другие наклонные выработки, оборудованные для механизированной перевозки работников в пассажирских вагонетках.

11) На нижних и промежуточных приемных площадках наклонных стволов, уклонов и бремсбергов (кроме оборудованных конвейерами) устраиваются обходные выработки. На пересечениях наклонных стволов, бремсбергов и уклонов с промежуточными выработками, по которым передвигаются работники, должны быть оборудованы обходные выработки или переходные мостики.

12) Из каждой очистной выработки (кроме очистной камеры) устраиваются не менее двух выходов: один из них - на вентиляционный, второй - на откаточный (конвейерный) штрек (выработку). При наличии опережающих лаву выработок нижний выход располагается впереди очистного забоя. Из очистных забоев на крутых, крутонаклонных и наклонных пластах, кроме обрабатываемых столбами по падению щитовыми

агрегатами, где уголь транспортируется вдоль очистного забоя на штрек самотеком, должно быть не менее двух выходов на откаточный (конвейерный) штрек, не используемых для спуска угля. Один из выходов располагается впереди очистного забоя. В нижней части лавы располагается магазинный уступ.

13) При комбайновой выемке угля в лавах на крутых и крутонаклонных пластах без оставления магазинных уступов, на очень 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 разрешается оборудование нижнего выхода через задние печи или гезенки с усиленной крепью. Если толщина вынимаемого пласта 1 м и менее, то каждая из последовательно проветриваемых очистных выработок должна иметь выход через свои промежуточные штреки на ходок, пройденный на всю высоту этажа и оборудованный для передвижения работников. При отработке системами с полной закладкой выработанного пространства на крутых пластах из каждого очистного забоя оборудуется один выход на вентиляционный и один выход на откаточный горизонт. При отработке пластов лавами по падению (восстанию) на участках пластов, где существует угроза прорыва воды (пульпы или глины), из каждой очистной выработки должен быть обеспечен выход на вышележащий горизонт.

14) В коротких очистных забоях, в которых уголь добывается гидравлическим или механогидравлическим способом без постоянного присутствия работников в забое, 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 сбойками или скважинами должно быть не более чем 30 м. При применении системы подэтажной отработки второй выход разрешается иметь на расстоянии не более 100 м от места установки гидромонитора [1].

6.2 Безопасность взрывных работ

6.2.1 Общие положения и требования к персоналу

Взрывные работы применяются на всех угольных шахтах. С их помощью проводится около 70% горных выработок и добывается около 10% угля [3,4].

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). Регламентируются 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 ДНР.

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 заряжания шпуров и монтажа взрывной сети взрывнику (мастеру-взрывнику) выделяют помощников из числа наиболее опытных рабочих, сдавших экзамен и получивших удостоверение на право участия в заряжании 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 м²;
- два - при числе шпуров от 31 до 60 или площади сечения выработки 11-20 м²;
- три - при числе шпуров более 60 или площади сечения выработки более 20 м².

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 удостоверения. 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.

6.2.2 Обеспечение безопасности ведения взрывных работ

При ведении взрывных работ основными причинами несчастных случаев общего характера являются:

- 1) 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;
- 2) не обеспечение вывода людей из опасной зоны или преждевременный вход людей в опасную зону;
- 3) совмещение операций по бурению и заряданию шпуров;
- 4) ошибочное подключение электровзрывной сети;
- 5) производство взрывания с опасного расстояния;
- 6) 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 [2,3].

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 зарядании 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 метано-воздушная 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 20 см. Это определяет минимально допустимые расстояния между шпуровыми зарядами ВВ различных классов зависимости от условий взрывания (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Минимально допустимые расстояния между шпуровыми зарядами ВВ

Условия взрывания	Минимально допустимые расстояния между зарядами в зависимости от класса ВВ			
	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 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, особенно 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.

6.2.3 Меры безопасности взрывных работ в шахтах, опасных по газу и 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 игибиторной забойки и др., не всегда позволяет (вследствие допускаемых нарушений или некачественных ВМ) предотвратить (исключить) воспламенения пыли - и (или) метано-воздушной смеси при взрывных работах [1,2].

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 зарядания 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 метановоздушной 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 м³) 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 6.1.

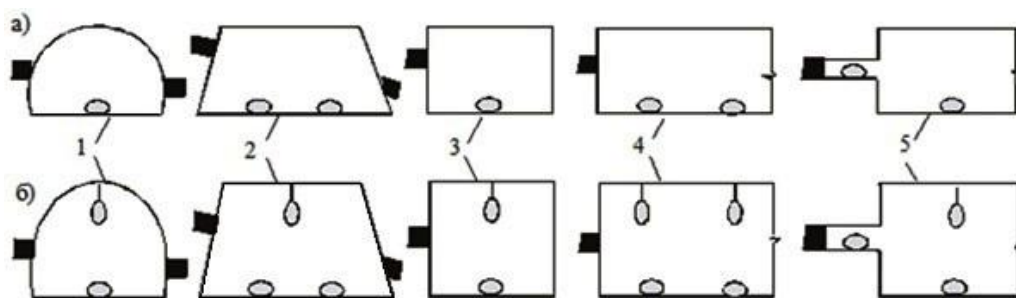


Рисунок 6.1 – Схемы расположения сосудов с водой (пакетов с ингибитором) в призабойном пространстве выработок, высотой до 2 м (а) и более 3,5 м (б) для создания предохранительной среды при взрывных работах: 1 и 2 - в выработках, соответственно шириной до и более 3 (3,6) м (в скобках размеры для пакетов 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 метановоздушной 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 водо-воздушные завесы с помощью генератора тонкодисперсных водяных аэрозолей ГВП (гидропневматический взрывозащитный). Схема создания длительно действующей предохранительной среды посредством этого генератора приведена на рисунке 6.2.

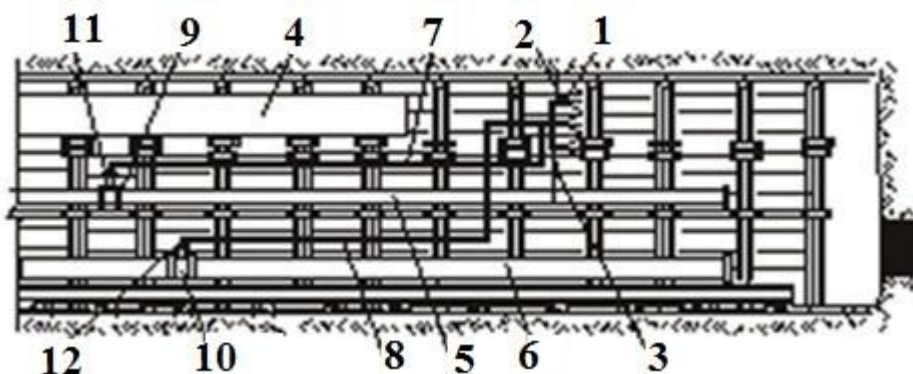


Рисунок 6.2 – Схема размещения генератора ГВП в горной выработке:

- 1 - генератор ГВП; 2 - растяжка; 3 - натяжное оборудование;
- 4, 5 и 6 - трубопроводы соответственно 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° . Время непрерывной работы генератора (указывается в паспорте БВР) должно быть не менее 10 мин. Причем включение 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.

6.2.4 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 замерить 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 см от забоя.

Кроме того, мастер-взрывник обязан проверить наличие орошения или осланцевания в выработках на протяжении 20 м от забоя (на шахтах, разрабатывающих пласты, опасных 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 производится собственноручно взрывником. Патроны-боевики подготавливаются непосредственно у забоя. При проходке стволов их разрешается готовить на поверхности в зарядных будках и спускать в ствол 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 [3,5].

6.3 Безопасность передвижения людей под землей

Регламентированные Правилами безопасности требования к минимальным площадям поперечных сечений выработок в свету должны соблюдаться в течение всего времени эксплуатации выработок по их назначению [1,3].

На шахте ежегодно должен разрабатываться график приведения горных выработок в соответствии 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

ежесуточно - 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 захлаплены, 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 мостки с перилами следует устанавливать также в местах перехода через конвейеры и рельсовые пути с интенсивной откаткой. Ширина мостов 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 мостки.

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 перелазить 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 длинномерных 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. 6.3).

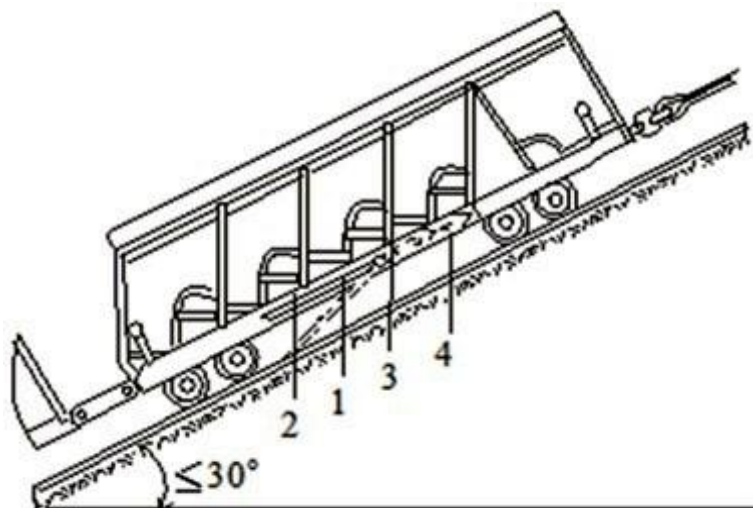


Рисунок 6.3 – Схема работы парашютного устройства пассажирской вагонетки

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° 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.

6.4 Безопасность перевозки людей рельсовым транспортом

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 [1,5].

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.

6.5 Безопасность перевозки людей конвейерами

Конвейеры для перевозки людей оборудуются в соответствии с Инструкцией по перевозке людей ленточными конвейерами в подземных выработках угольных и сланцевых шахт (НАОП 1.1.30-5.03-84).

Максимальный угол наклона выработки для перевозки людей конвейером не должен превышать 18° , 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 установки 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 – 8 м, 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.

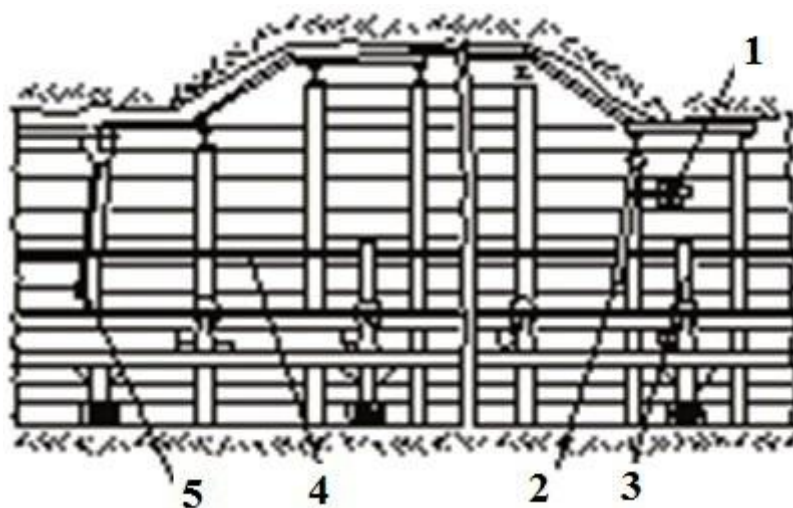


Рисунок 6.4 – Схема отключающего устройства: 1 — концевой выключатель типа ВКВ-380; 2 — щиток концевого выключателя; 3 - держатель; 4 — аварийный трос; 5 — полосы конвейерной ленты

Кроме предусмотренной схемой автоматизации конвейеры оснащаются дополнительными средствами безопасности (рис. 6.4): 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 высоте 300 мм; для отключения привода конвейера в случае проезда людьми площадок схода устанавливают на высоте 300 мм от ленты сплошной из конвейерной ленты щит - 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.

6.6 Безопасность работы шахтных подъемов

Спуск и подъем людей по вертикальным выработкам должны производиться в клетях. При проходческих работах и вертикальных выработках спуск и подъем могут также производиться и в бадьях [1,3].

В отдельных случаях, когда одна и та же подъемная машина служит для выдачи породы и спуска людей, применяются комбинированные сосуды, называемые скипо-клетями.

Клетки, служащие для спуска и подъема людей, должны иметь сплошные металлические открывающиеся крыши или крыши с открывающимся лазом, а также сплошной прочный пол. Допускается иметь в полу надёжно укрепляемые съёмные части или откидные ляды в местах, необходимых для осмотра стопорных устройств. Длинные стороны (бока) клеток должны обшиваться на полную высоту металлическими листами с отверстиями. В клетки вдоль длинных сторон должны быть установлены поручни.

С коротких (торцевых) сторон клетки должны быть установлены двери, предотвращающие возможность выпадения людей из клетки. Конструкция дверей не должна допускать соскакивания их при движении клеток. Двери должны открываться внутрь клетки и запираться засовом, расположенным снаружи.

Высота верхней кромки двери над уровнем пола клетки должна быть не менее 1200 мм и нижней кромки - не более 50 мм. В клетки должны быть устроены стопоры, обеспечивающие надёжное задержание вагонеток при движении клетки по стволу. Грузовые и грузолюдские клетки должны иметь подвесные устройства для подъёма и спуска крупногабаритного оборудования и длинномерных материалов под клетью, а двери и ограждающие устройства должны быть несъёмными.

Расстояние в верхнем этаже клетки от пола до наиболее выступающих под крышей клетки её деталей должно быть не менее 1,9 м без учёта основного стержня с пружиной. Стержень с пружиной должен быть обязательно ограждён предохранительным стаканом. Высота остальных этажей клетки должна быть не менее 1,8 м.

Каждая подъёмная установка должна быть снабжена устройством для подачи сигналов от стволового к рукоятчику и от рукоятчика к машинисту, а также ремонтной сигнализацией, используемой только для осмотра и ремонта ствола.

На людских и грузолюдских вертикальных и наклонных (с углом наклона выработки более 50°) подъёмных установках, кроме рабочей и ремонтной сигнализации, должна предусматриваться резервная сигнализация с обособленным питанием по отдельному кабелю. По функциональным возможностям резервная сигнализация не должна отличаться от рабочей.

Стальные канаты, как отечественные, так и импортные, применяемые на подъёмно-транспортных установках шахт, должны иметь сертификат соответствия или декларацию о соответствии и быть разрешены к применению Госгортехнадзором. Конструкции канатов должны выбираться в соответствии с требованиями по эксплуатации стальных канатов для различных подъёмно-транспортных установок.

Подъёмные и тяговые канаты людских и грузолюдских подъёмно-транспортных установок должны быть грузолюдскими марки В, остальные не ниже марки 1.

Максимальная скорость подъёма и спуска людей по вертикальным выработкам определяется проектом, но не должна превышать 12 м/с, а по наклонным выработкам - 5 м/с. При подъёме и спуске людей в бадьях по

направляющим наибольшая скорость должна быть не более 8 м/с, а в местах, где направляющие отсутствуют, - не более 1 м/с.

Максимальная скорость при подъёме и спуске грузов по вертикальным выработкам определяется проектом, а по наклонным выработкам не должна превышать 7 м/с при подъёме грузов в скипах и 5 м/с при подъёме грузов в вагонетках.

Спуск груза (противовеса при порожнем скипе) скиповой многоканатной подъёмной установкой должен производиться в режиме «ревизия».

При подъёме и спуске грузов в бадьях по направляющим скорость движения бадей не должна превышать 12 м/с, а в местах, где направляющие отсутствуют, - 2 м/с.

Скорость подъёмных сосудов при спуске-подъёме подвешенных под ними грузов не должна превышать 1/3 номинальной скорости для данного подъёма. Скорость перемещения полков, насосов, труб водоотлива и другого проходческого оборудования, кроме спасательных лестниц, не должна превышать 0,2 м/с, скорость перемещения спасательных лестниц не должна превышать 0,35 м/с.

Величина среднего замедления подъёмной установки как при предохранительном, так и при рабочем (в экстренных случаях) торможении не должна превышать значений, указанных в табл. 6.2.

Таблица 6.2 – Величина среднего замедления подъёмной установки

Угол наклона, град.	5	10	15	20	25	30	40	50 и более
Величина замедления, м/с ²	0,8	1,2	1,8	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

Величина среднего замедления подъёмной установки при предохранительном торможении должна быть не менее 0,75 м/с² при углах наклона выработок до 30° и не менее 1,5 м/с² при углах наклона выработок более 30°.

На подъемных установках с углами наклона выработок до 30° допускаются замедления менее $0,75 \text{ м/с}^2$, если при этом обеспечивается остановка поднимающегося сосуда в пределах пути переподъема, а опускающегося - на свободном участке пути, расположенном ниже посадочной площадки.

Под средним замедлением понимается отношение максимальной скорости ко времени, протекающему с момента начала торможения до полной остановки подъемной машины. На подъемных установках со шкивами трения величина среднего замедления определяется на установившемся участке процесса торможения.

В выработках с переменным углом наклона величина замедления подъемной установки для каждого из участков пути с постоянным углом не должна превышать соответствующих им значений, указанных в табл. 6.2.

Величины замедлений для промежуточных углов наклона выработок, не указанных в табл. 6.2, определяются путем линейной интерполяции. В установках со шкивами трения замедление, как при рабочем, так и при предохранительном торможении, не должно превышать величины, обусловленной возможностью проскальзывания каната по шкиву.

В отдельных случаях на действующих одноканатных и многоканатных скиповых подъемных установках со шкивом трения с целью исключения скольжения канатов допускается ограничить нижний предел замедления величиной $1,2 \text{ м/с}^2$ при условии оборудования таких установок блокировкой, исключающей возможность спуска груза со скоростью более 1 м/с .

Подъемные установки со шкивами трения, на которых регулировкой тормозной системы невозможно обеспечить требуемые замедления, должны оснащаться системами избирательного или автоматически регулируемого предохранительного торможения.

Шкивы с литыми или штампованными ободами, не предусматривающие применение футеровки, подлежат замене новыми при износе толщины обода или реборды до 50% их начальной толщины и во всех случаях, когда обнажаются торцы спиц. Допускается наплавка желоба шкива при износе его в глубину не более 50 % начальной толщины по технологической карте завода-изготовителя.

Перед навеской нового каната и в дальнейшем не реже одного раза в квартал шкивы подлежат осмотру главным механиком шахты или его помощником, при этом измеряется сечение канавки. Результаты осмотра записываются в «Журнал записи результатов осмотра подъемной установки» с зарисовкой сечения канавки шкива наиболее изношенного места.

Для защиты от переподъема и превышения скорости шахтная подъемная установка должна быть снабжена следующими предохранительными устройствами:

а) для каждого подъемного сосуда (противовеса) концевым выключателем, установленным на копре, предназначенным для выключения подъемной машины и включения предохранительного тормоза при подъеме сосуда на 0,5 м выше уровня приемной площадки (нормальное положение его при разгрузке), и двумя концевыми выключателями, установленными на указателе глубины или на регуляторе хода и предназначенными для дублирования работы концевых выключателей, установленных на копре. В наклонных выработках концевые выключатели должны устанавливаться на расстоянии 0,5 м от места остановки: людских вагонеток - при посадке людей на верхней посадочной площадке; грузовой партии - перед спуском ее в наклонный заезд.

Подъемные установки с опрокидными клетями должны иметь дополнительные концевые выключатели, установленные на копре на 0,5 м выше уровня площадки, предназначенной для посадки людей в клеть. Работа этих концевых выключателей должна также дублироваться концевыми выключателями, установленными на указателях глубины (регуляторах хода). Допускается установка дублирующих концевых выключателей на копре на одном уровне с основными при питании их отдельными кабелями и установке на пульте управления машиной для каждого из них отдельных кнопок (без фиксации положения), предназначенных для проверки исправности выключателей. Дополнительные концевые выключатели (основные и дублирующие) на установках с опрокидными клетями должны включаться в цепь защиты в зависимости от заданного режима «груз» и «люди»;

б) ограничителем скорости, вызывающим включение предохранительного тормоза в случае: превышения в период замедления скорости защитной тахограммы, величина которой в каждой точке пути

замедления определяется исходя из условий предотвращения аварийного переподъема скипов и жесткой посадки клетки скорость более 1 м/с); превышения скорости равномерного хода на 15 %; подхода сосуда к верхней и нижней приемным площадкам, а также к жестким направляющим при канатной армировке ствола со скоростью более 1 м/с при спуске - подъеме людей и 1,5 м/с - при спуске-подъеме груза.

Требования пункта «б» распространяются на действующие подъемные установки со скоростью движения свыше 3 м/с и вновь проектируемые - со скоростью свыше 2 м/с. Остальные подъемные установки должны быть оснащены аппаратами, выключающими установку в случае превышения скорости равномерного хода на 15 % [3,4].

6.7 Организация безопасности работы шахтных подъемов

Организация безопасной работы подъема предусматривает неукоснительное соблюдение требований Правил безопасности в угольных шахтах ДНР. Правилами регламентируются режимы работы и использования подъемных установок, общие требования, предъявляемые к персоналу, обслуживающему подъем, регулярные и периодические осмотры элементов и защитных устройств подъемных установок, их испытания и своевременная замена, обеспечение сигнализации и связи, а также информации о работе подъема [1].

На шахтах приказом назначаются лица, ответственные за организацию подъема и спуска людей и грузов, состояние и осмотр канатов, подъемных машин, прицепных, предохранительных и других устройств.

На каждой шахте разрабатывается и утверждается главным инженером инструкция по спуску и подъему длинномерных и негабаритных грузов с конкретным указанием технологических операций, обеспечивающих безопасность таких работ.

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 одновременная работа конвейера и подъемной лебедки в наклонной выработке.

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 во время работы подъемных устройств в наклонных выработках входить на площадки, где производится сцепка и расцепка вагонеток, лицам, не участвующим в этой работе. Наклонные выработки, оборудованные только ленточными конвейерами, могут служить путями сообщения людей при наличии с одной стороны свободного прохода, шириной не менее 0,7 м, а с другой зазора не менее 0,4 м.

Запрещается переход людей через подъемные отделения стволов. Для этого должны устраиваться специальные обходные выработки либо обшиваться проходы рядом с подъемным отделением. Во время работы клетевого подъема на посадочной площадке надшахтного здания должен находиться рукоятчик, а в околоствольных дворах действующих горизонтов - ствольные. При двусторонней посадке и высадке рукоятчики и ствольные должны находиться с двух сторон клетки, а при многоэтажных клетях - на каждой приемной площадке.

При спуске-подъеме людей в бадьях запрещается стоять или сидеть на краю бадьи, а также находиться в грузе 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 в соответствии с Инструкцией для машинистов шахтных подъемных установок. Производить спуск и подъем

людей разрешается после предварительного перегона клетей вхолостую. Результаты проверки подъемной машины заносятся в Книгу приемки и сдачи смен.

Ремонт и осмотр ствола могут 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. Скорость движения подъемного сосуда при осмотре ствола не должна превышать 0,3 м/с.

Ежесменно перед началом перевозки людей по наклонным выработкам подъемные сосуды, прицепные устройства и запанцировка каната должны осматриваться дежурным слесарем и кондуктором, а парашютные устройства - опробоваться включением ручного привода.

Ежесуточно пути и выработки на людских наклонных подъемах должны осматриваться ответственным лицом, а порожние вагонетки один раз пропускаются по выработке для того, чтобы удостовериться в отсутствии причин, могущих повлечь сход вагонеток с рельсов. На грузолюдских подъемах такая проверка производится ежесменно. Результаты осмотров заносятся в Книгу осмотра подъемной установки.

Ежесуточному осмотру и проверке подлежат также подъемные сосуды, канаты, прицепные устройства, направляющие башмаки, проводники, стопоры, кулаки, загрузочные и разгрузочные устройства, копровые шкивы, их футеровки и подшипники, а также все элементы подъемной машины. Такой осмотр проводится механиком подъема или специально назначенным лицом.

В сроки, установленные Правилами безопасности, должны проверяться, испытываться и заменяться элементы (все) подъемной установки. Так, предохранительные тормоза и защитные устройства должны проверяться главным механиком или его помощником не реже одного раза в 15 дней; парашютные устройства должны испытываться не реже одного раза в 6 мес, прицепные устройства при каждой запанцировке каната; железобетонные и металлические копры должны осматриваться комиссией один раз, а деревянные и проходческие - два раза в год и т. п.

Ежегодно специализированная наладочная бригада должна производить ревизию и наладку подъемной установки и контрольные испытания ее в объеме, предусмотренном специальным руководством; электрическая часть и

аппаратура автоматизированных подъемных установок подлежат ревизии и наладке через 6 мес.

Через 6 месяцев после ревизии и наладки каждая эксплуатационная и проходческая подъемные установки подлежат техническому осмотру и испытанию в объеме, предусмотренном специальной инструкцией.

Замена канатов проводников, прицепных устройств, парашютов, шкивов и их футеровок производится при повышении допустимого их износа или предельных сроков службы, оговоренных Правилами безопасности.

Каждая подъемная установка снабжается устройством для подачи сигнала от стволового к рукоятчику и от рукоятчика к машинисту, а также ремонтной сигнализацией, используемой при осмотре ствола.

На людских и грузоподъемных вертикальных и наклонных (с углом наклона более 50°) подъемных установках предусматривается также и резервная электрическая сигнализация с обособленным питанием.

Схема сигнализации должна предусматривать возможность подачи сигнала «Стоп» с любого горизонта непосредственно машинисту. Каждый непонятный сигнал воспринимается как сигнал «Стоп». Возобновление подъема разрешается только после выяснения машинистом причины неясного сигнала.

Между машинистом подъемной машины и рукоятчиком, а также между рукоятчиком и стволовым должна быть прямая телефонная связь.

Каждый поезд или вагонетка, служащие для перевозки людей, должны иметь световой сигнал на первой вагонетке по ходу поезда.

На людских подъемах с пассажирскими вагонетками в выработках с углом наклона до 50° должна быть предусмотрена подача сигналов машинисту подъема кондуктором из поезда. Если поезд состоит более чем из трех вагонеток, должна предусматриваться сигнализация кондуктору поезда, доступная всем пассажирам, находящимся в вагонетках. У всех посадочных пунктов и в машинном отделении должны быть объявления с указанием: расписания подъема и спуска людей, применяемых сигналов, числа людей, одновременно поднимаемых и спускаемых в каждом этаже клетки или в каждой вагонетке, всех запретов или ограничений пользования подъемной установки.

В качестве типовых применяются следующие основные сигналы:

- световые для обозначения режима работы подъемной установки: «Люди», «Груз», «Негабариты», «Ревизия»;
- звуковые для пуска и остановки подъемной машины: один — «Стоп», два — «Вверх», два редких — «Тихо вверх», три редких — «Тихо вниз».

ГЛАВА VII

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

7.1 Виды исполнения и условия безопасного применения электрооборудования

Согласно пункту 8.1.1 ПБ в угольных шахтах ДНР, всё шахтное электрооборудование, в т.ч. кабели и системы электроснабжения, должны обеспечивать электро-, взрыво- и пожаробезопасность [1].

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 струей воздуха этих шахт и в надшахтных зданиях, примыкающих к этим стволам, а также в стволах со свежей струей 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 Госгортехнадзора размещение отдельных токоприемников без системы быстросрабатывающего 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 (ДНАОП 1.1.30-5.27-96).

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 (ДНАОП 1.1.30-5.28-96). Один из вариантов электроснабжения и расстановки электрооборудования при проведении откаточного штрека впереди забоя лавы приведен на рисунке 7.1.

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.

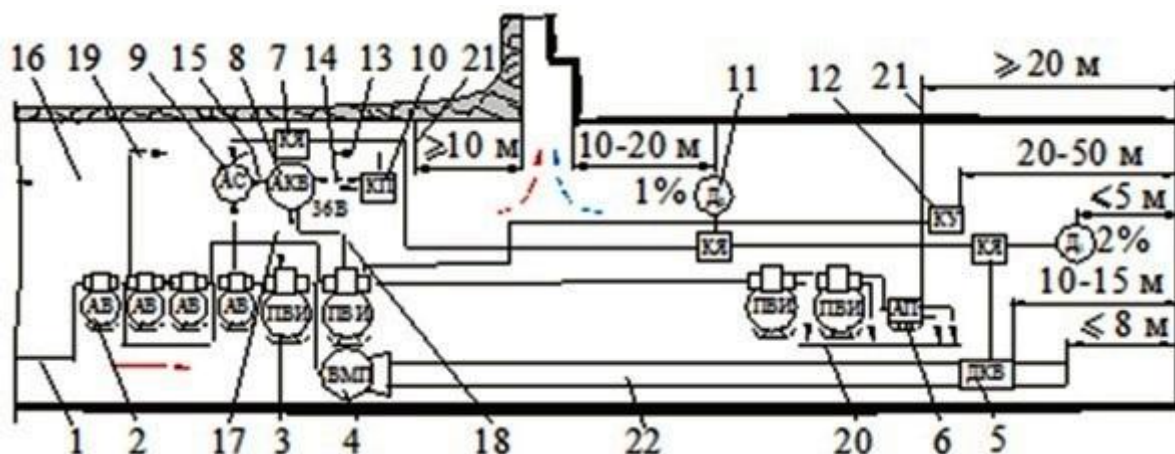


Рисунок 7.1 – Схема электроснабжения и расстановки электрооборудования при проведении откаточного штрека впереди забоя лавы

Условные обозначения:

- 1 – от подземной участковой подстанции питания (ПУПП);
- 2 – автоматический выключатель (АВ); 3 – пускатель взрывобезопасный (ПВИ); 4 – вентилятор местного проветривания (ВМП);
- 5 – датчик контроля воздуха (ДКВ); 6 - аппарат пусковой (АП); 7 – клеммный 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 Д₁ и Д₂;
- 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 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 струей 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 струей 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 [1,5].

7.2 Электрические проводки, машины и аппараты. Камеры для электроаппаратуры

7.2.1 Электрические проводки

Для передачи и распределения электроэнергии в подземных выработках и надшахтных зданиях, относящихся к взрывоопасным, должны применяться кабели:

1) для стационарной прокладки по капитальным и основным вертикальными и наклонным выработкам, проведенным под углом свыше 45° , и по обсаженным скважинам - бронированные экранированные кабели, укрепленные проволочной броней в поливинилхлоридной (далее - ПВХ) оболочке с ПВХ или резиновой изоляцией токопроводящих жил (далее - ТПЖ);

2) для стационарной прокладки горизонтальными и наклонными выработками, проводимыми под углом до 45° включительно, - бронированные экранированные кабели, укрепленные ленточной броней в ПВХ оболочке из ПВХ или резиновой изоляцией ТПЖ. Допускается применение ранее проложенных бронированных кабелей с ленточной броней с бумажной нормально пропитанной изоляцией;

3) для присоединения передвижных участковых подстанций и распределительных пунктов добычных и подготовительных участков - бронированные экранированные кабели повышенной гибкости и прочности;

4) для присоединения осветительных сетей - гибкие экранированные кабели;

5) для присоединения выемочных машин на пологих пластах и проходческих машин - гибкие экранированные кабели;

6) для присоединения выемочных машин на крутых пластах с применением кабелеукладчиков - гибкие экранированные кабели специальной конструкции повышенной прочности;

7) для питания ручных электросверл - особо гибкий экранированный кабель;

8) для стационарных осветительных сетей - бронированные экранированные или гибкие экранированные кабели.

Допускается присоединение стационарно установленных электродвигателей к пусковым аппаратам гибкими экранированными кабелями, если

вводные устройства этих двигателей предназначены только для гибкого кабеля.

Допускается присоединение распределительных пунктов гибкими экранированными кабелями.

Кабели, предназначенные для применения в шахтах, должны быть стойкими к воздействию пламени и не распространять горение.

Для контрольных цепей, цепей управления и сигнализации при новой стационарной прокладке вертикальными и наклонными выработками с углом наклона более 45° должны применяться контрольные кабели с проволочной броней, в горизонтальных выработках - контрольные кабели с ленточной броней, гибкие контрольные и силовые кабели. Для передвижных машин должны применяться контрольные гибкие кабели или вспомогательные жилы силовых гибких экранированных кабелей.

Для линий общешахтной, диспетчерской и аварийной телефонной связи, а также местной связи подъемных установок должны применяться шахтные телефонные кабели. Для местных линий связи в забоях применяются гибкие контрольные кабели, а также вспомогательные жилы гибких силовых экранированных кабелей.

Для искробезопасных цепей управления, связи, сигнализации, телеконтроля и диспетчеризации должны применяться контрольные кабели, свободные жилы в кабельных линиях связи. Разрешается использование шахтных телефонных кабелей.

Разрешается применение для линий сигнализации и аварийной остановки электроустановок голых проводов (кроме алюминиевых) при напряжении не более 24 В. В шахтах, опасных по газу или пыли, дополнительным условием их применения является обеспечение искробезопасности с уровнем 1а.

Вспомогательные жилы в силовых кабелях разрешается использовать для цепей управления, связи и сигнализации. Использование вспомогательных жил силового кабеля для искробезопасных цепей допустимо только в экранированных кабелях.

Использование вспомогательных жил одного кабеля для искробезопасных и искробезопасных цепей не допускается, если эти жилы не разделены экранами.

В подземных выработках и стволах шахт, а также во взрывоопасных зонах помещений на поверхности шахт должны применяться кабели в соответствии со своим назначением, за исключением кабелей с алюминиевыми жилами или в алюминиевой оболочке.

Допускается прокладка силовых кабелей наклонными стволами, бремсбергами и уклонами, подающими струю свежего воздуха и оборудованных рельсовым транспортом с шахтными грузовыми вагонетками, только в случаях, когда указанный транспорт используется только для доставки оборудования, материалов и выполнения ремонтных работ.

При применении на действующих шахтах и горизонтах бронированных кабелей с внешним джутовым (горючим) покрытием, последнее должно сниматься с отрезков кабелей, проложенных в камерах.

На гибких кабелях допускаются:

- вулканизованные соединения;
- соединение с помощью взрывобезопасных устройств;
- соединение линейными соединителями напряжения при условии применения искробезопасных схем дистанционного управления уровня 1а с защитой от замыкания в цепи управления.

Контактные пальцы соединителей напряжения при размыкании цепи, за исключением искробезопасных цепей напряжением не более 42 В, должны оставаться без напряжения, в связи с этим их следует монтировать на кабеле со стороны токоприемника (электродвигателя).

Соединение и ремонт бронированных экранированных кабелей в шахтах должны осуществляться взрывобезопасными устройствами (муфтами) и материалами, обеспечивающими механическую прочность и пожарную безопасность.

Допускается применение металлических (стальных, чугунных) соединительных и концевых муфт с битумной мастикой для соединения и подключения силовых кабелей с бумажной изоляцией.

Муфты из полимерных материалов могут применяться без металлических корпусов.

Для питающих кабельных линий, напряжением до 1140 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. От питающей линии разрешается иметь ответвления, длиной до 20 м, если обеспечивается защита от токов короткого замыкания групповым защитным аппаратом.

Применение распределительных коробок без установки на ответвлениях к электродвигателям аппаратов защиты допускается только для многодвигательных приводов при условии, что кабель любого ответвления защищен от токов короткого замыкания групповым защитным аппаратом.

Кабели, прокладываемые в лавах, должны защищаться от механических повреждений кабелеукладчиками, входящими в состав комплекса.

Допускаются и другие средства механической защиты кабелей, предусмотренные проектом электроснабжения забойной машины (комплекса). Ближайшая к машине часть гибкого кабеля, питающего передвижные машины, может быть проложена по почве на расстоянии не более 30 м. Для машин, имеющих кабелеподборщик или другие аналогичные устройства, разрешается прокладка гибкого кабеля по почве выработки.

При работе комбайнов и других машин на пластах, мощностью до 1,5 м, разрешается прокладка гибкого кабеля по почве очистной выработки, если конструкцией этих машин не предусмотрен кабелеукладчик.

Гибкие кабели, находящиеся под напряжением, должны быть растянуты и подвешены. Запрещается держать гибкие кабели под напряжением в бухтах и «восьмерках». Этот запрет не распространяется на экранированные кабели с оболочками, не распространяющих горение, которые по условиям эксплуатации должны находиться в бухтах или на барабанах. В этом случае токовая нагрузка на кабель должна быть снижена на 30% против номинальной.

В горизонтальных и наклонных выработках кабели должны располагаться на такой высоте, которая исключает их повреждение движущимся транспортом.

В шахтах, опасных по газу, кабели следует прокладывать на такой высоте, где маловероятно образование слоевых скоплений метана.

Прокладка кабелей связи и сигнализации, а также неизолированных проводов выработками должно производиться на расстоянии не менее 0,2 м от силовых кабелей. Голые провода должны прокладываться на изоляторах.

Не допускается совместная прокладка по одной стороне выработки электрических кабелей и вентиляционных труб.

7.2.2 Электрические машины и аппараты

В соответствии с пунктом 8.4 ПБ в угольных шахтах ДНР 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 10000 В;
- для передвижных электроприемников - не выше 1140 В. В отдельных случаях применение более высоких уровней напряжения разрешается с согласия Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР;
- для ручных машин и инструментов - не выше 220 В;
- для искробезопасных 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.

Мощность короткого замыкания в подземной сети шахты должна быть ограничена величиной, соответствующей номинальным характеристикам установленного в шахте электрооборудования и сечением кабелей, но не должна превышать 100 МВА. Мощность отключения выключателя КРУ общего назначения при установке его в шахтах должна быть вдвое выше мощности короткого замыкания сети.

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 проводов жил кабеля вне зажима.

Допускается присоединение более одной жилы кабелей к одному зажиму, если это предусмотрено конструкцией зажима.

Продолжение эксплуатации электроустановок напряжением выше 1140 В, предельный срок службы которых истек, допускается при положительных результатах наладки или капремонта и составлении Акта о продлении эксплуатации до очередной наладки или капремонта. Акт подписывается руководителем наладочного или ремонтного предприятия, главным энергетиком шахты и утверждается главным инженером шахты.

Применяемые на шахтах КРУ не должны иметь устройств продольного шунтирования отключающих контактов [4,5].

7.2.3 Камеры для электроаппаратуры

В подземных выработках должны применяться коммутационные и пусковые аппараты, и силовые трансформаторы, не содержащие масло или другую горючую жидкость. Это требование не распространяется на КРУ, установленные в камерах с высшей степенью огнестойкости крепи.

В новых камерах между параллельными выработками должны устанавливаться КРУ с электромагнитными или вакуумными выключателями и другими безмасляными выключателями.

Во всех камерах, где установлено электрооборудование с масляным заполнением, должны быть решетчатые и сплошные противопожарные двери. В остальных камерах должны быть решетчатые двери с запорным устройством.

Двери камер, в которых нет постоянного обслуживающего персонала, должны быть закрыты. У входа камеры вывешивается знак «Вход посторонним запрещен», а в камере на видном месте - укреплены соответствующие предупредительные плакаты.

В камерах, где установлено электрооборудование с масляным заполнением, оборудуется порог, высотой не менее 100 мм. В камерах подстанций и электромашинных камерах, длиной более 10 м, должно быть два выхода, расположенные в наиболее удаленных друг от друга частях камеры.

Между машинами и аппаратами в камерах должны оставаться проходы, достаточные для транспортирования машин и аппаратов при их ремонте или замене, но не меньше 0,8 м. Со стороны стен камер остаются монтажные проходы, шириной не менее 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 к стене камеры. Расстояние от верхней части аппарата до кровли должно быть не менее 0,5 м.

Передвижные трансформаторные подстанции, КРУ должны размещаться в закрепленных и удобных для обслуживания местах, быть защищены от воды и механических повреждений и не мешать работе транспорта и передвижению работников. Расстояние от электрооборудования до подвижного состава поезда или конвейера должно быть не менее 0,8 м, от

стенки выработки и до кровли зазор должен быть не менее 0,5 м. Не допускается установка подстанций в рельсовых уклонах, за исключением ниш и заездов, оборудованных барьером или уловителем.

В отдельных случаях допускается установка комплектного оборудования, если это предусмотрено конструкцией, над скребковым конвейером. Промежуток 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 [1,3].

7.3 Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов. Заземление

7.3.1 Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов

В подземных сетях, напряжением выше 1140 В, должна осуществляться защита трансформаторов (передвижных подстанций) и электродвигателей от токов короткого замыкания и утечек (замыканий) на землю, а также защита, предотвращающая включение отходящей сети со сниженным сопротивлением изоляции (БРУ).

Вновь вводимые в эксплуатацию КРУ должны осуществлять указанные защиты.

На линиях, питающих ЦПП, разрешается применение максимальной токовой защиты с ограниченно зависимой выдержкой времени и отсечкой мгновенного действия, зона действия которой охватывает и сборные шины ЦПП, а также защиты от замыканий на землю с выдержкой времени до 0,7 с.

На отходящих линиях ЦПП, питающих РПП-6, защита от токов короткого замыкания должна быть мгновенного действия, а в защите от замыканий на землю допускается применять задержку до 0,2 с.

Защита от замыканий на землю отходящих от РПП-6 присоединений должна быть мгновенного действия (без выдержки времени).

Для электродвигателей должна предусматриваться также защита от токов перегрузки и нулевая защита.

Во всех случаях отключения сети защитами допускается применение АПВ однократного действия, а также 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 должен осуществляться на основании расчетов и проверки параметров срабатывания этих устройств.

При напряжении до 1140 В должна осуществляться защита:

1) трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения:

- от токов короткого замыкания - автоматическими выключателями с максимальной токовой защитой мгновенного действия в пределах до 0,2 с;

2) электродвигателей и их питающих кабелей:

- от токов короткого замыкания - селективная или мгновенная в пределах до 0,2 с;

- от токов перегрузки и от перегрева (для электродвигателей, работающих в режиме экстренных перегрузок - от опрокидывания и несостоявшегося пуска);

- нулевая;

- от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли;

3) искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понижающего трансформатора, встроенного в аппарат, - от токов короткого замыкания и утечек тока на землю;

4) электрической сети от опасных утечек тока на землю - автоматическими выключателями или одним отключающим аппаратом в комплексе с одним аппаратом защиты от утечки тока на всю электрически связанную сеть (подключенную к одному трансформатору), при срабатывании аппарата защиты от утечки тока должна отключаться вся сеть, подключенная к указанным трансформаторам, за исключением отрезка кабеля, длиной до 10 м, соединяющего трансформатор с общесетевым автоматическим выключателем.

Общая длина кабелей, присоединенных к одному работающему трансформатору, должна ограничиваться емкостью относительно земли не более 1 мкФ на фазу.

При электроснабжении подземных токоприемников с поверхности через скважины допускается установка автоматического выключателя с аппаратом

защиты от утечек тока под буровой скважиной на расстоянии не более 10 м от нее.

Токоприемники поверхности, имеющие непосредственное отношение к работе шахты (вентиляторы, лебедки) не должны подключаться к трансформатору (подстанции), от которого питаются подземные электроприемники. Защита от утечки тока может не применяться для 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.

Величина вставки тока срабатывания реле максимального тока автоматических выключателей, магнитных пускателей и станций управления, а также номинальный ток плавкой вставки предохранителей должны выбираться по соответствующим расчетам.

Применяемые предохранители должны комплектоваться патронами и откалиброванными плавкими вставками [5].

7.3.2 Заземление

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, вентиляционные трубы, расположенные в выработках, в которых имеются электрические установки и проводки [1,3].

В шахтах, опасных по газу и пыли, одиночные металлические воздухопроводы и пневматические вентиляторы подлежат заземлению для защиты от накопления статического электричества.

Требования настоящего пункта не распространяются на металлическую крепь, не токопроводящие рельсы, оболочки отсасывающих кабелей электровозной контактной откатки, а также на металлические устройства для подвески кабеля.

Заземление в шахтах выполняется в соответствии с «Инструкцией по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений».

Каждая кабельная муфта с металлическим корпусом, кроме соединителей напряжения на гибких кабелях, питающих передвижные машины, должна иметь местное заземление и соединяться с общей сетью заземления шахты.

Допускается для сетей стационарного освещения устраивать местное заземление не для каждой муфты или светильника, а через каждые 100 м кабельной сети.

Для аппаратуры и кабельных муфт телефонной связи на участке сети с кабелями без брони разрешается местное заземление без присоединения к общей сети заземления.

При откатке контактными электровозами заземление электроустановок постоянного тока, находящихся непосредственно у рельсов, должно осуществляться путем присоединения заземляющей конструкции к рельсам, которые используются как обратный провод контактной сети.

Заземление корпусов передвижных машин, забойных конвейеров, аппаратов, установленных в призабойном пространстве, и светильников, присоединенных к сети гибкими кабелями, а также электрооборудования, установленного на платформах, передвигающихся по рельсам (за исключением передвижных подстанций), должно осуществляться посредством соединения их с общей сетью заземления при помощи заземляющих жил питательных кабелей.

Заземляющая жила с обеих сторон должна присоединяться к внутренним заземляющим зажимам в кабельных муфтах и вводных устройствах.

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 электроприемников, не должно превышать 2 Ом.

7.4 Безопасное электроснабжение участка

Электроснабжение участка должно осуществляться от передвижных трансформаторных подстанций, присоединяемых к распределительной сети с помощью КРУ. Разрешается подключать к одному КРУ не более трех технологически связанных передвижных подстанций или трансформаторов при условии обеспечения необходимой чувствительности максимальной токовой защиты и резервирования КРУ действия максимальной токовой защиты автоматических выключателей, предусмотренных на стороне низкого напряжения подстанции. КРУ должно обеспечивать запрет на включение напряжения на линию с поврежденной изоляцией.

При применении передвижных трансформаторных подстанций со встроенным выключателем высокого напряжения, допускается подключение к одному КРУ нескольких таких технологически связанных подстанций.

Разрешается осуществлять электроснабжение участка через скважины от КТП, установленных на поверхности. В этом случае должны быть приняты меры по их защите от грозовых перенапряжений.

Питание передвижных трансформаторных подстанций, устанавливаемых в отдельных случаях с разрешения технического руководителя в выработках с исходящей струей воздуха, непосредственно примыкающих к очистным забоям пологих и наклонных пластов, опасных по внезапным выбросам, а также на шахтах, опасных по внезапным выбросам, разрабатывающих крутые пласты, и в проветриваемых ВМП тупиковых выработках таких шахт, должно осуществляться от обособленной сети с защитой от утечек тока на землю в сети 6 кВ. 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, следует применять КРУ с устройствами предварительного контроля изоляции сети относительно земли – блокировочное реле утечки (далее - БРУ) и дистанционным управлением по искробезопасным цепям уровня 1а. КРУ должны устанавливаться в камерах на свежей струе воздуха, а их пульты дистанционного управления должны быть размещены возле передвижных подстанций.

Для включения РП участка и другого электрооборудования, расположенного в выработках с исходящей струей воздуха шахт, должны применяться групповые коммутационные аппараты с дистанционным управлением по искробезопасным цепям уровня 1а, размещенные в выработке со свежей струей воздуха с обеспечением выключения

аппаратурой газового контроля при содержании метана у РП 1% и более. Пульт дистанционного управления коммутационным аппаратом должен быть установлен в месте размещения РП.

При установке КРУ во взрывозащищенном исполнении в выработке с исходящей струей воздуха его питание необходимо осуществлять от КРУ, размещенного на свежей струе воздуха с искробезопасными цепями дистанционного управления. При этом пульт его управления должен находиться у КРУ в выработке с исходящей струей воздуха.

Все забойные машины должны присоединяться к сети при помощи дистанционно управляемых пускателей или станций управления.

Машины, на которых для управления отдельными электродвигателями установлены станции управления или ручные выключатели, также должны присоединяться к сети при помощи пускателей с дистанционным управлением. Управление машинами (за исключением ручных) по выемке угля в лавах, проведению подготовительных выработок, нарезанию разгрузочных пазов (щелей) и бурению скважин по углю, диаметром более 80 мм, применяемых на выбросоопасных пластах или в выбросоопасных зонах, должно осуществляться дистанционно с безопасных расстояний, регламентируемых Руководствами по эксплуатации на конкретные типы машин.

Для подачи напряжения на забойные машины в шахтах, опасных по газу или пыли, должны применяться пускатели (магнитные станции) с искробезопасными схемами управления уровня 1а.

Схема управления забойными машинами должна обеспечивать:

- нулевую защиту;
- непрерывный контроль заземления корпуса машины;
- защиту от самопроизвольного включения аппарата при замыкании или обрыве проводов внешней цепи управления;
- искробезопасность внешних цепей управления уровня 1а (для шахт, опасных по газу или пыли).

Однокнопочные посты для управления магнитными пускателями разрешено применять только в случае их использования для выключения.

Схемы дистанционного управления и контроля заземления, в которых в качестве обратного провода используется заземляющая жила кабелей, а также другие устройства, содержащие электрические цепи с заземлением на корпус, в шахтах, опасных по газу или пыли, должны иметь искробезопасные параметры уровня 1а.

В системе управления забойными машинами с нескольких пультов, расположенных на машине и в выработках, должна быть исключена возможность одновременной подачи напряжения из двух и более пультов. Функция отключения машин должна выполняться постоянно с любого пульта. Это требование не распространяется на схемы управления ВМП.

Перед выполнением ремонтных и вспомогательных работ на машинах напряжение должно быть отключено и заблокировано в цепях силового питания и управления, а также приняты другие меры, исключающие внезапный пуск машины.

В лавах должна предусматриваться возможность остановки конвейера с пульта управления комбайном и со специальных пультов, расположенных в лаве [3,4].

ГЛАВА VIII

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВОВ ГАЗА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

8.1 Условия возникновения, причины и последствия взрывов метана и пылевоздушных смесей

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 [3,5].

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.

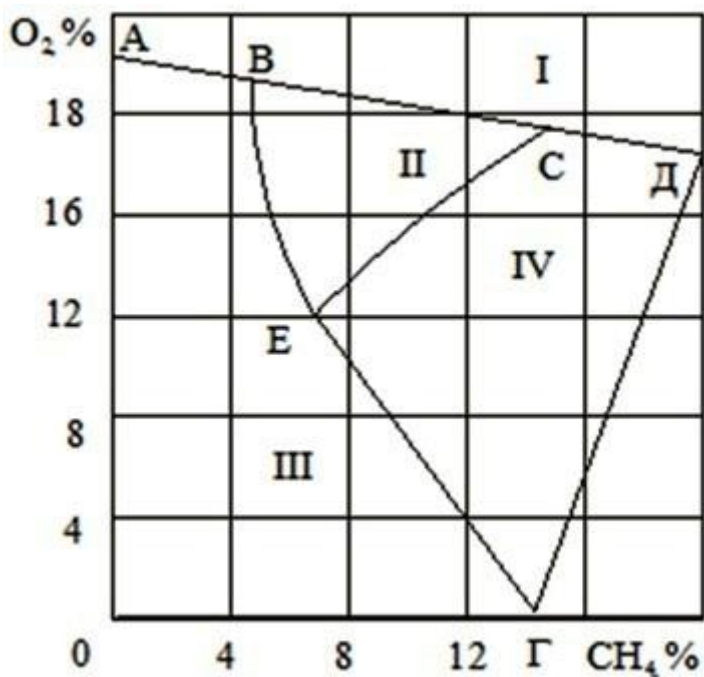


Рисунок 8.1 – Диаграммы взрываемости метановоздушных смесей:
 I - неосуществимая смесь; II и III - взрывчатые и невзрывчатые смеси;
 IV - смеси, могущие стать взрывчатыми при добавлении воздуха

Пределы взрыва смесей метана с воздухом наглядно могут быть представлены на диаграмме взрываемости метана (рис. 8.1).

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.

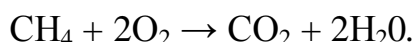
При определенных условиях ударная волна может перейти в детонационную, скорость распространения которой становится постоянной. Детонационное горение метана в горных выработках может возникнуть не только в результате саморазгона волны горения, но и непосредственно - от ударной волны другого взрыва.

В зависимости от скорости распространения фронта пламени и давления в ударной волне различают несколько типов воспламенения (табл. 8.1).

Таблица 8.1 – Типы 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 «бегающего» 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.

8.2 Мероприятия обеспечения безопасности газового режима

Шахты, в которых хотя бы в одной выработке обнаружен метан, относят к опасным по газу и переводят на газовый режим [1].

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.

Таблица 8.2 – Категории шахт, определяющие степень опасности по метану

Категория шахт по метану	Относительная газообильность шахты, м ³ /т
I	До 15
II	От 5 до 10
III	От 10 до 15
Сверхкатегорные	15 и более; шахты, опасные по суфлярным 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 (ДНАОП 1.1.30-5.19-96) 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 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.

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.

Таблица 8.3 – Максимально допустимые концентрации метана

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

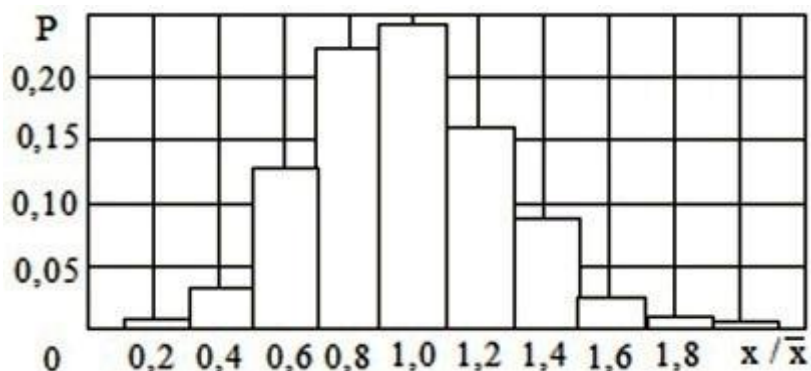


Рисунок 8.2 – Распределение концентрации метана в исходящих вентиляционных струях участков x/\bar{x} - отношение текущего значения концентрации x метана к среднему значению

Датчики аппаратуры контроля метана (АКМ) настраивают на концентрацию 1,3% в целях избежания отключение электроэнергии при

кратковременных повышениях концентрации метана. Значение концентрации 1,3% установлено следующим образом (рис. 8.2).

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 (ДНАОП 1.1.30-6.09). 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 [1,3].

8.3 Мероприятия обеспечения безопасности 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), исключая 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, исключаящие 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 (ДНАОП 1.1.30-5.25-96). 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 $A_{ф}^d$ веществ более чем на 1%. Определение и корректировка нижнего предела взрываемости производится по номограмме, представленной на рисунке 8.3.

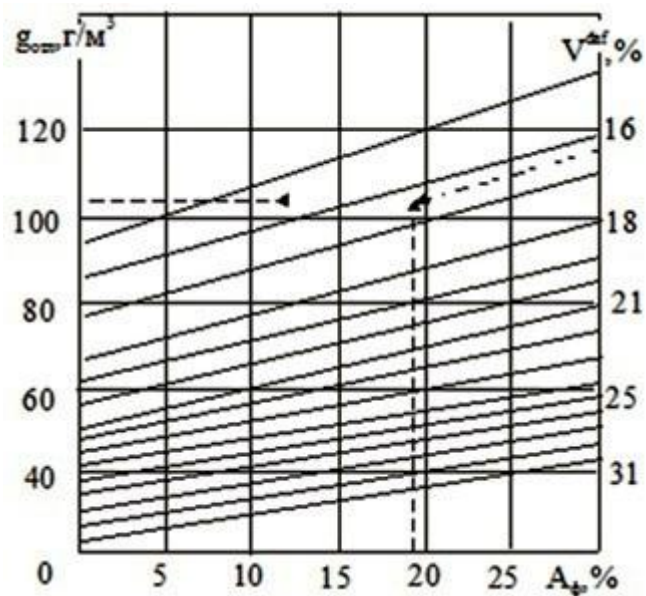


Рисунок 8.3 – Номограмма для определения нижних пределов взрываемости отложившейся пыли

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 г/м^3 сутки. Побелка производится ручным или механизированным способом из расчета не менее $0,8 \text{ л}$ известкового раствора на 1 м^2 обрабатываемой поверхности.

Осланцеванию подвергаются все поверхности необводненных и без капежа горных выработок (бока, кровля, почва, доступные места за затыжками).

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; тонкость 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 м² и длиной до 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_{ϕ} - содержание негорючих веществ, %; D - добавка инертной пыли, %, определяемая по номограмме (рис. 8.4).

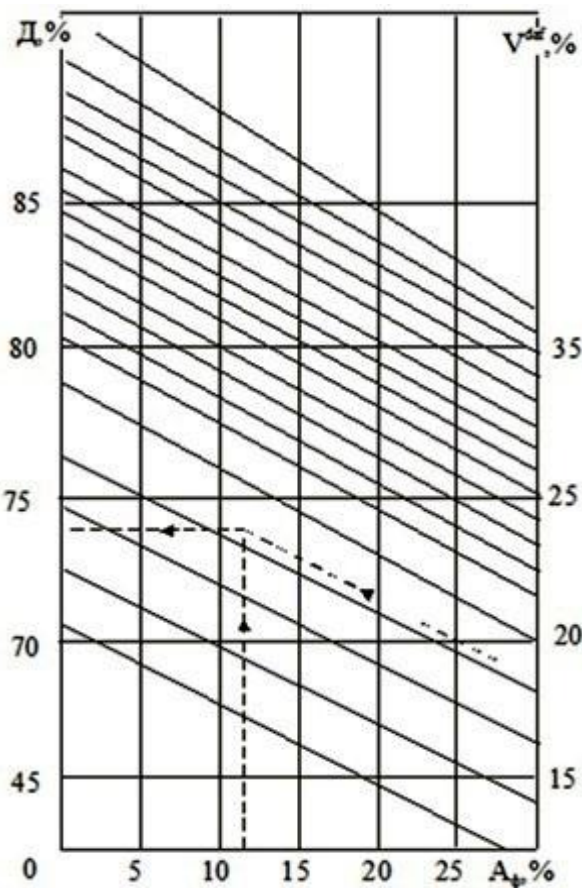


Рисунок 8.4 – Номограмма для определения добавки инертной пыли

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

$$q = \frac{0,01 \cdot N \cdot \delta \cdot S}{100 - N}, \text{ кг / м,}$$

где δ - нижний предел взрываемости угольной пыли, г/м^3 ; S - сечение выработки, м^2 .

Во всех горизонтальных и наклонных откаточных и вентиляционных штреках, 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 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 $1,5 \text{ л на } 1 \text{ м}^2$ 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 [1,5].

ГЛАВА IX

ПРОФИЛАКТИКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ

9.1 Условия и причины возникновения 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 [3,4].

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, роlikоопоры 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, распределителей и пусковых агрегатов короткие замыкания возникают из-за недостаточного количества масла или применения масла, не соответствующего ГОСТу, несвоевременной замены масла, эксплуатации при загроуленной защите.

Трение конвейерных лент о невращающиеся (неисправные, заштыбованные) роlikоопоры, пробуксовывающие барабаны натяжных головок переагруженных 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.

9.2 Условия и причины возникновения эндогенных пожаров

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 вызывает 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 теории, образованию всех первичных молекулярных продуктов окисления предшествует появление перекисных 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, свидетельствующим 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°C поверхности пород и возгорание метановоздушной 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 несклонных 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°C, 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 самонагрева 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 самонагрева 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 самонагрева пирита ($t_m - 70$ °С), сушки и диффузионного самонагрева 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 самонагрева системы. При достаточном притоке кислорода температура поднимается до 160 °С,

происходит самовозгорание паров серы, дальнейшее возгорание пирита, метана, угля и эндогенный пожар [4,5].

9.3 Методы обнаружения подземных пожаров

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 самонагрева и самовозгорания угля.

В процессе развития эндогенного пожара выделяют стадию самонагрева, 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 самонагрева 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. 9.1).

Таблица 9.1 – 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 H₂ над фоновым их содержанием CO_ф > (6-10) 10⁻⁷ и H_{2ф} > (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

$$\frac{CO - CO_{\phi}}{H_2 - H_{2\phi}} > 10.$$

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 C₂H₄ и ацетилена C₂H₂ 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 самонагрева определяют по формуле

$$t_y = t(1 + \frac{\Delta t_n}{100}) + t_0, \text{ } ^\circ\text{C},$$

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_0 - температура вмещающих угольный пласт пород, $^\circ\text{C}$; Δt_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 самонагрева отношение долей CO к H_2 превышает 10, а на стадии горения - менее 10. Для определения микродолей оксида углерода применяются аппаратура непрерывного контроля «Сигма-SO-B», 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.

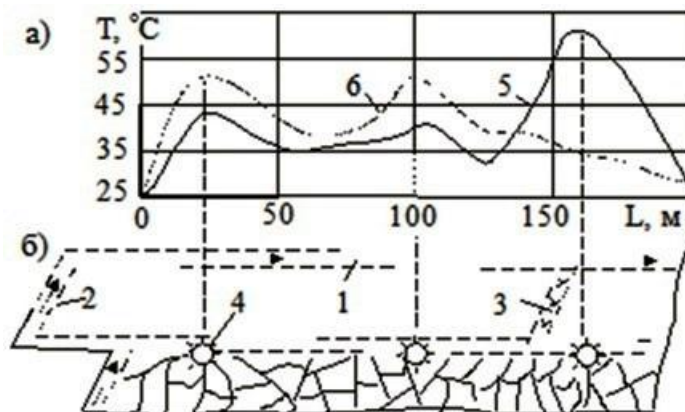


Рисунок 9.1 – Обнаружение очагов самовозгорания в выработанном пространстве очистного забоя: а) - тепловая карта; б) - схема выемочного участка; 1 - полевой вентиляционный штрек; 2 и 3 - квершлага №1 и №2; 4 - очаги самовозгорания угля; 5 - предварительное обследование; 6 - повторное обследование после ликвидации очага самовозгорания в районе квершлага №2

Ориентировочное месторасположение очага эндогенного пожара может быть обнаружено по аномальному изменению инфракрасного излучения поверхности горных выработок с помощью пирометров «Квант-РТ» и «Радан». Выявляют аномальные места 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 (рис. 9.1). При наличии двух выработок, поверхности которых прогреты по двум направлениям, можно определить место нахождения очага пожара [3,4].

9.4 Профилактика возникновения пожаров в шахтах

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. Использованные 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 пожарно-оросительном 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 резиновых 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 шпуров; недостаточной длины линии наименьшего сопротивления: плохого качества и недостаточной длины забойки шпуров.

Огневые работы должны производиться в соответствии с Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях (ДНАОП 1.1.30-5.18-96). 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 проверить, 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.

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 [5].

ГЛАВА X

ПРОГНОЗ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

10.1 Газодинамические явления. Суть, причины, последствия

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 [5].

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 «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа» относятся внезапные выбросы угля и газа (выдавливания угля); внезапные обрушения угля с попутным газовыделением; внезапные выбросы породы и газа. В «Инструкции...» внезапные выбросы угля и газа также подразделяются на

выбросы угля и газа, происшедшие впервые на шахтопластах, ранее считавшихся неопасными; выбросы угля и газа, происшедшие на выбросоопасных шахтопластах, на которых предусмотрено применение прогноза или способа предотвращения выбросов; выбросы угля и газа, происшедшие при производстве сотрясательного взрывания; выбросы угля и газа, происшедшие при выемке угля механизмами с дистанционным управлением; внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением.

Дополнительно к «Инструкции...» в классификационный перечень газодинамических явлений отраслевых «Методических указаний по расследованию и технической экспертизе газодинамических явлений на шахтах Донбасса» добавлены относительно редко происходящие на шахтах Донбасса горные удары и внезапные прорывы газа из почвы выработки.

Предложенные МакНИИ классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений с некоторой их корректировкой приведены в таблице 10.1, а наиболее характерные случаи их проявления на эскизах рисунка 10.1. 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, под которой 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, дистанционном бурении скважин 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.

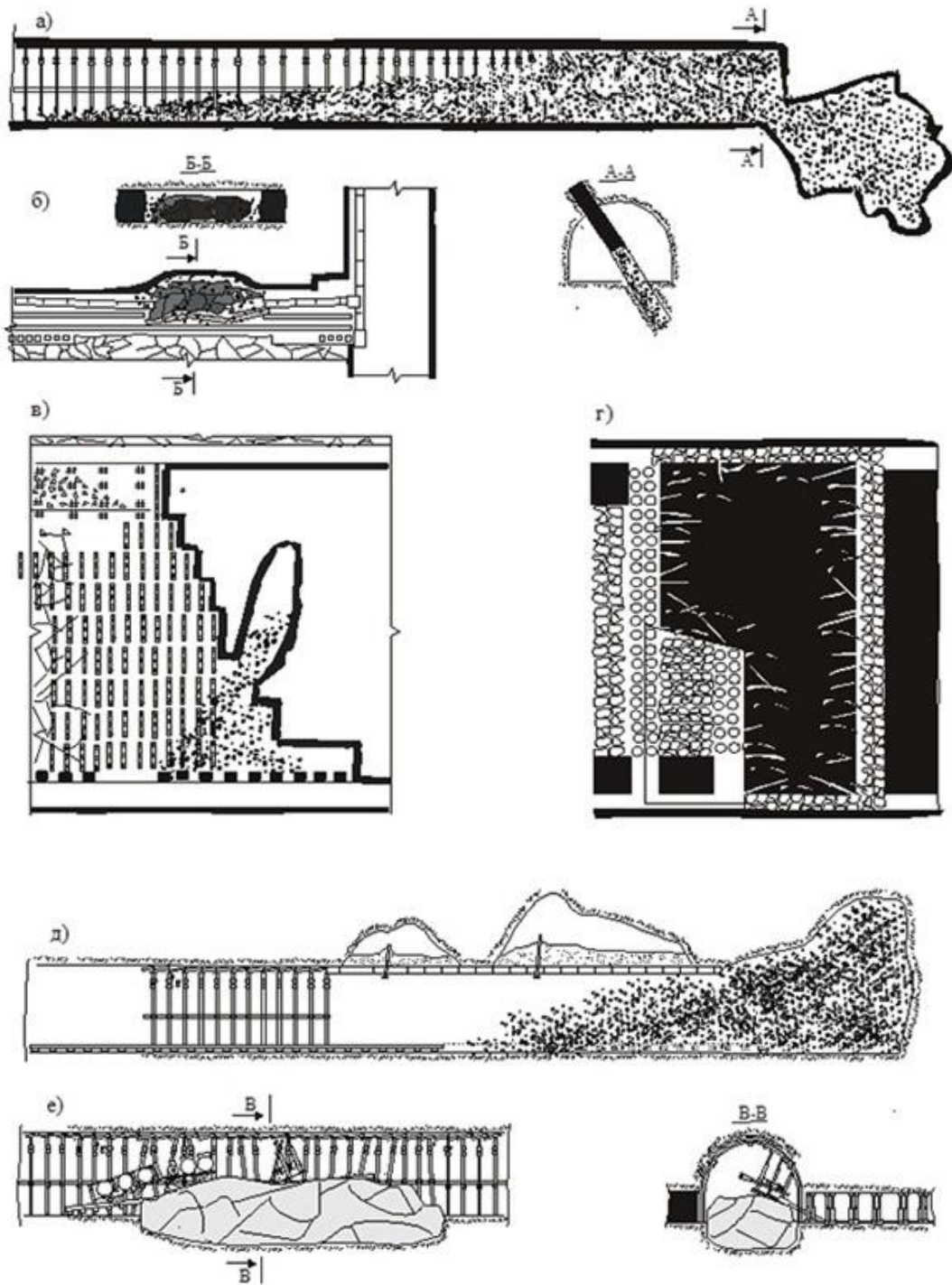


Рисунок 10.1 – Эскизы мест наиболее характерных случаев газодинамических явлений: а) – внезапный выброс угля и газа в подготовительной выработке крутого пласта; б) – внезапное выдавливание в лаве пологого пласта; в) – внезапное высыпание угля с повышенным газовыделением в лаве крутого пласта; г) - горный удар в целике впереди лавы; д) – выброс породы

(песчаника) и газа; е) – внезапное выдавливание пород почвы на сопряжении лавы

Таблица 10.1 – Классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений

Характеристика явлений и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явлений	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
1	2	3	4
1. Внезапный выброс угля и газа			
<p>Быстропротекающие разрушения призабойной части угольного пласта, отброс угля в выработку на расстоянии, 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 $8\text{ м}^3/\text{т с. б м и}$, как правило, сложного строения; зоны геологических нарушений; 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, разрушении угольного пласта струями воды 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>

Продолжение таблицы 10.1

Характеристика явлений и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явлений	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
1	2	3	4
2. Внезапное выдавливание (отжим) угля			
<p>Быстропротекающее смещение угольного массива в выработку без отброса угля; образование в угольном пласте полости, заполненной разрушенным крупнокусковатым 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. Поражающим фактором является механическое воздействие отжатого угля и газа.</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>

Продолжение таблицы 10.1

Характеристика явлений и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явлений	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
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. Поражающим фактором является механическое воздействие разрушенного угля и газа.</p>	<p>Горное давление; гравитационные силы; физико-механические свойства; газоносность угля; некачественное крепление нависающего массива.</p>	<p>Крутые и крутонаклонные газоносные пласты (или их отдельные пачки) (I I-V степени тектонической нарушенности; зоны геологических нарушений, зоны ПГД от работ соседних пластов, как правило, происходит при выемке угля.</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 при ведении горных работ.</p>
4. Выброс (внезапный 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, расслоившейся на тонкие чешуеобразные пластинки; повышенное по сравнению с обычным, газовыделением в выработку, воздушный толчок; сотрясение</p>	<p>Горное давление, физико-механические свойства; газоносность; минеральный состав структурно-текстурные и коллекторские свойства пород</p>	<p>Газоносные высоконапорные песчаники с пониженной прочностью и влажностью менее 2,5 %. Происходит при проведении подготовительных выработок буровзрывным способом</p>	

массива; угол откоса меньше естественного			
--	--	--	--

Продолжение таблицы 10.1

Характеристика явлений и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явлений	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
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 ПД от соседних пластов; зоны влияния геологических нарушений, потолкоуступная форма очистного забоя и др.</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>

Окончание таблицы 10.1

Характеристика явлений и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явлений	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
1	2	3	4
б. Внезапный прорыв газа из почвы выработки			
Быстропротекающее разрушение пород почвы выработки, сопровождавшееся 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. Основными поражающими факторами являются выделяющийся газ и механическое воздействие разрушенных пород.	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.	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. Обычно проявляется без воздействия на забой.	Удары в глубине массива; интенсивное пучение почвы, повышенное давление на крепь.

В этом плане, следует также отметить на некоторую условность понятия внезапные выбросы породы и газа, так как до настоящего времени все

выбросы песчаников и газа на шахтах Донбасса происходили только при взрывных работах в режиме сотрясательного взрывания и не сопровождалась травматизмом [3].

10.2 Мероприятия по безопасной разработке опасных и угрожаемых по газодинамическим явлениям шахтопластов

Для безопасной разработки предусматривают следующие меры:

- а) прогноз выбросоопасности;
- б) опережающую отработку защитных пластов;
- в) способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа и контроль их эффективности;
- г) систему разработки и технологию в очистных и подготовительных забоях, снижающих вероятность возникновения внезапных выбросов угля и газа;
- д) мероприятия по обеспечению безопасности работающих.

Вскрытие пластов, а также ведение очистных и подготовительных работ в пределах защищенных зон производят без применения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения внезапных выбросов, а взрывные работы ведут в режиме, предусмотренном для сверхкатегорных по газу шахт.

Незащищенные выбросоопасные угольные шахтопласты или участки должны обрабатываться с применением прогноза и способов предотвращения внезапных выбросов.

Региональные способы предотвращения внезапных выбросов предназначены для заблаговременной обработки угольного массива впереди очистных и подготовительных забоев.

К региональным способам относятся: опережающая отработка защитных пластов, дегазация угольных пластов, увлажнение угольных пластов.

Локальные способы предназначены для приведения призабойной части угольного массива в невыбросоопасное состояние. Их осуществляют со стороны очистных или подготовительных забоев.

К локальным способам относятся: гидрорыхление, низконапорное увлажнение, низконапорная пропитка, гидроотжим с предварительным увлажнением, гидровывывание опережающих полостей, образование разгрузочных пазов и щелей в угольном пласте и вмещающих породах, бурение опережающих скважин, торпедирование угольного массива, образование разгрузочной щели по длине очистного забоя.

Во всех случаях применения региональных и локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа необходимо осуществлять контроль их эффективности.

При интенсивном газовыделении и проявлении предупредительных признаков внезапных выбросов угля и газа во время локальной противовыбросной обработки массива (бурении опережающих скважин, гидроотжиме, гидровывывании опережающих полостей) необходимо применение мероприятий по предотвращению загазований и развязывания газодинамических явлений в процессе выполнения способов предотвращения внезапных выбросов.

При разработке незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов должны применяться следующие мероприятия по обеспечению безопасности работающих:

- производство взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания;
- устойчивое проветривание забоев с подсыжением исходящей из очистного забоя струи воздуха (кроме сплошной системы разработки);
- регламентация последовательности выполнения технологических процессов и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа при работе в опасных зонах;
- организация телеметрического контроля за содержанием метана в очистных и подготовительных забоях, в том числе при сотрясательном взрывании в угольных и смешанных забоях;
- устройство индивидуального и групповых пунктов жизнеобеспечения, переносных спасательных пунктов, телефонной связи, дистанционного включения и выключения машин и механизмов.

10.3 Прогноз опасности газодинамических явлений в шахтах

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 $\lg r < 3,3$, а также, если для углей конкретной степени метаморфизма природная газоносность или глубина разработки меньше значений, указанных в таблице 18. Расчет комплексного показателя M производится при $V^{\text{daf}} = 9-29\%$ по формуле $M = V^{\text{daf}} - 0,16y$, у.е., при $V^{\text{daf}} > 29\%$ по формуле $M = [(4V^{\text{daf}} - 91)/(y + 2,9) + 24]$, у.е., где y – толщина пластического слоя угля при спекании, мм (для неспекающихся углей $y = 0$).

В остальных случаях с глубины, определяемой данными табл. 10.2, осуществляется прогноз выбросоопасности шахтопластов.

Таблица 10.2 – Характеристики шахтопластов, определяющие отнесение их к выбросоопасным или неопасным, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности

Выход летучих веществ V^{daf} , %	Предельные значения комплексного показателя степени метаморфизма, M , у.е.	Критическая природная газоносность, $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$	Критическая глубина разработки, м
Более 29	26,3-27	8 9	400 380
	24,5-26,2		
	23,7-27,6		
9-29	17,6-23,6	11 12 13	320 270 230
	13,5-17,5		
	$\leq 13,4$		
Менее 9		15	150

Прогноз выбросоопасности участка шахтопласта в месте вскрытия его полевой выработкой

Способ осуществляется 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 ΔJ .

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 регламентированы соответствующими Руководствами по применению на шахтах Донбасса акустических способов контроля состояния призабойной части выбросоопасного пласта по параметрам акустического сигнала и 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.

10.4 Организация работ по борьбе с газодинамическими явлениями

Техническую политику и руководство работами по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа осуществляют: Министерство угля и энергетики, технические директора (главные инженера) государственных предприятий (компаний, шахтостроительных комбинатов и т. п).

Рассмотрение вопросов, не предусмотренных «Инструкцией...», осуществляет Центральная комиссия по борьбе с газодинамическими явлениями по представлению технического директора (главного инженера) и заключению МакНИИ [3,5].

Разрешение на ведение работ в соответствии с рекомендациями комиссии выдает Госгортехнадзор.

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, согласно приказу по шахте. Для выполнения локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа и сотрясательного взрывания 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, согласованный с МакНИИ.

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 нанесением геометрических параметров прогноза, способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа, контроля их эффективности и др. Служба (группа) прогноза шахты ежедневно 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.

Места и дату возникновения выбросов угля и газа наносят на планы горных работ и планшеты, используя обозначения (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).

10.5 Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам

Проведение выработок по выбросоопасным породам в незащищенных зонах осуществляют с применением прогноза их выбросоопасности и способов борьбы с выбросами [3,5].

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.

Перед вскрытием выбросоопасного песчаника или песчаника, выбросоопасность которого неизвестна, на глубине 600 м и более при подходе к нему с расстояния не менее 4 м необходимо осуществлять прогноз выбросоопасности.

Если прогноз выбросоопасности не производят или прогнозом установлено, что пласт песчаника выбросоопасный, то подход к нему с расстояния не менее 4 м, пересечение и отход от него на расстояние не менее 4 м при проведении выработки буровзрывным способом осуществляют в режиме сотрясательного взрывания.

Вскрытие выбросоопасного песчаника, мощностью 0,5 м и менее, на глубине более 600 м, производят сотрясательным взрыванием без предварительного прогнозирования выбросоопасности и без применения противовыбросных мероприятий.

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 менее 4 м, средней степени выбросоопасности - менее 3 м и низкой степени выбросоопасности - менее 2 м.

В неопасных зонах, установленных прогнозом, проведение выработок может осуществляться без применения противовыбросных мероприятий, а взрывные работы - в режиме, предусмотренном для газовых шахт. Проведение выработок по выбросоопасным породам без применения

способов борьбы с выбросами производится при опережающей отработке защитного угольного пласта.

При проведении выработок в выбросоопасных породах следует применять шпуров, длиной 1,6-1,8 м. При проходке вертикальных стволов буровзрывным способом по выбросоопасным породам допускается длина шпуров не более 4,5 м.

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

Выбросоопасность пород прогнозируется по данным разведочного бурения с поверхности или из горных выработок. Прогнозирование осуществляют по делению кернов на диски и наличию в кернах кольцевых трещин, комплексному показателю «В», величине эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) и акустическим методом (применяется только при проведении выработок).

Прогноз по данным разведочного бурения с поверхности дает возможность 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 на основании анализа кернового материала, полученного при бурении скважин, диаметром 59-76 мм в направлении подвигания забоя, или по величине ЭПЭ.

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.

Определение выбросоопасности пластов песчаников комплексному показателю «В» ведут в следующем порядке.

I этап. Осуществляют визуальный осмотр кернового материала с глубины свыше 600 м, описывают структурно-текстурные особенности песчаников, на основании чего их разделяют по зернистости и слоистости на генетические типы, выделяют более светлые (темные) слои, особое внимание обращают на наличие и регистрацию выпукло-вогнутых дисков и характер кольцевых трещин.

II этап. Производят отбор проб песчаника: в местах разделения кернов на диски или наличия кольцевых трещин (выбросоопасный слой); в этом же пласте песчаника, но в невыбросоопасном слое (или в ближайшем пласте песчаника), который характеризуется, во-первых отсутствием дисков или кольцевых трещин, во-вторых более темным цветом.

Пробы не отбирают и песчаники на глубинах 600 м и более относят к невыбросоопасным на участках детальной разведки и доразведки углей марок Д, Т, А, а также части марки Г со значениями показателя отражения R_0 менее 0,75 у.е. и содержания углерода С менее 84%.

III этап. При наличии в керне песчаника дисков (кольцевых трещин) по пробам, отобраным в выбросоопасном и невыбросоопасном слоях, определяют по стандартным методикам: временное сопротивление растяжению по методу раскалывания кернов, пористость общую или

эффективную, содержание цемента, кварца обломочного и кварца регенерированного; размеры зерен породообразующих материалов.

IV этап. Сопоставляют величины показателей, характеризующих свойства песчаников выбросоопасного и невыбросоопасного пластов (слоев). Пласт песчаника, в котором обнаружено разделение керна на диски (наличие кольцевых трещин), относят к выбросоопасным, если при выполнении экспериментальных работ, предусмотренных III этапом, будет установлено отличие физико-механических и петролого-минералогических свойств песчаников различных слоев, при котором: временное сопротивление растяжению песчаника выбросоопасного слоя в 1,5-2 раза ниже временного сопротивления растяжению песчаника невыбросоопасного слоя; пористость песчаника выбросоопасного слоя в 1,5-2 раза выше пористости песчаника невыбросоопасного слоя того же пласта; процентное содержание кварца в песчаниках выбросоопасных слоев в 1,3-1,5 раза больше, процентное содержание цемента в 2-3 раза меньше, а размеры зерен породообразующих минералов примерно в 2 раза больше, чем в песчаниках невыбросоопасных слоев одного и того же выбросоопасного пласта.

Отсутствие выбросоопасности у песчаников, в кернах которых не обнаружены диски (кольцевые трещины), дополнительно контролируется путем сопоставления с табличными показателями выбросоопасности.

Комплексный критерий выбросоопасности «В» определяют как среднеарифметическое критериев выбросоопасности для двух групп показателей. Слои песчаников, характеризующиеся величинами «В» в пределах 0,8-1,0, относят к высокой степени выбросоопасности. При величине В, равной 0,6-0,8 и 0,4-0,6, песчаники относят соответственно к средней и низкой степени выбросоопасности. Критерий «В», меньший 0,4, указывает, что слои песчаников являются невыбросоопасными. Выбросоопасность песчаников в интервалах, где керн разделился на диски, соответствует критерию «В», равному 0,8-1,0, в интервалах развития кольцевых трещин - 0,6-0,8.

Прогноз выбросоопасности пород по эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) осуществляют по данным разведочного бурения с поверхности или из горных выработок. Длина и диаметр скважин не ограничиваются.

Определение выбросоопасности песчаника ведут в следующем порядке:

I этап. Производят отбор проб песчаника: в скважинах, пробуренных вкрест простирания, с каждого метра или с каждого слоя, если мощность его менее 1 м; в скважинах, пробуренных по простиранию через 2,5 м. Пробы отбирают в виде части керна, длиной не менее 200 мм. При делении кернов на диски отбирают несколько дисков, общей длиной не менее 200 мм.

II этап. Из каждой отобранной пробы изготавливают не менее трех образцов для определения величины эффективной поверхностной энергии по стандартной методике - модуль упругости.

III этап. Для каждой пары смежных проб определяют фактический перепад поверхностной энергии по отношению величин ЭПЭ дальнего слоя к ближнему относительно забоя выработки.

$$n_{кр} = \left(\frac{20\sqrt{E_2\Gamma_2}}{\gamma H} \right)^2.$$

Песчаник считают выбросоопасным, если величина фактического перепада $n = \Gamma_2/\Gamma_1$ больше рассчитанного по формуле критического значения, а фактическая (измеренная) эффективная поверхностная энергия больше ее критического значения

$$\Gamma_{факт} \succ \Gamma_{кр} = 10^{-3} n^2 \gamma H, \text{ кгс} / \text{см}^2,$$

где Γ_1 и Γ_2 - ЭПЭ ближнего и дальнего слоя соответственно; E_2 - модуль упругости дальнего слоя, кгс/см².

Для проведения акустического прогноза применяют звукоулавливающую аппаратуру типа ЗУА и низкочастотные анализаторы спектров типа С4-48. Сейсмоприемник помещают в шпур, диаметром 42 мм, который бурят на расстоянии 15-50 м в бок выработки в выбросоопасном слое песчаника на глубину не менее 1 м, жестко расклинивают и герметизируют.

До начала ведения прогноза на пласте песчаника проводят разведочные наблюдения. Для этого по оси будущей выработки в выбросоопасном слое

песчаника бурят разовую керновую скважину и проводят оценку выбросоопасности песчаника по делению кернов на диски.

При проведении выработки комбайном в разведанной зоне породного массива определяют среднее значение отношения амплитуд в невыбросоопасной зоне. Оценка выбросоопасности пород производят по критерию, представляющему собой отношение K_n текущих значений амплитуд акустического сигнала, определенных на частотах 2000 и 300 Гц в прогнозируемой зоне K_i , к среднему значению отношения амплитуд акустического сигнала на этих же частотах в неопасных зонах K_n . Прогноз «опасно» меняют на «неопасно» при снижении значений критерия прогноза до величины $K_n < 1$ и подвиганием забоя выработки на 2 м.

10.6 Сотрясательное взрывание

Впервые сотрясательное взрывание, в целях провоцирования выброса угля и газа, применили в 1890 г. во Франции, в отечественной практике – в 1917 г. на 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 [3,5].

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 шпуры (скважины) 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 Госгортехнадзора - в специально выделенные междусменные 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 особо выбросоопасных 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 непридохрнительных 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. 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 взрывных работ на шахтах опасных по газу [3,4].

ГЛАВА XI

ОБРУШЕНИЯ И ОБВАЛЫ ГОРНЫХ ПОРОД. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ И ЗАГАЗИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

11.1 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 со 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 [1,3].

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 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 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 [3].

11.2 Прорыв воды, глины и пульпы

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 пльвунов, карстовых вод и др. Одним из источников затопления выработок являются 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.

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 любых 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 ширины барьерных целиков, границ безопасного ведения горных работ и размеров предохранительных целиков должно производиться в специальных проектах в соответствии с требованиями действующих инструктивных материалов.

Возможность безопасной выемки угля под водотоками, водоемами, водоносными горизонтами и обводненными зонами определяется в

соответствии с 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.

Заиленные участки, в которых обнаружена вода или пульпа, приравниваются к затопленным выработкам.

11.3 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 [2,3].

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.

Указанные аварийные загазирования ликвидируются, как правило, силами шахты в соответствии с Инструкцией по разгазированию горных

выработок, учету и предупреждению загазований. 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 загазованных выработок с целью спасения и вывода людей и обеспечения дежурства в необходимых местах и разгазирования горных выработок в соответствии со специальными разработанными мероприятиями [2].

В соответствии с Типовыми указаниями по ликвидации последствий аварийных ситуаций, к загазованию по определенным показателям относится проникновение в горные выработки сильнодействующих ядовитых веществ.

Аварийное 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 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 [1,2].

ГЛАВА XII

ПОДГОТОВКА ШАХТЫ К ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

12.1 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 [1,3].

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 предаварийных 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 (рис. 12.1).

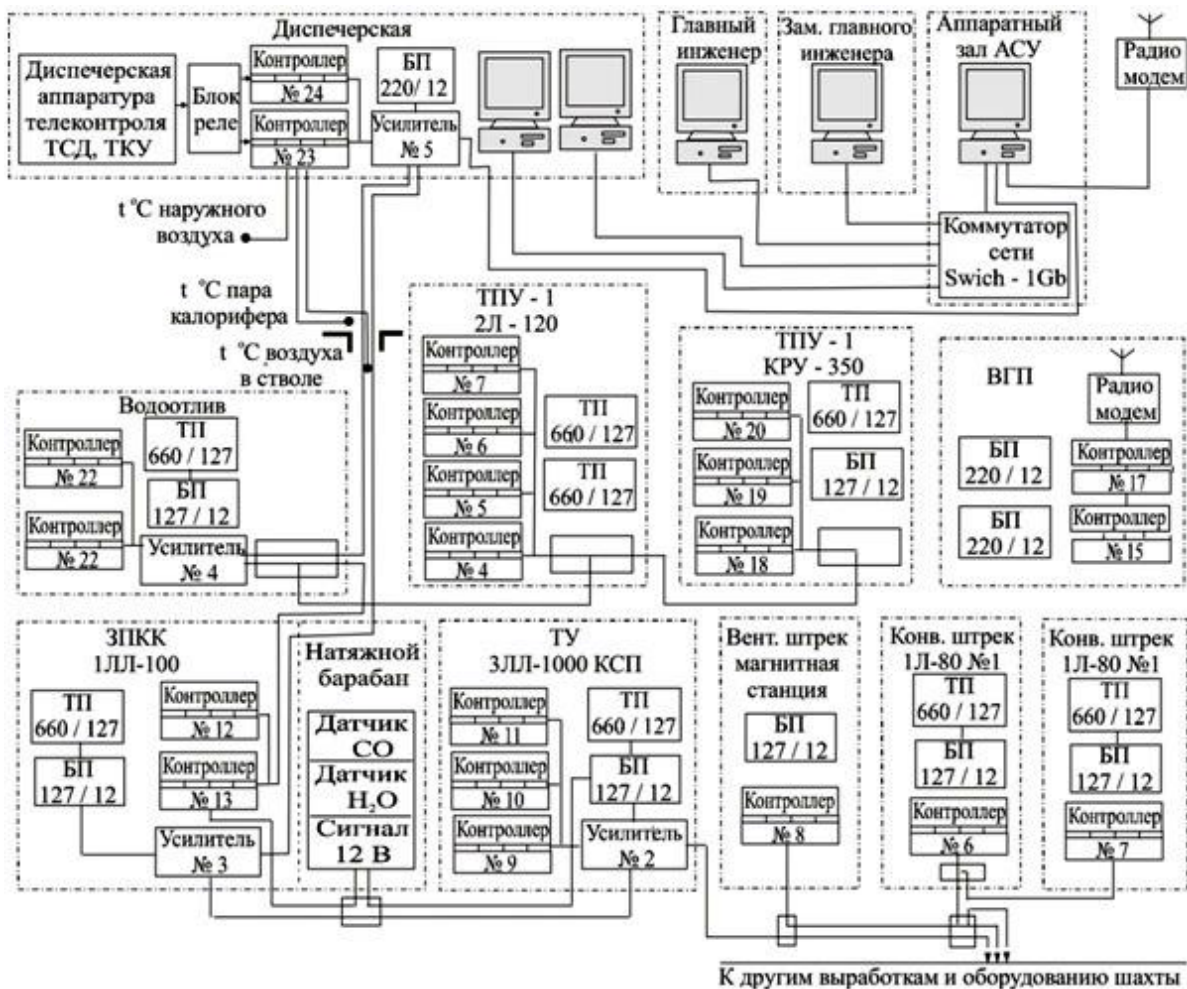


Рисунок 12.1 – Структурная схема системы УТАС

Система УТАС состоит из следующих подсистем:

- 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.

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 горно-шахтного оборудования достигается ежесменным (ежесуточным) профилактическим их осмотром, планово-предупредитель-

ным 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.

12.2 План ликвидации аварий в шахте

Аварии на угольных предприятиях – пожары, взрывы, внезапные выбросы угля, породы и газа, прорывы воды (пульпы) и затопления, горные удары, обрушения угля (породы).

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 [1].

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 [2].

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 [3].

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:

- а) схема вентиляции шахты (рис. 12.2);

б) 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);

с) планы горных работ по пластам или горизонтам (на планах дополнительно указывается направление движения воздуха, места установки телефонов и их номера);

д) 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. В случае не внесения необходимых изменений или обнаружения несоответствия плана действительному положению в шахте командир ВГСО имеет право несогласовать план ликвидации аварий, а командир взвода – отдельные его позиции. 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.

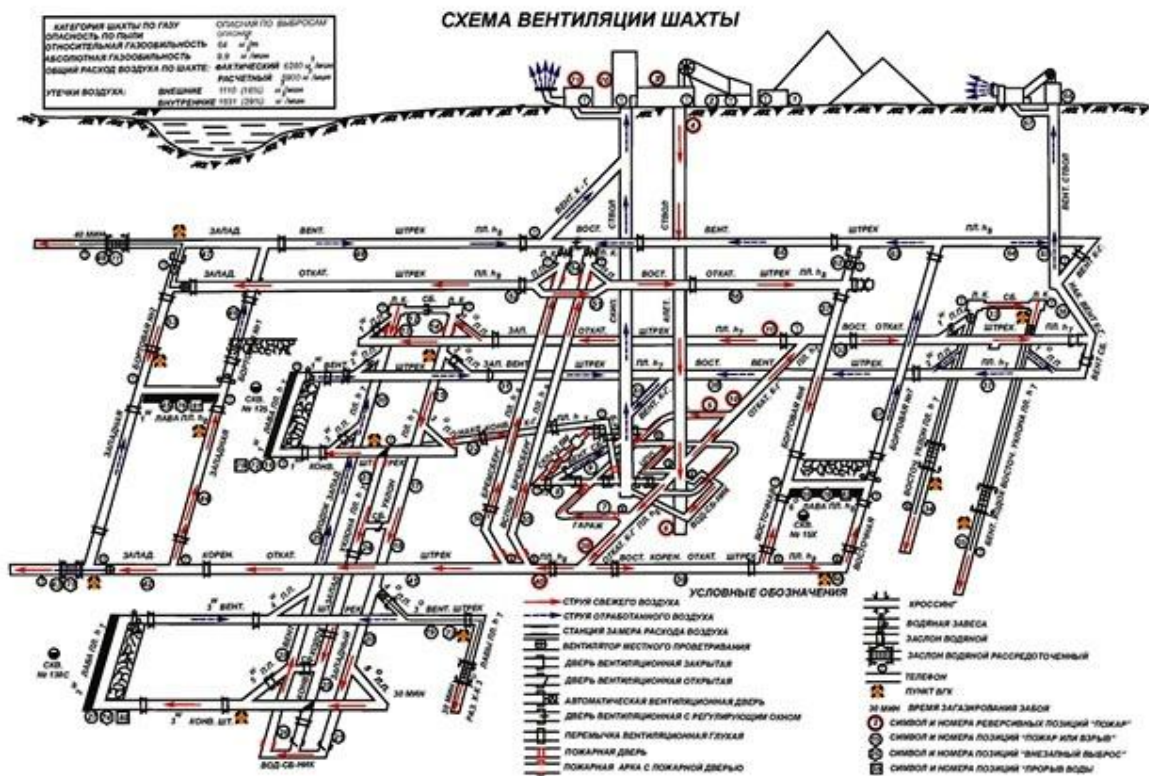


Рисунок 12.2 – Схема вентиляции шахты к плану ликвидации аварий

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.

Текстовое содержание позиций составляют (разрабатывают) и оформляют по специальной форме в виде «таблиц» (табл. 12.1).

Таблица 12.1 – Позиция 25: 1^W конвейерный штрек 1^W лавы пл. h₇ от 3^W приемной площадки, 1^W лава, 1^W вентиляционный штрек до 2^W 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 на 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^W 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^W конв. штреку для тушения пожара со стороны свежей струи.</p> <p>7. Обеспечить подачу воды на 1^W конв. и 1^W вент. штреки.</p> <p>8.1 Включить водяную завесу на 1^W 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 Нач. УШТ Маш. электровоз <u>Главн. инженер</u> Диспетчер, ком. ШГС, чл. ВГК</p> <p><u>Главн. механик</u> Деж. водоотлива Главн. механик Деж. слесарь <u>Нач. УШТ</u> Маш. электровоз</p> <p><u>Главн. механик</u> Маш. компрес. ст. <u>Главный инженер</u> Ком. взвода</p>	<p>При пожаре вывести людей:</p> <p>- находящихся за очагом пожара в 1^W конв. штреке на участке от 3^W пр. пл. до лавы, 1^W лаве, 1^W вент штреке по 2^W пр. пл., вент. ходку, 1^W 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^W конв. штреке на участке от 3^W пр. пл. до лавы. 1^W лаве, 1^W вент штреке по 2^W пр. пл., ходку запад уклону. 1^W пр. пл., зап. откат. штреку, откат. кв-гу на пл к клетевому стволу.</p> <p>- находящихся в 1^W вент. штреке на участке от 2^W пр. пл. до 2⁰ пр. пл., по 2⁰ 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^W и 2⁰ 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. При взрыве вывести всех людей из шахты к клетевому стволу и на поверхность.</p>	<p>Направить в шахту отделения ГВГСС</p> <p>1-е отделение по клет. стволу, откат. кв-гу, зап. откат штреку. 1^W пр. пл. вент. ходку, 2^W пр. пл. за 1^W вент штрек, 1^W лаву, 1^W 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. 1⁰ пр. пл. зап. уклону, 3⁰ пр. пл кв за 1^W конв. штрек, 1^W лаву, 1^W 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, 1⁰ пр. пл, зап. уклону, 2⁰ пр. пл-ке для обследования 1^W вент штрека до 2^W 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, 1⁰ пр. пл. зап. уклону, 2⁰ пр. пл-ке для обследования зап. вент. штрека, вент. кв-га и вывода людей на свежую струю и на поверхность.</p> <p>Последующие отделения наплавливаются по усмотрению руководителя работ по ликвидации аварии.</p>

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 составляет одна общая позиция;

- аварийные ситуации – для каждой аварийной ситуации составляет 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 главного проветривания (ВГП).

Применяют следующие аварийные вентиляционные режимы проветривания:

- нормальный, предусматривающий нормальную работу ВГП с сохранением или увеличением подачи воздуха в шахту;

- 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° лава пласта h^8 – пожар или взрыв, см. рисунок 12.2). 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. 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 12.2) 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 12.2) следует реверсировать неаварийные вентиляторы шахты, после чего аварийный вентилятор остановить, закрыть канал вентилятора шибером и открыть шлюзовые двери в надшахтном здании.

При нагнетательном способе проветривания 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 уменьшения расхода воздуха, закорачивания или реверсирования 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 12.2). 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 12.2). 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 12.2). Это достигается путем

открытия вентиляционных дверей за очагом пожара на смежных с аварийным участком 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^w лавы – пожар (см. рисунок 12.2) 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 (загазировании, затоплении и т. п.) выхода из тупиковой выработки - эта выработка.

Все остальные выработки шахты относят к неопасным.

12.3 Средства защиты органов дыхания горняков

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, отдышка, учащенный пульс, потеря сознания, судороги, 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 15% приводит к кислородному голоданию клеток головного мозга - аноксии. При этом дыхание и пульс учащаются, а главное - снижается способность мышления. При содержании кислорода 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 воздухо-снабжения «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.

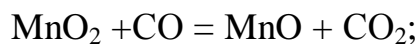
6) Воздушно-баллонные специализированные аппараты МБА, «Украина-2», «Юнга», АСВ-2, АИР-324, АИР-317, предназначенные для ведения аварийно-спасательных работ в специфичных условиях (под водой, пожарными на поверхности, зонах локального химического заражения и т. п.).

Шахтные самоспасатели

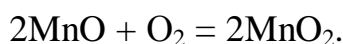
По принципу действия и области применения шахтные самоспасатели подразделяются на два принципиально различных класса: фильтрующие (типа СПП-2) и изолирующие (ШСС-1, ШСМ-30, ШСТ-50, С-50, ОХУ-К906).

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 должна 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 CO до безвредного диоксида углерода CO₂. Химическая реакция происходит в предварительно осушенном воздухе в гопкалитовом слое, представляющем смесь MnO₂ (60%) и катализатора CO (40%) по следующей схеме:



- при непрерывном доокислении MnO обратно до MnO₂:



Поэтому срок защитного действия самоспасателя (45 мин) определяется не гопкалитовым 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 Донбасса было запрещено. Однако на шахтах других угледобывающих регионов 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 категорий при любых видах аварий.

Шахты оснащаются преимущественно самоспасателями ШСС-1 (ШСС-1П) и малогабаритным самоспасателем ШСМ-30.

Самоспасатель ШСС-1 является основным и предназначен для ношение 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 и передвижения от места работы на свежую струю или к месту расположения пункта переключения в резервные самоспасатели.

Самоспасатель ШСС-1 (рис. 12.3), техническая характеристика которого представлена в таблице 12.2, 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 с избыточным клапаном 5 и гофрированный шланг 6 с загубником 7 и носовым зажимом 8.

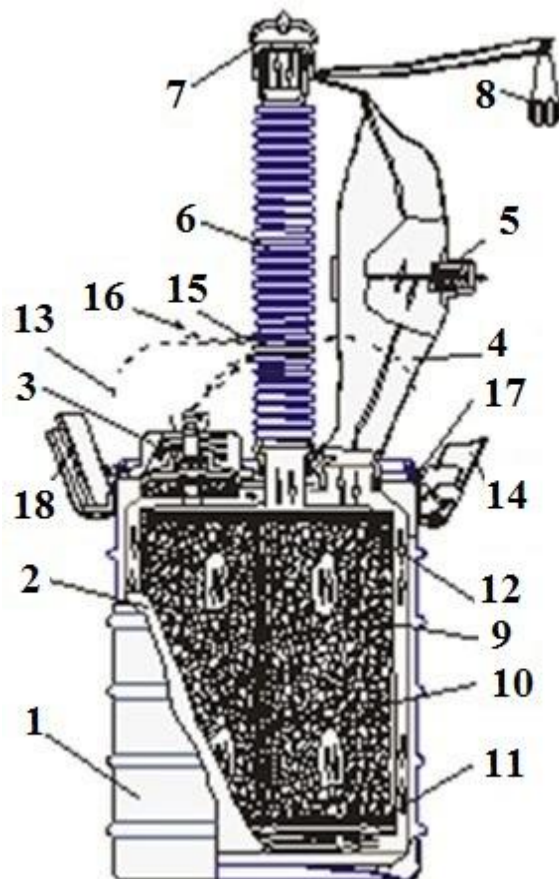


Рисунок 12.3 – Шахтный изолирующий самоспасатель ШСС-1

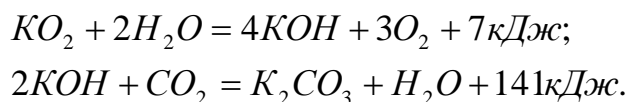
Регенеративный патрон заполнен гранулированным кислородо-содержащим продуктом 9 (продукт ОКЧ-2, основой которого является надперекись калия K_2O), рассредоточенным с целью уменьшения спекания секционным теплораспределителем 10. Снизу продукт поджат пружинами с помощью поджимной перегородки 11, сверху ограничен пыле-задерживающим 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 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 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.

Таблица 12.2 – Техническая характеристика самоспасателя ШСС-1

Срок защитного действия, мин:	50
- при передвижении по горным выработкам	до 300
- при отсиживании	
Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более	60
Масса, кг, не более	3,1
Размеры, мм	134x254
Срок службы, год	3

Самоспасатель ШСМ-30 (рис. 12.4), техническая характеристика которого представлена в таблице 12.3, 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 тепло-распределителем 9. Со стороны загубника расположены пыле-задерживающий 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.

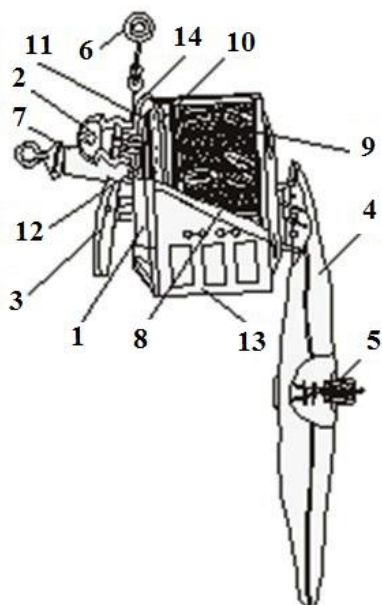


Рисунок 12.4 – Шахтный изолирующий малогабаритный самоспасатель ШСМ-30

В нерабочем состоянии самоспасатель находится в герметичном футляре из двух половинок, снабженным быстро вскрываемым замком и кольцами для крепления к поясному ремню.

Принцип регенерации и циркуляции воздуха в регенеративном патроне аналогичны как в самоспасателе ШСС-1.

Таблица 12.3 – 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 оформляются 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 [3,4].

12.4 Организация и действия горноспасательной службы в угольной промышленности

На созданную в ДНР Государственную военизированную горноспасательную службу возложены обязанности по обслуживанию всех угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий угольной промышленности независимо от форм собственности [2].

Деятельность ГВГСС регламентируется законами ДНР, нормативными актами Министерства угля и энергетики, 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 догоспитальном 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.

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.

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 ВГСЧ 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 быстрее 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 ГВГСС, 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 ГВГСС.

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.

ГЛАВА XIII

АВАРИЙНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

13.1 Сохранение существующего режима вентиляции шахты

Нормальный режим проветривания шахты, как правило, сохраняется при пожарах в пределах выемочных участков, во всех выработках с отработанным вентиляционным потоком, при взрывах пыле-метановых смесей, при внезапных выбросах угля и газа [3,4].

Главные преимущества нормального режима проветривания шахты – сохранение обычного для людей направления движения воздуха, на протяжении всего периода их эвакуации из шахты, и постоянные расходы воздуха в выемочных участках (на газовых шахтах). Кроме того, горноспасатели, пользуясь шахтным транспортом, сокращают затраты времени на движение к месту аварии.

К недостаткам этого режима проветривания можно отнести заполнение всех выработок за очагом пожара (по ходу вентиляционного потока) дымом и пожарными газами, которые усложняют выход людей в выработки со свежим воздухом. При пожарах в наклонных выработках возможно опрокидывание вентиляционного потока под действием тепловой депрессии пожара.

13.2 Общешахтное реверсирование вентиляции

Общешахтное реверсирование вентиляции – это изменение направления движения воздуха во всех выработках шахты. В планах ликвидации аварий общешахтное реверсирование вентиляции предполагается при пожарах в надшахтных сооружениях воздухоподающих стволов, в стволах, по которым идет «свежий» воздух с поверхности земли, околоствольных «дворах» для предупреждения заполнения вентиляционной сети продуктами горения (отравляющими газообразными веществами). Основное назначение этого режима вентиляции – обеспечить эвакуацию людей из шахты по выработкам

со свежим воздухом. Решение об общешахтном реверсировании вентиляции при пожаре в других выработках (расширение зоны реверсирования), принимается после изучения условий выхода людей из зоны распространения пожарных газов в выработку со свежим воздухом. Причинами для расширения зоны реверсирования можно считать: невозможность обеспечения устойчивого проветривания при пожаре в наклонной выработке и недостаток времени защитного действия самоспасателя, для выхода людей из загазованных выработок в выработки с «чистым» воздухом. В некоторых случаях зона реверсирования расширяется, если горноспасатели не успевают обследовать аварийный участок за время регламентного действия респиратора.

На шахтах Донбасса, в зону реверсирования вентиляции могут попадаться все воздухоподающие выработки, расположенные между поверхностью земли и выемочными участками. В отдельных случаях (длина выработок выемочных участков больше 1000 м) в зону общешахтного реверсирования включаются и конвейерные выработки выемочных участков.

При реверсировании вентиляции возникает опасность для людей, которые находятся, в нормальном режиме проветривания перед очагом пожара. Особенность ситуации заключается в том, что после реверсирования вентиляционного потока продукты горения уже могут содержать высокую концентрацию СО, ведь они возвращаются через очаг пожара. В нормальном режиме повышение содержания СО и дыма в воздухе происходит постепенно, поэтому люди ощущают запах гари и своевременно реагируют на это. После внезапного реверсирования человек может просто не успеть включиться в самоспасатель. Для потери сознания достаточно одного вдоха.

Для предупреждения таких случаев необходимо:

- не допускать задержки реверсирования вентиляционного потока;
- помнить о том, что перевод установки вентилятора в реверсивный режим осуществляется не мгновенно (ПБ допускает 10 минут, но в холодный период года, из-за обмерзания ляд и реверсивных устройств, эти требования могут быть не выполнены);
- предусматривать обязательное извещение людей, которые постоянно находятся в зоне реверсирования, о предстоящем реверсировании вентиляционного потока (кроме извещения по телефону, необходимо оборудовать звуковую и световую сигнализацию во всех выработках, которые входят в зону общешахтного реверсирования вентиляции);

➤ люди, которые находятся в зоне реверсирования, должны включаться в самоспасатели (стволовой – в респиратор) до реверсирования вентиляционного потока.

Основные недостатки общего реверсирования вентиляции шахты:

- увеличение внутренних утечек воздуха;
- сопротивление вентиляционных сооружений в реверсивном режиме уменьшается вследствие низкого качества реверсивных дверей;
- увеличение внешних утечек воздуха из вентиляционных каналов и через устье стволов, на которые установлены вентиляторы главного проветривания;
- повышение сопротивления каналов вентиляторной установки в реверсивном режиме работы;
- противодействие естественной тяги реверсивному режиму вентиляции (наиболее сложные условия возникают в холодный период года; на глубоких шахтах величина естественной тяги может достигать 100-150 даПа);
- на газовых шахтах, после возникновения пожара и реверсирование вентиляции, возникает опасность поступления повышенной концентрации метана в очаг пожара.

Основными причинами увеличения внешних утечек (подсосов) воздуха являются некачественная герметизация шлюзов надшахтного сооружения и самого здания, неплотности в герметизации дверей для навешивания скипов, отсутствие угольной (породной) «подушки» в бункерах копра, неплотное закрывание ляд в каналах из-за отложений угольной пыли и несовершенства конструкции вентиляторных установок. Наиболее распространенные нарушения герметизации ляд происходят из-за неправильности их монтажа, неправильного регулирования стопорных устройств, загрязненности каналов. Особое внимание нужно уделять состоянию ляды в канале резервного вентилятора. После переключения ляд обводные каналы вентиляторной установки попадают в «зону нагнетания». За счет повышенного давления эта ляда поднимается, а воздух идет в атмосферу по короткому пути.

При загрязнении основного участка канала, в месте установки отсекающей ляды (или шибера), последняя не полностью перекрывает сечение канала и в контуре с рабочим вентилятором возникает рециркуляция воздушного потока.

Величина потерь воздуха из-за внешних утечек (подсосов), после перехода вентиляции шахты в реверсивный режим проветривания, увеличивается в 1,5-8 раз. Аэродинамическое сопротивление путей движения

внешних истоков (подсосов) воздуха, при реверсировании, как правило, уменьшается. При установке вентиляторов главного проветривания (ВГП) на скиповых стволах уменьшается, в среднем, в семь раз, на вентиляционных – в четыре, а на вентиляционных шурфах и скважинах, не оборудованных подъемами, – в два. В отдельных случаях (из-за отсутствия стопорных устройств на лядах) сопротивление путей внешних утечек (подсосов) воздуха уменьшается в 14-62 раза.

В реверсивном режиме проветривания происходит перераспределение потерь депрессии вентилятора. В некоторых случаях, большая часть полной депрессии (до 90%), теряется на элементах установки вентилятора, со стороны всасывающей части вентилятора. Сопротивление каналов вентиляторов увеличивается, в среднем, в 3 раза. Это происходит за счет большей длины и меньшего сечения обводных каналов, а также за счет местных сопротивлений (повороты вентиляционной струи).

Большое влияние на проветривание горных выработок в реверсивном режиме оказывает состояние вентиляционных сооружений (двери, шлюзы). Аэродинамическое сопротивление шлюзов при реверсировании уменьшается до 20-кратного значения. В большинстве случаев (80 %), когда реверсивные двери исправные, сопротивления шлюзов уменьшается, в среднем, в 2,5 раза, величина утечек воздуха через них повышается, в среднем, на 30%.

На шахтах, глубиной более 500 м, направление действия естественной тяги, как правило, совпадает с направлением работы вентилятора главного проветривания. Ее влияние на режим проветривания зависит от глубины горных работ и температуры воздуха на поверхности земли. В холодный период года естественная тяга при реверсировании вентиляции противодействует работе ВГП на протяжении 15-120 мин. При этом ее основные изменения происходят в шахтных стволах, а в вентиляционных контурах выемочных полей и участков она почти не изменяется.

В зимнее время года, перед реверсированием, отключают калориферы и некоторое время в стволы идет холодный воздух с поверхности земли. Величина естественной тяги, которая действует в контурах шахтных стволов, за 10-15 минут до реверсирования может увеличиться в 3-4 раза.

Суммарное действие первых четырех факторов может привести к тому, что поступление воздуха в шахту уменьшится на 40-50%; в отдельных выемочных полях – на 50-60%, а в лавах – на 60-80%. В некоторых выработках возможна остановка вентиляционного потока или сохранение "нормального" направления движения воздуха (на пластах с крутыми пласта-

ми угля). Запаздывание реверсирования вентиляционного потока в отдаленных выработках шахты может достигать 10-30 мин.

На проветривание горных выработок в реверсивном режиме больше всего влияет увеличение величины внешних и внутренних утечек (подсосов) воздуха.

Необходимо также отметить, что при пожаре в наклонной выработке, с нисходящим проветриванием, и дальнейшем реверсировании, возникает угроза опрокидывания вентиляционных потоков в параллельных выработках и в выработках, которые примыкают к аварийному участку, за очагом пожара (по ходу вентиляционного потока). Таким образом, определять устойчивость вентиляционных потоков необходимо не только для нормальных условий, но и для реверсивного режима проветривания. Такая проверка не предусмотрена действующими Правилами безопасности.

Во время ликвидации аварии общешахтное реверсирование вентиляции может применяться для обеспечения активного гашения (локализации) пожара (с другой стороны очага горения) или для поиска и спасения пострадавших людей. Тем не менее, во многих случаях активная ликвидация пожара возможна только после восстановления «нормального» (того, что существовал до аварии) режима проветривания шахты [5].

13.3 Комбинированные режимы проветривания шахты

В планах ликвидации аварии такие режимы вентиляции предполагаются на шахтах с несколькими вентиляторами, при пожаре в стволе, по которому воздух выдается из шахты, в канале вентиляционной установки, в самом вентиляторе и в случае возникновения угрозы выхода вентилятора из строя. При этом необходимо соблюдать обязательную последовательность – сначала переводятся в реверсивный режим все вентиляционные установки, кроме аварийной, и только потом останавливается аварийный вентилятор.

В отдельных случаях, в ходе ликвидации аварии, применяется режим проветривания шахты, при котором объединяются нормальный и реверсивный режимы работы отдельных вентиляторов главного проветривания. Также возможны комбинации общего шахтного реверсирования с местными режимами вентиляции (местное реверсирование, закорачивание вентиляционного потока, повышение устойчивости вентиляционного потока).

13.4 Остановка вентиляторов главного проветривания

Иногда этот режим проветривания называют «нулевым». В ходе ликвидации аварий, применение этого режима проветривания возможно только на негазовых шахтах. При пожарах остановку вентиляторов главного проветривания можно применять только в условиях, когда отсутствует опасность опрокидывания вентиляционных потоков под влиянием тепловой депрессии, пожара или естественной тяги. На шахтах с несколькими промежуточными горизонтами внезапное опрокидывание вентиляционных потоков возможно (после остановки вентиляторов) летом на верхних горизонтах. В стволах с трубопроводами сжатого воздуха, опрокидывание нисходящего вентиляционного потока возможно независимо от времени года [5].

13.5 Местное реверсирование вентиляции

Местное реверсирование вентиляции – это изменение направления движения воздуха в отдельной выработке или группе выработок за счет изменения аэродинамических сопротивлений других выработок.

Местное реверсирование можно использовать для предотвращения распространения пламени и пожарных газов по выработкам, которые подают свежий воздух. Пожарные газы из аварийной выработки направляют в выработку с отработанным потоком воздуха по короткому пути.

В планах ликвидации аварий этот режим проветривания может предполагаться в тех случаях, когда невозможно обеспечить повышение устойчивости вентиляционного потока в наклонной выработке с нисходящим потоком. В ходе ликвидации пожара местное реверсирование может применяться для спасения людей или обеспечения подхода горноспасателей к очагу горения с другой стороны пожара.

Возможность осуществления местного реверсирования вентиляции связана с наличием в шахтной вентиляционной сети (ШВС) выработок-диагоналей. В общем случае, можно характеризовать диагонали как выработки, в которых направление движения воздуха изменяется на обратное, после изменения аэродинамического сопротивления некоторых других выработок.

В уклонных полях, которые подготовлены тремя наклонными выработками (из которых две расположены рядом), все участки средней выработки и сбойки между наклонными выработками являются диагоналями.

На шахтах с несколькими вентиляторами главного проветривания опрокидывание вентиляционного потока (в части шахты или отдельных выработках) возможно вследствие изменения режима работы отдельных вентиляторов [3,5].

13.6 Регулирование расходов воздуха в горных выработках

Увеличение расхода воздуха в наклонной выработке с нисходящим проветриванием повышает устойчивость ее проветривания при пожаре. В горизонтальной выработке это обеспечивает улучшение газовой обстановки в аварийном участке и ликвидирует конвективные потоки нагретых пожарных газов перед зоной горения.

Сокращение расходов воздуха в аварийной выработке (за счет повышения ее аэродинамического сопротивления) обеспечивает снижение активности горения и если пожар возник в наклонной выработке с восходящим потоком воздуха, то повышает устойчивость проветривания выработок, примыкающих к аварийной выработке.

Чаще всего в планах ликвидации аварий для регулирования предполагается использовать пожарные двери, установленные в начале и в конце наклонных выработок. Кроме того, повышение устойчивости проветривания возможно с помощью переносных парусных перемычек. Для этого предварительно (во время подготовки плана ликвидации аварии) определяют и обустраивают (устанавливают каркас, т.е. П-образную раму из досок) места установки таких перемычек. В соответствующей позиции плана ликвидации аварии предусматривают действия людей (члены ВГК шахты или горноспасатели), которые должны устанавливать перемычки или закрывать пожарные двери. Мероприятия, которые обеспечивают устойчивость, при пожарах в наклонных выработках предусматриваются как при составлении ПЛА, так и в ходе ликвидации аварии [4,5].

ГЛАВА XIV

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

14.1 Подготовка схемы вентиляции шахты к моделированию

Технология решения задач шахтной вентиляции с использованием ПЭВМ и программного комплекса «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» представляет собой соответствующую последовательность действий, начиная с подготовки входной информации [6].

На первом этапе нужно подготовить схему вентиляции к введению ее в компьютер. Особенность этой подготовки состоит в том, что схему вентиляции необходимо показать в виде последовательности связанных между собой ветвей и узлов, т.е. сетей.

Каждый узел сети моделирует соединение горных выработок. Он связывает между собой две или больше ветви-выработки или части выработок.

Кодирование схем вентиляции выполняется при подготовке шахты к депрессионной съемке. При этом каждому узлу-соединению и ветви-выработке на схеме вентиляции присваивают свой номер. Такая нумерация разрешает идентифицировать все выработки шахты или их части и показать их в виде элементов вентиляционной сети.

При подготовке схемы вентиляции шахты к вводу в компьютер, недопустимо ее упрощение, т.е. объединение нескольких узлов в один или замена нескольких ветвей одной с эквивалентным сопротивлением. Необходимость детализации вызвана тем, что при расчетах тепловой депрессии пожара и маршрутов движения людей учитывается угол наклона и геометрические характеристики каждой выработки. При упрощении схемы вентиляции возможны ошибки в построении зоны распространения пожарных газов и маршрутов движения людей, а также ошибки моделирования тепловых источников тяги (естественная тяга, тепловая депрессия пожара).

После кодирования схемы вентиляции необходимо нанести на нее координатную сетку. За начало координат принимается точка в левом верхнем углу листа бумаги. Рисуются две оси: верхняя – горизонтальная

(слева-направо) и левая – вертикальная (сверху-вниз). Шаг сетки – 50-100 мм. Вся схема вентиляции шахты должна быть расположена ниже горизонтальной и правее вертикальной оси координат.

Наличие координатной сетки облегчает определение координат всех узлов вентиляционной сети шахты и ускоряет «перенесение» схемы вентиляции с листа бумаги на экран монитора. Корректируя эти координаты, в базе данных компьютера, можно изменять расположения узлов и ветвей на экране монитора.

14.2 Моделирование основных элементов вентиляционной сети

Горные выработки и соединения. Совокупность горных выработок, их соединений и путей движения воздуха, составляют основу шахтной вентиляционной сети (ШВС). Схема ШВС на экране выглядит как совокупность ветвей и узлов. Однако, для того чтобы отличать изображение шахтной вентиляционной сети от схемы вентиляции, схемы вентиляционных соединений, на экране монитора используем понятие «ветвь-выработка» и «узел-соединение». Оно означает символическое изображение горной выработки в виде ветви на экране монитора, и в виртуальной модели шахтной вентиляционной сети [3,6].

Отдельной ветвью-выработкой на компьютерной схеме вентиляции считается пространство, расположенное между двумя ближайшими соединениями и двумя линиями, которые ограничивают границы выработки по сторонам. Компьютерное изображение горной выработки содержит изображение соединений горной выработки с другими выработками или «выход» горной выработки на поверхность земли. Эти места на экране монитора выглядят как небольшие круги (узлы). Изображение выработки на экране монитора имеет вид одной или двойной линии между двумя узлами-соединениями (рис. 14.1).

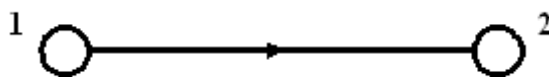


Рисунок 14.1 – Изображение ветви вентиляционной сети между двумя узлами

Необходимо, чтобы во время «рисования» выработки на экране монитора каждая ветвь-выработка или узел получали те же номера, что и на листе бумаги.

После введения схемы вентиляции в компьютер необходимо ввести информацию об аэродинамическом сопротивлении каждой ветви-выработки. Эта информация берется из материалов депрессионной съемки или рассчитывается в программе (с учетом коэффициента аэродинамического сопротивления).

Вентиляционные сооружения. Наличие (или появление) вентиляционного сооружения (двери, шлюз, перемычка) в горной выработке моделируется с помощью увеличения аэродинамического сопротивления ветви-выработки. Кроме этого, в программе необходимо указать к которому «типу» принадлежит соответствующая ветвь-выработка и «установить» специальный символ на изображении ветви-выработки. Величина сопротивления ветви-выработки с вентиляционным сооружением принимается по данным депрессионной съемки или по данным измерений специалистов шахты.

На рис. 14.2 показана схема моделирования кроссинга. Ветви-выработки 2-3 и 3-4 моделируют горные выработки, оборудованные шлюзами, а 2-4, соответственно, канал кроссинга. Так выглядит и схема вентиляционных соединений с обходной выработкой.

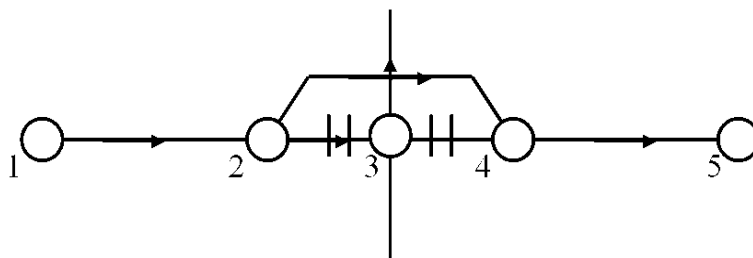


Рисунок 14.2 – Схема моделирования кроссинга (обходной выработки)

Внешние и внутренние утечки воздуха. Пути движения внешних и внутренних утечек-подсосов воздуха моделируют с помощью ветвей, но их изображение и информационное обеспечение отличается от ветвей-выработок. Так, если изображение ветви-выработки на экране можно показать в виде двойной линии (как на схеме вентиляции) или одной сплошной линией (как на схеме вентиляционных соединений), то ветви-утечки изображают только в виде штриховой линии (рис. 14.3).



Рисунок 14.3 – Изображение ветви вентиляционной сети, которая моделирует (отображает) движение воздуха через выработанное пространство

Ветви-утечки не «содержат» информацию о длине, площади сечения, скорости воздуха и другие «атрибуты» ветви-выработки.

Расход воздуха через вентиляционное сооружение имеет соответствующее название-идентификатор: внутренняя утечка (дверь), внешняя утечка (дверь). В этом случае к символу ветви (рис. 14.4) прибавляется символ вентиляционного сооружения.

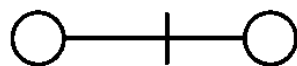


Рисунок 14.4 – Изображение ветви вентиляционной сети с вентиляционным сооружением

Движение воздуха от поверхности земли к каналу вентилятора через щели в стенах, окнах и шлюзах надшахтного здания, и устье ствола имеет название «подсос», если вентилятор главного проветривания работает в режиме всасывания воздуха. При работе вентилятора на нагнетание, движение воздуха из канала вентилятора на поверхность земли называется «утечки воздуха».

Ветвь, которая моделирует путь внешней утечки-подсоса воздуха, всегда имеет один узел, который моделирует поверхность земли (рис. 14.5). Все пути движения внешних утечек-подсосов воздуха, связанные с одной вентиляторной установкой (3-4), упрощенно можно представить в виде одной ветви 1-2. Эта ветвь заменяет собой все пути внешних утечек-подсосов. Она «связывает» поверхность земли и начальный узел ветви, которая моделирует канал вентилятора (2-3).

Внутренние утечки-подсосы воздуха можно поделить на две группы: утечки через вентиляционные сооружения в горных выработках (см. выше) и утечки через выработанное пространство. Утечки через выработанное пространство также делятся на две группы: местные и рассредоточенные.

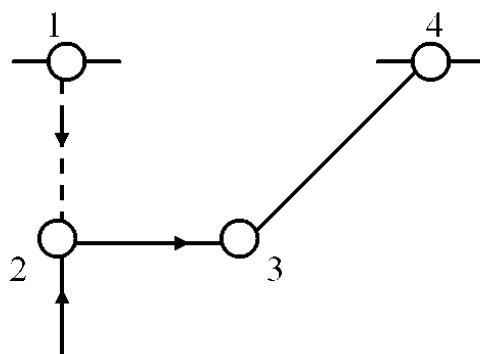


Рисунок 14.5 – Упрощенная схема моделирования путей внешних утечек-подсосов воздуха

Местные связаны с некоторым конкретным местом, например, местом соединения действующей выработки с выработкою, которая «погашена».

Распределенные утечки воздуха – это утечки по длине выработки, например, вдоль выработки, которая примыкает к выработанному пространству выемочного участка. В обоих случаях утечка моделируется одной ветвью, но сопротивление пути движения утечки (R_y) во втором случае определяется как фиктивное. Он характеризует суммарные утечки-подсосы воздуха вдоль какого-нибудь участка выработки. Например, фиктивное сопротивление ветви, которая моделирует утечки воздуха через выработанное пространство за лавой (рис. 14.6) можно определить с помощью формулы:

$$R_{в.л.} = h_l / \Sigma Q_y^2,$$

где h_l – депрессия лавы;

ΣQ_y – сумма утечек воздуха из транспортного штрека на вентиляционный.

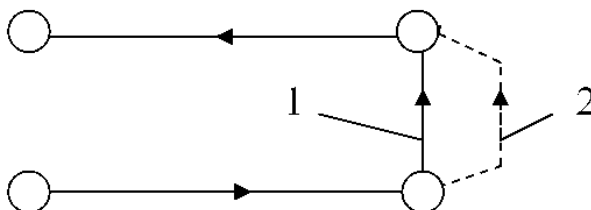


Рисунок 14.6 – Схема моделирования выемочного участка:

1 – ветвь-лава; 2 – ветвь-утечка

Моделирование выработанного пространства, само по себе, является отдельной научной задачей. В настоящее время отсутствует официально действующая методика моделирования выработанного пространства.

Моделирование вентиляции подготовительных выработок. Для моделирования вентиляции подготовительных выработок необходимо в шахтной вентиляционной сети разделить две дополнительные ветви. Первая – моделирует часть выработки от места, где находится вентилятор местного проветривания (ВМП) к началу тупиковой выработки. Выработка, которая подводит воздух к ВМП и связанная с началом тупиковой выработки, в модели разделена на две ветви: одна – от начала выработки к ВМП, а вторая – от ВМП до начала тупиковой выработки. Подготовительная выработка также моделируется двумя ветвями: одна – от начала до забоя, а вторая – забой тупиковой выработки. ВМП моделируется отдельной ветвью.

Утечки воздуха из нагнетательного трубопровода, в общем случае, тоже моделируются двумя ветвями. Схема моделирования, которая содержит ветвь ВМП и вентиляционный трубопровод приведена на рис. 14.7. На рис. 14.7(а) приведена схема проветривания тупиковой выработки, а на рис. 14.7(б) – схема моделирования местной вентиляции.

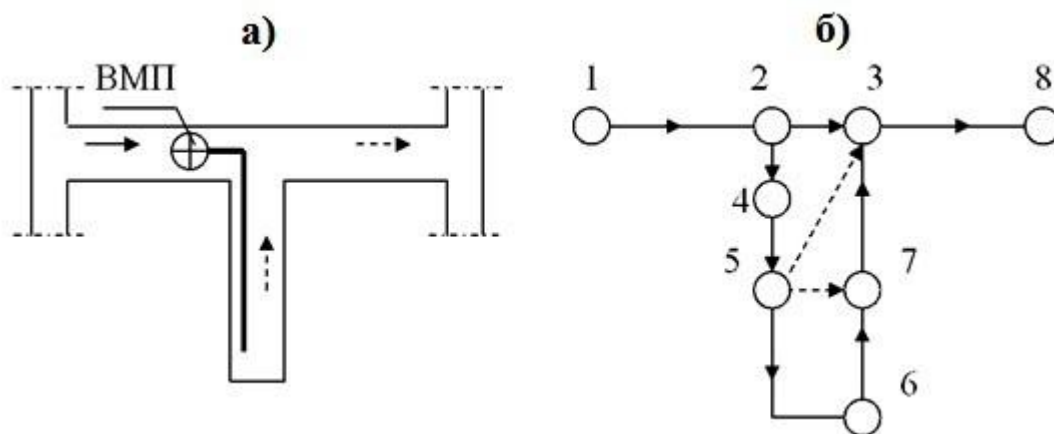


Рисунок 14.7 – Схема вентиляции и моделирование тупиковой выработки

На рис. 14.7(б) ветвь 1-2 моделирует участок выработки от начала (по ходу вентиляционного потока) к месту, где стоит ВМП. Ветвь 2-3 – часть выработки от места установки ВМП к соединению с тупиковой выработкой. Ветвь 2-4 – ВМП. Ветвь 4-5 – вентиляционный трубопровод от ВМП до начала тупиковой выработки. Ветвь 5-6 – вентиляционный трубопровод от начала до забоя тупиковой выработки. Ветвь 6-7 – забой тупиковой выработки (участок тупиковой выработки, длиной 20 м, от поверхности забоя). Ветвь 7-3 – тупиковая выработка. Ветвь 3-8 – выработка с отработанным воздухом из тупиковой выработки. Все утечки воздуха, которые рассредоточены по длине трубопровода, моделируются двумя ветвями. Первая (5-3) моделирует утечки из трубопровода на участке от

ВМП до начала тупиковой выработки. Вторая (5-7) – все утечки воздуха из трубопровода от начала выработки к забою.

Такая модель местного проветривания позволяет, с одной стороны, выделить режим проветривания забоя тупиковой выработки, а с другой – контролировать опасность появления рециркуляции на участке от ВМП до начала тупиковой выработки.

Моделирование вентиляторов. Вентилятор главного проветривания (ВМП) моделируется отдельной ветвью. Характеристику вентилятора, в большинстве случаев, описывает формула

$$h = A_v - b_v Q^2,$$

где h , Q – депрессия и подача вентилятора, соответственно;

A_v , b_v – коэффициенты характеристики вентилятора (рассчитываются по графику характеристики).

В программе «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» используется редактор вентиляторов, которой содержит модели большинства вентиляторов шахт (рис. 14.8).

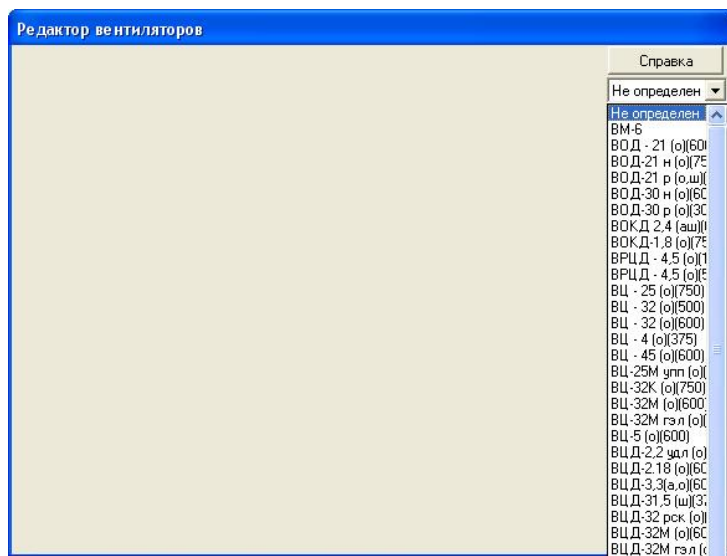


Рисунок 14.8 – Окно редактора вентиляторов

В окне вентилятора можно выбрать соответствующую рабочую характеристику и, при наличии вентиляционной сети, выполнить расчет режима работы вентилятора (рис. 14.9).

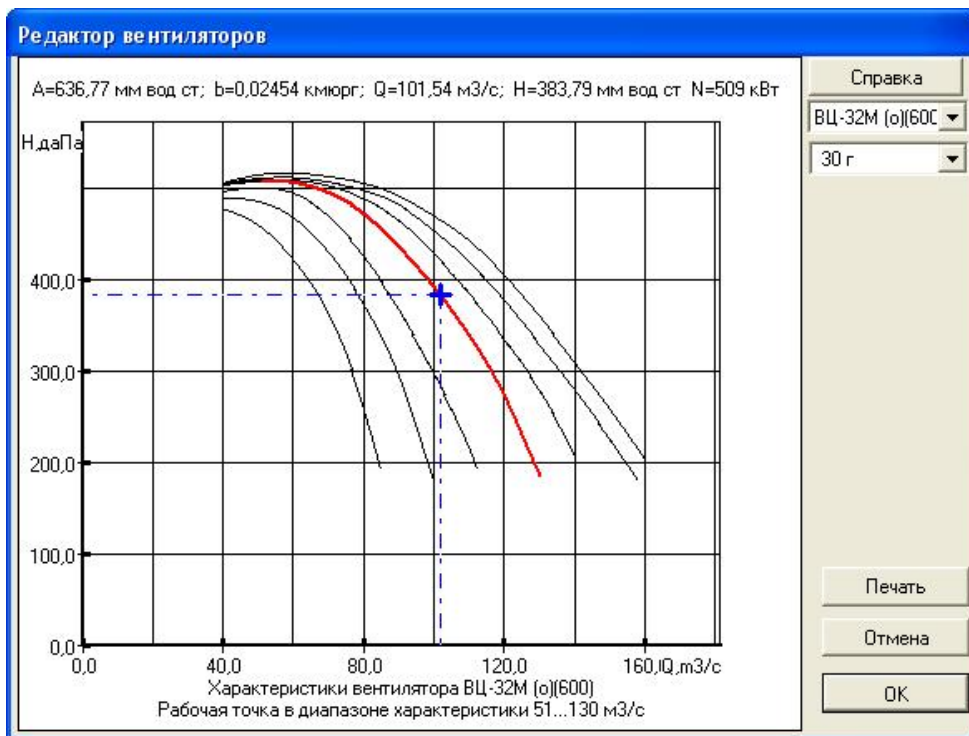


Рисунок 14.9 – Окно программы с рабочими характеристиками вентилятора ВЦ-32М

Моделирование естественной тяги. Естественную тягу моделируют точечными источниками тяги. Их величина рассчитывается для отдельных контуров шахтной вентиляционной сети, а характеристика имеет вид прямой линии, параллельной оси абсцисс. В шахтной вентиляционной сети можно отделить три группы выработок (рис. 14.10) с естественной тягой: стволы (h_{ec}), наклонные выработки выемочных полей (h_{en}) и выемочные участки (h_{ed}).

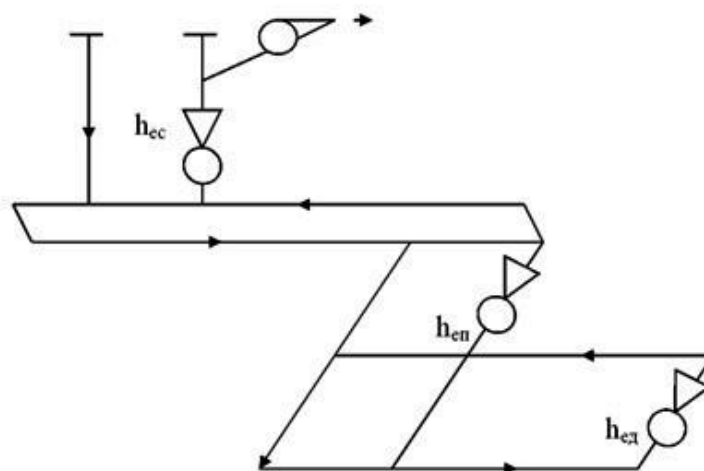


Рисунок 14.10 – Упрощенная схема шахты с естественной тягой в трех вентиляционных контурах

Естественная тяга формируется в вентиляционном контуре, который вмещает две наклонные или вертикальные выработки (рис. 14.11 (а), выработки 1-2 и 3-4).

Естественная тяга в вентиляционных контурах равняется разности давлений столбов воздуха в вертикальных и наклонных выработках (1-2 и 4-3).

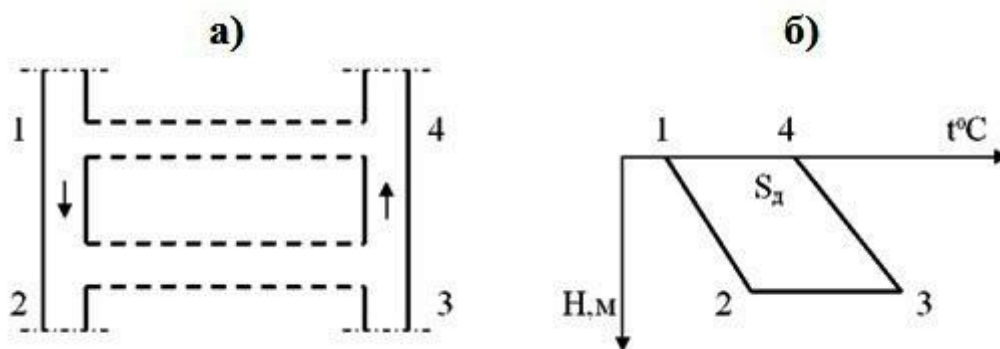


Рисунок 14.11 – Схема вентиляционного контура и расчетная диаграмма

Для определения величины естественной тяги используется термодинамический (метод О. Ф. Воропаева). Необходимо построить диаграмму (рис. 14.11(б)) с учетом масштаба в координатах: геодезическая высота (Н, м) – температура воздуха (t, °С). Депрессия естественной тяги определяется по формуле:

$$h_e = \frac{S_D}{T_u} \rho_{cp} g ,$$

где ρ_{cp} – средняя плотность воздуха в наклонных выработках;

S_D – площадь фигуры;

T_u – абсолютная температура в центре тяжести фигуры.

Температура воздуха в начале и в конце выработок определяется в шахте как средневзвешенная. Геодезическую высоту (Н) определяют, используя высотные отметки узлов 1, 2, 3, 4 на уровне балласта (подошвы) выработки.

В компьютерной модели «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» естественная тяга моделируется добавлением депрессии в ветвь-выработку. Для этого используется специальная вставка «Доп. депрессия» в окне каждой ветви (рис. 14.12). Дополнительная депрессия вводится в наклонную (вертикальную) выработку с восходящей струей воздуха, если в одной выработке - нисходящее, а в другой – восходящее проветривание.

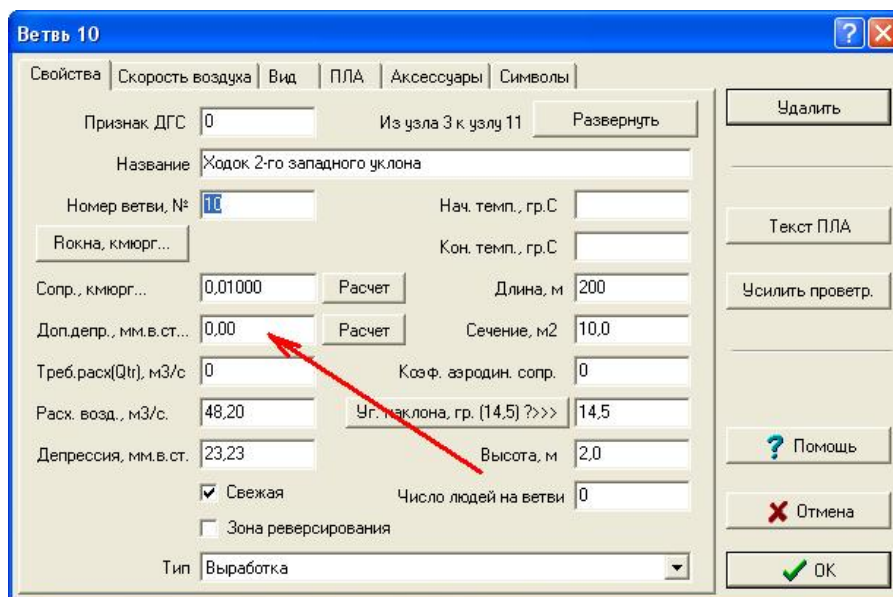


Рисунок 14.12 – Окно для введения величины депрессии естественной тяги в ВЕТВЬ

14.3 Подготовка данных для компьютерной модели шахтной вентиляционной сети

Для построения компьютерной модели шахтной вентиляционной сети достаточно схемы вентиляции, информации об аэродинамических сопротивлениях всех ветвей-выработок сети и данных о характеристиках вентиляторов главного проветривания. Аэродинамические сопротивления ветвей-выработок (R) рассчитывают на основании измерений депрессии (h) и расходов воздуха (Q) в выработках. Эти измерения и расчеты делают во время проведения депрессионных съемок [6].

Важным фактором, который не всегда учитывается, является возможность использования современного программного обеспечения для определения аэродинамических сопротивлений горных выработок. Так, в программном комплексе «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» предусмотрена возможность автоматизированного определения сопротивлений отдельных выработок по одному измеренному параметру. Например, если в каком-то вентиляционном контуре есть выработка, где измерена только депрессия или расход воздуха, то этой информации достаточно для автоматического расчета аэродинамического сопротивления ветви. Возможность таких расчетов

связана с использованием так называемых «фиксированных» депрессий и расходов воздуха (рис. 14.13).

Расчет сопротивлений по фиксированным значениям расхода и депрессии

Таблицы Отменить Закрыть **Расчет** Справка

Список всех ветвей сети

Номер	Начало	Конец	R, кПа	Qф, м ³ /с	Hф, мм вод.	Q(расчет)	H(расчет)	Погрешность, %
10	3	11	0,01003	28,00	0,00	28,00	7,86	
11	4	12	0,01000	0,00	0,00	26,14	6,83	
12	11	12	0,00100	0,00	0,00	2,45	0,01	
13	11	13	0,00800	0,00	0,00	25,55	5,22	
14	12	14	0,01000	0,00	0,00	22,85	5,22	
15	13	14	0,00100	0,00	0,00	2,72	0,01	
16	13	15	0,00800	0,00	0,00	18,40	2,71	
17	14	16	0,01000	0,00	0,00	19,65	3,86	
18	15	16	0,10010	0,00	0,00	3,41	1,16	
19	15	17	0,02000	0,00	0,00	14,99	4,50	
20	17	18	0,20000	0,00	0,00	14,99	44,95	
21	18	19	0,03000	0,00	0,00	14,99	6,74	

Рисунок 14.13 – Окно задачи расчета аэродинамического сопротивления ветви

Оптимальное количество выработок с неизвестной депрессией или расходом воздуха в одном вентиляционном контуре: одна неизвестная депрессия и один неизвестный расход воздуха. Т.е., если вентиляционный контур состоит только из двух ветвей (параллельное соединение), то достаточно ввести в компьютерную модель одной выработки только депрессию, а в другую – только расход воздуха.

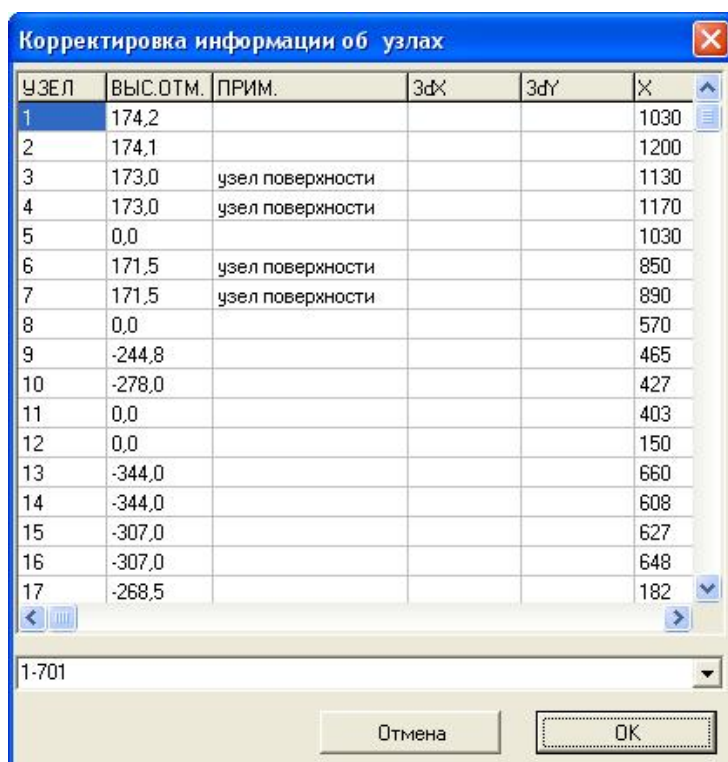
Если ветви-выработки входят одновременно в несколько вентиляционных контуров, то можно определять одновременно несколько неизвестных депрессий и расходов воздуха. Такие ветви-выработки выбирают в зависимости от сложности измерений. Депрессию измеряют в выработках, где сложно (или невозможно) измерить расход воздуха (утечки воздуха через запертые вентиляционные двери, перемычки, выработанное пространство), а с помощью расходов воздуха определяют сопротивление тех выработок, где сложно измерить депрессию (например, длинные выработки).

Для использования возможностей программного обеспечения по определению сопротивления ветвей, необходимо предварительно ввести в компьютер всю схему вентиляционной сети и активизировать модель вентилятора главного проветривания (выбрать вентилятор и соответст-

вующую рабочую характеристику). Далее вводятся известные аэродинамические сопротивления, т.е. посчитанные по измеренной депрессии и расходам воздуха. После этого вводятся депрессии ветви-выработки, где измерялась только депрессия, а также расходы воздуха у ветви-выработки, где измерялись только расходы. «Нажатие» одной виртуальной клавиши дает необходимый результат: аэродинамические сопротивления всех ветвей, где был измерен только один аэродинамический параметр (депрессия или расход воздуха).

Возможность определения сопротивления по одному измеренному параметру (депрессии или расхода воздуха) с помощью компьютерной модели базируется на свойстве вентиляционной сети формировать приведенные характеристики ветвей-выработок в неявной форме. Учитывая такую возможность, нужно еще на стадии подготовки к депрессивной съемке определить перечень выработок, где нужно измерять только депрессию, а где – только расход воздуха.

Ввод информации или ее корректировка в программе делается с помощью таблицы узлов (рис. 14.14) и таблицы ветвей (рис. 14.15) в меню «Правка».



УЗЕЛ	ВЫС.ОТМ.	ПРИМ.	ЗdX	ЗdY	X
1	174,2				1030
2	174,1				1200
3	173,0	узел поверхности			1130
4	173,0	узел поверхности			1170
5	0,0				1030
6	171,5	узел поверхности			850
7	171,5	узел поверхности			890
8	0,0				570
9	-244,8				465
10	-278,0				427
11	0,0				403
12	0,0				150
13	-344,0				660
14	-344,0				608
15	-307,0				627
16	-307,0				648
17	-268,5				182

Рисунок 14.14 – Изображение окна «таблица узлов»

Корректировка информации о ветвях

ВЕТВЬ	Н.УЗЕЛ	К.УЗЕЛ	НАЗВАНИЕ	СОПРОТ.	ДЛИНА	ПЛ.СЕЧ.	ДОП.ДЕПР.	ТЕМП
1	1	5	Ствол №2 (надшахтное здание - тр)	0,00078	200	25,70	0,00	
2	2	35	Ствол №3 (надш. здание - сб. на о	0,00067	200	23,70	0,00	
3	46	421	Ствол №1 (вент. сб. с эл. гаража г	0,00210	190	15,90	0,00	
4	57	425	Ствол №4 (канал вентилятора - вен	0,00009	195	38,50	0,00	
5	21	23	Груз. ветвь ствола №2 г200м (ств.	0,00008	15	15,40	0,00	
6	21	25	Пор. ветвь ствола №2 г200м (ств.	0,00296	30	11,50	0,00	
7	25	217	Машинное отделение ЦПП г.200	0,02449	40	11,00	0,00	
8	25	29	Пор. ветвь ствола №2 г200м (маш.	0,00120	40	11,80	0,00	
9	29	30	Отк. кв-г на пл.м5-1в г200м (пор. в	0,00281	40	10,70	0,00	
10	29	28	Отк. кв-г руддвора ств.№2 г200м (г	0,00138	30	9,70	0,00	0,00
11	26	28	Сб-ка с груз. ветви ств.№2 на отка	0,52222	15	11,00	0,00	0,00
12	28	27	Отк.кв-г руддвора ств.№2 г200м (г	0,00156	20	10,00	0,00	0,00
13	23	27	Груз. ветвь ствола №2 г200м (сб. с	0,00498	30	13,40	0,00	0,00
14	23	26	Сб-ка с груз. ветви ств.№2 на отка	0,27500	20	2,70	0,00	0,00
15	23	24	Сб. с груз. ветви ств.№2 на обк.кв.	0,03203	10	2,70	0,00	0,00
16	24	45	Ходок чистки зумпфа ств.№1 гор.2	79,00000	1	1,00	0,00	
17	45	46	Ствол №1 (ходок чистки зумпфа ст	0,00016	20	15,90	0,00	0,00
18	24	34	Сб. с груз. ветви ств.№2 на обк.кв.	0,00830	5	4,50	0,00	0,00
19	34	33	Обходной кв-г ств.№2 г200м (сб. с	0,00123	50	10,10	0,00	0,00
20	33	45	Вент. ход. на ств.№1 г.200м (запас	237,90000	5	5,00	0,00	
21	33	310	Обходной кв-г ств.№2 г200м (сб. с	0,00000	10	13,00	0,00	

Показать ветви
1-620

Отмена ОК

Рисунок 14.15 – Изображение окна «таблица ветвей»

Объем измерений на каждой шахте можно значительно сократить, если поддерживать базу данных для компьютерной модели ШВС и постоянно ее корректировать. В большинстве случаев достаточно только измерять депрессию новых вентиляционных сооружений и расход воздуха в новых выработках.

Использование программного обеспечения для обработки результатов шахтных измерений дает значительную экономию трудозатрат и уменьшает погрешность расчетов.

14.4 Моделирование распределения воздуха

Важным этапом подготовки модели ШВС к использованию, является моделирование «нормального» варианта распределения воздуха в шахте. Название «нормальный» означает, что на основании этого распределения воздуха и депрессии в компьютерной модели будут решаться все другие задачи вентиляции. Иначе говоря, «нормальный» вариант распределения воздуха должен отвечать тому, который был во время измерений в шахте [6].

Результаты моделирования распределения воздуха можно увидеть в виде таблицы (рис. 14.16) на экране монитора или в печатном виде.

Предварительный просмотр

100%

Расход воздуха

Шахта: Добропольская 2007 год

№ ветви, название	Нач. узел	Кон. узел	Расход, м³/с	Сопротивление, мм/рт.ст.	Давление, дПа
1. Ствол №2 (надшахтное здание - трубный)	1	5	79,77	0,00079	4,84
2. Ствол №3 (надш. здание - сб. на обх. кв.)	2	35	99,98	0,00067	6,88
3. Ствол №1 (вент. сб. с зал. гаража гор. 200м)	46	421	102,78	0,00210	22,19
4. Ствол №4 (канал вентилятора - вент. сб.)	57	425	-68,60	0,00009	0,43
5. Груз. ветвь ствола №2 г200м (ств. №2 -)	21	23	46,07	0,00008	0,17
6. Пор. ветвь ствола №2 г200м (ств. №4 -)	21	25	31,03	0,00296	2,85
7. Машинное отделение ЦПП г.200	25	217	-2,29	0,02449	0,13
8. Пор. ветвь ствола №2 г200м (маш. отд.)	25	29	33,32	0,00120	1,33
9. Отк. кв-г на пл. пб-1в г200м (пор. ветвь)	29	30	18,87	0,00281	1,00
10. Отк. кв-г руддвора ств. №2 г200м (сб. с	29	28	14,45	0,00136	0,29
11. Сб-ка с груз. ветви ств. №2 на откат. кв-г	26	28	2,09	0,52222	2,26
12. Отк. кв-г руддвора ств. №2 г200м. (сб. с	28	27	16,54	0,00156	0,43
13. Груз. ветвь ствола №2 г200м (сб. с груз.	23	27	30,81	0,00498	4,73
14. Сб-ка с груз. ветви ств. №2 на откат. кв-г	23	26	2,71	0,27500	2,02
15. Сб. с груз. ветви ств. №2 на обх. кв-г	23	74	17,55	0,03203	5,04
16. Ходок чистой зумффа ств. №1 гор. 200м	24	45	2,26	79,00000	404,35
17. Ствол №1 (ходок чистой зумффа ств.)	45	46	86,54	0,00016	1,20
18. Сб. с груз. ветви ств. №2 на обх. кв-г	24	34	10,29	0,00330	0,86
19. Обходной кв-г ств. №2 г200м (сб. с груз.	34	33	5,78	0,00123	0,04
20. Вент. ход. на ств. №1 г. 200м (баласной	33	45	1,30	237,90000	403,43
21. Обх. кв-г руддвора г200м. (сб. на ств.	33	219	4,48	0,00035	0,01
22. Конс. кв-г на пл. пб1в г. 200м. (сбойка	31	319	-1,08	0,06684	0,08
23. Вент. сбойка на ствол №1 (перед ств.)	41	46	16,24	0,00165	0,44
24. Отк. кв-г руддвора ств. №2 г200м (гр.	27	38	47,35	0,00054	1,21
25. Обх. кв-г ств. №2 г200м (сб. с груз.	34	36	4,50	0,00014	0,00
26. Звезд. №2в гараж г200м (обх. кв. - конс.	32	302	1,54	0,00035	0,00
27. Вент. сбойка на ствол №1 г. 200м (звезд.	44	43	0,96	10,00140	9,20
28. Камера ремонта вагонов	42	43	0,94	10,20000	8,94
29. Звезд. в гараж г200м №2 (кам. рем.	42	44	-1,14	0,20000	0,26
30. Гараж г200м	40	42	-0,21	54,77500	2,33
31. Вент. сбойка на ствол №1 (кам. рем.	43	41	1,89	110,00023	394,98
32. Вент. сбойка с гаража г200м на ств. №1	40	41	6,50	9,50400	401,58
33. Звезд. №1 в гараж г200м	38	40	6,29	0,06667	2,64
34. Сбойка с обх. кв-га ств. №2 г200м на	36	35	0,53	2,95000	0,66
35. Обходной кв-г ств. №2 г200м (обх. кв.	36	38	3,97	0,00062	0,01
36. Сбойка на ств. №1 г200м. с обх. кв.	219	1,30	237,80000	403,36	
37.	59	98	-36,32	0,00102	1,35
38. Ствол №3 (сб. на обх. кв-г ств. №2	35	61	100,41	0,00331	3,13
39. Сб. на ств. №1 (кам. рем. на пл. пб1в г. 200м)	30	31	6,17	39,00000	1,04

Стр. 1/14

Рисунок 14.16 – Изображение результатов моделирования

Понятие «нормальный» используется для сравнения с распределением воздуха в аварийных условиях. Первый этап моделирования нормального распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети связан, в первую очередь, с обеспечением соответствия режима проветривания горных выработок в реальной шахте и результатов моделирования ШВС с помощью компьютерной модели. Модель ШВС можно считать «работоспособной», если расход воздуха в горных выработках и ветвях-выработках отличаются не больше чем на 10 %.

В противном случае необходима проверка исходной информации об аэродинамических сопротивлениях горных выработок, а также соответствия схемы вентиляции шахты с компьютерной схемой-сетью. Проверку можно начинать от выемочных участков и, двигаясь по ходу (или против хода) вентиляционной струи в направлении стволов, сравнивать расход воздуха, полученный на модели с результатами измерений. При их расхождении (при условии, что схема-сеть соответствует схеме вентиляции шахты), необходимо провести корректирования аэродинамических сопротивлений ветвей в схеме ШВС. В это время необходимо обращать внимание на то, учитывалось ли действие естественной тяги при определении сопротивления отдельных ветвей-выработок.

Во время моделирования нормальных условий вентиляции и аварийных вентиляционных режимов нужно учитывать возможные погрешности модели. Одной из таких погрешностей может быть разная по величине реакция реальной сети и компьютерной модели на изменение сопротивления отдельных выработок. «Разная» реакция означает, что, например, при моделировании изменения сопротивления какой-то выработки, расход воздуха в приближенных к ней выработках изменится на 30 %, а такое же действие в реальных условиях шахты приведет к изменению только на 15 %. Этот эффект имеет название «затухание» возмущения вентиляционного потока в вентиляционных контурах. Итак, во время решения различных задач вентиляции с помощью компьютерной модели ШВС, нужно учитывать, что влияние отдельных факторов на распределение воздуха в реальных условиях будет меньшим, чем результаты, полученные с помощью модели.

ГЛАВА XV

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЖАРА В НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТКАХ

15.1 Методика моделирования тепловой депрессии пожара

Программный комплекс «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» позволяет моделировать отдельные последствия возникновения пожара в горных выработках шахты: зону распространения пожарных газов за очагом пожара и действие тепловой депрессии пожара в наклонных выработках. Кроме этого, определяется минимальное время опрокидывания вентиляционного потока, считая от момента возникновения пламени [6].

Ветвь-выработка, в которой моделируется пожар (рис. 15.1), окрашивается на экране монитора в красный цвет, а ветви-выработки, куда попадают пожарные газы без опрокидывания вентиляционного потока, изменяют свой цвет на желтый (в программе перечень этих выработок называется «Зона 1»).

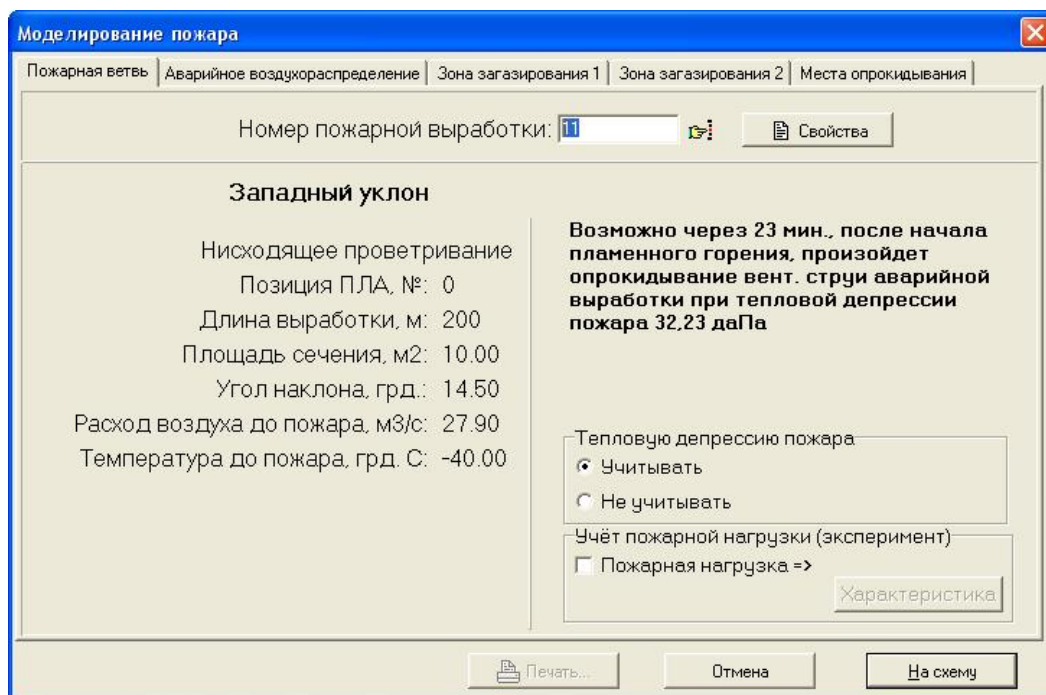


Рисунок 15.1 – Окно аварийной выработки в программе «IRS Вентиляция – ЭПЛА»

При моделировании пожара в наклонной выработке все ветви-выработки, в которые могут попасть пожарные газы после нарушения устойчивости проветривания изменяют свой цвет на голубой (зона 2). Таким образом, на экране монитора можно увидеть сразу две зоны распространения пожарных газов: первая – до опрокидывания вентиляционного потока, вторая – после нарушения устойчивости проветривания (если это нарушение происходит).

Для моделирования действия тепловой депрессии пожара необходимо ввести (с помощью клавиатуры компьютера или автоматически) в ветвь-выработку дополнительной депрессии число, которое определяет величину тепловой депрессии пожара.

При автоматическом расчете тепловой депрессии пожара предполагается моделирование ее максимальной величины (на основании предположения, что все пространство за крепью заполнено элементами деревянной крепи – досками и стойками, а очаг пожара всегда «возникает» в начале выработки). В случае одиночных расчетов можно моделировать тепловую депрессию, учитывая разные варианты пожарной нагрузки горной выработки (если такая информация известна).

Учет фактического расположения очага пожара в наклонной выработке (если вся наклонная выработка моделируется одной ветвью-выработкой) делается за счет изменения длины выработки (новая длина выработки равняется расстоянию от очага до конца аварийной выработки).

Методические основы расчета тепловой депрессии пожара имеют следующий вид.

Исходные данные

Q – расход воздуха в аварийной выработке до возникновения в ней пожара, м³/с;

S – средняя площадь поперечного сечения аварийной выработки, м²;

α – угол наклона аварийной выработки (части аварийной выработки), град.;

X – расстояние от места возникновения пожара до конца выработки в направлении движения потока воздуха (если считать, что пожар возник в начале выработки, то X равняется длине выработки или длине части выработки между сопряжениями), м;

t – время с момента возникновения пламени, мин.

Последовательность расчета

Определяем длину зоны горения, L , м

$$L = t (0,28 + 0,07 Q/S).$$

Если с момента возникновения пламени прошло более 150 минут, то t принимаем равным 150 мин.

Расчет тепловой депрессии пожара в наклонной выработке, Па

$$h_t = 12 Z (0,766 + \ln T_{max} / T_k),$$

где $Z = L \sin \alpha$ – вертикальная высота зоны горения, г.

При $\alpha < 30^\circ$

$$Z = 0,017 \alpha L.$$

Максимальная температура воздуха в зоне горения, К

$$T_{max} = 1273 - 975 e^{-10^A};$$

$$A = 100 a / (1,51 S/Q + 1,21);$$

$$a = \sqrt{S} / L.$$

Температура воздуха в конце выработки, К

$$T_K = 298 + (T_{max} - 298) e^{-(\bar{X}-1)/A};$$

$$\bar{X} = X / L.$$

В соответствии с Уставом ГВГСС тепловая депрессия может определяться с помощью номограмм (рис. 15.2) с использованием величин Q , S , Z , \bar{X} , в направлении ключа A , B , C , D , E , F .

Вентиляционный поток в выработке с нисходящим потоком воздуха устойчивый, если тепловая депрессия h_t меньше критической депрессии $h_{кр}$ этой выработки (критическая депрессия – это максимальная депрессия которую вентилятор главного проветривания может создать в горной выработке), т.е., должно выполняться условие: $h_t < h_{кр}$.

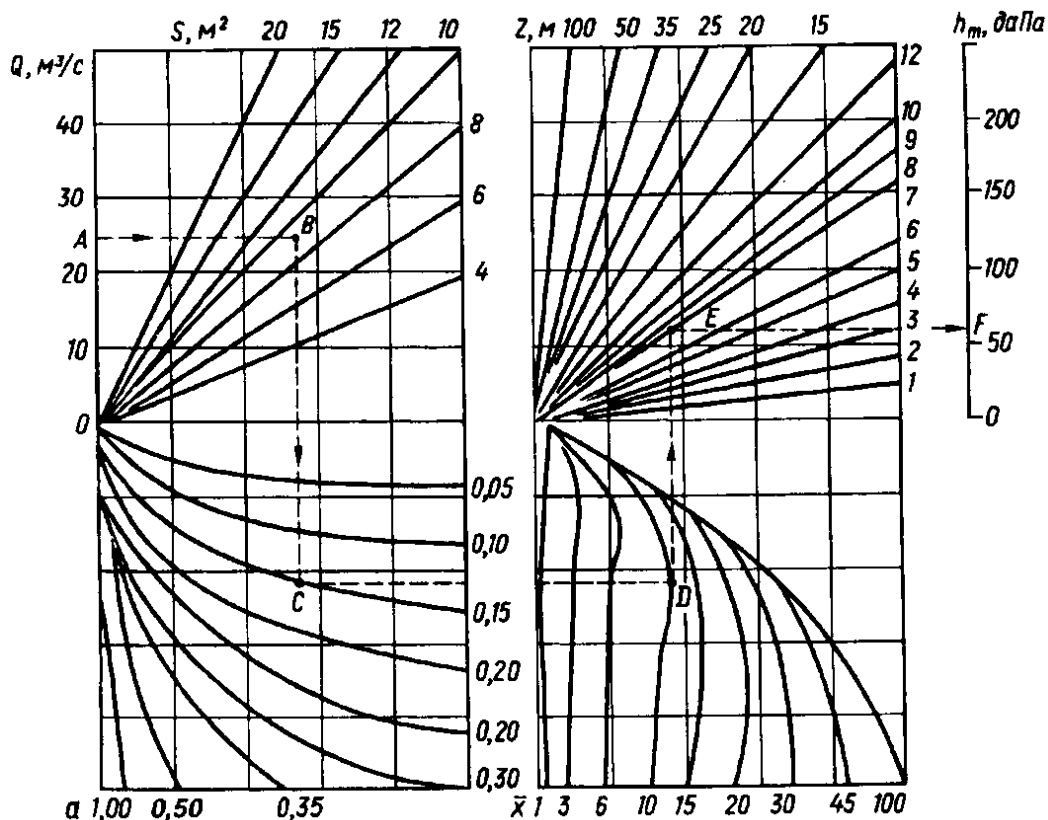


Рисунок 15.2 – Номограмма для определения тепловой депрессии пожара в наклонной выработке

15.2 Моделирование одновременного действия тепловой депрессии пожара в нескольких вентиляционных контурах

Действующая методика определения тепловой депрессии пожара в наклонной выработке позволяет рассчитать ее только для отдельной выработки или части выработки (от сопряжения до сопряжения). В тех же случаях, когда наклонная выработка состоит из нескольких участков, не учитывается возможность формирования тепловой депрессии в нескольких вентиляционных контурах. Вследствие этого, при определении устойчивости вентиляционного потока (на стадии подготовки плана ликвидации аварии) не учитываются осложнения, которые могут возникнуть в условиях реального пожара.

Рассмотрим условия формирования тепловой депрессии пожара на примере параллельно-последовательного соединения двух наклонных

выработок (рис. 15.3). Предположим, что в наклонной выработке 2-3-4 с нисходящим движением воздуха возник пожар в верхней части (1-2) возле сопряжения 1. Пожарные газы, двигаясь вдоль наклонной выработки, повысят температуру воздуха и в трех вентиляционных контурах (7-8-1, 6-7-2, 5-6-3) возникнут контурные тепловые депрессии пожара – h_{t1} , h_{t2} , h_{t3} (направление действия контурных депрессий показывают фигурные стрелки).

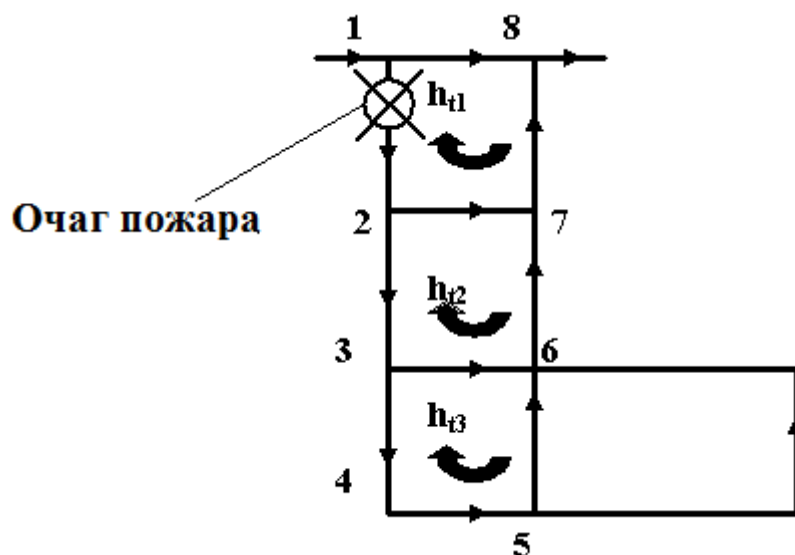


Рисунок 15.3 – Схема уклонного поля с двумя наклонными выработками

Современная методика определения тепловой депрессии, и ее компьютерное моделирование не учитывает возможность действия тепловой депрессии сразу в нескольких вентиляционных контурах. Предусмотрено моделировать действие тепловой депрессии пожара только в одном контуре – там, где возник очаг пожара.

Анализ исследований института НИИГД, посвященных условиям распространения пожарных газов и формирование температуры за костром пожара показал, что уже на расстоянии 400 метров от костра (по ходу вентиляционного потока) температура воздуха уменьшается до 40-50 °С. Т.е., она близка к естественной температуре воздуха в угольной шахте. На этом основании можно предположить, что определение и моделирование тепловой депрессии пожара (одновременно в нескольких контурах) нужно делать только для наклонных участков выработки, которые связаны с аварийным участком на протяжении 400 метров за очагом пожара (по ходу движения потока воздуха). Так, например, если длина выработки 2-3-4 равняется 400 метров, то действие тепловой депрессии нужно моделировать

одновременно в трех контурах, а если длина участка 1-2-3 составляет 400 метров, то последовательно в двух контурах (1-2-3 и 2-3-4). Т.е., сначала тепловая депрессия моделируется одновременно в ветвях 1-2 и 2-3, а потом (если длина ветви 2-3 меньше 400 м) одновременно – в ветвях 2-3 и 3-4.

Особенность определения устойчивости потока воздуха при одновременном действии тепловой депрессии пожара в нескольких контурах заключается в том, что при этом необходимо учитывать рост сопротивления аварийной выработки за счет расширения воздуха в костре пожара. При этом сопротивление аварийной выработки максимально может повыситься втрое. Так, если пожар возникнет на участке 1-2, то кроме введения в эту выработку тепловой депрессии ($-h_{т1}$) необходимо одновременно повысить сопротивление этой ветви. В действующей методике это явление не учитывается, поскольку устойчивость потока воздуха определяется только в одной ветви-выработке, а сопротивление аварийной выработки (участка) не влияет на ее устойчивость.

При одновременном моделировании действия тепловой депрессии на нескольких участках наклонной выработки, повышение сопротивления аварийного участка с костром пожара, уменьшает критическую депрессию всех других ветвей, которые составляют наклонную выработку. Т.е., одновременно ухудшается устойчивость всех ветвей, расположенных ниже ветви с очагом пожара. При этом нужно учитывать, что расход воздуха почти не влияет на величину тепловой депрессии пожара.

Учитывая изложенное выше, можно составить новый сценарий определения устойчивости проветривания наклонных выработок с нисходящим движением воздуха. Его нужно использовать в том случае, когда расчеты по существующей методике показали, что проветривание наклонных выработок устойчиво.

Предлагается следующая последовательность действий:

- определяем вентиляционные контуры, в которых формируется тепловая депрессия пожара (в наклонной выработке на протяжении 400 м за очагом пожара);
- определяем максимальную тепловую депрессию пожара в каждой отдельной части (ветви) наклонной выработки по существующей методике;
- рассчитываем аварийное сопротивление ветви с очагом пожара;
- моделируем одновременное действие максимальной тепловой депрессии пожара во всех определенных ветвях (контурах) и повышение сопротивления ветви с очагом пожара;

- выполняем анализ результата моделирования и, если проветривание осталось устойчивым, прекращаем дальнейшие исследования.

Этот вариант определения устойчивости проветривания не учитывает явление охлаждения пожарных газов вдоль аварийной выработки, но он достаточно простой и позволяет отделить выработки, в которых проветривание будет устойчивым во всех возможных случаях, от тех, когда в очаге пожара уже произошло обрушение породы. Если моделирование покажет, что проветривание неустойчивое, то необходимо перейти ко второму этапу расчетов и учесть закономерности охлаждения пожарных газов вдоль наклонной выработки, т.е. перейти к более реалистическому сценарию. Для этого нужно рассчитать максимальную температуру воздуха в очаге пожара (T_{\max}) и температуру в конце каждого участка наклонной выработки (T_k).

Зная конечные температуры на всех участках наклонной выработки, в зависимости от места возникновения пожара и длины выработок, можно определить суммарную тепловую депрессию на максимальную длину и для отдельных участков. Так, например, в случае, когда пожар возник в начале ветви 1-2, возможно формирование тепловой депрессии пожара одновременно в трех вентиляционных контурах. Для определения отдельных тепловых депрессий нужно вычислить общую тепловую депрессию, которая может формироваться на участках 1-2, 1-3, 1-4. Разность тепловых депрессий $h_{t(1-3)}$ и $h_{t(1-2)}$ будет определять тепловую депрессию h_{t2} для элементарного контура с ветвью 2-3, а разность тепловых депрессий $h_{t(1-4)}$ и $h_{t(1-3)}$ – тепловую депрессию (h_{t3}) в элементарном контуре с ветвью 3-4. При этом не учитывается изменение расходов воздуха на участках 2-3 и 3-4, а площадь сечения и угол наклона для общих (объединенных) участков определяется как средневзвешенные.

Для выработки с восходящим потоком воздуха конечную температуру в ветвях за очагом пожара нужно определять, учитывая расход воздуха в ветви, для которой рассчитывается тепловая депрессия пожара. Повышение сопротивления аварийной ветви с восходящим потоком воздуха можно не учитывать (повышение сопротивления аварийной ветви при восходящем проветривании повышает устойчивость проветривания ветвей, связанных с аварийной ветвью), считая это дополнительным резервом устойчивости. Количество одновременно действующих тепловых источников нужно определять, как и при нисходящем проветривании, с учетом критической длины охлаждения пожарных газов (400 м).

Для определения устойчивости потока воздуха нужно одновременно ввести в компьютерную модель вентиляционной сети все тепловые депрессии и выполнить моделирование. Если результаты моделирования покажут, что проветривание неустойчивое, то нужно разработать мероприятия по его повышению [6].

ГЛАВА XVI

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ

16.1 Моделирование общего реверсирования вентиляции шахты

Наиболее распространенным аварийным вентиляционным режимом (АВР) можно считать общешахтное реверсирование вентиляции (ОРВ). Этот АВР предусматривают в планах ликвидации аварий на всех шахтах. Правила безопасности содержат определенные количественные и качественные показатели, которые определяют эффективность этого АВР. Так, после изменения направления движения воздуха в шахтных стволах, такое же изменение должно состояться во всех горных выработках шахты. Кроме того, расход воздуха в горных выработках при ОРВ должен составлять не меньше чем 60% от нормальных расходов [6].

Необходимость моделирования ОРВ (как и большинства других аварийных вентиляционных режимов) не предусмотрена Правилами безопасности или Уставом ГВГСС, но она существует. Это связано с опасностью нарушения устойчивости вентиляционных потоков при пожарах в наклонных выработках или нарушением устойчивости вентиляционных потоков вследствие перераспределения депрессии отдельных вентиляторов и частей шахты после реверсирования вентиляции шахты [2,6].

На современных шахтах зона реверсирования распространяется на наклонные выработки. Для этих выработок проверка устойчивости вентиляционных потоков не предполагается ни в нормальном, ни в реверсивном режимах вентиляции. При этом не обращают внимание на то, что после реверсирования вентиляции возникает угроза нарушения устойчивости вентиляционных потоков в выработках, расположенных рядом с аварийной. Другими словами, при пожаре в выработке с нисходящим потоком воздуха и дальнейшим реверсированием, действие тепловой депрессии пожара может привести к опрокидыванию вентиляционных потоков в параллельных выработках. Возникает угроза формирования контуров рециркуляции пожарных газов в реверсивном режиме вентиляции.

При составлении сценария моделирования ОРВ нужно исходить из того, что предусмотреть режим вентиляции всех горных выработок невозможно. Впрочем, можно составить определенный перечень вариантов моделирования с максимальным или нормированным действием аварийных факторов.

Исходя из этого, возможны следующие сценарии моделирования ОРВ:

- максимальное обеспечение выработок расходом воздуха (расход воздуха в реверсивном режиме равен расходу в нормальном режиме);
- нормированное обеспечение горных выработок воздухом (60% от нормального);
- моделирование нормированного изменения аэродинамических сопротивлений вентиляционных сооружений и вентиляционных каналов, моделирование действия естественной тяги в контурах вертикальных и наклонных горных выработок;
- моделирование сопротивлений вентиляционных сооружений и каналов по результатам фактических измерений в условиях шахты, моделирование действия естественной тяги в контурах вертикальных и наклонных горных выработок.

В программном комплексе «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» для моделирования реверсивного режима с максимальными расходам воздуха можно удалить ветвь, которая моделирует вентилятор и снова нарисовать ее на экране монитора, но в обратном направлении. Потом нужно восстановить рабочую характеристику этого вентилятора и определить его режим работы на сеть. В реальных условиях для общешахтного реверсирования вентиляции необходимо включить несколько лебедок для передвижения металлических дверей (ляд), остановить действующий (действующие) вентилятор (вентиляторы) главного проветривания и включить резервный вентилятор (вентиляторы).

Во втором сценарии после установки реверсивной модели ВГП моделируем нормированные расход воздуха (60 %) без изменения сопротивлений вентиляционных сооружений. Для этого достаточно уменьшить дополнительную депрессию в ветви, которая моделирует вентилятор в 2,77 раза.

Третий вариант моделирования предусматривает использование нормированных изменений аэродинамических сопротивлений вентиляционных сооружений и каналов вентиляторов.

Последний вариант моделирования шахтного реверсивного режима вентиляции выполняется, если известны аэродинамические сопротивления всех вентиляционных каналов и вентиляционных сооружений, измеренные в

реверсивном режиме вентиляции на действующей шахте. Перед моделированием необходимо уменьшить аэродинамические сопротивления ветвей-выработок с признаком «вентиляционные двери» и изменить сопротивления участков канала вентилятора.

Обязательным условием моделирования является учет действия естественной тяги в вертикальных и наклонных выработках шахты. На шахтах с крутопадающими пластами угля, в холодное время года, естественная тяга в контурах с лавами достигает 75-80 Па. Во время реверсирования ее величина увеличивается в два-три раза (после начала реверсирования в ствол попадаетея воздух с отрицательной температурой) и мешает реверсированию вентиляции в контурах с выемочными участками. Следствием этого является то, что изменение направления движения вентиляционного потока в выработках выемочных участков происходит только на участках, близких к стволам. В лавах, отдаленных от стволов на 5-6 км, реверсирование может не произойти.

16.2 Реверсирование вентиляторов и моделирование пожара в наклонной выработке в зоне реверсирования

Моделирование реверсирования происходит последовательно в соответствии с перечнем сценариев (раздел 16.1). К каждому сценарию реверсирования добавляется моделирование действия тепловой депрессии пожара в выработках с восходящим потоком воздуха. Направление действия тепловой депрессии пожара и вентилятора совпадают.

Содержание сценариев зависит от результата первого шага моделирования. Если в первом варианте моделирования устойчивость потока воздуха не обеспечивается, то дальнейшее моделирование теряет смысл – результат получен. При сохранении устойчивости моделируем следующий вариант реверсирования и действие тепловой депрессии пожара.

Во всех случаях, когда моделирование общешахтного реверсивного режима вентиляции и действия пожара указывают на возможность нарушения устойчивости проветривания (опрокидывание потока воздуха), необходимо выполнять сценарии исследования устойчивости и разрабатывать соответствующие рекомендации [6].

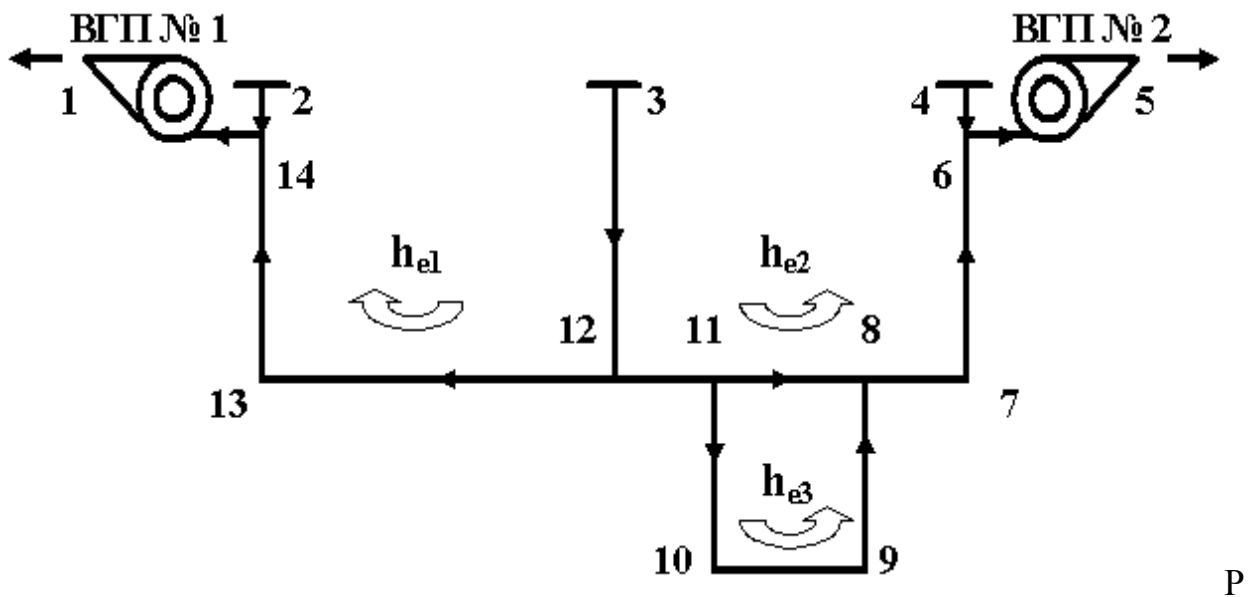
16.3 Комбинированный режим: остановка одного вентилятора и реверсирование других вентиляторов шахты

Комбинированные режимы вентиляции предусматривают в планах ликвидации аварий и проверяют на шахтах с несколькими вентиляторными установками [5,6].

Сценарий моделирования комбинированного режима вентиляции должен содержать реверсирование всех вентиляторных установок, кроме аварийной, моделирование остановки аварийного вентилятора, моделирование действия естественной тяги в вентиляционных контурах с вертикальными и наклонными выработками.

Для уменьшения погрешности моделирования необходимо предварительно определить сопротивление остановленной вентиляторной установки. Депрессия остановленной вентиляторной установки определяется как разность статического давления между каналом вентилятора (на стенке канала перед колесом вентилятора) и поверхностью земли, а потеря воздуха через остановленный вентилятор измеряется в канале этого вентилятора (измерения необходимо делать во время плановой проверки соответствующего комбинированного режима проветривания шахты).

Общий вид сценария моделирования комбинированного режима рассмотрим на примере упрощенной схемы шахты с двумя вентиляторными установками (рис. 16.1). Естественная тяга (h_e) действует в трех вентиляционных контурах: 14-2-3 (h_{e1}), 6-4-3 (h_{e2}), 9-8-11 (h_{e3}). Первый и второй контуры открыты, т.е. замыкаются через поверхность земли. Третий контур вмещает выработки уклонного поля.



исунок 16.1 – Схема шахтной сети с двумя фланговыми вентиляторами:



– направление действия естественной тяги в контуре

Общий сценарий моделирования комбинированного режима вентиляции шахты может предусматривать следующие действия:

- перевод вентиляторной установки ВГП № 1 (14-1) в реверсивный режим работы (нагнетание воздуха в ствол 2-14-13); моделирование реверсивного режима происходит согласно соответствующему сценарию (см. раздел 16.1);

- моделирование действия естественной тяги – моделирование происходит введением в ветви-стволы (13-14 и 7-6 – это ветви компьютерной модели шахтной вентиляционной сети, которые моделируют шахтные стволы с исходящим вентиляционным потоком) дополнительной депрессии; если направление действия естественной тяги совпадает с направлением действия вентилятора главного проветривания, то дополнительная депрессия имеет знак плюс (+), в противном случае - минус (-); в контуре 3-12-13-14-1-3 естественная тяга h_{e1} противодействует работе вентилятора ВГП №1 в реверсивном режиме (рис. 16.2);

- моделирование остановки вентилятора ВГП №2; остановка вентилятора моделируется удалением численного значения дополнительной депрессии из ветви, которая моделирует вентилятор (6-5);

- моделирование распределения воздуха в комбинированном режиме проветривания;

- анализ результатов моделирования (этот аварийный режим вентиляции шахты считается эффективным, если по стволу 7-6 воздух идет снизу вверх).

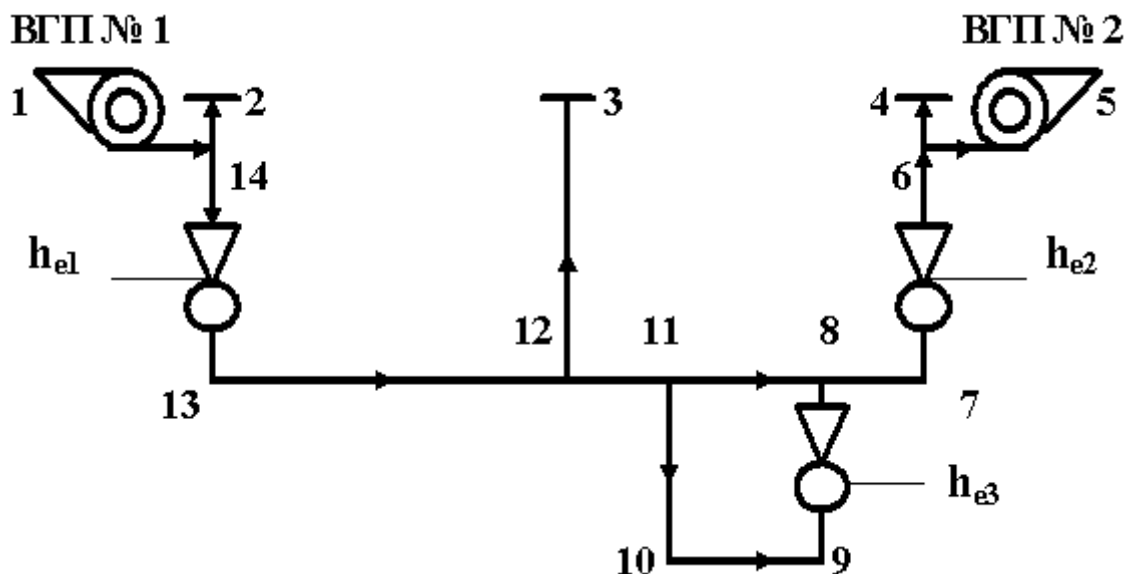



Рисунок 16.2 – Схема движения воздуха при комбинированном режиме вентиляции шахты:


 – точечный источник тяги, который моделирует действие естественной тяги

16.4 Моделирование остановки вентиляторов главного проветривания

После остановки вентиляторов проветривание шахты осуществляется за счет действия естественной тяги. Для моделирования остановки вентиляторов главного проветривания (ВГП) необходимо в каждой ветви, которая моделирует ВГП, уменьшить дополнительную депрессию до нуля. Другое название этого режима вентиляции – «нулевой» режим.

Для моделирования действия естественной тяги необходимо ввести дополнительную депрессию в стволы с восходящим потоком воздуха. Величина естественной тяги определяется с учетом температур воздуха в стволах в теплое и холодное время года. При наличии промежуточных горизонтов необходимо рассчитывать и моделировать (рис. 16.3) действие естественной тяги для всех вентиляционных контуров, которые вмещают шахтные стволы: 1-2-7-8-9-1 (h_{e1}), 2-3-6-7-2 (h_{e2}), 3-4-5-6-3 (h_{e3}).

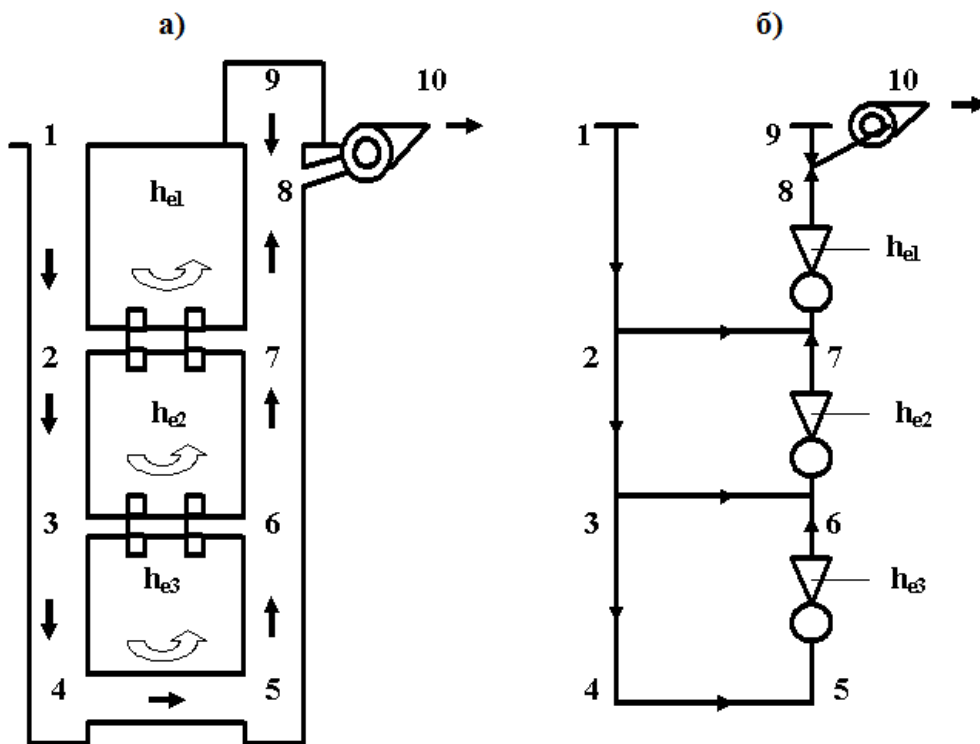




Рисунок 16.3 – Упрощенная схема вентиляции (а) и схема моделирования шахтных стволов (б):

-  – направление действия естественной тяги в вентиляционном контуре;
-  – точечный источник тяги, который моделирует действие естественной тяги

На шахтах с наклонным и крутым залеганиями пластов угля действие естественной тяги моделируется введением дополнительной депрессии в ветви, которые моделируют вертикальные и наклонные выработки с восходящим проветриванием или части этих выработок в пределах отдельных вентиляционных контуров. На шахтах с крутопадающими пластами угля, кроме контуров со стволами, естественная тяга определяется и моделируется в вентиляционных контурах, которые объединяют стволы и лавы, а также в наклонных выработках, по которым воздух передается с нижних горизонтов на верхние.

В вентиляционных контурах, которые включают в себя стволы и лавы, положительная депрессия естественной тяги действует весь год (75-80 Па) и может достигать при реверсировании в холодное время года 200-240 Па. Перед реверсированием (за 10-15 минут) отключаются калориферные установки, и величина естественной тяги может сразу увеличиться в 2-3 раза. Кроме того, после реверсирования воздух с отрицательной температурой

попадает в ствол, на котором установлен вентилятор главного проветривания.

Целью моделирования остановки вентилятора (вентиляторов) главного проветривания есть определение устойчивости вентиляционных потоков в выработках промежуточных горизонтов (участка 2-7, 3-6), определение возможных расходов воздуха в шахтных стволах и выемочных участках. Так, например, наибольшая достоверность опрокидывания потока воздуха существует в выработках верхнего горизонта (2-7). Особенно в случае, если $h_{e1} < h_{e2} + h_{e3}$. В случае опрокидывания вентиляционного потока на участке 2-7 возникает опасность рециркуляции воздуха в вентиляционном контуре 6-7-2.

Сравнение расходов воздуха в нормальном и «нулевом» режимах вентиляции позволяет оценить влияние естественной тяги на обеспечение шахты воздухом и возможную экономию расхода электроэнергии [6].

16.5 Моделирование местного реверсирования вентиляции

16.5.1 Общие основы местного реверсирования

Компьютерное моделирование местного реверсирования (МР) должно происходить по определенному сценарию, с учетом условий каждой шахты и опыта ликвидации аварий.

Моделирование этого аварийного вентиляционного режима имеет определенные особенности. В первую очередь - требования к профессиональному уровню пользователя компьютерной программой: он должен уметь решать задачи регулирования распределения воздуха в диагональных вентиляционных соединениях. Перед тем как начать моделирование необходимо определить: аварийная выработка «лежит» на диагонали или нет. Если выработка является диагональю, то необходимо определить за счет каких действий мы можем изменить направление движения воздуха в аварийной выработке (части вентиляционной сети). К таким действиям принадлежит повышение и уменьшение сопротивления определенных горных выработок. Итак, первым этапом моделирования является оценка возможности изменения направления движения воздуха за счет уменьшения сопротивления вентиляционных сооружений. Другими словами, необходимо определить - приведет ли закорачивание вентиляционных потоков к опрокидыванию потока воздуха в аварийной выработке или нет.

Сопротивление путей закорачивания нужно определять во время проведения шахтных экспериментов. Если это сопротивление предварительно не определялось, нужно учитывать два возможных варианта: аэродинамическое сопротивление открытых вентиляционных дверей может быть максимальным или минимальным (в соответствии с опытом таких исследований).

Моделирование распределения воздуха происходит после замены (уменьшения) аэродинамического сопротивления соответствующей ветви вентиляционной сети. Если закорачивание вентиляционного потока приводит к опрокидыванию вентиляционного потока в соответствующей ветви, то сразу необходимо определить резервный вариант закорачивания. Т.е., нужно найти еще одну ветвь-выработку (понятие «ветвь-выработка» означает, что речь идет о модели горной выработки в компьютерной модели шахтной вентиляционной сети), где уменьшение аэродинамического сопротивления (открывание вентиляционных дверей) приведет к изменению направления движения воздуха в модели аварийной выработки. Наличие резервного варианта позволяет повысить вероятность выполнения аварийного вентиляционного режима в реальных условиях без лишних затрат времени.

Следующий этап исследования необходимо выполнять в том случае, если моделирование закорачивания вентиляционного потока не приводит к изменению направления движения воздуха в аварийной ветви. В этом случае необходимо найти ветвь, при увеличении сопротивления которой происходит опрокидывание потока воздуха в аварийной ветви (чаще всего это может быть ветвь или ветви, по которой (которым) воздух поступает в ветвь, в которой моделируется закорачивание, т.е. они даже могут иметь общий узел). Время поиска и правильность определения этой выработки зависит от профессионального уровня пользователей компьютерной программой. После определения основного места установки регулятора необходимо найти также и резервное место (на случай, если регулятор нельзя установить в запланированном месте). При определении ветвей-выработок, сопротивление которых нужно повышать, нужно учитывать наличие и расположение в сети пожарных дверей или состояние выработок, где можно быстро установить переносную вентиляционную перемычку.

Согласно теоретическим основам вентиляционных сетей, первые два шага сценария моделирования можно отнести к поиску ветвей, «опасных» по уменьшению и повышению сопротивления в диагональном соединении ветвей.

При моделировании вариантов местного реверсирования нужно учитывать возможную опасность для горноспасателей. Например, если пожар возник в наклонной выработке, то существует опасность, что сразу после закорачивания произойдет опрокидывание вентиляционного потока за счет действия тепловой депрессии пожара. В этом случае возможно быстрое попадание пожарных газов с высокой температурой в места работы горноспасателей. В таких случаях первым шагом сценария должно быть моделирование действия пожара в наклонной выработке, а следующие шаги нужно определять с учетом результатов моделирования тепловой депрессии пожара. В тех случаях, когда возникает угроза быстрого попадания пожарных газов в места нахождения горноспасателей, нужно предусматривать повышение сопротивления пути закорачивания или использование резервной ветви-выработки, где возможно уменьшение сопротивления. Время движения пожарных газов к месту закорачивания нужно определять с учетом действия максимальной тепловой депрессии пожара. В реальных условиях последовательность открывания вентиляционных дверей нужно избирать такой, чтобы путь движения горноспасателей к безопасному месту был кратчайшим.

В случае пожара выбор вариантов моделирования местного реверсирования вентиляции зависит от места возникновения пожара. Рассмотрим возможные варианты на примере обычного диагонального соединения с одной ветвью-диагональю (рис. 16.4).

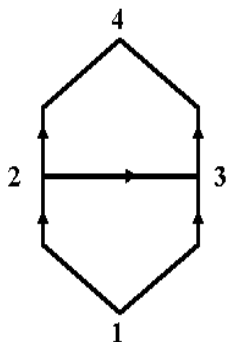


Рисунок 16.4 – Схема вентиляционного соединения с одной диагональю

Предположим, что пожар возник в диагонали 2-3 (1,2,3,4 – номера узлов вентиляционного соединения; в вентиляционной сети узлы моделируют места соединения горных выработок – сопряжения). Если это горизонтальная выработка, то для моделирования местного реверсирования может быть достаточно одного из пятнадцати вариантов уменьшения и повышения аэродинамического сопротивления ветвей-выработок (R_{1-2} , R_{2-4} , R_{1-3} , R_{3-4}).

Пользователь программы должен учесть особенности выработок, которые составляют диагональное соединение, и избрать наиболее безопасный и более простой вариант выполнения местного реверсирования.

Возможность реализации каждого варианта моделирования местного реверсирования в условиях шахты нужно определять, учитывая наличие в вентиляционной сети «условных» диагоналей. Иначе говоря, в условиях реальной шахты возможны случаи, когда обеспечить уменьшение или увеличение сопротивления горной выработки невозможно (и вследствие этого невозможно изменить направление движения воздуха в ветви-диагонали). Например, нельзя обеспечить большое сопротивление выработки с помощью переносной перемычки, если за крепью (по периметру в месте установки переносной перемычки) есть пустое пространство. Кроме того, аэродинамическое сопротивление одной закрытой пожарной двери в конвейерной выработке может составить лишь $0,03 \text{ даПа с}^2/\text{м}^6$, а сопротивление проемов после открывания вентиляционных дверей – $3 \text{ Па с}^2/\text{м}^6$. Таким образом, можно сделать вывод, что целью моделирования АВР является не только установка возможности изменения направления движения воздуха в диагонали, а и определение требований к аэродинамическому сопротивлению вентиляционных регуляторов, которые будут использовать в аварийных условиях. Такие требования должны определяться во всех случаях, когда местные АВР предусмотрены в плане ликвидации аварий. Кроме того, возможность изменения направления движения воздуха должна проверяться в шахтных условиях.

В тех случаях, когда аварийная выработка наклонная, сложность сценариев моделирования увеличивается, так как нужно учитывать действие тепловой депрессии пожара. В современных программных комплексах определения величины тепловой депрессии пожара и его моделирования происходит автоматически. Нужно только найти аварийную выработку на экране монитора и «щелкнуть» левой кнопкой компьютерной мыши по изображению ветви-выработки (предварительно нужно найти в пиктографическом меню компьютерной программы кнопку «Моделирование пожара» и нажать ее). Во всех вариантах моделирования главным является не последовательность действий пользователя, т.е. соблюдение сценария, а анализ последствий моделирования, которые отражаются на экране компьютера [6].

16.5.2 Моделирование местного реверсирования при пожаре в наклонной выработке

Особенность моделирования местного реверсирования при пожаре в наклонной выработке состоит в определении угрозы нарушения устойчивости вентиляционных потоков. Так, например, если после изменения направления движения воздуха в диагонали, направление действия тепловой депрессии пожара (в вентиляционном контуре с несколькими выработками) совпадает с направлением действия вентилятора главного проветривания (при восходящем проветривании наклонной выработки действие тепловой депрессии пожара повышает расход воздуха в аварийной выработке), то существует угроза опрокидывания вентиляционного потока в выработках, которые подводят воздух к концу наклонной аварийной выработки. Например (рис. 16.5), действие тепловой депрессии пожара в контуре 1-3-2-1 (после возникновения пожара в наклонной выработке 2-3 было проведено местное реверсирование, и направление движения воздуха изменилось на 3-2) может привести к внезапному опрокидыванию вентиляционного потока в ветви 1-2.

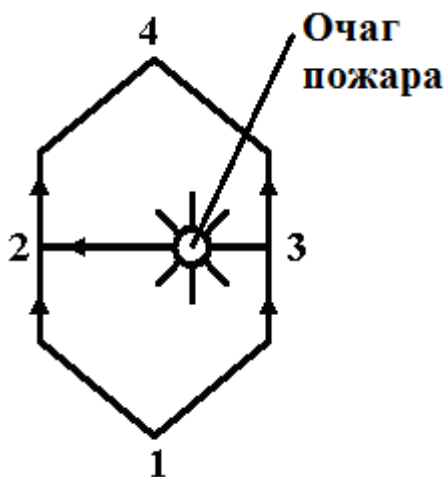


Рисунок 16.5 – Схема вентиляционного соединения ветвей-выработок

В этом случае может возникнуть рециркуляция пожарных газов в вентиляционном контуре 1-3-2-1, что приведет к осложнению условий ликвидации аварии.

Совсем другие условия возникают, если после местного реверсирования вентиляционного потока тепловая депрессия пожара противодействует направлению действия вентилятора. В этом случае действие вентилятора должно обеспечить опрокидывание вентиляционного потока в аварийной

наклонной выработке. Местное реверсирование должно изменить восходящее проветривание на нисходящее. В сценарии моделирования последовательность действий не имеет особого значения. Т.е., можно сначала моделировать действие пожара, а потом уже местное реверсирование, а можно и наоборот.

В реальных условиях возможен и другой вариант развития аварийной ситуации. На начальной стадии развития пожара, когда ее тепловая депрессия еще небольшая, вентиляционный поток может изменить направление движения. Но со временем величина тепловой депрессии может повыситься, вентиляционный поток может постепенно остановиться и изменить направление движения.

Среди всех вариантов местного реверсирования можно выделить три общих группы: простые, сложные и очень сложные. Сложность определяется количеством мест (ветвей сети), где необходимо изменять (уменьшать или повышать) аэродинамическое сопротивление, и наличием регуляторов, с помощью которых изменяется сопротивление выработок. Самым простым вариантом местного реверсирования можно считать такой, когда для опрокидывания потока достаточно закорачивания вентиляционного потока в одном месте. Т.е., опрокидывание вентиляционного потока в некоторой выработке происходит после открывания всех дверей в вентиляционном шлюзе. Следующий «простой» вариант – повышение сопротивления выработки, закрывая пожарные двери (или заранее установленные открытые вентиляционные двери) в какой-то одной выработке. Можно (если нужно) дополнительно предусматривать повышение сопротивления закрытой пожарной двери с помощью полиэтиленовой пленки или переносной перемычки. Третий простой вариант – повышение сопротивления одной выработки с помощью переносной перемычки (парусная или парашютная перемычка).

Сложный вариант предусматривает одновременное уменьшение и (или) повышение сопротивления в двух разных ветвях-выработках. Сложность заключается в необходимости координации действий во времени и пространстве.

Очень сложные варианты местного реверсирования вентиляции предусматривают разные комбинации одновременного уменьшения и увеличения сопротивления трех или четырех ветвей-выработок. Например, для схемы на рис. 16.5 можно предусмотреть одновременное повышение сопротивления ветвей 1-3, 2-4 и уменьшение сопротивления ветвей 1-2 и 3-4.

16.5.3 Анализ результатов моделирования местного реверсирования вентиляции

Во всех вариантах развития аварии, где есть угроза нарушения устойчивости вентиляции, главное – адекватный анализ последствий. В случае, если изменение направления движения воздуха в наклонной выработке не происходит, необходимо усиливать действие местного реверсирования. Предположим, что пожар возник в наклонной выработке с восходящим потоком воздуха и нужно удержать этот вентиляционный поток от опрокидывания после местного реверсирования. Возможные действия по усилению местного реверсирования (если реального повышения сопротивления ветвей 2-4 и 1-3, а также уменьшение сопротивления ветвей 1-2 и 3-4 не достаточно) связанные с увеличением расходов воздуха в диагональном соединении. Для этого нужно использовать регуляторы, установленные за пределами этого вентиляционного соединения (или регулирование режимы работы вентилятора главного проветривания).

Вышеприведенный анализ возможных сценариев моделирования местного реверсирования позволяет разделить все похожие сценарии на две группы. В первой группе необходимо моделирование действия тепловой депрессии пожара (пожар в наклонной выработке или пожарные газы могут попасть в наклонную выработку), а второй – нет.

Сценарии можно разделить в зависимости от сложности выполнения. Сначала наиболее простые – изменение направления движения воздуха только за счет уменьшения сопротивления вентиляционных сооружений. Дальше средние по сложности – изменение направления движения воздуха происходит только за счет увеличения сопротивления ветвей-выработок (закрывание пожарных дверей, установление переносных перемычек или закрывание открытых вентиляционных дверей). Сложные – местное реверсирование происходит после уменьшения и увеличения сопротивления тех ветвей-выработок, которые «опасны» по изменению сопротивлений (с точки зрения теории устойчивости вентиляционных потоков в диагональных соединениях).

В общем виде сценарий исследования местного реверсирования вентиляции может иметь такой вид:

- определение места реверсирования потока воздуха в компьютерной модели шахтной вентиляционной сети (отдельная горная выработка, часть горной выработки или часть вентиляционной сети шахты);

- определение требований к местному реверсированию (изменение направления движения вентиляционного потока или обеспечение необходимого расхода воздуха в обратном направлении);
- определение мест закорачивания вентиляционного потока (уменьшение аэродинамического сопротивления ветвей) и мест установки вентиляционных регуляторов (увеличение аэродинамического сопротивления ветвей);
- определение возможных вариантов моделирования (с учетом действия тепловой депрессии пожара);
- определение возможности повышения и уменьшения аэродинамического сопротивления ветвей соответственно вариантам (в условиях шахты);
- моделирование вариантов местного реверсирования;
- анализ результатов распределения воздуха после разных вариантов моделирования (проверка аэродинамического сопротивления регуляторов в условиях шахты, если местное реверсирование предусмотрено в плане ликвидации аварий);
- определение удовлетворительного варианта (вариантов) местного реверсирования вентиляции.

Все рекомендации по выполнению местного реверсирования и результаты моделирования нужно прикладывать к планам ликвидации на случай их использования в аварийных условиях [2,6].

16.6 Моделирование закорачивания вентиляционного потока

Для моделирования закорачивания вентиляционного потока достаточно уменьшить аэродинамическое сопротивление ветви с вентиляционными дверями и сделать расчет распределения воздуха. Реальные физические действия (открывание вентиляционных дверей) имитируют уменьшение числа, которое определяет аэродинамическое сопротивление ветви в компьютерной модели шахтной вентиляционной сети. Сопротивление проема в перемычке с открытыми дверями определяют предварительно в шахтных условиях или рассчитывают.

Рассмотрим последствия закорачивания на примере упрощенной схемы части шахты (рис. 16.6) с двумя параллельными выработками (2-3-4 и 6-7-8).

Предположим, что пожар возник на участке 2-3. Предполагается закорачивание вентиляционного потока через вентиляционный шлюз в выработке 2-7.

Уменьшение сопротивления сбойки 2-7 приведет к значительному увеличению расхода воздуха в этой выработке, уменьшению расхода воздуха на участке 2-3 (за местом закорачивания по ходу вентиляционного потока) и незначительного увеличения (не больше чем в 1,35 раза) расхода воздуха на участке 1-2 (до места закорачивания). Расход воздуха через открытые вентиляционные двери может увеличиться, в среднем, в 13,2 раза (максимальное увеличение – в 103 раза).

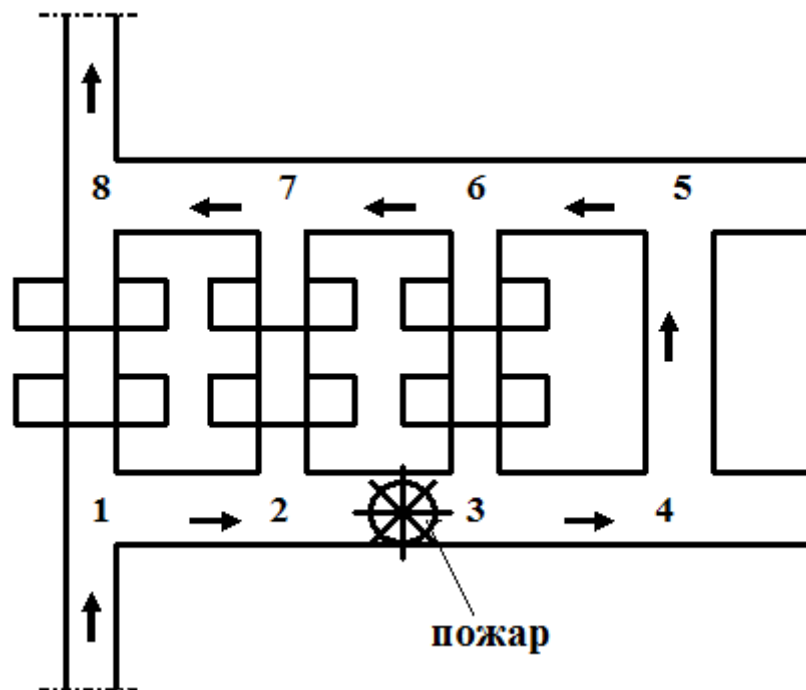


Рисунок 16.6 – Упрощенная схема части шахты

Такие изменения расходов воздуха « типовые » для большинства случаев закорачивания (кроме случаев опрокидывания потока воздуха). В общем случае количественная оценка распределения воздуха показывает, что выполняется свойство сети для узла: изменение расхода воздуха в ветви-регуляторе (ΔQ_{2-7}) равняется сумме изменений расходов воздуха в месте закорачивания (ΔQ_{2-3}) и перед ним (ΔQ_{1-2}):

$$\Delta Q_{2-7} = \Delta Q_{2-3} + \Delta Q_{1-2} .$$

В некоторых случаях закорачивание может привести к опрокидыванию вентиляционного потока в выработке за местом закорачивания (по ходу

вентиляционного потока). Так, например, после открывания дверей в ветви-выработке №176 (рис. 16.7), вентиляционный поток в ветви №178 изменяет направление движения. В случае, когда закорачивание вентиляционного потока сделано для уменьшения скорости распространения пожара в аварийной выработке, такое опрокидывание может только усложнить ликвидацию пожара.

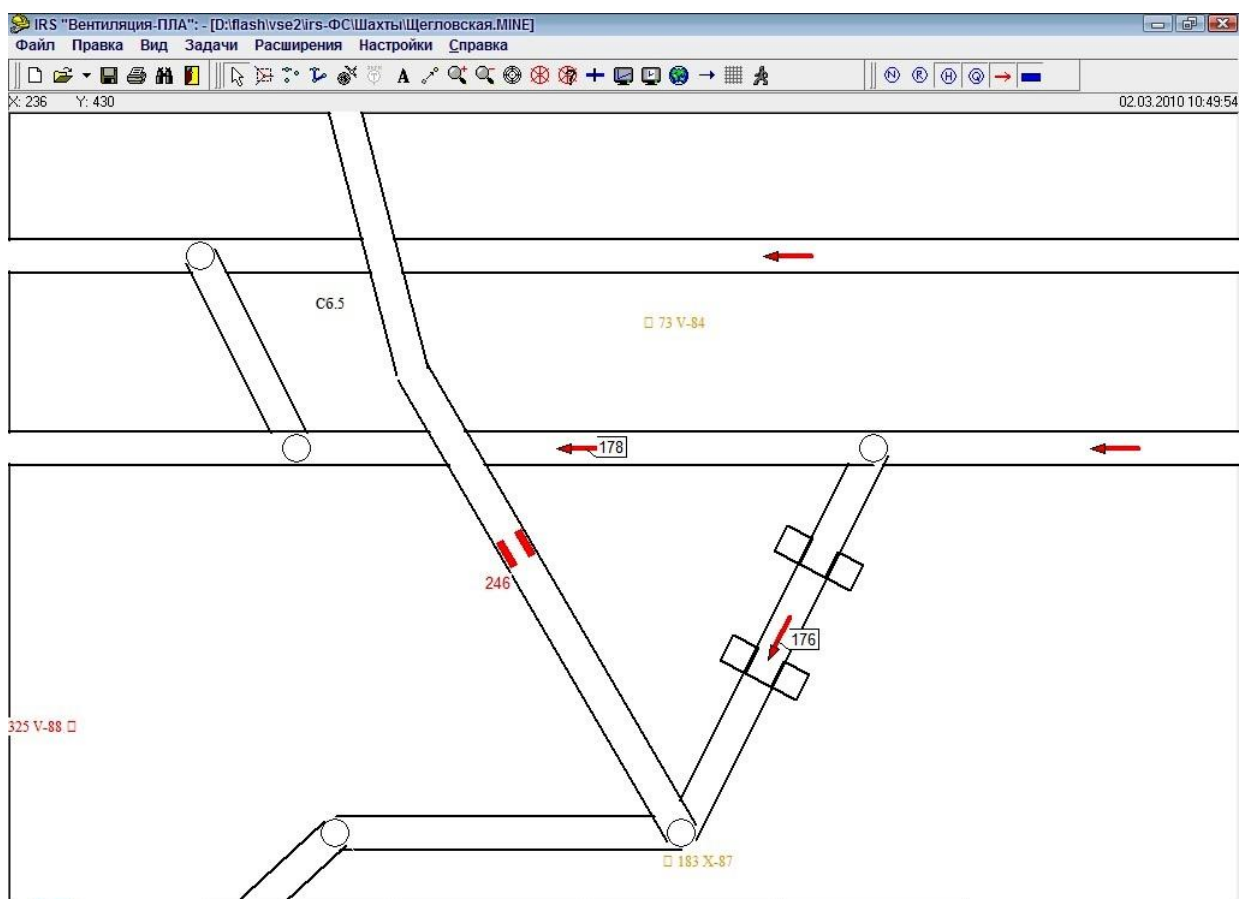


Рисунок 16.7 – Схема части шахтной вентиляционной сети в компьютерной модели

В таких случаях нужно предусматривать искусственное повышение сопротивления проема с открытыми дверьми. Например, открыть двери частично.

16.7 Моделирование регулирования распределения воздуха в сети

16.7.1 Законы и свойства шахтной вентиляционной сети

Знание законов и свойств вентиляционных сетей позволяет понять и описать закономерности, связанные с регулированием распределения воздуха в этих сетях.

Смысл законов вентиляционной сети связан с понятиями, которые описывают структуру сети: «узел», «ветвь» и «вентиляционный контур». В качестве «узла» вентиляционной сети представляют сопряжение горных выработок, а в качестве «ветви» – саму горную выработку. Понятие о ветвях, узлах и вентиляционных контурах условное. Они нужны для идентификации частей вентиляционной системы в качестве элементов вентиляционной сети.

«Вентиляционный контур» состоит из нескольких ветвей. Различают элементарные (ячейка) и «сложные» вентиляционные контуры. В середине элементарного контура нет ветвей. Сложный контур содержит в себе несколько элементарных контуров (ячеек). Так, например (рис. 16.8), элементарные контуры составляют ветви, расположенные между узлами 1, 2, 3, 4, 1 или 2, 3, 6, 5, 2. При определении контура, направление «движения» (последовательность «перехода» от узла до узла) не имеет значения, но каждый контур должен быть «закрытым». Т.е., из какого узла начинается «переход», в том узле он и должен заканчиваться. Примером сложного контура является маршрут 1-2-3-6-5-4-1.

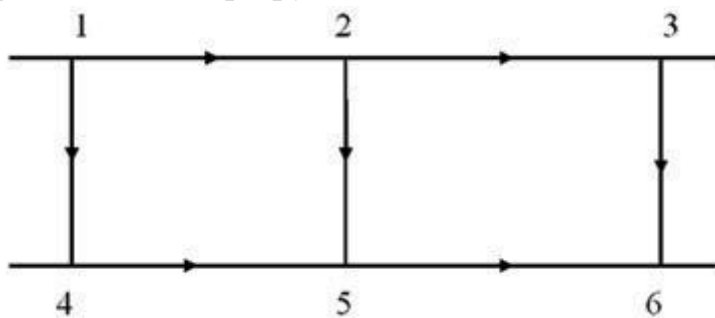


Рисунок 16.8 – Схема вентиляционных контуров

Понятие «вентиляционный контур» целиком условно, и означает пространство, которое отделено от другой части сети определенной совокупностью ветвей и узлов.

Вентиляторы и стволы «входят» в «открытые» контуры, т.е. такие, в которых ветви «связаны» через поверхность земли. Открытые контуры «замыкают» квазиветвями через поверхность земли. Место, где ствол пересекает поверхность земли, называется «узел поверхности земли».

В вентиляционной сети, представленной в виде «схемы вентиляционных соединений», аэродинамическое сопротивление «имеют» только ветви. Узлы, в отличие от сопряжений, не рассматриваются как места, где происходят потери давления воздуха.

Первый и второй законы вентиляционной сети построены аналогично законам Кирхгоффа для электрических цепей. Иначе говоря, они взяты из теории электрических сетей и адаптированы для условий шахтных вентиляционных сетей.

Законы сетей, вместе с закономерностями для вентиляционных соединений, дают представление о том, как распределяется давление, депрессия и расход воздуха в шахтной вентиляционной сети, и как сеть реагирует на вентиляционные возмущения (изменение сопротивления отдельных ветвей, действие естественной тяги, падающая вода или уголь).

Первый закон сети: *сумма расходов воздуха в узле равняется нулю*. Смысл этого закона состоит в том, что объем воздуха, который «входит» в узел вентиляционной сети, равняется расходу воздуха, который «выходит» из узла. Например, если с узлом 2 (см. рис. 16.8) связанные три ветви и воздух «входит» в узел по ветви 1-2, то его расход (Q_{1-2}) равняется расходу, который «выходит» из узла по двум другим ветвям ($Q_{2-3} + Q_{2-5}$). В общем случае первый закон сети имеет такой вид:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0.$$

Второй закон сети: *сумма депрессий ветвей в закрытом вентиляционном контуре равняется нулю*. Это означает, что определять сумму депрессий ветвей в контуре нужно с учетом направления движения воздуха по выработкам. Предварительно необходимо определить направление обхода вентиляционного контура – «по» или «против» направления движения часовой стрелки. Так, например, если считать началом обхода контура узел 1 (см. рис. 16.8) и «двигаться» по ходу часовой стрелки маршрутом 1-2-5-4-1, то в ветви 1-2 и 2-5 направление движения воздуха совпадает с направлением обхода контура. В этом случае считаем, что депрессия этой ветви имеет знак «+». В ветвях 1-4 и 5-4 направление

«обхода» контура и направление движения воздуха не совпадают – депрессия имеет знак «-». Тогда можно записать:

$$h_{1-2} + h_{2-5} - h_{5-4} - h_{4-1} = 0.$$

В общем случае (для объемных расходов) второй закон сети имеет такой вид:

$$\sum_{i=1}^m h_i = 0,$$

где h_i – депрессия отдельной ветви в вентиляционном контуре.

Условием выполнения второго закона сети служит требование: при определении депрессии ветвей нужно прибавлять потери давления воздуха в сопряжении к депрессии выработок. Т.е., депрессия ветви состоит из депрессии выработки и депрессии сопряжений.

Кроме законов, вентиляционная сеть имеет определенные свойства. Свойства связаны с реакцией сети на вентиляционное возмущение, которое возникает вследствие действия естественных или искусственных факторов.

Свойство узла вентиляционной сети: сумма изменений расходов воздуха в узле вентиляционной сети, при изменении расхода воздуха в ветви, которая связана с этим узлом, равняется нулю

$$\sum \Delta Q_i = 0.$$

Свойство узла связано с первым законом сети. Она означает, что в случае, когда расход воздуха в какой-то ветви (рис. 16.9, ветвь 3) изменится (например, вследствие изменения сопротивления ветви) от Q_3 к Q'_3 , то сумма изменений расходов воздуха в других ветвях, связанных с этим узлом (1, 2 или 4, 5), будет равнять этому изменению (ΔQ_3):

$$\Delta Q_3 = \Delta Q_1 - \Delta Q_2 = \Delta Q_5 - \Delta Q_4.$$

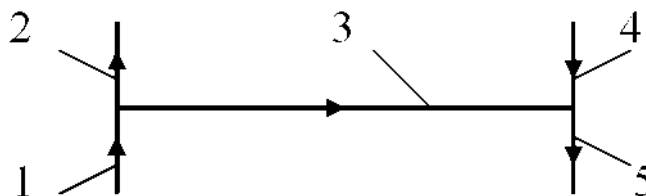


Рисунок 16.9 – Схема соединения ветвей в двух узлах

Свойство вентиляционного контура: сумма изменений депрессии в ветвях вентиляционного контура вследствие изменения депрессии одной из ветвей этого контура будет равна нулю.

$$\sum \Delta h_i = 0.$$

Так, например, при изменении депрессии ветви 1-2 (рис. 16.10) вследствие действия одного или нескольких факторов (Δh_{1-2}), сумма изменений депрессии в других ветвях контура будет равна изменению депрессии в ветви 1-2.

$$\Delta h_{1-2} = \Delta h_{2-5} + \Delta h_{5-4} + \Delta h_{4-1}.$$

В этом случае нужно брать абсолютные (по модулю) величины изменений. Если брать не абсолютные величины, то можно записать так:

$$\Delta h_{1-2} + \Delta h_{2-5} + \Delta h_{5-4} - \Delta h_{4-1} = 0.$$

Изменения депрессии ветвей, в которых направление обхода контура не совпадает с направлением воздуха ветви-регулятора, нужно брать со знаком «минус».

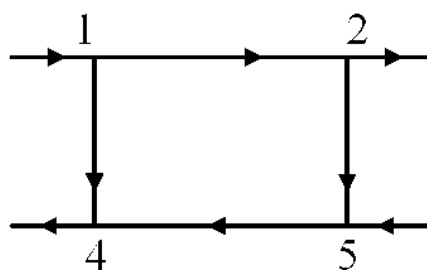


Рисунок 16.10 – Схема вентиляционного контура

Из первых двух свойств вытекает общее свойство вентиляционной сети: при изменении режима проветривания любой ветви вентиляционной сети, вследствие действия внутренних факторов, действие первого и второго законов сети восстанавливается автоматически.

Свойство затухания вентиляционного возмущения в вентиляционной сети: изменения расхода воздуха и депрессии во внутреннем контуре

передаются к внешним вентиляционным контурам с уменьшением величины изменений.

Смысл понятия «затухание вентиляционного возмущения» связан с понятиями «внутреннего» и «внешнего» контуров. Мысленное разделение на внутренние и внешние контуры в параллельно-последовательном соединении (рис. 16.11) показывает, что внутренний контур является составной частью внешнего. Так, например, вентиляционный контур 4-3 является «внутренним» по отношению к контуру 2-3-4-5-2, а контур 2-3-4-5-2 по отношению к нему - «внешний». В свою очередь контур 2-3-4-5-2 есть внутренним по отношению к контуру 1-2-3-4-5-6-1 и так далее.

Изменение расхода воздуха в ветви А, вследствие увеличения или уменьшения сопротивления этой ветви, будет больше чем в ветвях 3-4, 2-5 и 1-6

$$\Delta Q_A > \Delta Q_{3-4} > \Delta Q_{2-5} > \Delta Q_{1-6}.$$

В реальных шахтах на затухание вентиляционного возмущения также влияет наличие выработанного пространства, вернее его связей с горными выработками.

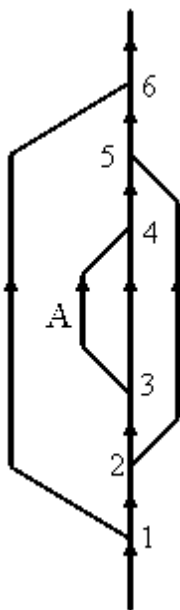


Рисунок 16.11 – Схема параллельно-последовательного вентиляционного соединения

Разветвленная вентиляционная сеть действует как своеобразный «демпфер». Этот демпфер уменьшает распространение вентиляционного возмущения в направлении от внутренних к внешним вентиляционным контурам. Поэтому, например, повышение сопротивления лавы (например,

вследствие обрушения породы) никак не отразится на расходе воздуха в околоствольном дворе или на подаче вентилятора главного проветривания. Вентиляционное возмущение «затухнет» в пределах выемочного поля (панели, крыла и т.п.).

Наличие эффекта затухания вентиляционного возмущения в сети, позволяет предположить, что существует определенная зона, где еще можно зафиксировать изменения расходов воздуха. К ней принадлежит совокупность выработок, в которых расход воздуха изменится на величину, большую, чем абсолютная погрешность анемометра.

В отличие от изменений во внутреннем контуре, изменения (вентиляционные возмущения) в ветвях внешнего контура могут отразиться на всех ветвях внутренних контуров. С этим связано следующее свойство вентиляционной сети.

Свойство изменений расходов воздуха и депрессии в вентиляционной сети: при изменении общего расхода воздуха (Q_3) или общей депрессии (h_3) вентиляционного соединения, вследствие действия каких-то факторов за пределами этого соединения, расход воздуха (Q_i) и депрессия (h_i) всех ветвей соединения изменяются пропорционально общим изменениям

$$Q_3 / Q'_3 = Q_i / Q'_i,$$

где Q'_3 и Q'_i – соответственно, измененный общий расход вентиляционного соединения и измененный расход воздуха отдельной ветви вентиляционного соединения.

$$h_3 / h'_3 = h_i / h'_i,$$

где h'_3 и h'_i – соответственно, измененная общая депрессия соединения и измененная депрессия отдельной ветви вентиляционного соединения.

При наличии в вентиляционном соединении источника тяги, изменение расхода воздуха и депрессии во всех ветвях соединения происходит непропорционально. Так, например, если в параллельном соединении (рис. 16.12) действует естественная тяга, то при уменьшении общего расхода воздуха (например, вследствие регулирования режима работы вентилятора главного проветривания) уменьшение расхода воздуха в ветви параллельного соединения с естественной тягой будет меньшим по сравнению с параллельной ветвью. То же самое происходит на шахтах из-за взаимовлияния вентиляторов главного проветривания.

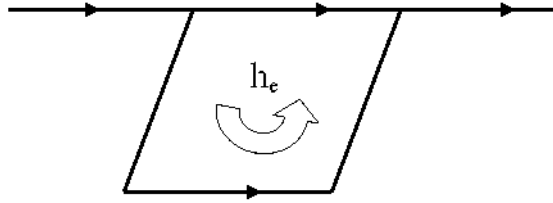


Рисунок 16.12 – Схема параллельного соединения ветвей

16.7.2 Основы оперативного регулирования распределения воздуха в вентиляционной сети

Определение ветвей-регуляторов в вентиляционной сети происходит по определенным правилам. Рассмотрим особенности регулирования на примере части вентиляционной сети, которая имеет вид параллельно-последовательного соединения ветвей (рис. 16.13).

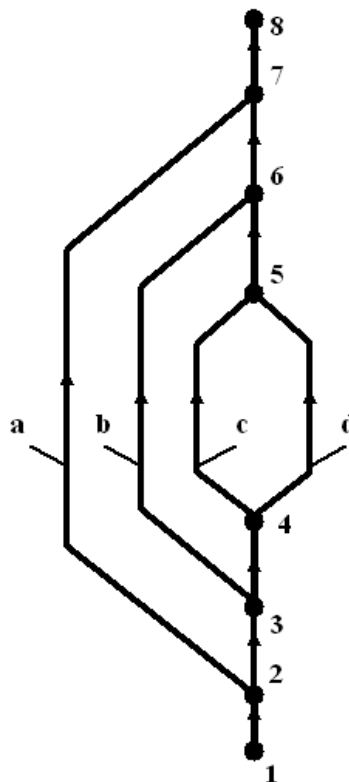


Рисунок 16.13 – Последовательно-параллельное соединение ветвей

Предположим, что объектом регулирования является ветвь $d(4-5)$. Для повышения расхода воздуха в этой ветви можно уменьшить сопротивление этой выработки (положительное регулирование), если в ней есть какой-либо

вентиляционный регулятор. Например, открыть закрытые вентиляционные двери или увеличить размер вентиляционного окна. Если оперативное положительное регулирование невозможно, рассматриваем возможности отрицательного регулирования. Для повышения расхода воздуха (Q) в ветви $d(4-5)$ нужно устанавливать регулятор в ветвях, которые параллельны ей – $a(2-7)$, $b(3-6)$, $c(4-5)$. Максимальное повышение расхода воздуха (ΔQ_d) в объекте регулирования (ветвь d) будет в случае наибольшего отношения Q_x/Q_d (при одинаковом аэродинамическом сопротивлении регулятора). Например, если $Q_a/Q_d > Q_b/Q_d > Q_c/Q_d$, то регулятор нужно установить в ветви a . При одинаковых соотношениях Q_x/Q_d нужно устанавливать регулятор в ветви, ближайшей к объекту регулирования – ветви c .

При выборе места установления регулятора нужно различать ветви «внешних» и «внутренних» вентиляционных контуров. Понятия «внешних» и «внутренних» вентиляционных контуров условны и определяются относительно отдельных ветвей сети. Так, например, ветви $c(4-5)$ и $d(4-5)$, по отношению к другим ветвям соединения 1-8 принадлежат к внутреннему контуру 4-5-4, так как он входит в более большой контур (3-4-5-4-3). Ветвь $b(3-6)$ принадлежит к внешнему контуру по отношению к ветвям $c(4-5)$, $d(4-5)$, но по отношению к ветви $a(2-7)$ принадлежит к внутреннему контуру, так как эта ветвь - часть большего вентиляционного контура 2-3-4-3-2.

Повышение сопротивления параллельных ветвей внутренних контуров для повышения расхода воздуха в параллельных ветвях внешних контуров неэффективное. Например, повышение сопротивления ветви $c(4-5)$ или $d(4-5)$ для повышения расхода воздуха в ветви $b(3-6)$ будет малоэффективным (действует эффект затухания вентиляционного возмущения). В этом случае регулятор нужно устанавливать в ветви, которая имеет общий узел с объектом регулирования, т.е. в ветви 3-4 или 5-6. Для повышения расхода воздуха в ветви $a(2-7)$ можно устанавливать регулятор в ветвях 2-3 или 6-7.

Выбор места установки вентиляционного регулятора (переносной перемычки) нужно делать с учетом сложности газовых условий в горных выработках. При этом необходимо помнить, что сразу после установки перемычки в горной выработке формируется две временных зоны давления. Зона повышенного давления – перед перемычкой и зона уменьшенного давления – за перемычкой (по ходу вентиляционного потока). Если с зоной уменьшенного давления связано выработанное пространство (выработка примыкает к выработанному пространству), то между ним и выработкой возникает разность давления. Начинается переходной процесс, в течение которого в выработку может попасть повышенное количество метана.

Продолжительность процесса выравнивания давления зависит от сопротивления путей движения воздуха и метана через выработанное пространство. Промежуток времени переходного процесса – от 20 до 150 минут.

Со стороны с повышенным давлением происходит противоположное явление – метан «запирается» в выработанном пространстве и на некоторое время его количество в части выработок (перед перемычкой) уменьшается. После выравнивания давления процесс переноса метана стабилизируется.

Учитывая выше приведенное, более безопасна установка перемычек-регуляторов ближе к концу выработок и в выработках (частях выработок) с отработанным воздухом. Например, при установке регулятора в ветви $a(2-7)$ – перемычку нужно устанавливать ближе к узлу 7 (5-10 м от сопряжения). Для повышения расхода воздуха в ветви $a(2-7)$ регулятор нужно установить в ветви 6-7 (а не 2-3) ближе к узлу 7. В этом случае в зону повышенного давления попадут все выработки, где произошло уменьшение расходов воздуха (участок 5-6-7).

16.7.3 Моделирование положительного и отрицательного регулирования

Для моделирования увеличения расходов воздуха в какой-то выработке необходимо сначала определить ветвь в вентиляционной сети, где будет установлен вентиляционный регулятор.

«Установка» регулятора, «повышение сопротивления» горной выработки, «закрывание» вентиляционных или пожарных дверей – все эти события реальной жизни в компьютерной программе моделируются увеличением величины определенного числа в «окне» ветви-регулятора («ветвь-регулятор» – ветвь вентиляционной сети, при увеличении сопротивления которой повышается расход воздуха в «ветви-объекте регулирования»). Т.е., пользователь просто набирает несколько цифр на клавиатуре компьютера и нажимает клавишу F2, которая запускает задачу расчета распределения воздуха в вентиляционной сети с новыми данными аэродинамического сопротивления ветви-выработки.

Регулирование распределения воздуха за счет увеличения аэродинамического сопротивления в аэрологии шахт имеет название «отрицательное» регулирование. Регулирование за счет уменьшения

сопротивления горных выработок называется «положительным». Моделируя «отрицательное» регулирование мы моделируем увеличение расхода воздуха в объекте регулирования и уменьшение расхода воздуха в ветви-регуляторе (за счет увеличения сопротивления ветви-регулятора).

Увеличение расхода воздуха в горной выработке возможно также за счет уменьшения аэродинамического сопротивления этой выработки («положительное» регулирование). Это возможно, если в выработке предварительно установлены закрытые вентиляционные двери или вентиляционное окно. В плотной перемычке можно сделать отверстие или разрушить перемычку. Моделируя «положительное» регулирование мы делаем оценку увеличения расхода воздуха в ветви-регуляторе и уменьшение расходов воздуха в параллельных ветвях-выработках (за счет уменьшения сопротивления ветви-регулятора).

Результаты моделирования можно сразу выводить на экран монитора. Для анализа последствий регулирования в программе «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» можно использовать режим «исследовать». В этом случае на экране монитора видно сразу предыдущие (до изменения сопротивления) и «новые» (после моделирования изменения сопротивления выработки) расходы воздуха (рис. 16.14).

Увеличение расхода воздуха в аварийной выработке может предусматриваться (в соответствующей позиции плана ликвидации аварии) при возникновении пожара в наклонной выработке. Например, это нужно делать, если результаты моделирования пожара указывают на угрозу опрокидывания потока воздуха в аварийной выработке за счет противодействия тепловой депрессии пожара.

В программном комплексе «IRS Вентиляция шахт – ЭПЛА» оценка устойчивости нисходящего или восходящего потока воздуха при пожаре происходит автоматически после выбора этой задачи. Можно делать оценку устойчивости сразу во всех наклонных выработках или в отдельных ветвях.

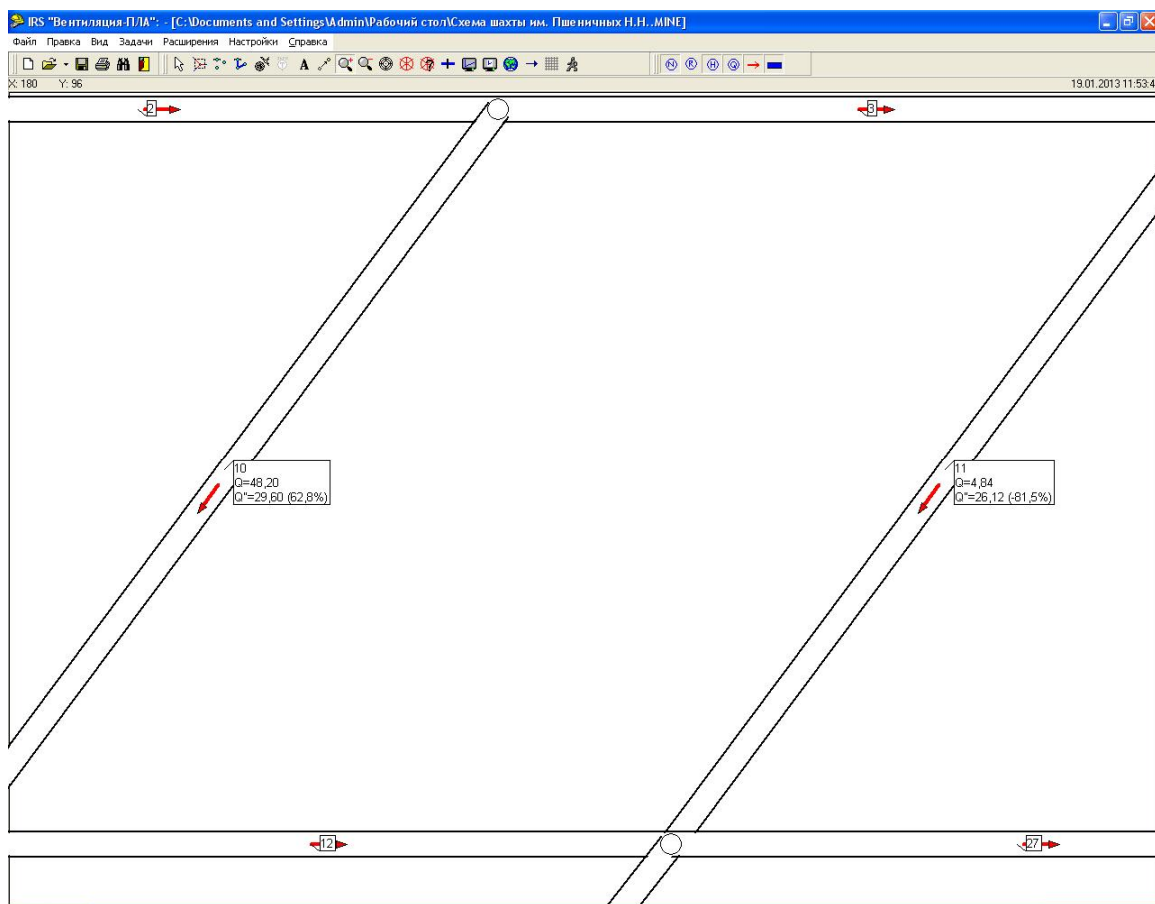


Рисунок 16.14 – Рабочее окно компьютерной программы

Повышение расхода воздуха в выработке может быть необходимо также в случае аварийного повышения ее сопротивления (обрушение горных пород) и угрозы повышения концентрации вредных газов.

Поиск места установления «отрицательного» регулятора в программе «IRS «Вентиляция шахт – ЭПЛА» можно выполнять автоматически (рис. 16.15). Кроме того, автоматически определяется резервная ветвь-регулятор (на тот случай, если повышение сопротивления в основном варианте моделирования почему-то невозможно).

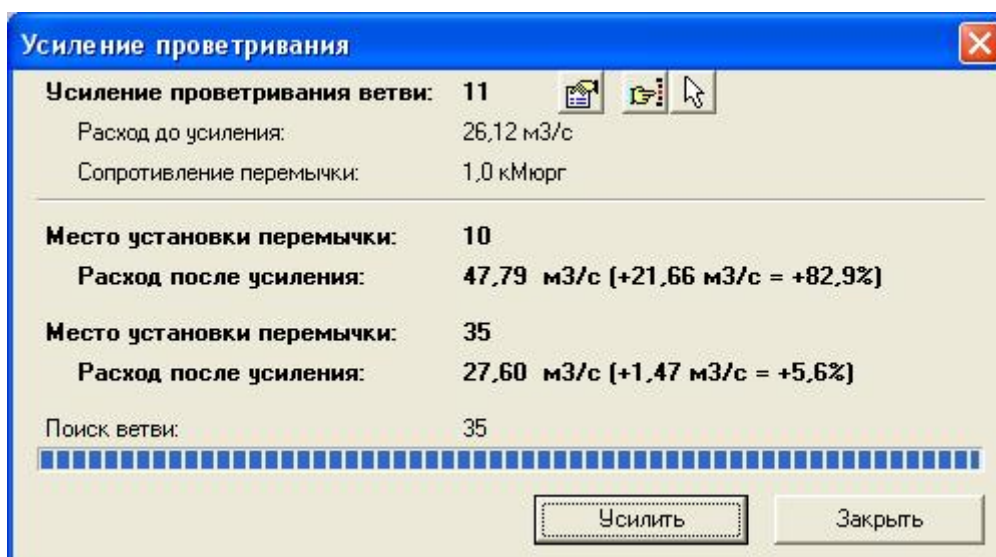


Рисунок 16.15 – Окно задачи усиления проветривания

Нужно также учитывать, что возможны такие случаи, когда для обеспечения устойчивости нисходящего потока воздуха необходимо предусматривать установление регуляторов одновременно в 2-3 местах.

Общий сценарий исследования (моделирование и анализ результатов моделирования) устойчивости проветривания при пожаре в наклонной выработке с нисходящим движением воздуха содержит следующие действия:

- автоматическое определение списка всех мест, где возможно нарушение устойчивости проветривания при пожаре;
- последовательное моделирование действия пожара во всех ветвях, где возможно нарушение устойчивости (из списка);
- определение зоны возможного распространения пожарных газов и определение рабочих мест, где могут оказаться пожарные газы в случае нарушения устойчивости проветривания;
- определение условий выхода шахтеров из зоны распространения пожарных газов после нарушения устойчивости проветривания;
- автоматическое определение мест установления регуляторов (основное и резервное) для повышения устойчивости вентиляционного потока в наклонной выработке;
- моделирование действия пожара после повышения сопротивления ветви-регулятора и определение минимального сопротивления регулятора, необходимого для обеспечения устойчивости потока воздуха при пожаре;

- проверка соответствия минимально необходимого сопротивления регулятора в модели, и регулятора, установленного в реальной горной выработке.

Для выработок с восходящим проветриванием сценарий исследования устойчивости проветривания значительно более прост, ведь в большинстве случаев для обеспечения устойчивости проветривания достаточно просто повысить сопротивление аварийной выработки на 0,1 даПа с²/м⁶.

Результаты моделирования аварийных вентиляционных режимов (сопротивление регуляторов, необходимое для обеспечения устойчивости вентиляционных потоков во время пожара, направление движения воздуха, необходимая депрессия или расход воздуха в горных выработках) должны проверяться в условиях шахты на стадии подготовки плана ликвидации аварии.

Если результаты моделирования показывают, что отрицательное или положительное регулирование не обеспечивают устойчивость вентиляционного потока, то необходимо предусмотреть регулирование режима работы вентилятора (вентиляторов) главного проветривания, т.е. перевод вентиляторов на вышележащую рабочую характеристику (если на вентиляторе есть такой резерв). Это делается за счет уменьшения угла наклона лопаток рабочего колеса вентилятора, или уменьшения угла наклона лопаток направляющего аппарата (на центробежном вентиляторе).

В крайнем случае, можно предусмотреть параллельную работу вентиляторов главного проветривания (рабочего и резервного).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Угольная промышленность Донбасса в виду весьма большой глубины ведения горных работ и прочих осложняющих природных факторов характеризуется сложностью производственных и технологических процессов по добыче угля, несмотря на применяемые сегодня мероприятия по совершенствованию правил техники безопасности, а также мер и средств помощи в борьбе с ликвидацией негативных последствий. Сложные горно-геологические условия разработки угольных пластов вызывают тяжелые условия труда и повышенную аварийную опасность на горных предприятиях.

Системное изучение и научное обобщение опыта Государственной военизированной горноспасательной службы в сфере взаимосвязи обеспечения безопасности ведения работ, предотвращения чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий аварий, что способствует оздоровлению рабочей обстановки и эффективности выполнения поставленной задачи.

Данное учебное пособие является в своем роде уникальным изданием, в котором рассмотрено множество вопросов и составляющих безопасности ведения горных работ. Приведен анализ негативных факторов, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых, и системы управления охраной труда, проиллюстрирована структура и динамика аварийности и травматизма, а также риска профессиональных заболеваний. Подробно рассмотрены методы, средства защиты и мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и действия горноспасательной службы в угольной промышленности Донбасса. Поскольку наряду с составляющими также приведены рекомендации относительно практического применения различных способов и технологий, включая формы и паспорта на ведение тех или иных работ, расчеты параметров и технологические схемы, данное пособие будет полезным не только для студентов, но и командно-административному составу ГВГСС ДНР, а также инженерно-техническому персоналу угольных предприятий.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Глава 1

1. Термин «угольная шахта».
2. Оценка профессионального риска в угольной промышленности.
3. Причины и последствия развития профессиональных заболеваний.
4. Статистика динамики аварийности и травматизма в шахтах.

Глава 2

1. Требования к системе управления охраной труда в угольных шахтах.
2. Общая характеристика обеспечения нормальных климатических условий.
3. Структура нарядной системы на горных предприятиях.
4. Способы обеспечения требуемого состава шахтного воздуха.

Глава 3

1. Профессиональные заболевания, обусловленные действием шахтной пыли.
2. Классификация способов и средств борьбы с пылью в шахтах.
3. Направления и меры борьбы с пылью.
4. Параметры обеспыливания воздуха.

Глава 4

1. Общая характеристика источников шума и вибраций в шахте.
2. Методы и средства защиты от шума и вибраций на горных предприятиях.

3. Требования к профилактике шумовых и вибрационных заболеваний.
4. Особенности освещения рабочих мест в шахтах.

Глава 5

1. Общая характеристика средств индивидуальной защиты шахтеров.
2. Требования к санитарно-бытовому и медицинскому обслуживанию.
3. Состав паспорта санитарно-технического состояния условий труда.

Глава 6

1. Общие требования правил безопасности к ведению горных работ.
2. Положения и требования к персоналу при ведении взрывных работ.
3. Причины несчастных случаев при ведении взрывных работ.
4. Характеристика мер безопасности при ведении взрывных работ.
5. Принцип безопасного передвижения людей под землей.
6. Особенности безопасной работы шахтных подъемов.

Глава 7

1. Требования правил безопасности к видам исполнения и условиям безопасного применения электрооборудования.
2. Характеристика электрических машин и аппаратов.
3. Особенности камер для электроаппаратуры.
4. Инструкция по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений.

Глава 8

1. Причины и последствия взрывов метана и пылевоздушных смесей.

2. Параметры способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок.

Глава 9

1. Основные причины возникновения экзогенных и эндогенных пожаров.
2. Методика обнаружения подземных пожаров.
3. Профилактические мероприятия по предупреждению возникновения пожаров в шахтах.

Глава 10

1. Сущность, характеристика и признаки газодинамических явлений.
2. Особенности мест наиболее характерных случаев газодинамических явлений.
3. Основные мероприятия по безопасной разработке опасных и угрожаемых по ГДЯ шахтопластов.
4. Перечень работ по борьбе с ГДЯ и характеристика сотрясательного взрывания.

Глава 11

1. Характеристика обвалов и обрушений горных пород.
2. Источники и факторы прорыва воды, глины и пульпы.
3. Мероприятия по ликвидации аварийных ситуаций, связанных с загазированием горных выработок.

Глава 12

1. Положение противоаварийной защиты шахт.
2. Характеристика системы УТАС.
3. Содержание и структура плана по ликвидации аварий на шахтах.

4. Основные средства защиты органов дыхания горняков и организация аварийно-спасательных работ.

Глава 13

1. Общая характеристика аварийных вентиляционных режимов угольных шахт.

2. Преимущества и недостатки нормального режима проветривания шахты.

3. Особенности общешахтного реверсирования вентиляции, достоинства и недостатки.

4. Возможные комбинации общешахтного реверсирования.

5. Условия применения «нулевого» режима проветривания и местного реверсирования вентиляции.

Глава 14

1. Последовательность действий при решении задач шахтной вентиляции.

2. Особенности моделирования основных элементов вентиляционной сети.

3. Структура моделирования распределения воздуха.

Глава 15

1. Состав методики моделирования тепловой депрессии пожара.

2. Расчет тепловой депрессии пожара.

Глава 16

1. Особенности моделирования общего реверсирования вентиляции шахты.

2. Сценарий моделирования в наклонных выработках.

3. Характеристика комбинированного режима вентиляции.
4. Моделирование местного реверсирования вентиляции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Правила безопасности в угольных шахтах Донецкой Народной Республики** [Электронный ресурс] : утв. совместным приказом Гос. Ком. горного и техн. надзора и Мин-ва угля и энергетики ДНР № 36/208 от 18 апр. 2016 г. // Министерство угля и энергетики Донецкой Народной Республики : офиц. сайт. – Электрон. дан. – Донецк, 2016. – Режим доступа: http://mintek-dnr.ru/zue/pravila_bezопасnosti_na_ugolnykh_shakhtakh.pdf. - Загл. с экрана.
2. **Устав по организации и ведению горноспасательных работ Государственной военизированной горноспасательной службой Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики** [Электронный ресурс] : утв. приказом МЧС ДНР № 965 от 28 дек. 2015 г. // МЧС Донецкой Народной Республики : офиц. сайт. – Электрон. дан. – Донецк, 2015. – Режим доступа: Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки. - Загл. с экрана.
3. **Александров, С. Н.** Охрана труда в угольной промышленности / С. Н. Александров, Ю. Ф. Булгаков, В. В. Яйло. – Донецк : РИА ДонНТУ, 2012. - 480 с.
4. **Ушаков, К. З.** Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин. – Москва : Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2002. – 487 с.
5. **Охрана труда** [Электронный ресурс] : информ. ресурс. - Электрон. дан. - [Б. м.], 2014. - Режим доступа: <http://ohrana-bgd.ru/gornd/gornd.html>. – Загл. с экрана.
6. **Компьютерное моделирование аварийных вентиляционных режимов** / Ю. Ф. Булгаков [и др.] ; ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецк : Донбасс, 2014. – 68 с.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I ДИНАМИКА АВАРИЙНОСТИ, РИСК ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	4
1.1 Профессиональный риск травматизма на угольных шахтах	4
1.2 Риск развития профессиональных заболеваний.....	8
1.3 Структура и динамика аварийности и травматизма в шахтах	13
ГЛАВА II ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАБОТЫ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	16
2.1 Система управления охраной труда в угольных шахтах	16
2.2 Обеспечение нормальных климатических условий и состава шахтного воздуха.....	20
2.2.1 Обеспечение нормальных климатических условий	20
2.2.2 Обеспечение требуемого состава шахтного воздуха	23
ГЛАВА III БОРЬБА С ШАХТНОЙ ПЫЛЬЮ КАК ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ВРЕДНОСТЬЮ	26
3.1 Предупреждение заболеваниями пылевой этиологии	26
3.2 Способы и средства борьбы с пылью в шахтах.....	28
3.3 Предварительные меры борьбы с пылью	33
3.4 Обеспыливание воздуха	39
3.4.1 Обеспыливание воздуха в очистных выработках.....	39
3.4.2 Обеспыливание воздуха в подготовительных выработках	44
3.5 Подземная подготовка воды для пылеподавления	46
ГЛАВА IV ШУМОВАЯ И ВИБРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТНИКОВ ШАХТ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ	51
4.1 Источники шума и вибрации в шахте	51
4.2 Методы и средства защиты от шума и вибрации в шахте.....	54
4.3 Профилактика шумовой и вибрационной заболеваемости	57
4.4 Освещенность рабочих мест в шахте	59
ГЛАВА V СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТЕРОВ. САНИТАРНО-БЫТОВОЕ И МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. ПАСПОРТИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ	62
5.1 Средства индивидуальной защиты	62
5.2 Санитарно-бытовое и медицинское обслуживание	66
5.3 Паспорт санитарно-технического состояния условий труда	68

ГЛАВА VI БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ВЕДЕНИЕ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	71
6.1 Безопасность ведения горных работ	71
6.2 Безопасность взрывных работ	75
6.2.1 Общие положения и требования к персоналу	75
6.2.2 Обеспечение безопасности ведения взрывных работ	78
6.2.3 Меры безопасности взрывных работ в шахтах, опасных по газу и пыли.....	82
6.2.4 Порядок безопасного проведения взрывных работ.....	87
6.3 Безопасность передвижения людей под землей	91
6.4 Безопасность перевозки людей рельсовым транспортом	96
6.5 Безопасность перевозки людей конвейерами	97
6.6 Безопасность работы шахтных подъемов.....	100
6.7 Организация безопасности работы шахтных подъемов	105
ГЛАВА VII МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	110
7.1 Виды исполнения и условия безопасного применения электрооборудования	110
7.2 Электрические проводки, машины и аппараты. Камеры для электроаппаратуры...115	
7.2.1 Электрические проводки.....	115
7.2.2 Электрические машины и аппараты.....	118
7.2.3 Камеры для электроаппаратуры	120
7.3 Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов. Заземление	121
7.3.1 Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов.....	121
7.3.2 Заземление.....	123
7.4 Безопасное электроснабжение участка	124
ГЛАВА VIII ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВОВ ГАЗА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ	128
8.1 Условия возникновения, причины и последствия взрывов метана и пылевоздушных смесей.....	128
8.2 Мероприятия обеспечения безопасности газового режима	133
8.3 Мероприятия обеспечения безопасности пылевого режима.....	138
ГЛАВА IX ПРОФИЛАКТИКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ	144
9.1 Условия и причины возникновения экзогенных пожаров.....	144
9.2 Условия и причины возникновения эндогенных пожаров	146
9.3 Методы обнаружения подземных пожаров	151
9.4 Профилактика возникновения пожаров в шахтах.....	154

ГЛАВА X ПРОГНОЗ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ	160
10.1 Газодинамические явления. Суть, причины, последствия.....	160
10.2 Мероприятия по безопасной разработке опасных и угрожаемых по газодинамическим явлениям шахтопластов	168
10.3 Прогноз опасности газодинамических явлений в шахтах.....	170
10.4 Организация работ по борьбе с газодинамическими явлениями	175
10.5 Безопасное проведение выработок по выбросо-опасным породам	177
10.6 Сотрясательное взрывание.....	182
ГЛАВА XI ОБРУШЕНИЯ И ОБВАЛЫ ГОРНЫХ ПОРОД. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ И ЗАГАЗИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	186
11.1 Обвалы и обрушения горных пород	186
11.2 Прорыв воды, глины и пульпы.....	187
11.3 Загазирование горных выработок	189
ГЛАВА XII ПОДГОТОВКА ШАХТЫ К ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ	192
12.1 Противоаварийная защита шахт	192
12.2 План ликвидации аварий в шахте.....	197
12.3 Средства защиты органов дыхания горняков	206
12.4 Организация и действия горноспасательной службы в угольной промышленности	213
ГЛАВА XIII АВАРИЙНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ.....	223
13.1 Сохранение существующего режима вентиляции шахты.....	223
13.2 Общешахтное реверсирование вентиляции	223
13.3 Комбинированные режимы проветривания шахты.....	227
13.4 Остановка вентиляторов главного проветривания.....	229
13.5 Местное реверсирование вентиляции.....	229
13.6 Регулирование расходов воздуха в горных выработках	230
ГЛАВА XIV МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ	231
14.1 Подготовка схемы вентиляции шахты к моделированию.....	231
14.2 Моделирование основных элементов вентиляционной сети	232
14.3 Подготовка данных для компьютерной модели шахтной вентиляционной сети.....	240
14.4 Моделирование распределения воздуха	243
ГЛАВА XV МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЖАРА В НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТКАХ	246
15.1 Методика моделирования тепловой депрессии пожара.....	246
15.2 Моделирование одновременного действия тепловой депрессии пожара в нескольких вентиляционных контурах	249

ГЛАВА XVI МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ	254
16.1 Моделирование общего реверсирования вентиляции шахты	254
16.2 Реверсирование вентиляторов и моделирование пожара в наклонной выработке в зоне реверсирования	256
16.3 Комбинированный режим: остановка одного вентилятора и реверсирование других вентиляторов шахты	257
16.4 Моделирование остановки вентиляторов главного проветривания	259
16.5 Моделирование местного реверсирования вентиляции	261
16.5.1 Общие основы местного реверсирования	261
16.5.2 Моделирование местного реверсирования при пожаре в наклонной выработке	265
16.5.3 Анализ результатов моделирования местного реверсирования вентиляции	267
16.6 Моделирование закорачивания вентиляционного потока	268
16.7 Моделирование регулирования распределения воздуха в сети	271
16.7.1 Законы и свойства шахтной вентиляционной сети	271
16.7.2 Основы оперативного регулирования распределения воздуха в вентиляционной сети	277
16.7.3 Моделирование положительного и отрицательного регулирования	279
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	284
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	285
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	290