

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА АЕРОЛОГІЇ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
щодо організації самостійної роботи студентів з
нормативної навчальної дисципліни циклу
професійної та практичної підготовки

РУДНИЧНІ ПОЖЕЖІ ТА ВИБУХИ

Галузь знань: 0503 Розробка корисних копалин
Напрямок підготовки: 6.050301 «Гірництво»
Спеціальність: 7.05030101 Розробка родовищ та видобування
корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ.
8.05030101. Розробка родовищ та видобування
корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ

РОЗГЛЯНУТО

Протокол засідання кафедри
охорони праці та аерології
від «___» _____ 2011 р. № ____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання
Навчально-видавничої
Ради ДонНТУ
від «___» _____ 2011 р. № ____

Донецьк, 2011 р.

Методичні рекомендації щодо організації самостійної роботи студентів з дисципліни «Рудничні пожежі та вибухи» для студентів спеціальності 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ. 8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві – ОПГ.

Укладачі: Ю.Ф. Булгаков, Н.С. Біла – Донецьк, ДонНТУ, 2011 р. – 231 с.

Методичні рекомендації щодо організації самостійної роботи з дисципліни «Рудничні пожежі» написані на базі учбової програми, затвердженої міністерством освіти і науки України, відповідно до рішення учбово-видавничої Ради ДонНТУ.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою самостійної роботи студентів при вивченні курсу є закріплення теоретичних та практичних знань, які студент набув при вивченні матеріалу лекцій, шляхом роботи над рекомендованою навчальною літературою, а також отримання додаткових знань щодо заходів з охорони праці.

Крім того, на самостійне вивчення за допомогою учбової літератури можуть бути винесені окремі теми чи розділи дисципліни, які передбачені робочою програмою, але за тими чи іншими причинами не знайшли відображення в лекційному курсі. Такі теми визначаються викладачем і заздалегідь доводяться до відому студентів на лекціях чи консультаціях з дисципліни.

В ході самостійної роботи студентам рекомендовано уважно опрацювати матеріал за даною темою чи розділом теми за конспектом лекцій, визначити ті питання, які здаються не зовсім зрозумілими чи доведеними на лекції у скороченому обсязі і шляхом опрацювання відповідного розділу рекомендованої основної навчальної літератури усунути недоліки в освоєнні цих питань. Додаткове вивчення рекомендованої додаткової літератури допоможе студенту підвищити рівень знань за визначеною темою.

Самостійний контроль якості підготовки студенту рекомендується здійснювати за допомогою контрольних питань за відповідним розділом чи темою.

1. ПЕНА – КАК ОБЪЕМНЫЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1.1. *Общие положения*

Воздушно-механическая, инертная и твердеющая пены находят все более широкое применение для борьбы с подземными пожарами. Многолетний опыт использования пен показал эффективность их применения в качестве дистанционного, объемного, экономически выгодного и безопасного средства тушения и локализации пожаров во все усложняющихся горно-геологических и горнотехнических условиях.

1.2. *Пены. Исходные компоненты*

Пена является двухфазной (газожидкостной) системой с определенной устойчивостью своей структурой), массы и объема. Жидкая фаза пены представляет собой водный раствор поверхностно-активного вещества (пенообразователя) или водный раствор карбамидо-формальдегидной смолы с пенообразователем, а газовая фаза - воздух или инертный газ (азот, парогазовая смесь, углекислый газ или продукты горения).

Для тушения и локализации подземных пожаров используются газомеханическая и твердеющая пены.

э

1.3. *Газомеханическая пена*

Газомеханическая (воздушно-механическая или инертная) пена образуется при набрызгивании водного раствора пенообразователя на сетку, через которую продувается воздух (газ), эжектируемый за счет

энергии воды или принудительно подаваемый вентилятором. Возможно, также бессеточное получение пены в пожарных рукавах или в трубопроводах при одновременной подаче в них водного раствора пенообразователя и газа в строго определенных соотношениях.

Пена обладает рядом свойств, влияющих на эффективность тушения подземных пожаров в различных горнотехнических условиях, выбор пеногенераторной техники и др.

Кратность, пены K , характеризуется отношением объема (расхода) пены к объему (расходу) пенообразующего водного раствора, расходуемого на её получение:

$$K = \frac{V_n}{V_{жс}} = \frac{V_z + V_{жс}}{V_{жс}}$$

или

$$K = \frac{Q_n}{Q_{жс}} = \frac{Q_z + Q_{жс}}{Q_{жс}}$$

где V_n , V_z , $V_{жс}$ - объем соответственно пены, газа и жидкости. м^3 ;

Q_n , Q_z , $Q_{жс}$ - расход соответственно пены, газа и жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$.

По кратности пена подразделяется на три группы: низкократная ($K \leq 50$), средней кратности ($50 < K \leq 300$), высокократная ($K > 300$).

Кратность пены зависит не только от типа, количества и качества пенообразователя, воды и газа, но и от способа её получения и конструктивных особенностей пеногенераторных установок. При выборе пеногенераторной установки для получения пены необходимой кратности рекомендуется пользоваться схемой рис.1.1.

Чем ниже кратность пены, тем больше в ней жидкости и тем выше эффект тушения очага пожара и охлаждения нагретых боковых пород. Однако высокократная пена может транспортироваться по горным выработкам по трубам на большие расстояния, чем низкократная.

Поэтому, учитывая, что при высокой производительности пеногенератора на очаг пожара попадает такое же количество жидкости, как и при подаче низкократной пены, при дистанционном тушении подземных пожаров рекомендуется применять пену средней и высокой кратности.

Плотность, пены ρ_n , кг/м³, зависит от её кратности плотности воды, пенообразователя и газа. Так как плотность 5-процентного водного раствора пенообразователя близка к плотности воды и равна $\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность пены может быть определена из выражения

$$\rho_n = \rho_g + \frac{100}{K}$$

где ρ_g - плотность газовой фазы пены, кг/м³

Плотность воздушно-механической пены в зависимости от кратности при $\rho_g = \rho_{ж} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ приведена ниже.

Кратность	10	50	100	200	300	400	500	600
Плотность, кг/м ³	101,5	21,2	11,2	16,2	4,5	3,7	3,2	2,8

Плотность пены учитывается при расчете и выборе ограждающих пеноупорных перемычек, возводимых при заполнении вертикальных и наклонных выработок.

Устойчивость пены - его способность пены сохранять во времени свою структуру, объем, массу. В зависимости от устойчивости пены за счет отекания жидкой ее фазы постоянно происходит непрерывное увеличение кратности и уменьшение плотности и объема пены, что существенно влияет на дальность подачи и объем заполнения выработки. Устойчивость пены зависит от типа и качества пенообразователя, состава воды и газа. Она определяет выбор типа пенообразователя для тушения пожаров.

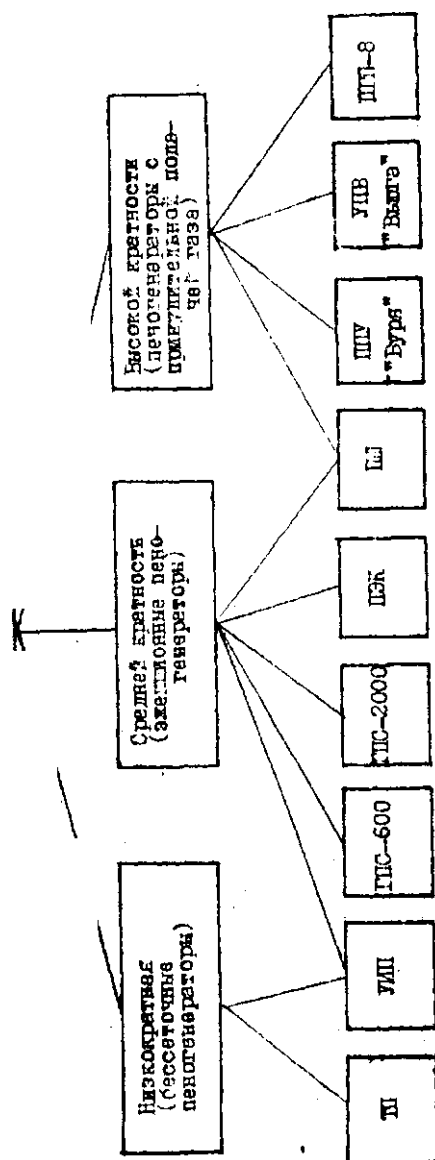


Рис.1. Схема выбора пенообразующей установки для получения пены необходимой кратности

1.4. Пенообразователи

Пенообразователи относятся к группе поверхностно-активных веществ (ПАВ), незначительные добавки которых в воду (0,5-6%) снижают поверхностное натяжение (с 72 до 29 мН/м) и повышают смачивающую способность (с 300 до 5 с), обеспечивают процесс пеногенерации и устойчивость пены.

Пенообразователи легко растворяются в воде, могут длительно храниться при нормальной температуре, не теряют своих свойств при замерзании и оттаивании, удовлетворяют санитарно-гигиеническим

требованиям и серийно выпускаются предприятиями Миннефтехимпрома СССР, Физико-химические свойства пенообразователей, выпускаемых отечественной промышленностью

1.5. Твердеющая пена

Твердеющая пена представляет собой вспененный и отверженный полимерный материал (пенопласт) мелкоячеистой структуры. Она может изготавливаться в горных выработках непосредственно на месте ведения изоляционных работ путем механического смешивания водного раствора карбамидоформальдегидной смолы к пенообразователям и раствора ортофосфорной кислоты (отвердителя) с дальнейшим вспениванием смеси сжатым воздухом. Твердеющая пена применяется в качестве изоляционного материала при возведении перемычек, «рубашек», изоляционных полос, заполнении куполов и пустот за крепью горных выработок и др.

Объемная масса твердеющей пены зависит от кратности вспенивания водного раствора и при $K = 10-15$ составляет $30-20 \text{ кг/ м}^3$, а при $K = 16-20$ соответственно $18-15 \text{ кг/ м}^3$.

Прочность пены характеризуется механической нагрузкой, разрушающей её структуру при сжатии, величина которой в основном зависит от; объемной массы твердеющей пены: при объемной массе $15-18 \text{ кг/ м}^3$ разрушающее напряжение составляет $30-50 \text{ кПа}$ ($0,3-0,5 \text{ кг/ см}^3$) при $20-30 \text{ кг/см}^3$ — $50-100 \text{ кПа}$ ($0,5-1,0 \text{ кгс/ см}^2$).

Несмотря на небольшую прочность, твердеющая пена обладает упругой деформацией, позволяющей ей сжиматься на $40-70 \%$ без разрушения, благодаря чему такую пену можно использовать в выработках с неустановившимся горным давлением. При этом

незначительное давление не приводит к нарушению целостности изолирующего сооружения и увеличению утечек воздуха.

Воздухопроницаемость изоляционных сооружений из твердеющей пены составляет 0,02-0,04 м³/мин) при толщине перемычки 1 м. По степени горючести пенопласт относится к группе трудносгораемых материалов. При непосредственном воздействии пламени поверхностный слой пенопласта обугливается, деформируется, но распространения пламени по поверхности не наблюдается. Происходит термодеструкция с выделением токсичных газов (СО, СО₂, NO₂, формальдегида и др.).

1.6. Пеногенераторная пожаротушительная техника

Установки и устройства для тушения подземных пожаров газомеханической пеной по принципу действия можно подразделить на пеногенераторы, в которых получение пены осуществляется на сетках, и бессеточное. В свою очередь, первые могут быть подразделены на генераторы с принудительной подачей газа (воздуха), эжекционные и пеногенераторы комбинированного действия.

В пеногенераторах, снабженных пеногенерирующими сетками, образование пены происходит при набрызгивании на сетки раствора пенообразователя и одновременном продувании через них газа. При этом пеногенераторы с принудительной подачей газа, как правило, оборудуются вентиляторами, которые обеспечивают продвижение газа через орошаемую сетку. К пеногенераторам такого типа относятся установки УПВ "Вьюга" и ППУ "Буря", а также переносная пеногенераторная перемычка ПГП-8, обеспечивающие получение пены высокой кратности с расходом 2-16,6 м³/с (120-1000 м³/мин) применяющиеся при заполнении пеной выработок значительного объема и длины зоны горения. В отдельных устройствах этого типа, в частности в

пеногенераторной перемычке ППП-8, продувание газа через сетку осуществляется за счет общешахтной депрессии.

1.6.1 Пеногенераторы с принудительной подачей газа

Установка пеногенераторная высокопроизводительная типа, «Вьюга», предназначена для дистанционного тушения пожаров воздушно-механической пеной в вертикальных и наклонных стволах, шурфах и сбойках, а также в околоствольных выработках, в которые пена подается с поверхности шахты.

Транспортируется установка пожарной автоцистерной АЦ-40.

Техническая характеристика

Производительность, м ³ /с 16,8	8,4 –
Кратность пены 500	300 –
Расход воды, м ³ /с	0,03
Расход пенообразователя ПО-1А, м ³ /с	0,0006
Массовая доля пенообразователя в растворе, %	5±0,5
Напор водного раствора пенообразователя перед оросителями, МПа 0,6	0,4 –

Вентилятор

Тип -11	Осевой двухступенчатый ВОД
Подача, м ³ /с	6 -33
Напор, Па	1100-3700

Привод

Тип 130	Двигатель внутреннего сгорания ЗИЛ-
------------	-------------------------------------

Прицеп

Тип	Двухосный МАЗ 8926
Габариты, мм:	
длина	8450
ширина	2500
высота	3600
Масса, кг	7560

Установка состоит из вентиляторов и приводного двигателя с коробкой передач, выходной, вал которой соединяется с валом вентилятора при помощи муфты. Все это оборудование расположено на автоприцепе, закрытом трубчатым каркасом, обтянутым брезентовым тентом с откидными клапанами, и брезентовым чехлом. В комплект установки входят также трубопровод длиной 30 м (6 труб по 5 м каждая) и коленообразный патрубок, выполненные из палаточной ткани, обеспечивающие удобство подачи пены в вертикальные выработки или на заданное расстояние от установки.

В диффузоре вентилятора размещены пеногенераторная сетка, воздухораспределитель, собранный из трех усеченных конусов и предназначенный для выравнивания скоростей воздушного потока, поступающего на сетку, и коллектор, снабженный центробежными оросителями для набрызга на сетку раствора пенообразователя, и двумя патрубками с головками для присоединения рукавов подачи пенообразующего раствора с условным проходом 80 мм.

Управление приводным двигателем производится с пульта, на котором размещены спидометр, выключатель зажигания, маховик управления дроссельной заслонкой, кнопка управления воздушной заслонкой карбюратора, амперметр и датчики давления масла в системе смазки двигателя, температуры охлаждающей воды и уровня топлива.

Питание приводного двигателя топливом принудительное и производится из топливного бака. Выхлопные газы двигателя через патрубок 18 подаются в диффузор вентилятора.

Установка "Вьюга" работает в комплексе с пожарной автоцистерной АЦ-40 (Урал-375), имеющей запас пенообразователя, достаточный для работы в течение 2 ч (4180 кг), и снабженной насосом типа ПН-40 ($Q = 0,04 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 1,0 \text{ МПа}$) для подачи раствора пенообразователя к коллектору 14 установки.

Изменение производительности установки можно осуществлять за счет регулирования подачи вентилятора путем изменения угла установки лопаток и скорости вращения его рабочего колеса. Например, при угле установки лопаток рабочего колеса 20° и показании спидометра на пульте $V = 39 \text{ км/ч}$ производительность установки составляет $12,0 \text{ м}^3/\text{с}$, а при показании спидометра $1V = 25 \text{ км/ч}$ - $8,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Установка порошково-пенная типа ППУ "Буря" предназначена для дистанционного тушения пожаров порошком и (или) пеной в горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, в также в тупиковых выработках протяженностью до 250 м.

ППУ можно доставлять по горным выработкам сечением не менее $3,3 \text{ м}^2$ (ширина выработки не менее 1,6 м, высота - не менее 1,8 м), оборудованным колеей 900 мм. У места установки ППУ по выработке должно проходить не менее $10 \text{ м}^3/\text{с}$ воздуха.

Производительность по пене, в пузырьках которой находится порошок (при расходе порошка не более $0,3 \text{ кг/с}$). $\text{м}^3/\text{с}$	6,0
Кратность пены	400-700
Расход водного раствора пенообразователя, $\text{м}^3/\text{с}$	0,015
Напор водного раствора пенообразователя перед оросителями, МПа	0,39-0,59

Вентилятор

Тип	Центробежный ВМЦ-8
Максимальная подача, $\text{м}^3/\text{с}$	10
Максимальный напор, Па	9000

Проводной двигатель

Тип	Асинхронный электродвигатель ВРМ-
25032	
Мощность, кВт	75
Напряжение, В	380/660
Габариты, мм:	
длина	2800
ширина	1280
высота	1600
Масса, кг	3500

Установка (рис.1.2) состоит из вентилятора 2, соединенного через воздухораспределитель 3 с пеногенератором 4. На входе вентилятора установлена порошковая приставка-бункер I, в которую порошок подается из заводской гари. Указанное оборудование, а также ящик для ЗИП 8 размещены на раме 7 шахтной вагонетки ВГ-3,3.

ППУ может обеспечивать подачу пены к очагу горения как непосредственно по выработкам, так и по вентиляционным трубам, и поэтому комплектуется самоуплотняющейся воздуходувной перемычкой, коническим переходником и хомутами для их крепления к пеногенератору установки.

Перемычка 5 (рис.1.2,а) устанавливается при подаче пены по горизонтальным выработкам. Она изолирует выработку и предотвращает закорми ванне пенного потока.

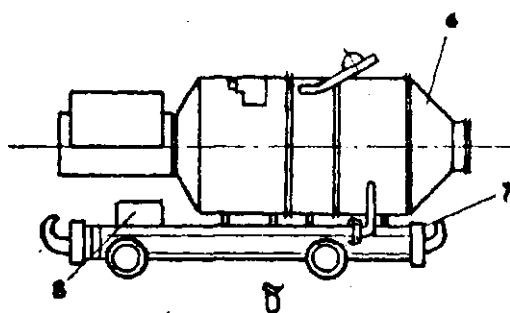
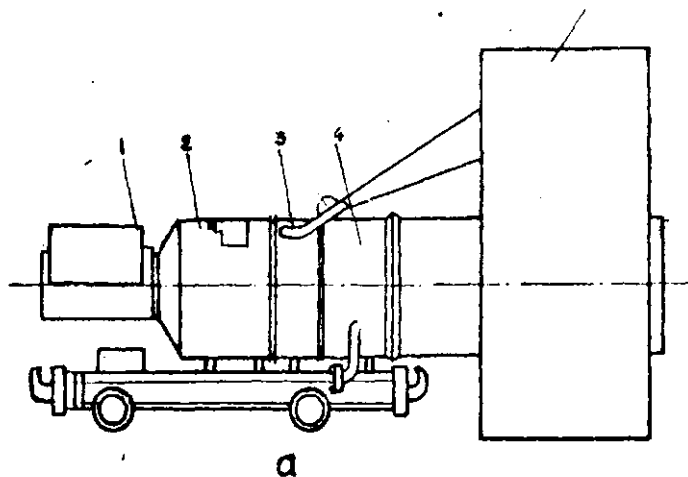


Рис.1.2. Установка порошково-пенная ППУ "Буря":

1 - приставка-бункер; 2 - вентилятор; 3 - воздухораспределитель; 4 - пеногенератор) 5 - переключатель» 6 – переходник, 7 - рама; 8 - ящик для ЗИП

Переходник 6 (рис.1.2,б) присоединяется к пеногенератору при подаче пены по трубам и рассчитан на применение труб диаметром 600.

Вода к ППУ подается из пожарно-оросительной сети шахты, а пенообразователь для получения раствора необходимой концентрации добавляется в поток воды эжекционным пеносмесителем типа ПС-2. Приведенные на рис.5 зависимости позволяют определить необходимое давление перед пеносмесителем для обеспечения заданных параметров работы установки или наоборот по известной величине давления перед смесителем - параметры работы установки. Например, при давлении перед распылительными форсунками ППУ 0,3 Ша и соответствующем ему расходе раствора пенообразователя через форсунки $9,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (11 л/с)

расход раствора через пеносмеситель составит $9,4 \cdot 10^{-3}$ м³/с, а необходимое для его обеспечения давление -0,7 Ма.

Пеногенераторная перемышка типа ППП-8 предназначена для дистанционной подачи пены на очаг пожара за счет общешахтной депрессии в горизонтальных горных выработках, когда невозможно применить другие типы пеногенераторов, и наклонных выработках при нисходящем проветривании и подаче пены сверху вниз.

ППП-8 (рис.1.3) представляет собой изготовленную из прорезиненной или легкой брезентовой ткани перемышку 2 размером 4,0х3,7 м трапециевидной или арочной формы, в центре которой имеется круглое отверстие диаметром 2,0 м с установленной в нем рабочей пеногенирующей сеткой 5 с размером отверстий 1х1 мм. По всему периметру перемышки через 0,5 м пришиты пояса 3 для крепления к рамам шахтной крепи, в левом её углу имеется лаз размером 0,450 х 0,485 м для прохода людей, закрываемый фартуком 6. Перемышка комплектуется съемной кольцевой накладкой 4 с внешним диаметром 2,2 и внутренним диаметром 1,5 м, позволяющей практически в два раза уменьшить площадь пеногенирующей сетки и тем самым соответственно увеличить скорость прохождения через нее потока газа. Могут применяться также накладки с другим внутренним диаметром, при выборе размеров которого следует исходить из того, что минимальная скорость газа через рабочую сетку для обеспечения устойчивого пенообразования должна составлять 1,5 м/с.

В комплект ППП-8 входит также ствол 1 типа РС-Б для распыления раствора пенообразователя и набрызга его на рабочую сетку, при этом факел раствора должен охватывать большую часть сетки с расстояния 2,0-2,6 м. Ствол подключается к пожарно-оросительной сети шахты через эжекционный горносмеситель типа ПС-2.

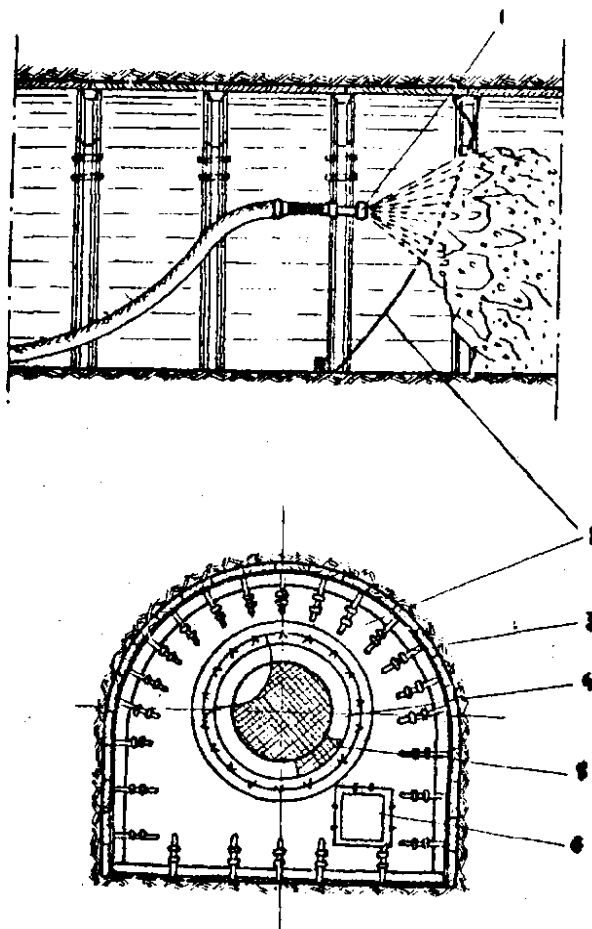


Рис.6. Пенногенераторная перегородка ПП-8:

1 - отвод РС-Б; 2 - перегородка; 3 - пояс крепления; 4 - кольцевая накладка; 5 - рабочая пенногенерирующая сетка; 6 - фартук лавы

Установки УЛЭП-2 и «Экран» предназначены для тушения пожаров в куполах горных выработок, пустотах за бетонной крепью капитальных горных выработок, а также для нагнетания пены под давлением в обрушенные уголь и породу для предупреждения, локализации и тушения эндогенных пожаров.

	Технические характеристики	
	УЛЭП-2	"Экран"
Производительность, м ³ /с	0,033	0,068
Кратность пены	100-150	100-150
Расход воды, м ³ /с	(0,33+0,36) 10 ⁻³	(0,66+0,72) 10 ⁻³
Расход сжатого газа, м ³ /с	0,033	0,066
Содержание пенообразователя в воде, %		
ПО-1, ПО-6Д	5	5
«Прогресс -30»	2,5	2,5
Напор водного раствора Пенообразователя перед распылителем, МПа	0,3-0,5	0,3-0,5
Масса пеногенератора	12	16

Установка УЛЭП-2 (рис.1.4) состоит из пеногенератора П, смесителя 9, трубопроводов 7,8 и I подачи соответственно воды, воздуха и пенообразователя, фильтров 2 и 5 очистки пенообразователя и воды, манометров 12 для замера давления воды, воздуха и пены. Пеногенератор П состоит из корпуса 13, снабженного кассетой 16, штуцерами 19 и 20 подвода воздуха и раствора пенообразователя, распылителем 17, распределительной камерой 17, смотровым окном 15 и фланцем 14 для подсоединения к магистральному пенопроводу.

Установка "Экран" (рис.1.5) отличается от УЛЭП-2 лишь устройством пеногенератора, смеситель которого представляет собой струйный аппарат эжекционного типа. В камера этого смесителя происходит смешивание воды и пенообразователя, после чего смесь подступает в его диффузор, где скоростной напор переходит в статический, используемый для дальнейшего транспортирования смеси.

Обе установки могут применяться в выработках шахт и на поверхности. Обязательным условием их применения является наличие сжатого инертного газа и чистой от механических примесей воды.

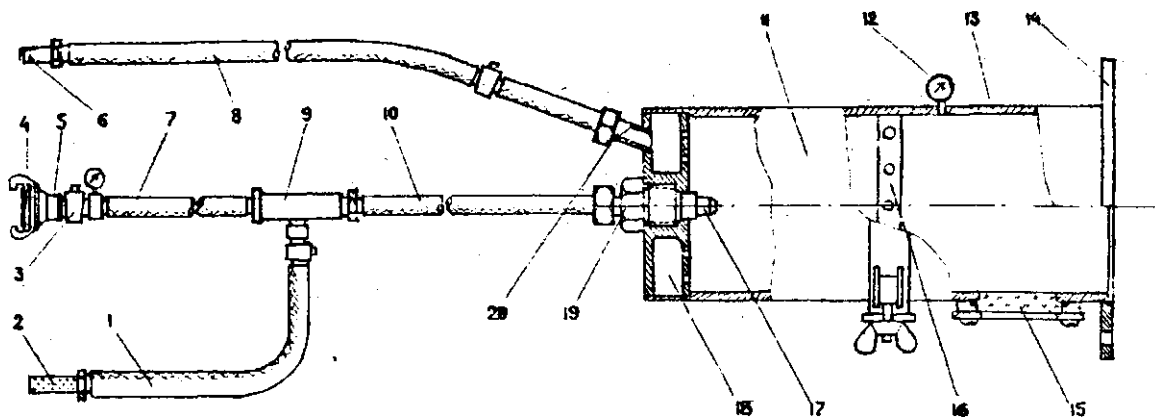


Рис.1.4. Установка УЛЭП-2:

1-трубопровод подачи пенообразователя; 2-фильтр; 3-кран; 4-головка соединительная ГМ; 5-фильтр; 6-штуцер; 7-трубопровод подачи воды; 8-трубопровод подачи воздуха; 9-смеситель; 10-рукав для подачи раствора пенообразователя; 11-пенотенератор; 12-манометр; 13-коряус; 14-фланец соединительный; 15-окно смотровое; 16-пакет сеток; 17-рзпылитель; 18-камерз распределительная; 19, 20 - штуцере подвоха раствора пенообразователя и воздуха

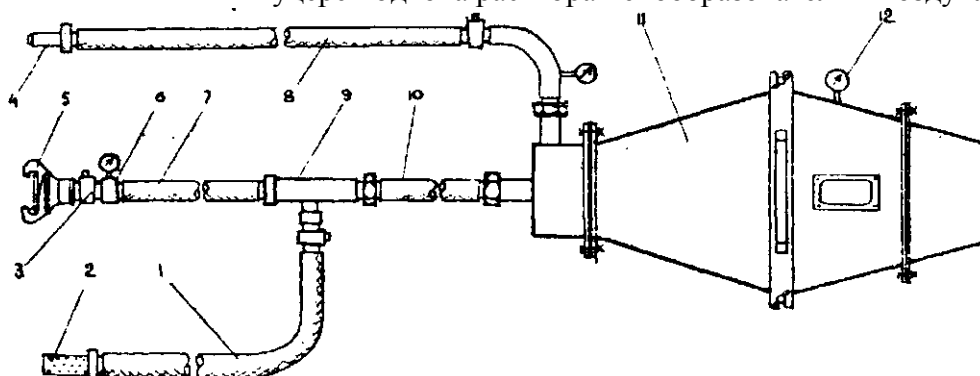


Рис.1.5. Установка напорная пеногенераторная "Экран":

1-рукав для подачи пенообразователя; 2-фильтр; 3-кран"; 4-штуцер подсоединения воздухопровода; 5-голоака соединительная ГМ; 6-переходник; 7-рукав для подачи воды; 8-рукав воздушный; 9-смеситель; 10-рукав для подачи раствора пенообразователя; 11-пезогенератор, 12-манометр

При этом вола в установки может подаваться как от пожарно-оросительного трубопровода шахты, так и насосом из промежуточной емкости. В качестве источника сжатого газа (воздуха) могут использоваться стационарные и передвижные газификационные установки (компрессоры). Пенообразователь к месту производства работ доставляется в таре любой емкости.

1.7. Пеногенераторы комбинированного действия

Пеногенератор шахтный типа ПШЦ предназначен для дистанционного тушения пожаров в проветриваемых горизонтальных, наклонных в вертикальных выработках сечением 8-10 м² и объемом до 3000 м³, в тупиковых выработках указанных сечений и длиной до 100 м, а также в камерах, куполах и за крепью, когда объем зоны горения не превышает 3000 м³. При этом пеногенератор обеспечивает подачу пены как непосредственно по горным выработкам, так и по вентиляционным трубам.

Техническая характеристика

Производительность по пене при работе, м ³ /с:	
в эжекционном режиме	1,0;1,5;2,5
с принудительной подачей газа	6,0
Кратность пены при работе:	
в эжекционном режиме	100-150
с принудительной подачей газа	300-500
Давление пенообразующего раствора перед распылителем, МПа	0,2-0,46
Масса (без вентилятора, вентиляционных труб и системы подачи раствора пенообразователя), кг	50

Пеногенератор ПШ (рис.1.6) состоит из корпуса, содержащего конфузор 5, горловину 6 и съемный диффузор 7, пакета пеногенерирующих сеток 8 и регулируемого распылителя раствора пенообразователя, установленного во входном устройстве 3. Последнее предназначено для подключения к пеногенератору при его работе в режиме с принудительной подачей газа вентилятора I и снабжено жалюзи 4, позволяющими регулировать расход газа поступающего на сетки 8.

Съемный диффузор 7 к горловине 6, пеногенерирующие сетки 8 к диффузору 7, соединительный воздухопровод 2 к входному устройству 3 и

вентилятору 1, а также трубопровод для подачи пени к очагу горения или переходник 9 к пакету сеток 8 присоединяются с помощью специальных креплений 10, представляющих собой разновидность быстроразъемных соединений.

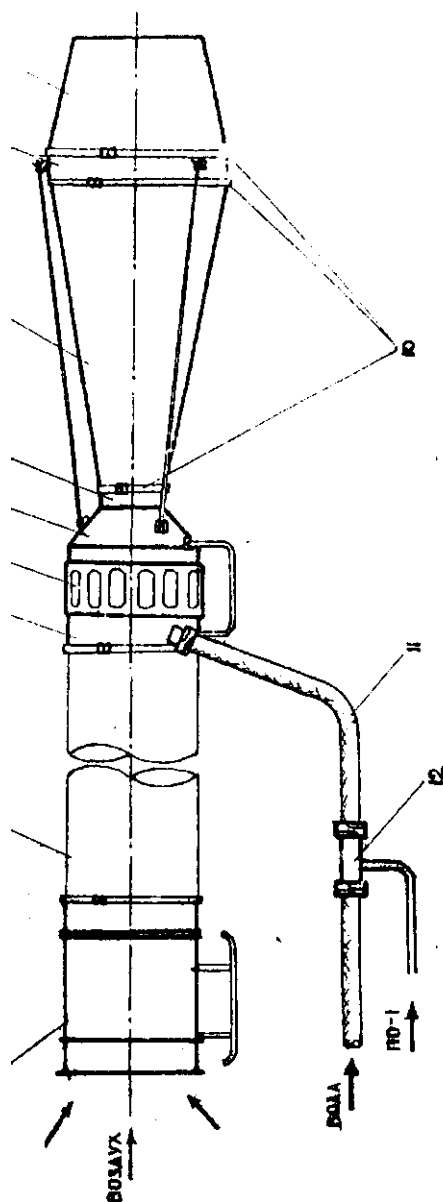


Рис.9. Пеногенератор шахтный ПШ:

- 1 - вентилятор; 2 - воздушный диффузор; 3 - входной трубопровод; 4 - желоб; 5 - корпус;
6 - горючая смесь; 7 - съемный диффузор; 8 - пакет пеногенерирующих сеток; 9 - переходник;
10 - крепления; 11 - трубопровод; 12 - пенообразователь

В комплект ПШ входят три типоразмера диффузоров, изготовленных из ткани «Винилискожа -1» и соответственно три типоразмера сеток диаметром 400, 500 и 800 м.

Вода к пеногенератору подается из пожарно-оросительной сетки шахты, а пенообразователь добавляется в поток воды пенообразователем 12

типа ПС-2, соединенным с распылителем пенообразующего раствора трубопроводом 11.

Генератор инертной пены типа ГИП-2м предназначен для дистанционного тушения пожаров инертно-механической пены в выработанном пространстве, в тупиковых, а также проветриваемых горизонтальных, наклонных и вертикальных выработках с обильным метановыделением. Его применение возможно при наличии жидкого азота и его газификаторов.

На шахтах, использующих энергию сжатого воздуха, ГИП-2м может применяться для тушения пожаров воздушно-механической пеной.

ГИП-2м может также обеспечивать получение воздушно-механической пены при работе с вентилятором местного проветривания.

Техническая характеристика	
Производительность по пене при работе, м ³ /с:	
по инертно-механической пене	
при содержании кислорода	
от 0 до 10%	0,51-1,66
от 10 до 15%	1,66 – 2,16
при воздушно-механической пене	
при работе:	
в эжекционном режиме	0,51-0,66
с принудительной подачей газа	
от вентилятора	2,0 – 2,16
Кратность пены при работе:	
в эжекционном режиме	100
с принудительной подачей газа	
от вентилятора	500
Расход водного раствора пенообразователя, м ³ /с	0,05
Напор пенообразующего раствора перед распылителем, МПа	0,4 – 0,6
Габариты, мм:	
длина	1182
ширина	608
высота	714
Масса, кг	24

Генератор ГИП-2м состоит из корпуса, содержащего приемную камеру, конфузор, горловину и диффузор, пеногенерирующих сеток, газового кольцевого коллектора с соплами и штуцером подсоединения к

воздухопроводу или линии подачи газообразного азота и разбрызгивающей центробежной форсунки со штуцером подсоединения к линии подачи пенообразующего раствора. Приемная камера генератора состоит из неподвижной и подвижной конических поверхностей с окнами, что позволяет регулировать эжектирование воздуха и получать инертную пену с содержанием кислорода до 15% при полностью открытых жалюзи и без кислорода в газовой фазе пены при полностью открытых жалюзи и без кислорода в газовой фазе пены при полностью закрытых жалюзи.

1.8. Эжекционные пеногенераторы

Генераторы пены средней кратности типа ГПС-600 и ГПС-2000 предназначены для тушения загораний поверхностных объектов, однако нашли широкое применение и в практике подземного пожаротушения. Их применение в горных выработках возможно как для непосредственного воздействия пеной на очаг пожара (при наличии подходов со стороны свежей струи воздуха), так и для дистанционного тушения (при наличии запаса пенообразователя и требуемых значениях расхода и напора воды).

Пеногенераторы типа ГПС выгодно отличаются от других наличием центробежных распылительных форсунок, компактной и рациональной формой эжектора, обеспечивающего минимальные потери напора воды при устойчивом пенообразовании и эжектировании пенообразователя с помощью пеносмесителей ПС-1 и ПС-2.

	Техническая характеристика	
	ГИС-600	ГИС-2000
Производительность, м ³ /с:	0,6	2,0
Кратность пены, не менее	70	70
Давление перед распылителем, МПа	0,4-0,6	0,4-0,6
Расход 4-процентного водного раствора пенообразователя, м ³ /с	0,005-0,006	0,016-0,02

Дальность подачи пены при давлении перед распылителем 0,6 МПа, м, не менее	8	12
Габариты, мм:		
длина	610	1600
ширина	325	640
высота	350	640
Масса, кг, не более	4,5	28,0

Пеногенераторы ГПС состоят из корпуса, включающего конфузор, горловину и диффузор с ручкой, пожарной соединительной гайки с центробежной распылительной форсункой и пакете пеногенерирующих сеток.

Пеногенераторы эжекционные кольцевые типа ПЭК разработаны и изготовлены рационализаторами ВГСЧ Ростовской области. Предназначены для применения в тех же условиях, что и серийно выпускаемые пеногенераторы ГПС, и отличается от последних большей производительностью и кратностью получаемой пены, что достигается применением для распыления пенообразующего раствора кольцевого коллектора с несколькими насадками и увеличением давления перед ним до 1,2 МПа.

	Техническая характеристика	
	ПЭК-1	ПЭК-2
Производительность, м ³ /с:	1,6-2,5	3,0-4,0
Кратность пены	80-120	100-150
Давление перед распылителем, МПа	0,4-1,2	0,4-1,2
Дальность подачи пены при давлении перед коллектором 1,2 МПа, м,	20-30	10-20
Габариты, мм:		
длина	500	600
высота	500	800
Масса, кг	10	17

Пеногенераторы ПЭК состоят из диффузора, соединительного с входным устройством, кольцевого коллектора с пожарной соединительной гайкой и насадками, удерживающих тяг и пакета пеногенерирующих сеток. Количество распылительных насадок в ПЭК-1 13 шт., в ПЭК-2 21 шт.

Недостатком генераторов ПЭК является наличие в их конструкции насадок диаметром 5 мм, что создает значительное гидравлическое сопротивление и требует повышенного давления подводимого к ним раствора пенообразователя. По этой же причине при давлении 0,3-0,4 МПа в комплексе с ПЭК не работает эжекционный пеносмеситель ПС-2. В этой связи наиболее эффективна организация работы этих пеногенераторов с непосредственной подачей к ним пенообразующего раствора насосом под давлением 0,6-1,0 МПа.

1.9. Бессеточные пеногенераторы

Устройство для получения инертной пены типа УИП предназначено для нагнетания по скважинам инертной или воздушно-механической пены при дистанционном тушении пожаров в выработанном пространстве, в куполах и за крепью.

Техническая характеристика	
Производительность, м ³ /с:	0,166
Пропускная способность по жидкому азоту, м ³ /с	100-150
Пропускная способность по газообразному азоту или сжатому воздуху, м ³ /с	0,17-1,20
Рабочее давление, МПа	0,3-1,0
Температура жидкого азота, °С	минус 196
Масса, кг	5

Устройство УИП состоит из патрубка с соединительными головками, уплотняющего узла, обратного клапана-распылителя и подводящей трубки.

1.10. Установки для получения твердеющей пены

Установка ТП предназначена для заполнения твердеющей пеной куполов и пустот за крепью, а также для возведения изоляционных

перемычек, «рубашек», полос. Она представляет собой систему инжекторов для подсоса смолы с пенообразователем и кислоты с последующим их смешиванием и вспениванием сжатым воздухом в пеногенераторе.

Техническая характеристика	
Производительность, м ³ /о	0,02-0,03
Кратность пеномассы	15-30
Давление воды, МПа, не менее	0,6
Давление сжатого воздуха, МПа, не менее	0,3
Масса, кг, не более	110

Установка ГП (рис. 1.7) состоит из пожарного рукава 1 для подачи воды, фильтра 2, разветвления трехходового 3, инжектора 10, рукавов всасывающих 4, рукавов соединительных 6, рукава воздушного 9, инжектора кислоты 5, пеногенератора 8, пожарного рукава 7.

Для работы необходимо обеспечить подачу воды под давлением не менее 0,6 МПа по рукаву через фильтр в трехходовое разветвление, к которому подключены инжекторы смолы и кислоты. Вентильями, расположенными на трехходовом разветвлении, устанавливается рабочее давление воды перед инжекторами 0,6-0,8 МПа. Контроль давления воды осуществляется по манометрам, находящимся на входе инжекторов. Смола с пенообразователем и кислота в инжекторах смешиваются с водой и поступают в пеногенератор, в который по воздушному рукаву подают сжатый воздух под давлением 0,3 МПа. В пеногенераторе происходит барботажное смешивание и вспенивание сжатым воздухом.

Формирование пеномассы (структурирование) осуществляется в пожарном рукаве длиной: не менее 25 м, по которому пеномассу подают к месту заполнения перемычек, пустот, куполов и др. Пеномасса, отверждаясь, образует твердую массу.

Пенокомплекс типа, ПНК предназначен для предупреждения, тушения и локализации пожаров твердеющей пеной, воздушно-

механической пеной с повышенной устойчивостью и огнегасительной эффективностью, пеной с антипирогенами для объемной обработки разрыхленного угля и другими пеноматериалами на основе 2-3-компонентных пенообразующих составов.

Пенокомплекс создан на базе установки ТП и представляет собой систему инжекторов со сменными соплами и втулками, соединенных параллельно и обеспечивающих приготовление рабочих растворов для получения пены или пеноматериалов на основе двух или трехкомпонентных пенообразующих составов с последующим их смешиванием и вспениванием сжатым воздухом в смесителе-пеногенераторе. Для получения пены, с минеральными наполнителями и вяжущими пенокомплекс используется совместно с установками "Монолит" или "Пневмолит".

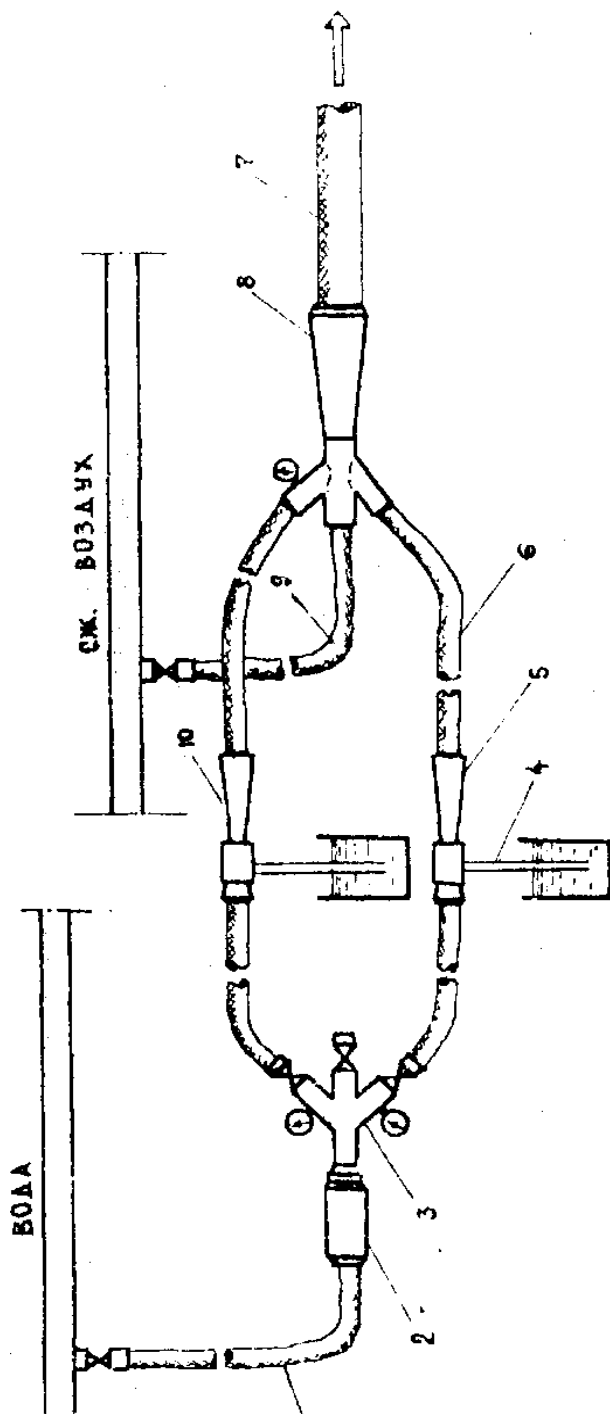


Рис. 16. Схема установки ПИ для получения твердеющей пены:

- 1 - рукав для подачи воды; 2 - фильтр; 3 - трехходовое разветвление; 4 - рукав всасывающий;
 5 - индикатор пены; 6 - рукав соединительный; 7 - рукав похоронный; 8 - пеногенератор;
 9 - индикатор пены; 10 - индикатор пены

Техническая характеристика

Производительность, м ³ /с:	
по твердеющей пене	0,02-0,03
по пеноматериалам с минеральным наполнителем	0,01
Кратность пеномассы	10-30
Давление воды, МПа, не менее	0,6
Давление сжатого воздуха, МПа, не менее	0,3

Пенокомплекс ПНК (рис.1.8) состоит из фильтра П, разветвления трехходового 12, инжекторов 10 со сменными втулками и соплами, всасывающих рукавов 2, соединительных рукавов 7, воздушного рукава 3, смесителя-пеногенератора 4, тройника б, дозирующего устройства к насосному агрегату 9 "Монолит" или "Пневмолит". Подсоединение установки к пожарному трубопроводу осуществляется пожарным рукавом 1, транспортировка пеномассы к месту применения - по рукаву б. Сменные сопла и втулки в инжекторах дают возможность готовить пенообразующие составы из исходных продуктов непосредственно в шахте по семи технологическим схемам, приведенным в техническом описании и инструкции по эксплуатации ПНК.

В отечественной практике тушения подземных пожаров газомеханической пеной для получения водного раствора пенообразователя, добавляемого в генераторы пены, применяются выпускаемые серийно пеносмесители типа ПС.

	Технические характеристики		
	ПО-1	ПС-2	ПС-3
Рабочее давление перед пеносмесителем, МПа	0,7-1,0	0,7-1,0	0,7-1,0
Предельно допустимое давление за пеносмесителем, МПа	0,45-0,65	0,45-0,65	0,45-0,65
Расход раствора пенообразователя, м ³ /с	(5-6)10 ⁻³	(10-12)10 ⁻³	(15-18)10 ⁻³
Дозировка пенообразователя типа ПО-1, %	4-6	4-6	4-6
Условный диаметр всасывающего рукава, мм	16	25	25

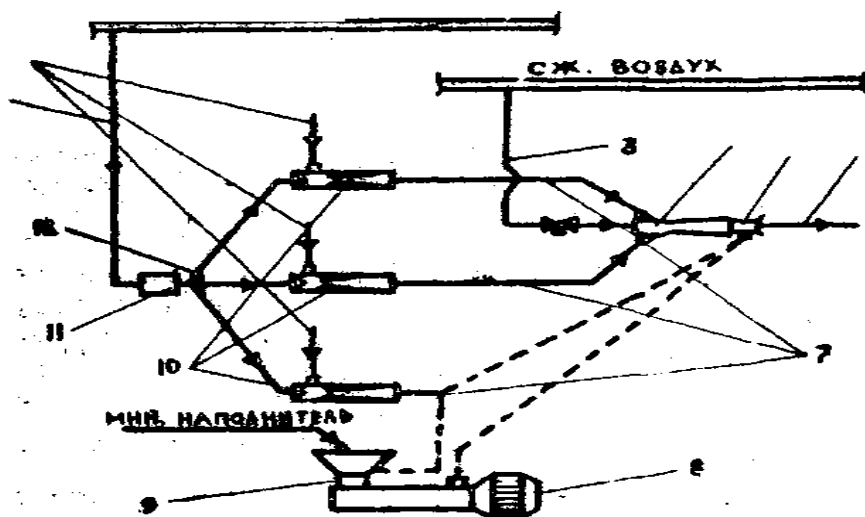


Рис.1.8. Схема пеннокомплекса:

- 1,6- пожарные рукава; 2 - всасывающие рукава;
 3 - воздушный рукав; 4 - смеситель-пенногенератор;
 5 - тройник; 7 - соединительные рукава;
 8 - приводной двигатель насосного агрегата; 9 - дозирующее устройство к насосному агрегату "Монолит" или "Пневмолит"; 10 - инжекторы; 11 - фильтр;
 12 - трехходовое разветвление

Габариты (без всасывающего рукава), мм;

1-е исполнение (А×В×Н)	420×128×142	500×142×180	20×142×180
2-е исполнение (А×В×Н)	355×150×155	500×180×170	466×180×170

Масса (с рукавом), кг:

1-е исполнение	4,5	5,5	6,0
2-е исполнение	9,0	10,0	9,9

Пеносмеситель ПС состоит из корпуса, в котором установлены сопло, штуцер, обратный клапан, и всасывающего рукава, подсоединенного к штуцеру при помощи ниппеля и накидной гайки.

В зависимости от исполнения корпус пеносмесителя снабжается соединительными головками или фланцами. Корпус имеет три ножки, на которые устанавливаются пеносмеситель перед присоединением рукавных линий.

Принцип работы пеносмесителя заключается в том, что вода под рабочим напором поступает в сопло, а из него в горловину диффузора корпуса. В полости корпуса, примыкающей к соплу, создается разрежение, благодаря которому пенообразователь до рукава подсасывается в

диффузор корпуса, где он смешивается с водой. Полученный раствор пенообразователя подается, затем по напорным рукавам или трубопроводам к генератору пены.

2. ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Руководство разработано на основании исследований, проведенных во Всесоюзном научно-исследовательском институте горноспасательного дела, изучения практического опыта ВГСЧ предупреждения и тушения пожаров, а также опубликованных по данному вопросу материалов. Содержит рекомендации по выбору инертного газа, способов и средств его подачи; методики расчета параметров выпуска и управления вентиляцией при этих процессах для предотвращения взрывов в изолированных участках. В него включены также требования по организации контроля за газовой обстановкой аварийного участка и безопасности работ при инертизации среды.

2.1 Свойства инертных газов

Для тушения подземных пожаров и инертизации рудничной атмосферы, азотом или углекислым газом.

- **Парогазовую смесь** получают непосредственно в горных выработках путем сжигания углеводородного топлива в специальных установках-генераторах инертных газов (п. 2.2). Содержание кислорода в ней не превышает 2%, окиси углерода - менее 0,2%. Температура парогазовой смеси на выходе из генератора – 80-90%.

- **Азот обладает** низкой химической активностью, незначительно сорбируется углем и породами, малорастворим в воде (около 2%). При высокой температуре (1500 °С и более) и давлении вступает в реакцию с водородом, а при пропускании азота над раскаленным углем (коксом) образуются углесодержащие соединения.

Плотность азота близка к плотности воздуха, благодаря чему он почти равномерно перемешивается с воздухом. В жидком состоянии азот можно транспортировать в емкостях (от 1 до 25 тонн) под давлением до 200 кПа.

В промышленных условиях азот получают путем разделения воздуха на составляющие его компоненты при низких температурах, а углекислый газ – обжигом солей кальция при температуре 900-1300 °С.

При газификации 1 кг жидкого азота образуется до 0,85 м³ газообразного продукта, а 1 кг жидкого углекислого газа (в зависимости от температуры) – от 0,51 до 0,56 м³.

- **Углекислый газ** характеризуется хорошей растворимостью в воде и сорбционной способностью. В диапазоне температур от 0 до 30 °С в одном объеме воды растворяется от 0,67 до 1,71 объемов этого газа. В нормальных условиях химически инертен. При высокой температуре вступает в реакцию с некоторыми химическими элементами и соединениями. Например, при пропускании углекислого газа над раскаленным углем образуется окись углерода. Плотность углекислого газа больше плотности воздуха, теплоемкость выше теплоемкости парогазовой смеси и азота.

Хранится углекислый газ в баллонах (в газообразном, жидком и твердом состояниях). Для выпуска в изолированный пожарный участок применяют пищевой и технический углекислый газ.

2.2. Область применения инертных газов

Применение парогазовой смеси наиболее рационально в случаях, когда пожар находится на пути движения парогазового и воздушного потоков. При этом достигается минимальное содержание кислорода в рудничной атмосфере. Подача смеси производится только со стороны

свежей струи воздуха в выработках, пройденных под любым углом. Дальность подачи практически не ограничена.

При пожарах на участках с метановыделением до 8 м³/мин используются генераторы ГИГ-4 производительностью 340 м³/мин парогазовой смеси. В случае пожара на участке с высокой интенсивностью метановыделения (до 30 м³/мин) следует применять генераторы ГИГ-1500, производительность которых регулируется от 800 до 1500 м³/мин парогазовой смеси. Парогазовой смесью можно ликвидировать пламенное горение, осуществлять вынос тепла из очага пожара и охлаждать вмещающие породы.

Перспективно применение парогазовой смеси с другими огнегасительными средствами, повещающими эффективность тушения (п.2.4).

Область применения азота зависит от расхода воздуха, поступающего на аварийный участок, от возможностей интенсивности выпуска азота, объема изолируемого пространства и газовыделения на участке.

Если утечки воздуха через изолирующие перемышки составляют 30% расхода азота, то содержание кислорода может быть снижено до 10% и менее при производительности азотных установок от 40 до 120 м³/мин и удалении от места выпуска до 600 м. В том случае, когда утечки воздуха через изолированный участок составляют менее 30% расхода азота, инертную среду можно составлять на расстоянии до 1500 м от места выпуска газа.

Азот применим при любом расположении пожара в тупиковых выработках и в случаях с крутым, наклонным и пологим залеганием пластов.

Выпуская азот, можно гасить пламя и снижать температуру воздуха, поступающего в район ведения горноспасательных работ. При этом

содержание кислорода в газовой смеси достаточно поддерживать на уровне 13-14%.

Технология выпуска азота при наличии его достаточно количества позволяет производить:

1. длительную подачу азота в изолированный объем в течении 10 и более суток;
2. рециркуляцию пожарных газов в изолированном пожарном участке;
3. профилактические работы по предупреждению пожаров на пластах, склонных к самовозгоранию;
4. вскрытие изолированных пожарных участков с наличием взрывобезопасного источника энергии, а также применять азот для привода ручных (серийно выпускаемых) пневмоинструментов и оборудования.

Помимо основного использования азота для локализации сложных подземных пожаров и предотвращения взрывов при их ликвидации, он широко применяется совместно с другими средствами пожаротушения.

Применение углекислого газа наиболее эффективно, если расстояние от места его выпуска до очага пожара не превышает 600-900 м.

Когда имеющегося количества углекислого газа недостаточно для инертизации всего изолированного объема, его подают по трубопроводу непосредственно в зону горения.

Однако область применения углекислого газа ограничивается в связи с его большой плотностью, что препятствует перемещению газа вверх по выработкам. Кроме того, он в значительном количестве поглощается углем, породами и водой.

Заполнение изолированного пространства углекислым газом целесообразно, когда утечки воздуха через перемычки не превышают 15 м³/мин.

Углекислый газ может быть использован для гашения пламени и снижения температуры воздуха в районе ведения горноспасательных работ.

2.3. Выбор инертного газа.

При выборе инертного газа необходимо учитывать его свойства, а также объем изолированного пространства; протяженность основных выработок от перемычек до очага пожара; наличие выработанного пространства, примыкающего к действующим выработкам; место нахождения пожара; угол падения пласта и перепад высот между воздухоподающими и вентиляционными выработками (при пожарах в наклонных выработках, лавах и выработанном пространстве).

При больших объемах изолируемого пространства (50-70 тыс. м³ и более) и протяженности выработок от места подачи инертного газа до очага пожара более 700 м аварийные участки заполняются парогазовой смесью или азотом.

Эффективному применению парогазовых смесей объективно способствует высокая производительность генераторов инертных газов ГИГ-4 и ГИГ-1500, низкое содержание кислорода и выбрасываемой смеси, возможность оперативной доставки к месту применения, практически не ограниченная дальность подачи инертной смеси по горным выработкам, повышенные надежность и ресурс работы генератора в сочетании с низкими эксплуатационными затратами. При выборе производительности генератора следует обращать внимание на устойчивость вентиляционных струй и осуществлять мероприятия по предотвращению попадания парогазовой смеси на свежие струи к местам, где работают люди.

Применение азота для инертнизации целесообразно, если утечки воздуха через изолированный участок незначительны и возможно

снижение содержания кислорода в атмосфере участка до 10%, а для тушения пожаров – до 2%.

Поддержание инертной среды в изолированном пожарном участке осуществляется путем длительного или периодического выпуска азота.

Автоматизированный дистанционный способ подачи азота в подземных условиях и с поверхности шахты в изолированный пожарный участок во много раз сокращает количество занятых при этом людей и значительно повышает безопасность ведения горноспасательных работ.

При небольших объемах изолируемого пространства, протяженности выработок менее 700 м и перепаде высот между воздухопадающими выработками и очагом пожара менее 20 м и изоляцию пожара производят с применением углекислого газа.

Выпуск углекислого газа можно осуществлять и при большей протяженности выработок путем его подачи по магистральному трубопроводу непосредственно в зону горения.

2.4. Организация контроля газовой обстановки в аварийном участке

Для оценки аварийной обстановки при заполнении пожарного участка инертными газами оперативным планом ликвидации пожара должен предусматриваться дистанционный контроль рудничной атмосферы.

После принятия решения об изоляции пожарного участка и выбора места установки, изолирующих перемычек на основании анализа аварийной ситуации и схемы вентиляционной сети выбирают места отбора проб рудничного воздуха и прокладывают шланги или дистанционные трубопроводы диаметром 15 мм. Концы пробозаборных трубок следует располагать на уровне $2/3$ высоты выработки от почвы и не ближе 20 м от перемычек или сопряжений выработок в сторону очага пожара. В качестве воздухозаборных магистралей можно использовать временно

отключенные пожарные и дегазационные трубопроводы, а также имеющиеся скважины, если они расположены в зоне пожара.

В процессе изоляции пожара контроль состава рудничной атмосферы должен осуществляться в выработках с поступающей на участок и исходящей из него струями воздуха, а также в местах установки оборудования и механизмов, предназначенных для возведения изолирующих и инертизации среды.

После изоляции пожарного участка пробы рудничного воздуха должны отбираться в выработках с поступающими и исходящими струями в местах, наиболее приближенных к зоне пожара. Если это неосуществимо, пробы отбираются из-за всех перемычек изолированных участка с последующей оценкой газовой обстановки.

На аварийных участках со сложной вентиляционной сетью, где возможно опрокидывание или рециркуляции пожарных газов, места отбора проб определяются таким образом, чтобы они после изоляции участка находились в контуре рециркуляции или в выработках-диагоналях.

При анализе газовой обстановки изолированного аварийного участка с целью принятия оперативных решений следует учитывать возможность воспламенения метановоздушной среды с содержанием метана выше 15%. Работы у перемычек можно вести, когда содержание метана - более 20% или после инертизации среды.

Пробы воздуха отбирают систематически через каждые 15-20 мин.

В случае увеличения содержания кислорода в изолированном участке более 10% необходимо осуществить мероприятия по предотвращению взрывов путем дополнительной подачи инертных газов, улучшения герметизации изоляционных сооружений, уменьшения депрессии на участке.

Организация дистанционного контроля состава рудничной атмосферы изолированного аварийного участка производится в соответствии с «Руководством по проведению депрессионных и газовых съемок при пожарах в шахтах» (Донецк, 1978. – 70 с.). Выбор мест отбора проб с учетом сложности вентиляционной сети изолированного участка, а также оценка достоверности результатов контроля производится в соответствии с «Временными рекомендациями по определению мест отбора проб рудничного воздуха в изолированном пожарном участке с целью получения достоверных данных о газовой обстановке» (Донецк, 1984–19с).

3. ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

3.1. Способ подачи

Подача парогазовой смеси может осуществляться как с поверхности по стволам с поступающей струей воздуха, так и непосредственно в горных выработках со стороны свежей вентиляционной струи. Выпуск парогазовой смеси производится за изоляционную перемышку с двумя проемами один – для подсоединения генератора, другой – вентиляционный. Вентиляционный проем может быть закрыт, если производительность генератора обеспечивает разбавление метана в исходящей струе до 10 %, подачу воздуха через вентиляционный проем прекращают. Соответствующие этим требованиям режимы проветривания определяются расчетным путем.

Наиболее эффективно применение парогазовой смеси при открытом вентиляционном проеме в перемышке на исходящей струе. При этом ускоряется инертизация рудничной атмосферы и происходит более интенсивный вынос тепла из очага пожара, чем при закрытом проеме.

Однако в случаях недостаточной герметичности изолирующих перемычек и при больших объемах заполняемого пространства закрывают вентиляционный проем в перемышке на исходящей струе и продолжают нагнетать парогазовую смесь в изолированный участок, создавая в нем избыточную депрессию по отношению к депрессии на поступающей струе.

Парогазовая смесь может нагнетаться в изолированный объем с преодолением депрессии до 5000 Па.

3.2. Средства подачи

Для получения и подачи в горные выработки парогазовой или пенопарогазовой смеси предназначены генераторы инертных газов ГИГ-4 и ГИГ-1500. Основным узлом генераторов является турбореактивный двигатель. Инертный газ в установках получается путем сжигания углеводородного топлива с последующим охлаждением.

Регулируется производительность ГИГ-1500 от 13,3 до 25 м³/с парогазовой смеси. Производительность ГИГ-4 постоянна и составляет 5,66 м³/с.

Генератор (рис.3.1) состоит из последовательно установленных посредством быстроразъемных соединений следующих основных узлов: двигателя 1, испарителя топлива 2, двухсекционной камеры дожигания 3, камеры охлаждения 4 с пеногенерирующим устройством и водоотделителем. В состав генератора входят системы топливопитания, водообеспечения, управления и автоматики.

Запуск генератора и управление его работой производятся дистанционно с пульта управления.

Энергопитание генератора осуществляется от двух аккумуляторных батарей, а также от электрогенератора, установленного на двигателе. Содержание кислорода в инертной смеси контролируется газоанализатором 5 типа ТК-ГИГ.

При работе генератора выхлопные газы из турбореактивного двигателя, имеющие температуру 693-733 К и содержание 17-18% кислорода, подаются в испаритель топлива. Одновременно в поток газа из коллектора, установленного в испарителе, вводится топливо, которое испаряется в потоке газа и в виде топливовоздушной смеси поступает в камеру дожигания, где происходит дальнейшее выжигание кислорода. Из камеры дожигания газы, содержащие не более 3% кислорода при

температуре 2073-2173 К поступают в камеру охлаждения, в которой в процессе испарения воды снижается температура газов и образуется парогазовая смесь с температурой 353-363 К.

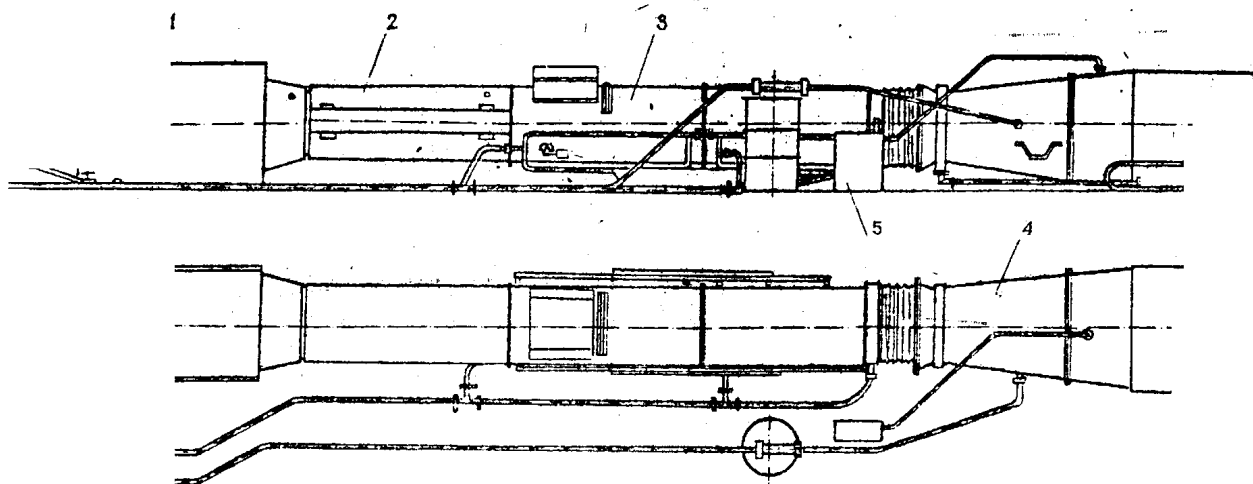


Рис.3.1. Принципиальная схема генератора инертных газов:

1 - двигатель; 2 - испаритель топлива; 3 - камера дожигания; 4 - камера охлаждения; 5 - газоанализатор кислорода

Из камеры охлаждения парогазовая смесь поступает в трубопровод.

Обслуживание генератора и профилактические работы выполняются отделением из шести респираторщиков:

горный техник-электромеханик – оператор на пульте управления;

электрослесарь – помощник оператора;

три слесаря по обслуживанию системы топливопитания;

слесарь по обслуживанию водообеспечения.

Отделение работает не более двух смен.

3.3. Порядок работы

Подготовка генератора инертного газа к применению включает сооружение взрывоустойчивой перемычки, монтаж трубопровода для

подачи парогазовой смеси от этой перемычки, монтаж полка для сборки и установки генератора, доставку генератора на шахту и транспортирование по горным выработкам. Время подготовки генератора к работе после его доставки к месту применения составляет не более двух часов.

Монтаж генератора производится после завершения работ по возведению взрывоустойчивой перемычки со стороны поступающей струи воздуха и монтажа трубопровода для подачи смеси. В перемычку на расстоянии 0,2-0,3 м от почвы монтируют приемную трубу 3 диаметром 800 мм для подсоединения к трубопроводу генератора (рис. 3.2).

В этой же перемычке должна быть проложена дополнительная проемная труба 4. Сечение проемов должно обеспечить требуемый вентиляционный режим проветривания изолируемого участка. Оба проема должны иметь дистанционно управляемые клапаны.

В нижней части перемычки на почве прокладывается водоотводная труба 1 с сифоном диаметром 75-100 мм, в верхней части на уровне 2/3 высоты перемычки – труба 6 для коммуникаций замерных станций и труба 5 (для подачи дополнительных огнегасящих средств) заглушкой.

Трубопровод генератора монтируется горизонтально или с уклоном в сторону движения парогазовой смеси. Уклон в противоположную сторону не допустим.

В шахте генератор должен быть установлен в хорошо проветриваемой выработке (расход воздуха не менее $600 \text{ м}^3/\text{мин}$) на свежей струе, на расстоянии 5...15 м до сопряжения с выработкой, в которой устанавливается изолирующая перемычка, но не далее чем в 60 м от нее. Если установить генератор ближе чем в 60 м не удастся, то сооружают перед основной перемычкой, дополнительную с двумя проемами. Схема расположения генератора в горных выработках показана на рис 2.3. Ширина выработки в месте установки должна быть не менее 2,2 м.

Доставка топлива производится шахтным транспортом по рельсовому пути, пролегающему не более чем в 50 м от генератора.

Пожарно-оросительный трубопровод должен обеспечивать подачу $50,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды.

Стыковка секций генератора производится в следующем порядке: камера охлаждения, камера дожигания, испаритель топлива, двигатель.

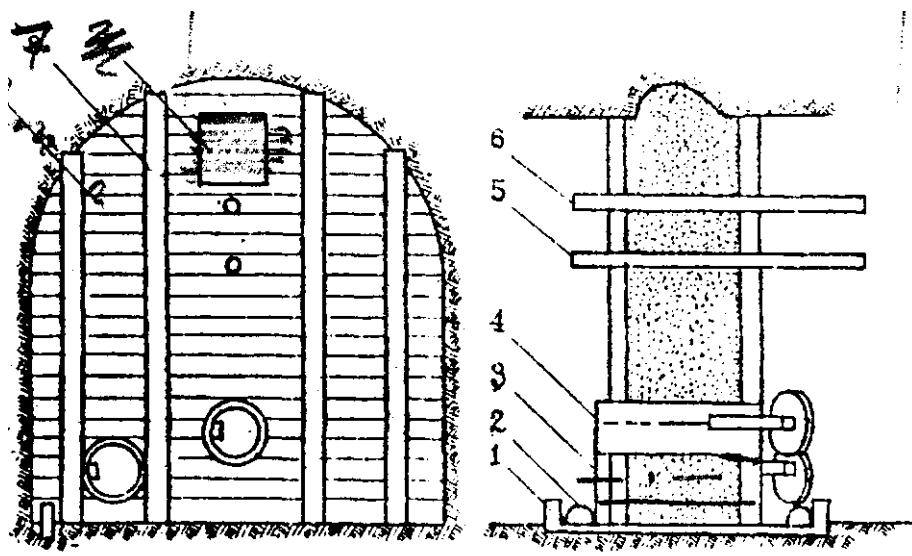


Рис.3.2. Схема оборудования взрывоустойчивой перемычки при выпуске парогазовой смеси:

- 1 - труба водоотводная; 2 - водозащитный вал; 3 - проемная труба для подключения газопровода генератора; 4 - проемная труба для вентиляции; 5 - труба для подключения средств выпуска порошка, азота; 6 - пробоотборная труба; 7 - стойка;

После завершения сборки секций генератора приступают к сборке систем подачи воды, подачи топлива, управления и автоматики. Порядок сборки, конструктивное и функциональное назначение элементов систем приведены в инструкции по эксплуатации генератора.

После выполнения всех работ по возведению перемычек, монтажу трубопровода и генератора и определения интенсивности выпуска

парогазовой смеси (п.2.5 и 5) производится инертизация участка в следующем порядке:

1. Включают ГИГ-4 или ГИГ-1500 и выводят его на номинальный режим работы;
2. После снижения содержания кислорода в исходящей струе участка до 10% закрывают проем в перемычке на поступающей струе воздуха;
3. Выпуск парогазовой смеси продолжают до тех пор, пока в исходящей струе участка содержание кислорода стабилизируется и будет не более 7% , после этого закрывают проем в перемычке на исходящей струе воздуха и металлическую трубу, к которой подсоединен генератор;
4. Перемычки герметизируют цементным раствором перед выключением генератора снимают депрессию на изолированном участке в соответствии со специально разработанными инструкциями.

3.4. Применение парогазовых смесей с другими средствами пожаротушения

При ликвидации сложных развившихся пожаров в интенсивно проветриваемых выработках наиболее эффективно применение инертных газов с другими огнегасительными средствами (вода, пена, порошок).

На первом этапе тушения, когда необходимо в кратчайшее время создать в выработках взрывобезопасную среду, производительность генератора должна быть соизмерима с количеством воздуха, поступающего на участок в нормальном режиме проветривания.

Для интенсивного отбора тепла, аккумулированного в очаге горения, применяют инертную пену, которую получают при подаче парогазовой смеси на пеногенерирующее устройство.

После создания в выработках взрывобезопасных условий, если невозможно продолжать активное тушение, очаг горения изолируют. Как

показала практика изоляции пожаров, полной герметизации участка достигнуть не удастся. В случаях, когда утечки воздуха превышают 80-100 м³/мин, возникает необходимость компенсировать их и длительно поддерживать инертную среду в изолированном пространстве, обеспечивая безопасность ведения горноспасательных работ. При этом рационально применение генератора инертных газов с низкой производительностью типа ГИГ-50, имеющих большой ресурс работы, а также азотных газифицированных установок, которые могут быть использованы не только для поддержания инертной среды в изолированном объеме, но и для обеспечения возможности оперативной разведки пожарного участка. На этом этапе эффективно также применение пенных средств тушения.

3.5. Расчет параметров выпуска в пожарный участок парогазовой смеси

Необходимым условием успешного решения тактико-технических задач в ходе ликвидации пожаров с использованием высокопроизводительных генераторов является обоснованное установление режима инертизации с учетом конкретных условий применения, которое включает определение:

1. Интенсивности и длительности проветривания горных выработок парогазовой смесью для создания взрывобезопасных условий локализации пожара изолирующими перемычками или для обеспечения затухания очага горения и его охлаждения;

2. Продолжительности сохранения инертной среды в заданной точке участка после выключения генератора;

3. Количества топлива для работы генераторы в течение всего времени инертизации;

4. Расстояния по уходу движения газа, на котором произойдет охлаждение парогазовой смеси до температуры, не более чем на 20 °С превышающей температуру воздуха в выработках при нормальном режиме проветривания.

Методика расчета составлена с учетом того, что в изолирующей перемышке на поступающей струе имеются два проема. К одному проему подсоединяется генератор, а второй проем является вентиляционным. В зависимости от интенсивности метановыделения и производительности генератора возможны два способа подачи инертного газа в пожарный участок: с открытым или закрытым вентиляционным проемом.

Условия применения генератора:

1. Если производительность генератора $Q_{ин}(м^3/с)$ без учета пара достаточна для разбавления метана в исходящей струе до взрывобезопасного содержания (как в среднем по сечению, так и в слоевых скоплениях), т.е.

$$Q_{ин} \geq Q_2$$

где Q_2 – минимально допустимый расход по газовому фактору, $м^3/мин$,

то в дополнительной подаче воздуха на участок нет необходимости и вентиляционный проем в перемышке на поступающей струе должен быть закрыт.

Проветривание участка парогазовой смесью необходимо производить при открытом вентиляционном проеме, если

$$Q_{ин} < Q_2 \leq Q_{ин} \cdot 21 - C_{ин}/21 - C_{уч}$$

где $C_{ин}$ – содержание кислорода в парогазовой смеси, %;

$C_{уч}$ – требуемое содержание кислорода в участке, %.

Расход воздуха через вентиляционный проем в перемышке $Q_{нд}(м^3/с)$ должен быть ограничен следующим условием

$$Q_{нд} \leq Q_{ин} C_{уч} - C_{ин}/21 - C_{уч}$$

Расчет по номограмме производится в следующем порядке.

1. Для определения производительности генератора через точку А на оси QQ_n с координатой, соответствующей расчетному значению Q_2 , проводится линия АВ параллельно оси $QQ_{пг}$. Если АВ не пересекает наклонные линии 1,2 и 3, то инертизацию производят при закрытом вентиляционном проеме: одним генератором ГИГ-4 при $Q_2 < 200 \text{ м}^3/\text{мин}$; двумя генераторами ГИГ-4 при $400 \text{ м}^3/\text{мин} \leq Q_2 < 900 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Когда АВ проходит между линиями 2 и 3, то для определения необходимой производительности генератора ГИГ-1500 из точки В (пересечения АВ с 3') опускают перпендикуляр ВС на ось $QQ_{пг}$ равна искомой производительности генератора.

Если АВ пересекает линии 1,2 и 3 (В – точка пересечения), то подача производится при открытом вентиляционном проеме: генератором ГИГ-4, когда В на линии 1; двумя генераторами ГИГ-4, когда В на линии 2; генератором ГИГ-1500, когда В на линии 3. Производительность ГИГ-1500 при этом должна быть максимальной.

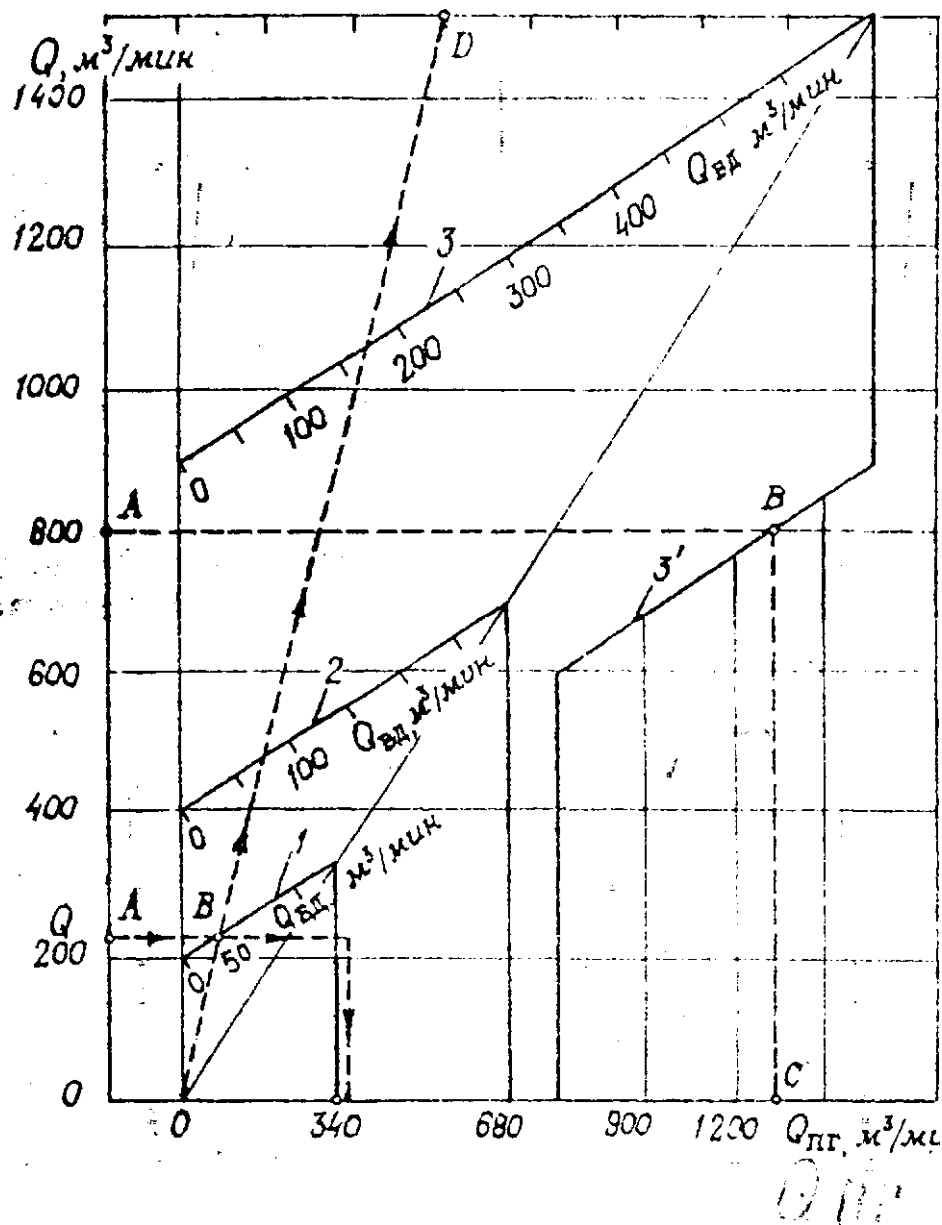


Рис.3.3. Номограмма для определения типа и количества генераторов инертного газа, их производительности $Q_{иг}$, количества дополнительного расхода воздуха $Q_{вд}$, содержания кислорода $C_{уч}$ в смеси газов:

- 1 - генератор ГИГ-4; 2 - два генератора ГИГ -4;
- 3, 3' - генератор ГИГ-1500

Необходимый расход воздуха через вентиляционный проем определяется по шкале, нанесенной на линии 1,2 и 3 в зависимости от положения точки В.

Для определения времени, в течение которого в выработках установится расчетное содержание кислорода, находится общая длина проветриваемых выработок L (м) по формуле

$$L = \sum_{i=1}^K l_i$$

где l_i - длина i -й выработки по ходу движения парогазовой смеси, м;

K – число выработок с парогазовой смесью;

и эффективная скорость движения газов по выработкам u (м/с) по формуле

$$u = \frac{0,6 \cdot n \cdot Q_{n2} + Q_{вд}}{60 \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot S_i} L$$

где S_i - сечение l -ой выработки по ходу движения парогазовой смеси, м²;

n – число генераторов;

С помощью номограммы (рис.3.3) находится продолжительность работы генератора для создания взрывобезопасности атмосферы в выработках τ_n ходом ключа АВС.

По истечении этого времени подача воздуха через вентиляционный проем должна быть прекращена. В дальнейшем для вытеснения кислорода из выработанного пространства участок проветривают только парогазовой смесью. Общее время инертизации t (мин) определяется по формуле

$$t = t_n + \frac{3,73m \sqrt{l_n^2 + x_2^2}}{\alpha(0,6 \cdot n \cdot Q_{n2} + Q_{ym})},$$

где m - мощность пласта, м;

l_n – длина лавы, м;

x_2 – граница области существования утечек, м (табл. 3.1);

α - параметр, характеризующий проницаемость выработанного пространства, м² (табл. 3.1);

$Q_{ут}$ – утечки воздуха через перемычку на поступающей струе при закрытом вентиляционном проеме, м³/мин.

При наличии больших утечек воздуха через перемычку на поступающей струе содержание кислорода в изолированном участке повышается. Это может вызвать необходимость повторного включения генератора. Время t_0 (мин), в течение которого содержание кислорода в участке достигнет опасных пределов, определяется по формуле

$$t_0 = \frac{\sum_{i=1}^K l_i S_i}{Q_{ут}}$$

Здесь $Q_{ут}$ - величина утечек воздуха через перемычку при закрытых проемах, м³/с.

Таблица 3.1.

Значения параметров x_r , α при различных способах управления кровлей и типах изоляционных сооружений

Параметры	Возвратноточная схема проветривания с направлением исходящей струи в сторону целика (рис.2.6, а)		Возвратноточная схема проветривания с направлением исходящей струи в сторону выработанного пространства (рис.2.6.,б) и приточная схема (рис.2.6.,в,г)				
	полное обрушение или плавное опускание	частичная или полная закладка	костры	буто-костры	бутовые полосы или целики с окнами	бутовые полосы	бутовые полосы и чураковая стенка
x_r , м	20	20	67	81	58	63	60
α , м ⁻¹	0,030	0,024	0,035	0,024	0,024	0,019	0,017

1) Количество топлива q (кг), необходимое для работы генераторов в течение времени t (ч), определяется по формуле

$$q = \begin{cases} n \cdot t \cdot 14,45 & \text{для ГИГ-4;} \\ n \cdot t \cdot 52,7 & \text{для ГИГ-1500.} \end{cases}$$

2) Продолжительность сохранения инертной среды в заданной точке участка после включения генератора $t_{ин}$ (мин) находится по формуле

$$t_{ин} = \frac{\sum_{i=1}^K l_s \cdot S_i}{Q_{ум}}$$

3) Расстояние l_T (м) от генератора по ходу движения парогазовой смеси, на котором температура смеси может превысить температуру на участке при нормальном режиме проветривания не более чем на 20°C , вычисляется по формуле

$$l_T = 22 \cdot n \cdot Q_{не} / \Pi; \quad \Pi = \sum_{i=1}^K \frac{l_i \cdot \Pi_i}{L}$$

где Π – эквивалентный периметр выработок, по которым движется парогазовая смесь, м;

Π_i – периметр выработок, по которым движется парогазовая смесь, м.

Пример. Выполнить расчет параметров выпуска парогазовой смеси в участок (рис.3.4).

Исходные данные

Необходимый расход воздуха или смеси газов на исходящей струе аварийного участка $Q = 986 \text{ м}^3/\text{мин}$; содержание метана в поступающей струе $C_0 = 0,1 \%$; содержание кислорода в парогазовой смеси на выходе из генератора $C_{ин} = 3 \%$; на участок поступает $Q_{ум}=60 \text{ м}^3/\text{мин}$ воздуха в виде утечек через перемычку на поступающей струе при закрытых проемах; длины, сечения и периметры выработок по ходу движения газа соответственно:

$$l_1 = 820 \text{ м};$$

$$l_2 = l_{\text{п}} = 150 \text{ м};$$

$$l_3 = 900 \text{ м};$$

$$S_1 = 12 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 8,5 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 10,8 \text{ м}^2;$$

$$\Pi_1 = 8,7 \text{ м};$$

$$\Pi_2 = 7,3 \text{ м};$$

$$\Pi_3 = 8,2 \text{ м};$$

мощность пласта m 2,5 м; граница области существенных утечек $x_r=63\text{м}$; коэффициент $\alpha = 0,019 \text{ м}^{-1}$.

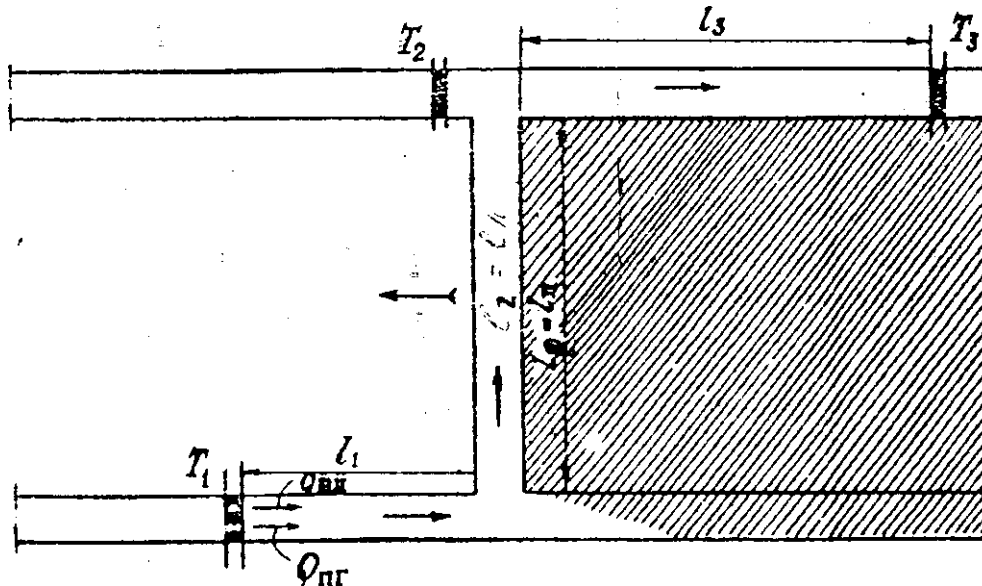


Рис. 3.4 Схема движения инертной смеси газов в участке (пример)

Решение. Поскольку $Q_2 = 986 \text{ м}^3/\text{мин}$, генератор ГИГ-1500 должен работать с максимальной производительностью $Q_{\text{пг}} = 1500 \text{ м}^3/\text{мин}$. При этом вентиляционный проем должен быть открыт.

Для предотвращения вспышек и взрывов метана во время выпуска парогазовой смеси необходимый расход воздуха через вентиляционный проем определяется по формуле

$$Q_{\text{вд}} \leq 900 \frac{10-3}{21-10} \leq 573 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

Пусть через вентиляционный проем в перемычке на участок подается $Q_{\text{вд}} = 240 \text{ м}^3/\text{мин}$ воздуха. По формуле определяем содержание кислорода в смеси газов, подаваемой на участок:

$$C_{уч} = \frac{0,6 \cdot 1500 \cdot 3 + 21 \cdot 240}{0,6 \cdot 1500 + 240} = 6,8\%$$

Время, в течение которого в выработках при данном режиме проветривания установится расчетное содержание кислорода $C_r=6,8\%$, определим из номограммы (см. рис.3.3), предварительно вычислив по формулам и общую длину проветриваемых выработок

$$L = 820 + 150 + 900 = 1870 \text{ м}$$

и эффективную скорость движения газов

$$u = \frac{0,6 \cdot 1500 + 240}{60 \cdot (820 \cdot 12 + 150 \cdot 8,5 + 900 \cdot 10,8)} \cdot 1870 = 1,71 \text{ м/с}$$

При полученных значениях $L = 1870 \text{ м}$ и $u = 1,71 \text{ м/с}$ время составит 23 мин. По истечении этого времени подача воздуха через вентиляционный проем должна быть прекращена. В дальнейшем участок необходимо проветривать только парогазовой смесью для вытеснения кислорода из выработанного пространства. Общее время инертизации определим из выражения

$$t = 23 + \frac{3,73 \cdot \sqrt{150^2 + 63^2}}{0,019 \cdot (0,6 \cdot 1500 + 60)} = 106 \text{ мин}$$

По формуле вычисляем время, через которое может возникнуть необходимость повторного включения генератора, если источник воспламенения находится на сопряжении лавы и вентиляционного штрека

$$t_0 = \frac{= 820 \cdot 12 + 150 \cdot 8,5}{60} = 185 \text{ мин}$$

По формуле находим количества топлива, необходимое для работы генератора ГИГ-1500,

$$q = 1 \cdot 106 \cdot 14,45 = 1531,7 \text{ кг}$$

По формуле определяем расстояние по ходу движения парогазовой смеси, на котором ее температура не более чем на 20°C будет превышать температуру в участке при нормальном режиме проветривания

$$t_r = \frac{22 \cdot 1500 \cdot 1870}{820 \cdot 8,7 + 150 \cdot 7,3 + 900 \cdot 8,2} = 3953,5 \text{ м}$$

Таким образом, в результате выпуска парогазовой смеси температура T_3 у перемычки на исходящей струе ($L=1870$ м) повысится более чем на 20°C.

3.6. Меры безопасности

Применение генератора для ликвидации пожара в шахтах должно осуществляться по специально разработанному плану, предусматривающему повышенные требования к соблюдению мер безопасности при обслуживании генератора.

Монтаж генератора необходимо производить на сопряжении горных выработок, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии.

Керосин в шахту должен доставляться только после завершения работ по монтажу генератора, непосредственно перед запуском. При любых операциях (переливание из емкости в емкость, погрузка, разгрузка) следует соблюдать максимальную осторожность. Емкости с керосином предохраняют от ударов и толчков. После погрузки пустых емкостей в вагоны необходимо заполнить их на одну треть высоты песком, после чего производить заправку керосином. Пробки емкостей обязательно плотно закрываются с помощью ключа. В каждом вагоне должно быть не менее трех огнетушителей ОП-8Б.

Состав с керосином располагается на расстоянии не менее 40 м от генератора и 20 м от пульта управления.

В случае возникновения пожара на генераторе его необходимо выключить, расходную и транспортные емкости с керосином вывезти в безопасное место и одновременно принять меры по тушению пожара.

При пожаре в месте расположения транспортных емкостей с керосином генератор необходимо выключить, по возможности убрать транспортные емкости в безопасное место и приступить к ликвидации пожара.

Для предотвращения ожогов обслуживающего персонала все поверхности генератора, имеющие высокую температуру, должны быть перед запуском закрыты защитными кожухами, предусмотренными конструкцией генератора.

Пульт управления располагается на расстоянии не менее 20 м от генератора.

Для обеспечения безопасной работы генератора перед включением необходимо проветрить:

- надежность подсоединения к корпусу генератора заземляющего кабеля;
- срабатывание блокировки подачи топлива в камеру дожигания генератора при недостаточном уровне воды в кольцевой плоскости камеры дожигания, при давлении не менее 0,3 Мпа в системе подачи воды, при нарушении электрических цепей дистанционного управления топливными кранами камеры дожигания;
- работу блокировки подачи топлива в двигатель и камеру дожигания при уменьшении давления в маслосистеме двигателя до 0,12 Мпа а также при уменьшении давления на входе в установку топливных агрегатов до 0,3 Мпа;

- срабатывание дроссель-крана двигателя и топливных кранов камеры дожигания при отключении напряжения;

- работу блокировки включения насоса расходной емкости при открытом стоп-кране двигателя.

У места установки генератора на поступающей струе воздуха через каждые 15 мин необходимо контролировать содержание метана в воздухе.

Генератор выключать в следующих случаях:

- ✓ при содержании метана в поступающей струе к генератору и в районе его установки более 1%;

- ✓ рассоединении секций генератора, газопровода;

- ✓ разрыве топливного или водяного шланга; появлении признаков пожара в электрооборудовании генератора;

- ✓ поступлении инертной смеси в зону, где находится обслуживающий персонал.

У пульта управления генератора и у места размещения транспортных емкостей с керосином необходимо иметь следующие средства пожаротушения: 10 пенных огнетушителей ОП-5, 10 порошковых огнетушителей ОП-8Б, не менее 0,5 м³ песка в ящике; пожарный ствол с рукавом, подсоединенным к пожарному трубопроводу, в котором должна быть вода под давлением не менее 0,4 Мпа.

Запрещается эксплуатация генератора без индивидуальных противошумных средств защиты (вкладыши типа «беруши» ГОСТ 15762-70, противошумные каски ВЦНИОТ-2 ТУ 60-02-67).

В районе установки генератора и емкостей с керосином пребывание посторонних лиц запрещено.

4. ЛИКВИДАЦИЯ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

4.1. Способы подачи

Подача углекислого газа в изолируемый пожарный участок может осуществляться следующим образом:

1. При закрытых проемах в перемычках, установленных в выработках с поступающей и исходящей вентиляционными струями;
2. При открытых проемах в перемычках;
3. При закрытом проеме в перемычке, установленной в выработке с поступающей струей, и открытым в перемычке, установленной в выработке с исходящей струей.

В первом и третьем случаях углекислый газ выпускается по трубопроводу, проложенному к зоне горения или за перемычку. При открытых проемах газ выпускается в вентиляционный поток, омывающий пожарный участок.

Как правило, выпускается углекислый газ в пожарный участок по трубопроводам. Выбор способа его подачи зависит от перепада высот между выработкой с поступающей струей и очагом пожара. Если он меньше 20 м, то углекислый газ выпускается при закрытом проеме в перемычке, установленной на поступающей струе воздуха, и открытым в перемычке, установленной на исходящей струе. Выпуск газа производится со стороны свежей струи воздуха. Открытый проем создает условия для быстрого и эффективного перемещения газа по выработкам.

Если перепад высот более 20 м, углекислый газ подается при закрытых проемах в перемычках, установленных на свежей и исходящей струях воздуха. Выпуск осуществляется одновременно со стороны поступающей и исходящей струй.

При выборе способа подачи углекислого газа в тупиковую выработку учитывают следующие факторы: протяженность изолируемой части выработки; наличие в выработке трубопровода и возможности его приспособления для подачи углекислого газа в район пожара; возможность прокладки по выработке специальной магистрали для подачи газа при отсутствии шахтного трубопровода.

В зависимости от этого применяют три способа подачи:

1. По трубопроводу, проложенному непосредственно за изолирующую перемышку;
2. По трубопроводу, проложенному в район пожара;
3. По специально пробуренной скважине в район пожара из прилегающих выработок или с поверхности шахты.

Первый способ применяют, когда длина изолированной части выработки не более 300 м, второй и третий – когда длина выработки более 300 м. Предпочтительнее второй и третий способы.

4.2 Средства подачи

Для газификации и непрерывной подачи углекислого газа с интенсивностью 30 м³/мин и более применяются установки УВУ и «Иней». В комплект каждой установки входят магистральный коллектор с предохранительной секцией, баллонные коллекторы, соединительная и запорная арматура и контрольно-измерительные устройства.

Интенсивная подача углекислого газа установкой УВУ может быть обеспечена при условии размещения баллонов с углекислым газом пятирусными штабелями вдоль выработки или поперек нее (рис.4.1). Баллоны располагают в штабеле с углом наклона 5-10⁰ в одну сторону

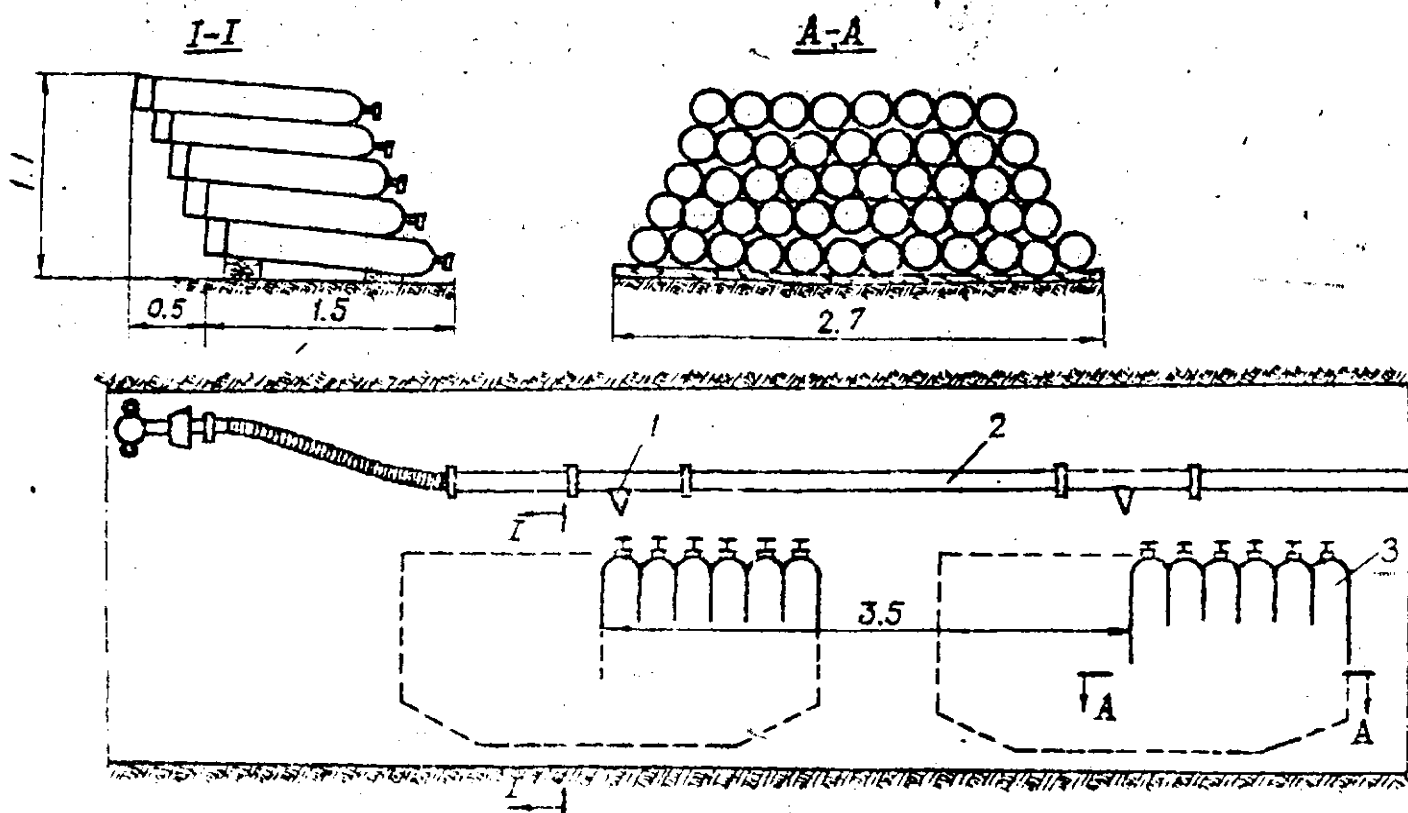


Рис. 4.1 Схема размещения для углекислого газа установкой УВУ

штуцерам вверх. При этом положении пары углекислого газа вытесняют через сифонную трубку жидкую фазу продукта, который на выходе из вентиля при определенных условиях превращается в газ.

Складирование баллонов штабелями может производиться поперек и вдоль выработок.

При складировании поперек выработки первый ряд баллонов укладывается башмаками к стенке выработки на деревянные брусья толщиной 18-25 см. Под сферические части баллонов параллельно брусьям подкладывают распилы или пластины толщиной 4-6 см. Ряды баллонов располагают ступенчато.

Количество баллонов в штабеле берется кратным пяти, разрывы между штабелями должны составлять не более 0,8 м, а расстояние между центрами двух соседних штабелей – 3,3...3,5 м. Крайние в ряду баллоны закрепляются деревянными брусками или стойками под верхняки крепи.

При складировании баллонов пятирусными штабелями вдоль выработки перпендикулярно продольной ее оси раскладывают деревянные бруска и пластины для создания угла наклона баллонов. Затем вдоль обеих стенок выработки располагают баллоны. Два штабеля, вентили баллонов которых направлены друг к другу, составляют одну секцию, соединенную одним углекислотным коллектором. Между штабелями в секции составляется проход шириной 0,5 м. Расстояние по центру между двумя смежными штабелями должно быть 3,3...3,5 м. Для удержания штабеля устанавливаются упорные стойки под верхняки крепи. Количество штабелей или секций должно быть равно расчетному числу баллонных коллекторов при одновременной их работе.

При таком расположении баллонов жидкий углекислый газ перемещается в коллектор (при открытом вентиле баллонов), где испаряется, а затем в газообразном состоянии под давлением поступает в пожарный участок по трубопроводу. Выпуск углекислого газа из баллонов сопровождается интенсивным поглощением тепла, поэтому для предотвращения замерзания коллекторов их обогревают водой из пожарно-оросительных трубопроводов.

К магистральному коллектору одновременно подсоединяются шесть баллонных коллекторов 3 (рис. 4.2). Он состоит из шести проходных и одного концевой тройника 1, шести промежуточных секций 2 и тринадцати быстросмыкаемых замков 4.

Баллонный коллектор служит для подсоединения баллонов и подачи углекислого газа в магистральный коллектор.

Предохранительное устройство 7 срабатывает при давлении в магистральном коллекторе выше 1,8 МПа.

Установка обеспечивает непрерывную подачу углекислого газа путем поочередного включения коллекторов.

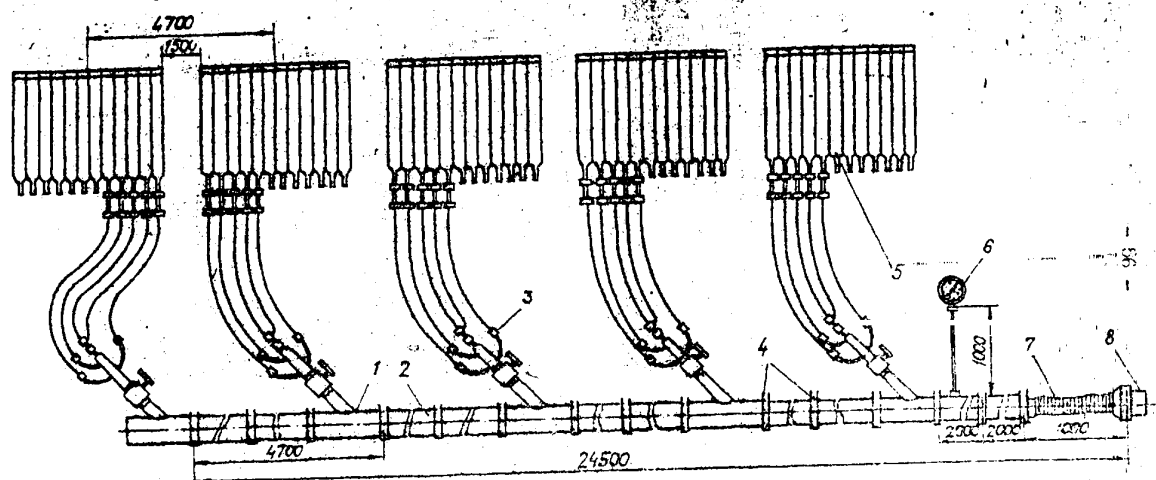


Рис. 4.2. Схема установки УВУ:

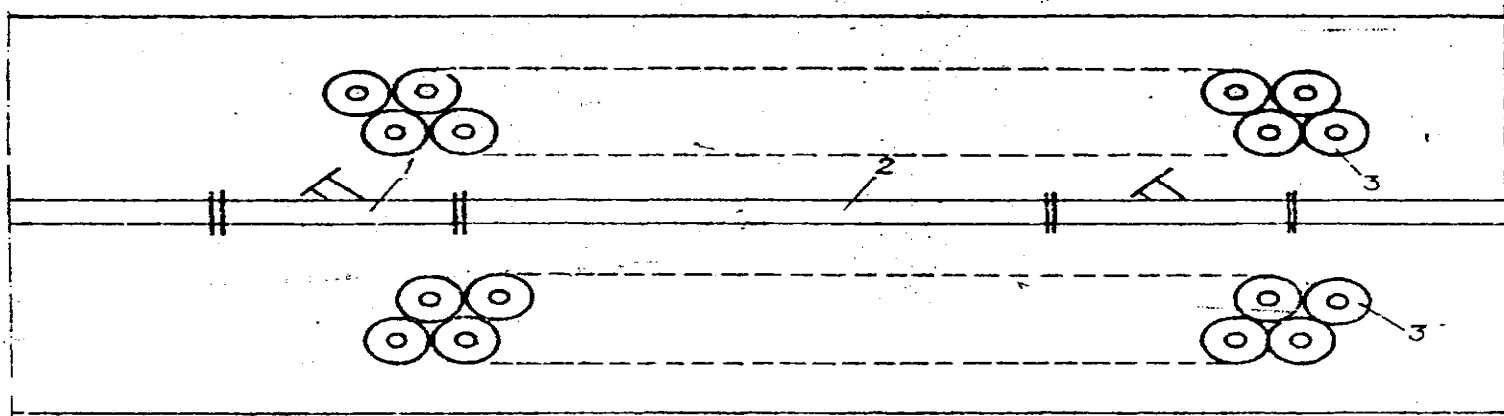
1 – тройник; 2 – промежуточная секция; 3 – коллектор баллонный; 4 – замок быстросмыкаемый; 5 – баллоны с углекислым газом; 6 – манометр; 7 – предохранительное устройство; 8 – магистральный трубопровод

При подаче углекислого газа газификационной установкой «Иней» общее количество баллонов, содержащих расчетный объем газа, размещается в пункте подачи секциями, как правило, по 30-60 баллонов в каждой. Баллоны каждой секции устанавливаются вертикально вентилями вверх и подсоединяются с помощью гибких высоконапорных шлангов к коллектору, который переходным патрубком соединяется с магистральным трубопроводом.

Схемы размещения баллонов в секции и подсоединения их к магистральному трубопроводу приведены на рис. 4.3. В процессе подачи расчетное количество баллонов открывают одновременно. Для

поддержания заданной интенсивности подачи углекислого газа каждую партию баллонов вводят в действие с интервалом в 240 с.

При открывании вентиля баллона углекислый газ поступает через высоконапорные шланги 9 (рис. 4.4) в баллонные коллекторы 8, затем в



магистральный коллектор и в трубопровод 1. Полное испарение углекислого газа и выход из баллона делятся 5-6 часов.

Рис. 4.3. Схема размещения баллонов для подачи углекислого газа установкой «Иней»:

1 – тройник; 2 – промежуточная секция; 3 – баллоны

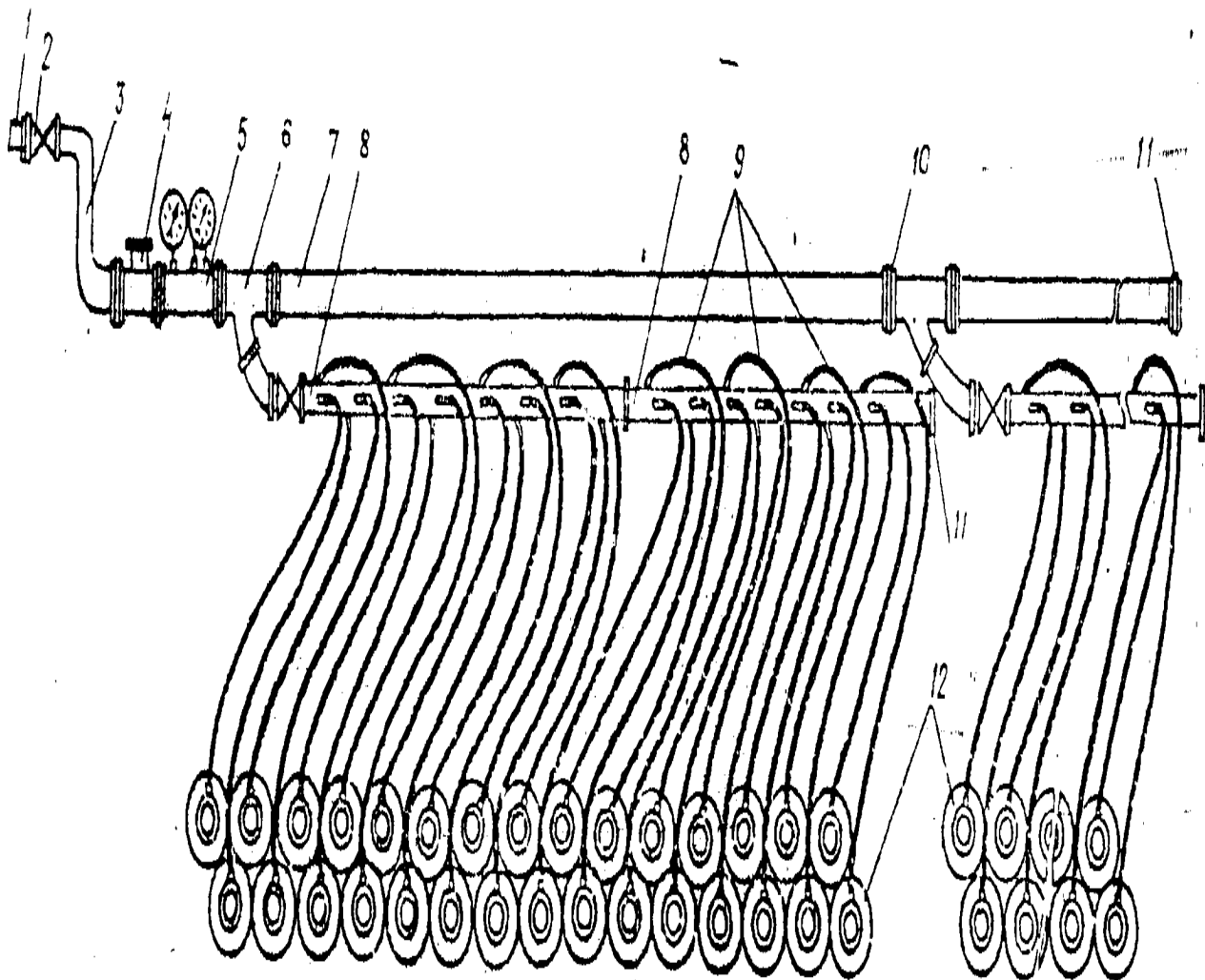


Рис. 4.4. Схема установки «Иней»:

1 – трубопровод шахтный; 2 – задвижка; 3 – рукав гибкий; 4 – предохранительное устройство; 5 – головная секция; 6 – тройник; 7 – промежуточная секция; 8 – секция баллонного коллектора; 9 – шланг высоконапорный; 10 – замок быстрорьемный; 11 – заглушка; 12 – баллон с углекислым газом

Заданная интенсивность подачи обеспечивается путем ввода в действие расчетного количества баллонных коллекторов с интервалом 4 мин.

В состав магистрального коллектора входят головные секции 5 с контрольно-измерительными приборами и предохранительным устройством (см. рис. 4.4); промежуточная секция; тройники 6; запорная задвижка и гибкий рукав 3 для подсоединения к шахтному трубопроводу.

Баллонный коллектор составляется из секций. Каждая секция представляет собой отрезок трубы, имеющий резьбу на одном конце и накидную гайку на другом. К трубе приварены пятнадцать патрубков с насаженными на них высоконапорными шлангами с наконечниками для подсоединения баллонов.

Подсоединение баллонного коллектора к магистральному производится через запорную задвижку.

Предохранительное устройство представляет собой мембрану из прорезиненной ткани. Размещается на выходе из магистрального коллектора или на выходе из каждого баллонного коллектора.

Для обслуживания установки «Иней» количество обслуживающего персонала определяется из расчета: одно отделение на каждые два коллектора.

4.3. Порядок работы

Работы производятся горноспасательными подразделениями. Выработка, из которой будет производиться подача углекислого газа, должна проветриваться дежательной вентиляционной струей и иметь достаточные площадь и сечение (размеры не менее 4×30 м) для размещения 400-500 баллонов с углекислым газом и комплекта оборудования газификационной установки.

Наиболее пригодными для этих целей могут быть разминовки, погрузочно-разгрузочные пункты и другие расширения выработок, находящиеся на безопасном расстоянии от места аварии. Если из одного места по каким-либо причинам не может быть осуществлена подача необходимого количества углекислого газа, в смежных выработках могут быть развернуты два и даже три пункта.

Для монтажа газификационных установок изготавливают стеллаж. Затем производится раскладка по выработке составных частей магистрального коллектора и необходимого количества тройников, универсальных поворотных колен и промежуточных секций. Далее соединяют гибкий рукав с трубопроводом, по которому предусмотрена подача углекислого газа, стыкуют составные части коллектора.

Установка может размещаться на почве выработки или подвешиваться к крепи. В первом случае магистральный коллектор крепится к шпалам или рельсам, во втором соединенные замками пары элементов подвешиваются и соединяются между собой. На этом заканчивается монтаж магистрального коллектора.

Переходят к подсоединению задвижек и баллонных коллекторов к боковым отводам тройников магистрального коллектора с расчетом на подсоединение двух-трех секций. На концевую секцию баллонных коллекторов ставятся резьбовые заглушки. Определяют при закрытой задвижке на магистральном коллекторе места утечек, открывая вентиль одного баллона, и устраняют их.

Устанавливаются пропускная способность имеющегося трубопровода (п.4.4), а при его отсутствии – параметры необходимого трубопровода из прорезиненных пожарных рукавов диаметром не менее 77 мм.

Производится тщательный осмотр трубопровода, и устраняются все нарушения, которые могут стать причиной закупорки при замерзании труб.

Выпуск углекислого газа начинается после завершения всех подготовительных работ по изоляции пожарного участка, проверки исправности оборудования и магистральных трубопроводов, доставки на шахту в необходимом количестве углекислого газа, монтажа и подключения к трубопроводам установок. Расчетное количество баллонов

вводят в действие одновременно, а каждую следующую партию – через 4 мин.

Порядок закрывания пожарного участка зависит от выбранного способа подачи углекислого газа. В тех случаях, когда выпуск осуществляется при закрытом проеме в перемышке, установленной в выработке с поступающей струей, и открытым в перемышке, установленной в выработке с исходящей струей, участок закрывают в следующем порядке: начинают подачу углекислого газа и закрывают проем в перемышке, установленной в выработке с поступающей струей, и открытым в перемышке, установленной в выработке с исходящей струей, участок закрывают в следующем порядке: начинают подачу углекислого газа и закрывают проем в перемышке, установленной в выработке с поступающей струей воздуха. Углекислый газ подают в пожарный участок бесперебойно с расчетной интенсивностью, определяемой согласно методике, приведенной в п.4.4.

По истечении расчетного времени подачи углекислого газа дистанционно закрывают проем в перемышке с исходящей струей.

Если результаты анализов свидетельствуют о взрывобезопасности среды в пожарном участке, то продолжают подачу углекислого газа и производят работы по герметизации перемычек и снятию с участка депрессии.

Подача углекислого газа, образующегося в результате сублимации сухого льда в баллонах, продолжается в течение 6-8 часов. За это время производится окончательная изоляция участка, а поступающий в изолируемый участок газ восполняет потери, вызванные утечками и поглощением водой, углем и породой, и способствует сохранению в изолируемых выработках взрывобезопасной атмосферы.

После окончания изоляционных работ и при достижении работ и при достижении в изолируемом пространстве взрывоопасного содержания

горючих газов прекращает подачу газов трубопровод, по которому подавался углекислый газ, закрывают заглушкой. Если необходимо подавать углекислый газ при закрытых проемах в перемышках, начинают подачу, а затем закрывают проемы в перемышках, установленных в выработках с поступающей и исходящей вентиляционными струями, и продолжают работы в вышеизложенной последовательности.

Подачу углекислого газа в тупиковые выработки начинают после окончания всех подготовительных работ по их изоляции, организации дистанционного отбора проб воздуха и проверки работы установки.

В случае нарушения проветривания выработки необходимо немедленно организовать подачу углекислого газа непосредственно в район очага пожара с интенсивностью, обеспечивающей создание взрывобезопасной газовой смеси у очага пожара, но не менее $0,17-0,33 \text{ м}^3/\text{с}$. Для поддержания в тупиковой выработке в районе пожара инертной среды продолжают непрерывную подачу углекислого газа до окончания всех изоляционных работ или работ по восстановлению проветривания и тушению пожара активным способом.

Изоляцию тупиковой выработки с применением углекислого газа производят в такой последовательности:

- начинают выпуск углекислого газа с расчетной интенсивностью;
- перед изолирующими перемышками разъединяют вентиляционные трубы, по которым подавался воздух к месту пожара;
- закрывают двери в изолирующей перемышке если в изолируемой выработке время накопления горючих газов до взрывобезопасного содержания в два и более раза превышает время, необходимое для закрытия проема и выхода людей в безопасное место, то двери закрывают вручную, в противном случае – дистанционно;

- подачу углекислого газа продолжают до окончания всех изоляционных работ или до достижения взрывобезопасного содержания горючих газов;
- после прекращения подачи инертного газа трубопровод заглушается;
- проводят работы по окончательной изоляции тупиковой выработки, возводят взрывоустойчивые сооружения, обеспечивающие гашение ударной волны в случае взрыва горючих газов в изолированном пространстве, сооружают дополнительные изолирующие перемычки и «рубашки»; если в качестве взрывоустойчивой применена гипсовая перемычка, вторую изолирующую перемычку можно не возводить.

4.4 Методика расчета параметров выпуска углекислого газа в аварийный участок и тупиковую выработку

Представленные ниже расчетные формулы получены с учетом процессов перемещения углекислого газа по выработкам, перемешивания его с газовойдушной смесью в изолированном объеме, поглощения углекислого газа углем, породой и водой. Методика составлялась при условии заполнения всей выработки углекислым газом, когда содержание его в верхней части сечения составит не менее 34,3 % (взрывопредотвращающее содержание углекислого газа для наиболее часто встречающихся смесей горючих газов с воздухом).

Расчет применим для случая выпуска углекислого газа со стороны поступающей струи или одновременного выпуска со стороны поступающей и исходящей вентиляционных струй. Методика может быть использована при расчетах газовой обстановки изолированных пожарных участков с пологим, наклонным и крутым залеганием пластов, когда

общая протяженность выработок изолированного участка не превышает 600 м, а объем – $30 \cdot 10^3$.

Выбор мест выпуска углекислого газа (с откаточного или одновременно с откаточного и вентиляционного горизонтов) производится в зависимости от перепада высот между выработками с поступающей и исходящей струей. Если перепад высот меньше 20 м, то подачу углекислого газа производят при закрытом проеме в перемычке, установленной в выработке с поступающей струей, и открытом проеме в перемычке, установленной в выработке с исходящей струей. Выпуск газа осуществляется со стороны поступающей струи воздуха. Когда перепад высот превышает 20 м, углекислый газ выпускается при закрытых проемах в перемычках одновременно со стороны поступающей и исходящей струй.

В методику входит расчет параметров выпуска углекислого газа в тупиковые выработки протяженностью до 300 м.

4.5. Меры безопасности

К эксплуатации газификационных установок допускаются лица, ознакомленные с правилами их эксплуатации, после инструктажа по вопросам безопасного ведения работ на аварийном участке.

При монтаже установки необходимо проверить:

- прочность стыковки всех узлов магистрального коллектора и цанговых соединений со штуцерами баллонов;
- надежность крепления магистрального коллектора к элементам шахтной крепи путевой колеи;
- крепление штабелей баллонов, их удаленность от электрических кабелей, троллейной линии и трубопроводов дегазации;
- герметичность магистрального трубопровода при давлении 0,3 МПа (3 кгс/см^2); при проверке трубопровод заглушается, заполняется

углекислым газом, при этом потери не должны превышать 15% расчетной интенсивности подачи при падении давления от 0,3 до 0,2 МПа (от 3 до 2 кгс/см²). Потери углекислого газа (м³/с) определяются по формуле

$$q' = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot L}{4 \cdot t'} ;$$

где d – диаметр трубопровода, м;

L – длина трубопровода, м;

t' - время падения давления, с.

При работе необходимо:

- перед сменой очередной партии баллонов надежно закрыть соответствующий трехходовой кран коллектора и вентили присоединенных к нему баллонов;

- следить за показаниями манометра, установленного на магистральном коллекторе; при повышении давления более 1,5 МПа (15 кгс/см²) подачу углекислого газа прекратить и устранить причину, вызвавшую повышение давления;

- периодически производить замеры углекислого газа в районе газификационной установки, и, если на пункте подачи содержание углекислого газа в воздухе превысит 1%, работы производить в респираторах;

- на подходах к пункту подачи углекислого газа выставить посты безопасности;

- на болонах, из которых по какой-либо причине нельзя выпустить углекислый газ, обязательно написать мелом «Брак-полный» и выдавать их на поверхность из шахты отдельно от пустых баллонов.

5. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ОГNETУШАЩИХ И ВЗРЫВОПОДАВЛЯЮЩИХ ПОРОШКОВ

Огнетушащие порошки предназначены для тушения пожаров классов А, В, С, Д, Е, (табл. 5.1). Если порошок тушит пожары всех классов или хотя бы А, В, С, такой порошок считается универсальным. Часто выпускаются порошки только для классов В, С или только для Д - их обычно называют спецпорошками.

По области применения порошки можно разделить на две различные группы. Подавляющее большинство огнетушащих порошков используется для снаряжения герметичных корпусов порошковой пожарной техники - ручных и передвижных огнетушителей, автомобилей, стационарных установок. Средний размер частиц таких порошков - 40-80 мкм. Значительно меньшая их часть - предназначена для дистанционного объемного тушения пожаров, когда порошок подается к очагу энергией воздушного потока (реже инертного), создаваемого мощным вентилятором, а горение происходит в замкнутом протяженном объеме (горная выработка, галерея метро, кабельный канал, насосная станция и т.д.). Средний размер частиц таких порошков 1-10 мкм (их называют тонкодисперсными).

Взрывоподавляющие порошки предназначены для предотвращения и локализации (или подавления) взрывов горючих газов и пылей на промышленных объектах. Основная область применения этих порошков - снаряжение систем автоматической взрывозащиты (АВЗ) (2, 47, 84). Однако в угольных шахтах у таких порошков есть еще несколько специфических областей применения, связанных с опасностью взрыва при ведении в шахтах взрывных работ: обработка отложившейся угольной пыли; создание предохранительных завес; забойка шпуров и скважин. В

последних двух случаях кроме скважин; взрывоподавляющий порошок помещается в специальные полиэтиленовые ампулы.

В европейских патентно-информационных источниках нет каких-либо сведений о серийном производстве специальных взрывоподавляющих порошков; свои системы АВЗ там снаряжают серийными огнетушащими порошками общего назначения. Так автоматические противовзрывные заслоны системы BVS (Германия) снаряжаются серийным огнетушащим порошком "Трополяр" (102).

Таблица 5.1. Классификация огнетушащих порошков по назначению

Класс пожара	Вид горючего материала	Необходимые физико-химические свойства порошка
А	Углеродосодержащие (дерево, уголь, резинотехнические изделия, пластмасса и др.)	Образование при температуре 200-250 ⁰ С вязкой полимерной пленки
В	Горючие жидкости (бензин, спирты, лаки, растворители и др.)	Способность поверхности частицы и продуктов ее испарения резко замедлять ценные реакции горения: способность, вещества порошка быстро разлагаться при T=200 ⁰ С
С	Горючие газы и пары (водород, метан, пропан)	То же
Д	Легкие металлы и их сплавы	Образование пленки, устойчивой при температурах 2000-3000 ⁰ С
Е	Электрооборудование и кабели под напряжением до 1000-2000 В	Отсутствие электропроводности слоя порошка и порошково-воздушной струи

Одной из тенденций в вопросе повышения огнетушащей эффективности порошков является включение в их состав солей органических кислот - уксуснокислого натрия [А.с. 1142128 (СССР)], трилона Б [Пат. 2118834 (Великобритания)] и других. Наряду с эффективными порошками типа «Моннекс ведутся работы по получению тройных сплавов типа карбамид (меламин) фосфат-бикарбонат [Пат. 1/118400 (СРР)]. Усиливается тенденция наносить активные огнетушащие соли (из раствора) на пористые носители: как неорганические - вермикулит, аэросил, цеолит [Пат. 77537 (ПНР)], так и "органические - пенополистирол [Пат. 4226727 (США)].

Добавки к порошкам для уменьшения слеживаемости и влагопоглощения, а также для увеличения вибростойкости: модифицированные аэросилы, амины жирных кислот, стеараты металлов, различные кремнийорганические жидкости, а также инертные опудривающие добавки типа талька, шамотно-каолиновой пыли, вермикулита и др.

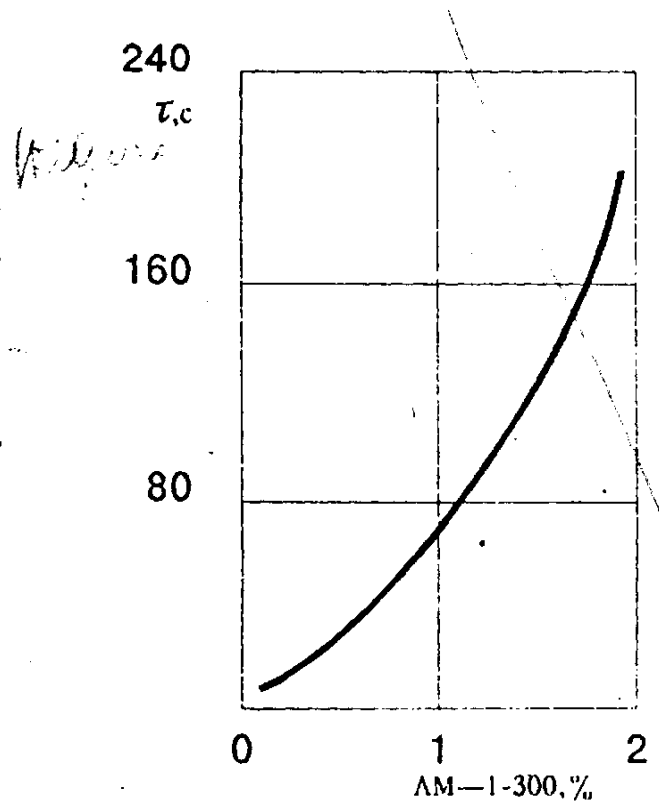


Рис. 5.1. Зависимость времени "сплавления" фосфорноаммонийного огнетушащего порошка от содержания в нем аэросила AM-1-300

Следует иметь в виду, что в каждом случае необходимо находить оптимальное содержание таких добавок в порошке, так как недостаточная их доля приведет к ухудшению эксплуатационных свойств порошка (влагопоглощения, слеживаемости, текучести, виброустойчивости) и к сокращению гарантированного срока хранения. Их избыток в порошке приведет к ухудшению его огнетушащей эффективности (особенно по классу А, поскольку и аэросилы и инертные добавки затрудняют образование пленки сплава на тлеющей поверхности). Кроме того, излишек дорогостоящего аэросила ведет к удорожанию порошка. На рис. 5.1 показано, что повышение содержания аэросила в аммофосе быстро увеличивает время образования вязкого сплава (испытания проводятся в латунной ячейке при 250°C).

Избыток жидких гидрофобизирующих добавок (так называемое «перемасливание») может также привести к ухудшению текучести и

огнетушащей эффективности по классам В и С - слишком плотное покрытие порошковых частиц пленкой ГКЖ (к тому же не до конца отвержденной) приводит как к усилению их когезии, так и к понижению ингибирующей эффективности их кристаллической поверхности. Эффект «перемасливания» хорошо виден на рис.5: влагопоглощение (W), и слеживаемость (σ) порошка увеличиваются не только от недостатка содержания ($C, \%$) карбамидогормаль-дегидной смолы, но и от ее избытка; проходя через минимум при $C = 4-5\%$.

Ряд авторов предлагают получать порошковый аэрозоль непосредственно в очаге горения за счет терморазложения специальных неорганических смесей. Преимущество такого способа - малый размер образующихся частиц и свежая (ювенильная) их поверхность, имеющая высокую химическую активность. Недостатки - сложная технология, очень высокая стоимость. Так, в работе предлагаются «кристаллические капсулы», ядро которых состоит из термонеустойчивой соли, например, KHSO_3 или $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ а оболочка - из активного ингибитора - KCl RbCl , $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

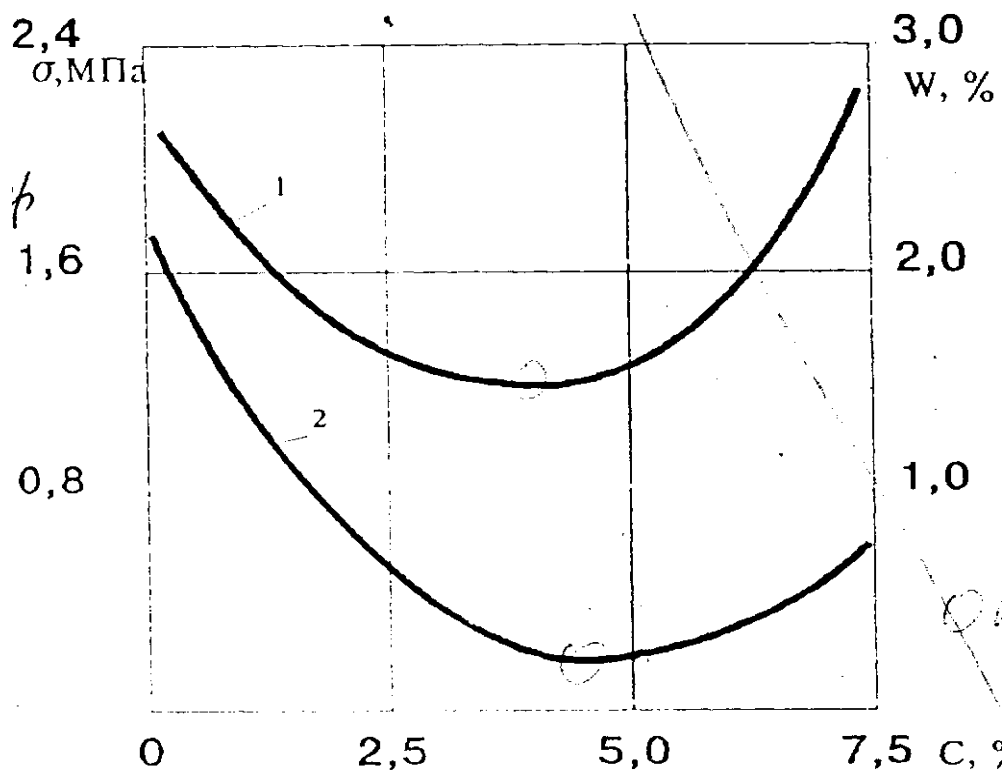


Рис. 5.2. Зависимость, слеживаемость (σ , 1) и влагопоглощения (W , 2) порошка от содержания в нем карбамидформальдегидной смолы (C)

Более перспективный путь - использовать для пожаротушения пироаэрозоли, т.е. пиротехнические смеси, которые при горении (именно горении, а не просто разложении) выделяют мельчайшие твердые частицы с высоким ингибирующим эффектом. В одном из первых составов этого рода [А.с. 192669 (СССР)] предложено смешать селитру и дицианамид. НПО «Союз» (Московская обл.) в своих проспектах рекламирует пиротехнические пожаротушащие аэрозольные системы (ПАС), объемная огнетушащая способность которых составляет 20-60 г/м³, а линейная скорость горения 1-3 мм/с. Важно, что пироаэрозоли могут быть использованы в пожаротушащих установках объемного тушения для замены фреонов (хладонов), которые «подозреваются» в уничтожении околосреднего озонового слоя, тем более что огнетушащая эффективность пироаэрозолей в несколько раз выше (для хладона 114В2 - 200 г/м³). Что

касается аналогичной патентно-журнальной информации по взрывоподавляющим порошкам, то такая почти отсутствует.

Однако анализ патентно информационного фонда - лишь одна сторона дела. Другая его сторона - анализ серийно выпускаемых огнетушащих и взрывоподавляющих порошков - т.е. какие именно патенты и авторские свидетельства заводы и фирмы предпочитают для внедрения. Сведения о производстве огнетушащих порошков в европейских странах приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

ДОБАВКИ К ОГNETУШАЩИМ ПОРОШКАМ

№ п/п	Вид добавки	Цель	Вещество
1	Гидрофобизирующая а) твердая	Уменьшение влагопоглощения, частично увеличение текучести	Модифицированные аэрозоли. стеараты щелочноземельных металлов
	б) жидкая		ГКЖ. ПМС, амины жирных кислот (в растворителе)
2	Твердые тонкодисперсные опудривающие добавки	Увеличение текучести и виброустойчивости	Тальк, флогопит. ШКП, ТКФ. вермикулит и др., а также ряд природных цеолитов

В данной книге излагаются экспериментальные исследования, проведенные со следующими огнетушащими и взрывоподавляющими порошками:

1. Порошок огнетушащий П-2АП по ТУ 113-08-597-86, основное вещество - аммофос, дисперсность: фракции менее 50 мкм - 70%; средний диаметр частиц 40 мкм.

2. Порошок огнетушащий П-4АП по ТУ 113-08-597-96, основное вещество - аммофос, авт. свид. дисперсность: фракции менее 50 мкм - 90%, средний диаметр частиц 5 мкм.

3. Порошок огнетушащий "Пирант" по ТУ 6-18-2-88, основное вещество - фосфаты аммония, авт. свид. СССР 1142127, дисперсность: фракции менее 50 мкм 70%, сред, диаметр частиц 40 мкм.

4. Порошок огнетушащий ПСБ-3 по ТУ 6-18-139-78, основное вещество - бикарбонат натрия, авт. свид. СССР 481290, дисперсность: фракции менее 25 мкм - 90%, сред., диаметр частиц - 30 мкм.

5. Порошок взрывоподавляющий ПВК-1 по ТУ 12.4675547.247-90, основное вещество карбамид, авт. свид. СССР 1167353, дисперсность: фракции менее 50 мкм - 70%, сред, диаметр частиц - 50 мкм.

6. ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ПОРОШКА С ОЧАГОМ ГОРЕНИЯ (ВЗРЫВА)

Основные механизмы порошкового тушения пламени - гетерогенное ингибирование, охлаждение и гомогенное ингибирование продуктами испарения (разложения). Три названных фактора не только взаимно дополняют друг друга. Гомогенное ингибирование зависит, например, от степени прогрева порошковой частицы в облаке (струе), т.е. связано с фактором охлаждения пламени; гетерогенное ингибирование, как будет показано ниже, есть сложный суммарный процесс, куда входят и охлаждение реакционной зоны, и эмиссия вещества порошковой частицы и, наконец, собственно дезактивация АЦП, которая, кстати, тоже состоит из нескольких стадий (адсорбция - рекомбинация - десорбция). Кроме того, к при тушении твердой тлеющей поверхности порошки (преимущественно на фосфорноаммонийной основе) образуют на ней вязкую полимерную пленку, препятствующую доступу кислорода. Рассмотрим подробнее каждый из факторов.

6.1. Охлаждающий эффект, эффект "огнепреграждения", а также фактор гомогенного ингибирования

Передача тепла от очага к порошковой частице происходит за счет теплопроводности, конвекции и радиации. Баратовым подсчитано, что на полное испарение огнетушащей дозы хлорида натрия ($0,1 \text{ кг/м}^3$) затрачивается лишь 8% количества теплоты, выделяемой при сгорании 1 м^3 стехиометрической метановоздушной смеси. По нашим подсчетам, 1 кг порошка П-2АП при полном разложении отбирает у очага 2000 кДж теплоты. Из полученных нами дериватограмм порошков П-2АП и ПВК-1

было установлено, что П-2АП существенно теряет массу, начиная со 180 до 250°C (за 32 мин 40% массы), а ПВК-1 в интервале 130-340°C за то же время теряет 60% массы; теплопоглощение П-2АП составило около 1500 кДж/кг, ПВК-1 - около 1850 кДж/кг (для сравнения: при испарении теплопоглощение жидкого азота составляет 1900 кДж/кг, твердой углекислоты - 1200 кДж/кг, а воды - 3600 кДж/кг). Исследование кинетики разложения П-2АП, проведенное нами, показало, что в интервале 100-500°C процесс протекает в кинетической области и лимитируется разложением расплавленного $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; константа скорости процесса $k=5,23 \cdot 10^{-2} \text{с}^{-1}$, $E_{\text{акт}}=12,5 \text{ кДж/моль}$. При сгорании 1 м^3 10%-ной МВС выделяется около 400 кДж тепла; если принять объемную огнетушащую концентрацию П-2АП 100 г/м^3 , то эти 100г при полном разложении отбирает у очага 150 кДж, а при 40%-ом разложении (что куда ближе к истине) - лишь 60 кДж, т.е. лишь 15% тепла. Теплоемкость и теплопроводность основных компонентов огнетушащих порошков невелика; для бикарбоната натрия $C_p=100 \text{ Дж/ (моль Кал)}$, $\lambda_0 = 0,4 \text{ Дж/(см} \cdot \text{с} \cdot \text{К)}$; для хлористого калия 51,5 и 0,1; для моноаммонийфосфата - 142 и 0,025 (для сравнения у меди $C_p = 150$, $\lambda_0 = 43$). Однако весь вопрос в том, успевает ли частица огнетушащего (взрывоподавляющего) порошка в очаге прогреться, а тем более полностью испариться (разложиться) учитывая то, что она: а) находится внутри порошкового облака, где экранирована соседними частицами; б) находится в зоне нагрева короткое время из-за быстрой седиментации. По данным приведенным в следующей главе, среднее время пребывания в очаге частицы порошка размером 50-100 мкм - не более 1с, а размером 1-5 мкм - не более 10 с.

Уравнение Поляни – Вигнера для испаряющейся твердой частицы

$$\frac{dr}{d\tau} = 2vl \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

(где r - радиус частицы; ν - частота колебаний; l - межатомное расстояние; E - энергия связи в кристалле; R - газовая постоянная; T - температура) подставить параметры частицы порошка КС1, то получим следующее: при $d_0 = 2$ мкм через $\tau = 10^{-3}$ с $dt = 0,3$ мкм; при $d_0 = 10$ мкм через $\tau = 0,1$ с $dt = 0,6$ мкм; при $d_0 = 100$ мкм через $\tau = 13$ с $dt = 98$ мкм. Т.е. частицы диаметром 2 мкм испаряются практически мгновенно, 10 мкм - быстро, а 100 мкм - почти не испаряются вовсе.

В работах проведены расчеты теплового взаимодействия частиц порошка с пламенем. Добриков и сотрудники провели расчет испарения частиц огнетушащего порошка в пламени, решив систему уравнений баланса энергий для газовой и твердой фаз, баланса массы, а также баланса импульса. Показано, что частицы диаметром менее 10 мкм при скорости пламени менее 0,1 м/с должен испаряться полностью, однако уже при скорости 0,3 м/с испаряется лишь 20% их массы. Частицы же размерами более 30 мкм при таких и больших скоростях пламени (которые характерны для реальных пожаров) практически вообще не будут испаряться.

Следует отметить, что эти расчеты выполнены при допущении, что температурные и концентрационные поля частиц не перекрываются; без этого допущения вероятность испарения частиц порошка оказалась бы еще ниже. Более строгий расчет для порошкового облака в пламени, проведенный Губиным и сотрудниками в целом дал аналогичные результаты: частицы диаметром 100 мкм испаряются (разлагаются) в пламени незначительно (независимо от химического состава), так как не успевают прогреться; частицы диаметром 10 мкм (особенно для легкоразлагающихся веществ) быстрогреваются и разлагаются.

Разложение твердой частицы в пламени описывается уравнением типа Колмогорова - Ерофеева $1 - \sqrt[3]{1 - \alpha} = k\tau$, где α - доля разложившегося вещества; k - константа скорости разложения; τ - время. Например, для

огнетушащей соли - бикарбоната калия - экспериментальная константа скорости разложения выражается уравнением.

$$K = 4,5 - 1300/R (T-338)$$

Другая огнетушащая соль - хлористый калий - испаряется (частицы диаметром 2 мкм, температура 1430°C) с экспериментально измеренной скоростью уменьшения поверхности такой частицы $6 \cdot 10^3$ мкм²/с. Необходимо подчеркнуть, что все процессы в пламени - это неравновесные процессы и оценивать их следует не столько по термодинамическим, сколько по кинетическим параметрам, что хорошо видно из таблицы 5.

Действительно, казалось бы, сульфат аммония предпочтительнее бикарбоната натрия, т.к. поглощает при разложении в 2,5 раза больше тепла, однако скорость его разложения в 500 раз меньше, и этот фактор - решающий в пользу NaHCO₃. Именно поэтому NaHCO₃, а также карбамид предпочтительнее как основа взрывоподавляющих порошков: они быстрее разложатся в зоне развитого взрыва и успеют быстро отвести оттуда хотя бы часть тепла.

Результаты ряда работ приводят их авторов к выводам о том, что основным механизмом порошкового тушения пламени является не ингибирование, а охлаждение и разбавление (флегматизация) очага. Можно ли говорить о флегматизации (разбавлении очага газообразными продуктами разложения порошков). Если даже полностью (что маловероятно!) разложить огнетушащую дозу (150г/м³) NaHCO₃, то объем выделившегося CO₂ составит лишь 2% от 1м³ - так что о реальной флегматизации в этих случаях говорить нельзя.

В работе утверждается чисто "тепловой" подход к механизму порошкового тушения, который обосновывается якобы балансом в системе:

Таблица 6.1.

Теплопоглощение и скорость разложения солей, служащих основой огнетушащих порошков

Вещество	Теплопоглощение при полном разложении Q, кДж/г	Время «полураспада» $\tau(1/2)$ с, при 1000 ⁰ С	Тушащая навеска (очаг 36см ² , спирт), г
KCL	0,5	-	0,17
NaHCO ₃	1,8	1	0,15
(NH ₄) 2HPO ₄	4,0	10	0,12
NH ₄ H ₂ PO ₄	3,6	40	0,16
NH ₄ CL	4,3	70	0,22
(NH ₄) ₂ SO ₄	4,5	500	0,26

$Q_{гор} < (\Delta H_{топлива} + \Delta H_{воздуха} + \Delta H_{порошка} + Q_{потерь} + q_{разл. порошка})$

Однако сами эти расчеты не приводятся. Наши же расчеты, приведенные выше, показывают, что тепло, выделяемое очагом, не может быть быстро и в большом количестве отведено от него ни за счет нагрева, ни за счет разложения частиц порошка или их испарения). В работе установлено, что эффективность тушения определяется исключительно размером частиц порошка, причем имеется их критический диаметр, по достижении которого эффективность тушения резко (в 5-8 раз) увеличивается (мы в наших многочисленных экспериментах ничего подобного никогда не наблюдали, так что такие результаты требуют проверки). Т.к. эти данные количественно совпали с уравнением теплового тушения $M_{min} = A/\Sigma (\Delta H)_j$, (где M_{min} - расчетная минимальная огнетушащая концентрация для прекращения горения газового факела, моль/моль воздуха; А - эмпирическая константа горючего вещества (1054 для CH₄); ΔH_j - энтальпия j того процесса испарения или разложения

порошка), то авторы делают вывод о наличии чисто теплового механизма порошкового тушения, не приводя, к сожалению, эти расчеты, чтобы их можно было проверить.

В работе исследована эффективность различных порошков при тушении различных горючих жидкостей; сделан вывод об отсутствии специфики в действии разных порошков на пламя. Зато найдено аналогичное воздействие на те же горючие вещества, как хладонов, так и инертных газов. Следовательно, делают вывод авторы, в основе воздействия на пламя порошков, хладонов и инертных газов лежит одна и та же причина - а это может быть только теплоотвод. Однако отсутствие специфики у различных порошков можно объяснить и другими причинами: в разных пламенах за развитие горения "отвечают" одни и те же радикалы — Н, О, ОН; поверхность реальных частиц порошка разного химсостав нивелируется "адсорбционной грязью", т.е. покрыта одними и теми же частицами, адсорбированными из воздуха — CO_2 , H_2O и т.д.

Так имеет ли существенное место для порошкового тушения охлаждающий эффект? — Да, имеет! Но не эффект охлаждения очага в целом, а эффект одновременного теплоотвода от множества реакционных микрозон в очаге, т.е. зон вокруг каждой частицы порошка диаметром примерно $6 + 50 A$, где d — это диаметр самой частицы. В результате такого охлаждения падает скорость генерации АЦП, за счет чего и уменьшается теплоприход, а теплоотвод; (естественный) остается неизменным (т.е. какого-либо существенного дополнительного отвода тепла от очага в целом за счет введения в него порошка нет). Но такое "тепловое" ингибирование в пределах реакционных микрозон очага давно известно как эффект огнепреграждения.

Если рассматривать порошковое облако как сетку, "наброшенную" на пламя, то пламя должно погаснуть при расстоянии между частицами порошка.

$$d_{кр} = \frac{P_e^{кр}}{C_{г} \lambda_{г} \rho_{г}} \cdot v$$

где $P_e^{кр}$ - критерий Пекле ($P_e^{кр} = 30 \dots 100$); $C_{г}$, $\lambda_{г}$, $\rho_{г}$ - теплоемкость, теплопроводность и плотность газа; v — скорость пламени. Для 9,5%-ной МВС $d_{кр} = 3,6$ мм.

Важно обратить внимание, что в этой формуле есть только параметры газа, а параметров материала сетки (в нашем случае - частиц порошка) нет. Это объясняется как раз приведенным выше рассуждением о важной функции энергоотвода "стенкой" (порошком) химической энергии АЦП и малозначительным нагревом при этом самой "стенки", т.е. частиц порошка (не путать с нагревом частиц порошка за счет радиационного и др. эффектов). Так, по подсчетам при сгорании МВС с температурой пламени 1700°C в стеклянном капилляре, его стенки нагрелись лишь на 7 градусов. Эти подсчеты показывают, что частицы порошка внутри облака вряд ли успевают полностью прогреться и испариться, находясь в факеле пламени (разве что в зоне развившегося взрыва). Интересно, что при масс-спектрометрическом исследовании гасящего действия стенки реактора на пламя обнаружено, что действие охлаждения сказывается на максимальном расстоянии 10^{-2} м от стенки, а действие рекомбинации - лишь на 10^{-3} м причем с ростом температуры и давления эта разница быстро увеличивается.

Итак, эффект огнепреграждения состоит из энергоотвода химической энергии из реакционной зоны и мгновенной (и одновременной) по всему объему порошкового облака "тепловой" гибели АЦП на поверхности порошковых частиц. При этом свойства материала порошка особой роли не играют. Однако если поверхность частиц порошка еще и химически активна, к "тепловой" гетерогенной гибели АЦП добавляется и их химическая гетерогенная дезактивация, т.е. собственно гетерогенное

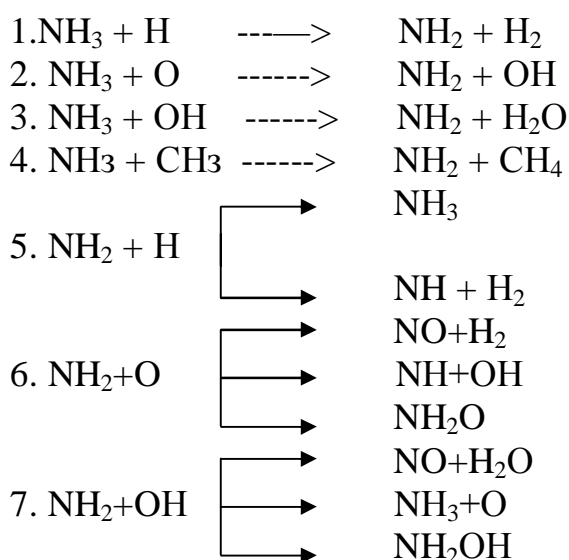
ингибирование. В сущности, так называемый эффект огнепреграждения есть самое обыкновенное гетерогенное ингибирование, где та же медная сетка (или порошковое облако) служат "третьей частицей", без которой рекомбинация АЦП по реакции $H+H \rightarrow H_2$ невозможна.

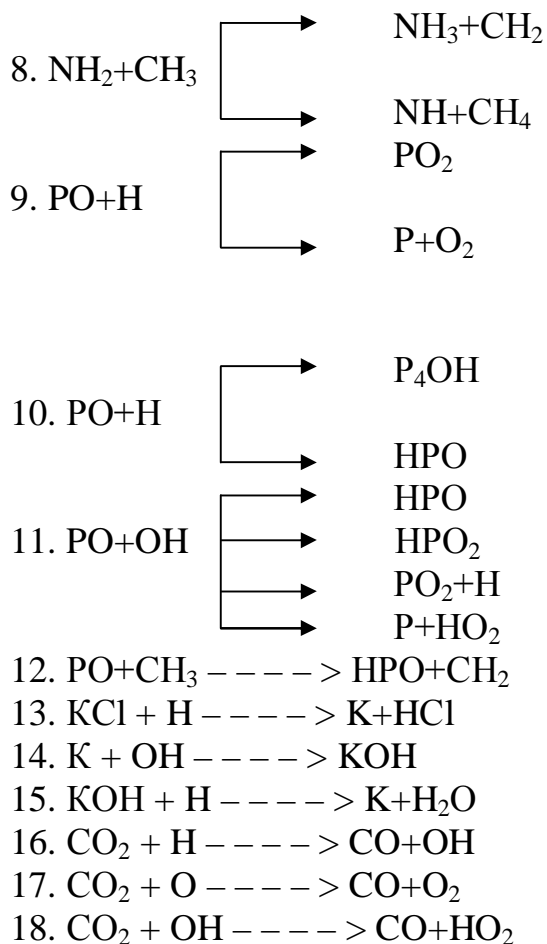
Таким образом, из вышеизложенного следует, что степень прогревания и испарения частицы порошка в пламени зависит, в основном, от диаметра частицы и скорости пламени, а в случае ее разложения - еще и от индивидуальной для данного вещества константы скорости разложения. В частности, для реальных пожаров, где скорость пламени выше 1 м/с, и реальных огнетушащих порошков со средним диаметром частиц 30-50 мкм как доля испарившегося (разложившегося) вещества порошковой частицы, так и количество "отнятой" у очага в целом теплоты должны быть невелики. Но для тонкодисперсной фракции порошков (диаметр частиц 1...10 мкм) возможно испарение (разложение) значительной ее доли в порошковом облаке в очаге пламени. Но и в этом случае от очага может быть дополнительно отведено не более 10-15% выделяемой им теплоты (а что касается флегматизации очага продуктами разложения порошков - то тут вообще речь может идти лишь, об 1-3%). Поэтому, когда мы говорим о тепловом воздействии порошкового облака на пламя, - мы должны иметь в виду, главным образом, эффект одновременного "микротеплоотвода" из множества реакционных микрозон, в результате чего резко тормозятся реакции, генерирующие АЦП и, как следствие, резко уменьшается теплоприход (а не увеличивается теплоотвод). Порошковая частица отводит тепло из важнейшей зоны пламени - реакционной! При этом, во-первых, не следует путать этот теплоотвод с охлаждением пламени вследствие обычного теплообмена, во-вторых, необходимо ясно понимать, что "при этом отводится наиболее ценный для химической реакции вид энергии - химическая энергия свободных атомов и радикалов", которая и

обуславливает их высокую реакционную способность и, наконец, в третьих — поглощение частицей именно этой, "наиболее ценной" (но небольшой по величине) энергии, вследствие огромной разницы в плотностях газа и твердых частиц, несущественно повышает температуру последних и не может служить причиной их быстрого испарения (разложения).

Перешедшие в газовую фазу молекулы порошкового ингибитора (в случае испарения) или их "осколки" (в случае разложения), вступая в прямые реакции с АЦП (Н, О, ОН, СН₃ и др.) или участвуя в них в качестве "третьей" частицы, могут замедлять процесс распространения горения в газовой смеси.

При нагревании и испарении солей типа хлористого калия в газовую фазу, помимо молекул КСl, поступают и продукты их термического распада - атомы калия и хлора. При разложении фосфорно-аммонийных солей - молекулы аммиака, продукты его деструкции и окисления - радикалы NH₂, NH, оксид NO; при очень высоких температурах (выше 800°С) и более глубокой деструкции - PO₂; при разложении NaHCO₃ - CO₂. Возможные схемы реакций гомогенного ингибирования приведены ниже:





Исследования спектров излучения углеводородного пламени, ингибированного фосфорно-аммонийными солями, показали появление полосы 336 нм, соответствующей радикалу NH, а при тушении пламени хлористым калием — интенсивного континуума 396 нм, отнесенного авторами к реакции $\text{K} + \text{OH} \longrightarrow \text{KOH}$, что подтверждает возможность протекания реакции типа 6б и 7а.

6.2. Квантово-химический расчет гомогенного ингибирования

Для расчета геометрии, электронного строения и энтальпий образования всех молекул, участвующих в вышеприведенных реакциях, применен метод РМ-3. Имея в виду дальнейшее использование полученных результатов в приведем их по всем изученным реакциям.

Таблица 6.2

Теплофизические параметры исходных, промежуточных и конечных продуктов окисления метана

Химическая формула частицы	Молекулярная масса	Теплопроводность λ_0 , Дж/(м с К)	$10^4 \cdot D_0$, м ² /с	Теплота образования ΔH кДж/моль	Теплоемкость C_p , Дж/(кгК)	Средний диаметр d_{cp} 10 нм	Суммарный заряд ядер, Z
CH ₄	16	0,029	0,19	-75	2238	2,5	10
O ₂	32	0,024	0,18	0	919	1,9	16
OH	17	0,027	0,26	136	1529	1,6	9
O	16	0,029	0,29	250	1369	1,3	8
H	1	0,21	1,06	218	20800	0,7	1
CH ₃	15	0,029	0,28	147	1867	2,2	9
HO ₂	33	0,02	0,20	-22	1061	2,8	17
H ₂ O ₂	34	0,020	0,19	-128	1268	3,0	18
CH ₂	14	0,026	0,28	376	1429	1,9	8
H ₂ O	18	0,024	0,22	-242	1867	2,1	10
CO ₂	44	0,014	0,14	-394	843	2,0	22
H ₂ CO	30	0,021	0,13	-118	1500	3,1	16
CO	28	0,020	0,18	-110,5	1050	2,0	14
N ₂	28	0,024	0,22	0	1043	1,8	14
HCO	29	0,020	0,19	-10	1278	2,14	15
Cl	35,5	0,029	0,20	121	615	1,98	17
HCl	36,5	0,027	0,15	-331	800	3,08	18
K(пар)	39	0,024*	1,0	89	510	4,54	19
KCl (пар)	74,5	10 ^{-2*}	0,5	-210	487	5,24	36
KOH (пар)	56	10 ^{-2*}	0,5	-226	673	5,15	28

*Вт/(м·К) при 1773К

Таблица 6.3.

Рассчитанные значения параметров уравнения Аррениуса реакций разветвления цепи при

$$T=300\text{K и } 1000\text{K } K=eKh^{-1}RP^{-1}_0 \exp\left(\frac{\Delta S_0^*}{R}\right)\exp\left(-\frac{\Delta H_0^*}{RT}\right)$$

Реакция	ΔH_0^* ккал/моль	ΔS_0^* ккал/моль	$\exp\left(\Delta \frac{S_0^*}{R}\right)$	$\exp\left(\Delta \frac{H_0^*}{RT}\right)$	A	K, л/с моль
$\text{CH}_4 + \text{O} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{HO}$	16,19	1,21 -1,76	$1,83 \cdot 10^{-5}$ $0,41 \cdot 10^{-6}$	$1,59 \cdot 10^{-12}$ $2,89 \cdot 10^{-4}$	$7,65 \cdot 10^{14}$ $1,9 \cdot 10^{15}$	$1,22 \cdot 10^3$ $5,52 \cdot 10^{11}$
$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO} + \text{H}$	16,35	-19,25 -24,42	$6,13 \cdot 10^{-5}$ $4,6 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-12}$ $2,67 \cdot 10^{-4}$	$2,56 \cdot 10^{10}$ $2,13 \cdot 10^{10}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$ $5,7 \cdot 10^6$
$\text{O}_2\text{H} \rightarrow \text{HO} + \text{O}$	54,59	-21,02 -22,49	$2,52 \cdot 10^{-5}$ $1,21 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-40}$ $1,17 \cdot 10^{-12}$	$1,05 \cdot 10^{10}$ $5,61 \cdot 10^{10}$	$1,76 \cdot 10^{-30}$ $6,6 \cdot 10^{-2}$

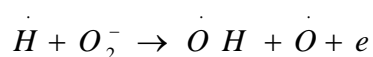
Полная энтропия всех молекул (а также вклады в нее, соответствующие поступательному, вращательному и колебательному движениям) рассчитаны согласно для температур 300К и 1000К. Для изолированных атомов энтропия поступательного движения рассчитывалась по формуле, другие виды движения не дают вклада в полную энтропию атомов. Для двух-, трех- и более атомных молекул наибольший вклад в энтропию вносит поступательное движение, затем вращательное. Наименьший вклад в энтропию вносят колебания атомов. Энтропия молекул при T=1000 К превышает энтропию при T=300 К примерно в 1,25 раз.

Конфигурация системы в переходном состоянии, а также соответствующие энтальпии образования, теплоты энергии и полные энтропии приведены в рис. 6. В таблицах 7-11 приведены значения энтальпии активации ΔH , энтропии активации ΔS , предэкспоненциальные множители A и арениусовские константы скорости реакций. В случае, когда в системе имеется два или три неспаренных электрона предпочтение отдавалось состоянию с наивысшей мультиплетностью (триплетному и квартетному соответственно) как более энергетически выгодным.

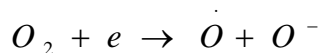
6.3. Роль заряженных частиц

Исследованием заряженных частиц в пламени успешно занимаются Фиалков и сотрудники. Ими установлено наличие в различных зонах пламени анионов C^- , OH^- , NO_2^- , $C_2H_3^-$, катионов OH^+ , CHO^+ , O^+ , CO^+ , H_2O^+ , $C_2H_3^+$ и др.

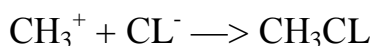
Попытка исследования влияния ионообразования на процесс самовоспламенения газовых смесей предпринята Шебеко и сотрудниками. Показано, что отрицательные ионы (искусственно генерируемые) типа O_2^- , OH^- и CHO^- приводят к уменьшению периода индукции за счет понижения энергии активации реакций разветвления цепей с участием этих ионов, например:



В работе при изучении распространения АЦП и отрицательных ионов в пламенах обнаружена реакция



Авторами найдено, что при впрыске в горелку раствора хлористого натрия количество ионов пламени резко уменьшается, что объясняется реакцией рекомбинации ионов пламени с ионами Na^+ и Cl^- типа:



Хорошо известно также, что важнейшую роль в реакциях горения играют радикалы (атомы) типа H, O, OH, CH₃ и др.

Таблица 6.4.

Рассчитанные значения параметров уравнения Арениуса реакций гомогенного ингибирования второго порядка с участием NH₃ при T=300K и 1000K

Реакция	ΔH_0^* ккал/моль	ΔS_0^* ккал/моль	$\exp\left(\Delta \frac{S_0^*}{R}\right)$	$\exp\left(\Delta \frac{H_0^*}{RT}\right)$	A	K, л/с моль
NH ₃ +O → NH ₂ +HO	33,63	-23,14 -28,96	8,1 10 ⁻⁶ 4,7 10 ⁻⁸	1,8 10 ⁻²⁵ 4,4 10 ⁻⁸	3,3 10 ⁹ 2,2 10 ⁹	5,8 10 ⁻¹⁶ 97
NH ₂ +HO→NH ₂ + H ₂ O	15,79	-27,11 -33,88	1,2 10 ⁻⁶ 3,9 10 ⁻⁸	2,4 10 ⁻¹² 3,5 10 ⁻⁴	5,0 10 ⁸ 1,8 10 ⁸	1,2 10 ⁻³ 6,5 10 ⁴
NH ₃ +CH ₂ →NH ₂ +CH ₄	19,38	-6,17 -7,71	4 10 ⁻² 2 10 ⁻²	5,4 10 ⁻¹⁵ 5,8 10 ⁻⁵	1,9 10 ¹³ 9,3 10 ¹³	9,9 10 ⁻² 5,6 10 ⁹

7. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОДАЧИ ПОРОШКОВ В ОЧАГ ПОЖАРА ИЛИ ВЗРЫВА

7.1 Общий анализ

Можно выделить два основных способа подачи порошков в очаг: пожара или взрыва - пневматический и взрывной. Пневматический способ можно реализовать несколькими путями:

а) наличием в емкости с порошком баллончика со сжатым газом;

б) наличием в емкости с порошком пиротехнического газогенерирующего заряда;

в) закачиванием газа непосредственно в емкость с порошком. Дистанционное объемное тушение порошком в горных выработках, галереях метро, кабельных каналах и т.д. осуществляется подачей тонкодисперсного порошка в воздушный поток установкой типа «Вихрь» на базе мощного вентилятора (ВЦ-5 и др.) - на расстояние до 150 м. Кроме того, тонкодисперсный порошок может подаваться вентилятором по гибким вентиляционным рукавам (0600 мм) на расстояние 500 м.

Взрывной способ реализуется путем помещения перед или прямо в массу порошка заряда взрывчатого вещества с инициатором (детонатором). Масса и конфигурация ВВ подбираются экспериментально. Взрывной способ имеет ряд преимуществ по сравнению с пневматическим. В частности, при взрывном распылении имеет место:

а) мгновенное срабатывание, малая инерционность, малое время формирования порошкового облака;

б) дополнительное измельчение порошка энергией взрыва;

в) активация порошка за счет появления свежееобразованной поверхности. Однако ВВ требуют специальных (и весьма дорогостоящих) условий для хранения и учета, да и применение их имеет много ограничений.

Распылялся гранулированный хлористый калий (3,4 кг), помещенный вместе с зарядом (0,2 кг угленита) в тонкую полиэтиленовую оболочку.

Таблица 7.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЗРЫВНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ПОРОШКА KCL

Фракция, мкм	Массовая доля фракции. %	
	до распыления	после распыления
Более 1000	11.7	1.0
1000—400	37.8	3.7
400—200	21.1	8.5
200—100	15.8	20.3
100—63	6.7	14.2
Менее 63	5.9	52,3

Данные подтверждают, что при взрывном способе распыления хлористого калия происходит его измельчение, главным образом крупной фракции выше 400 мкм (49,5% в исходном KCL; 4,7%, после взрывного распыления) до частиц размером менее 63 мкм (5,9% в исходном KCL; 52,3% после взрывного распыления).

Что касается вопроса активации порошка при его взрывном распылении вследствие образования при доизмельчении взрывом (свежераскрытых) поверхностей с нескомпенсированными химическими связями, то имеются лишь косвенные доказательства этого факта. Так, при испытаниях флегматизирующей способности огнетушащих порошков П-1А (средний размер частиц 90 мкм) и П-4АП (5 мкм) получены значения 0,14 и 0,16 кг/м³. Большую эффективность значительно более крупного П-1А как раз и можно объяснить тем, что при взрывном распылении он не только доизмельчается, но еще и активируется (мелкие частицы порошка П-4АП энергия взрыва уже более не доизмельчает). Кроме того, в работе сообщается, что после обработки взрывом тонкодисперсного флюорита его каталитическая активность возрастает вдвое, что является явным признаком его «взрывной» активации.

7.2 Моделирование процесса истечения газопорошковой смеси из огнетушителя

Для изучения процесса работы порошкового огнетушителя в качестве математической модели можно использовать уравнения типа Навье-Стокса, описывающие движения вязких сред. При этом представляют интерес две модели: стационарная и нестационарная. Основные достоинства первой модели - устойчивость при изменении входных данных и быстрота численной реализации. Относительным недостатком можно считать ограниченность получаемой информации. Этот недостаток устраняет нестационарная модель - практически любая характеристика процесса может быть получена в рамках нестационарной модели, однако она требует решения сложной математической задачи, состоящей в численном решении системы из шести дифференциальных уравнений в частных производных с нетривиальными граничными условиями.

Правомерность использования стационарной модели для изучения застойных зон в огнетушителе подтверждается тем, что при высоких концентрациях дисперсной фазы (только эта ситуация представляет для нас интерес) характер движения в огнетушителе близок к ламинарному.

Численная реализация. Считаем, что на сечение огнетушителя нанесена прямоугольная сетка, в узлах которой задаются значения всех интересующих нас величин. Пусть в момент времени t_n величины $P(t_n)$, $P_{\Pi}(t_n)$, $V(t_n)$, $V_{\Pi}(t_n)$ известны, тогда в следующий момент времени t_{n+1} они равны

$$P(t_{n+1}) = P(t_n) + \frac{\delta P}{\delta t}(t_n) \cdot (t_{n+1} - t_n).$$

$$\varepsilon(t_{n+1}) = \varepsilon(t_n) + \frac{\delta \varepsilon}{\delta t}(t_n) \cdot (t_{n+1} - t_n),$$

$$v_{(n)}(t_{n+1}) = v_{(n)}(t_n) + \frac{\delta v_n}{\delta t}(t_n) \cdot (t_{n+1} - t_n),$$

Производные находятся по специальным формулам. Для этого нужно находить производные по пространственным переменным. Пусть $h(x, y)$ - функция двух переменных, а $h(m, n)$ - ее дискретная реализация (т.е. $h(n, m)$ - массив значений функции $h(x, y)$ в узлах решетки). Тогда

$$\frac{\partial h}{\partial x}(m, n) \approx [h(m+1, n) - h(m, n)] \cdot \Delta^{-1}_x$$

где Δx — шаг решетки по первой координате.

Аналогично

$$\frac{\partial h}{\partial y}(m, n) \approx [h(m, n+1) - h(m, n)] \cdot \Delta^{-1}_y$$

Таким образом, могут быть посчитаны все первые и вторые (а более высокого порядка нет) производные правой части системы внутри интересующей нас области.

Чтобы соблюсти условия касательности к границе для скоростей V , V_n , достаточно положить $U_x = u_n x = 0$ для вертикальных стенок и $U_y = u_n y = 0$ для горизонтальных. Граничные значения при нулевой нормальной производной получаем, продолжая (гладко) функцию, заданную внутри. Это позволяет сделать следующая формула

$$h(m_0, n) = 3(h(m_0+1, n) - h(m_0+2, n)) + h(m_0+3, n),$$

где m_0 — левое граничное значение первой координаты. Та же формула годится для правого граничного значения

$$h(m_0, n) = 3(h(m_0-1, n) - h(m_0-2, n)) + h(m_0-3, n).$$

Аналогично вычисляем верхнее и нижнее граничные условия. Кроме того, надо учесть, что стенки огнетушителя следует рассматривать как, будто они двойные (т.к., например, давления внутри и снаружи огнетушителя могут резко отличаться и разность этих давлений должна зависеть только от глобальных свойств процесса).

Описание программы счета. Программа позволяет строить застойные зоны в огнетушителе к моменту времени, соответствующие 2-м, 4-м... 16 секундам с момента начала истечения газопорошковой смеси. Эти зоны представляют собой часть внутреннего пространства огнетушителя, в которой скорость движения газовой фазы не превышает некоторой заданной скорости, и изображается на экране в виде осевого сечения огнетушителя с линиями, отделяющими зону с неподвижным порошком от центральной части огнетушителя. Размеры изображения в 4,1 раза меньше действительных размеров огнетушителя. В качестве критериальных при построении застойных зон в программе приняты два значения скорости – $V_{\text{вит}}$ (скорость витания частиц), $V_{\text{трог}}$ (скорость трогания частиц). Эти скорости рассчитываются по известным формулам [32, 87]

$$V_{\text{вит}} = (1 - \beta)^{4,8} \cdot \frac{g \rho_n d_n^2}{18 \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot \nu},$$

$$V_{\text{трог}} = \sqrt{g} \cdot d_n \frac{\rho_n - \rho_{\text{возд}}}{1,35 \rho_{\text{возд}}} (1 - \beta)^{4,8},$$

где β — коэффициент стесненности. Результаты расчета приведены на рис. 51.

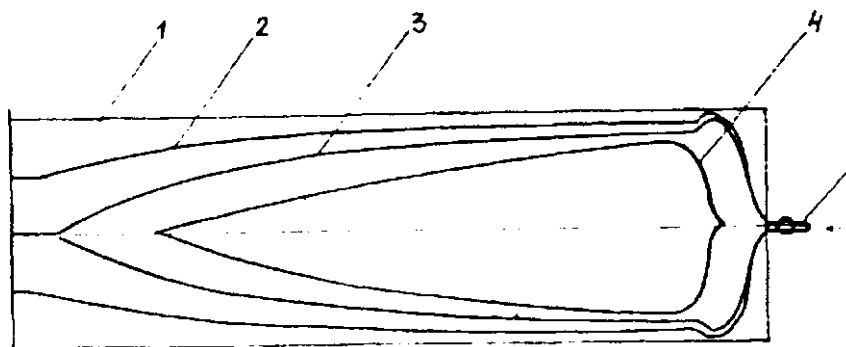


Рис. 7.1 Результат реализации программы на компьютере (зоны псевдооживления): 1 – "корпус" огнетушителя; 2 – граница зоны для "хорошего" порошка; 3 – для "среднего" порошка; 4 – для "плохого" порошка; 5 – условный "вход" сжатого воздуха.

Устройства для подачи огнетушащих и взрывоподавляющих порошков

Типичная схема порошкового огнетушителя (емкостью 5 л) приведена на рис. 7.2.

В настоящее время выпускаются модификации ручных огнетушителей, в которых баллон со сжатым газом-носителем заменен пиротехническим газогенератором (см. например а.с. 1445739, СССР, кл.62Д1/00).

В порошковых установках большей емкости (50-500 л) для улучшения аэрации порошка используют воздушный кольцевой коллектор, лежащий на днище внутри емкости. При этом он либо отделен от порошка полупроницаемым («бельтинговым») аэроднищем, либо на нем по кругу расположены 6—8 воздушных сопел.

Что касается импульсных огнетушителей, то массовое серийное производство их пока не налажено. Ряд огнетушащих устройств импульсного действия предложен Абдурагимовым, Севриковым, Захматовым.

На рис. 7.3. показана импульсная 40-ствольная порошковая пожарная установка на шасси танка Т-55.

Различные пиротехнические газогенераторы для использования и пожаротушащей технике вместо баллона со сжатым воздухом разработаны НПО «Союз».

НИИПХ рекламирует генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА) с самоактивирующими тушащими композициями (СТК). Огнетушащая концентрация СТК в воздухе составляет:

- для тушения твердых веществ – $40-100 \text{ г/м}^3$
- для тушения жидких в-в – $50-100 \text{ г/м}^3$
- для тушения газов – $40-180 \text{ г/м}^3$,

а флегматизирующая концентрация для метановоздушной смеси составляет 50 г/м^3 . Масса заряда СТК в КОА – от 200 г до 150 кг, срок годности – 10 лет. Без сомнения, пироаэрозоли – одно из перспективных направлений в автоматическом пожаротушении. Их преимущества - технологичность и высокая надежность. Однако есть и недостатки - проблематичность их использования для тушения пожаров класса А и подавления взрывов.

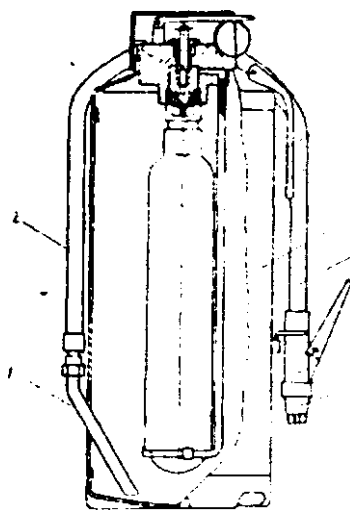


Рис.7.2 Общий вид порошкового огнетушителя (5л) 1 — аэрирующее устройство; 2—баллончик; 3—головка; 4—ручка; 5—корпус; 6—рукав; 7—пистолет-распылитель; 8—насадок пистолета-распылителя.

Вайсманом и сотр. разработаны пожаротушащие порошковые композиции из смеси огнетушащего и газообразующего компонентов (например, фосфат аммония и несколько процентов карбоната аммония). Такая смесь запаивается в тонокосгенные стеклянные ампулы, которые закрепляются в местах возможного возгорания: при попадании в зону пламени карбонат аммония начинает разлагаться (T разл: $60-80^{\circ}\text{C}$), ампула разрывается и фосфат аммония распыляется в очаг.

Существует еще и комбинированный вариант подачи порошка — пневмоимпульсный, когда используется энергия сжатого в баллоне газа, однако мгновенное отпирание баллона производится микрорядом ВВ. В этом случае время выброса составляет примерно $0,8-1$ с (такой вариант использован во взрыво-подавителях ВВС (ФРГ). Не совсем ясно, каково назначение таких подавителей, т.к. за 1 с взрыв «убежит» минимум на 100 м, и такой комплекс пригоден лишь для пожара, (а не взрыво) защиты.

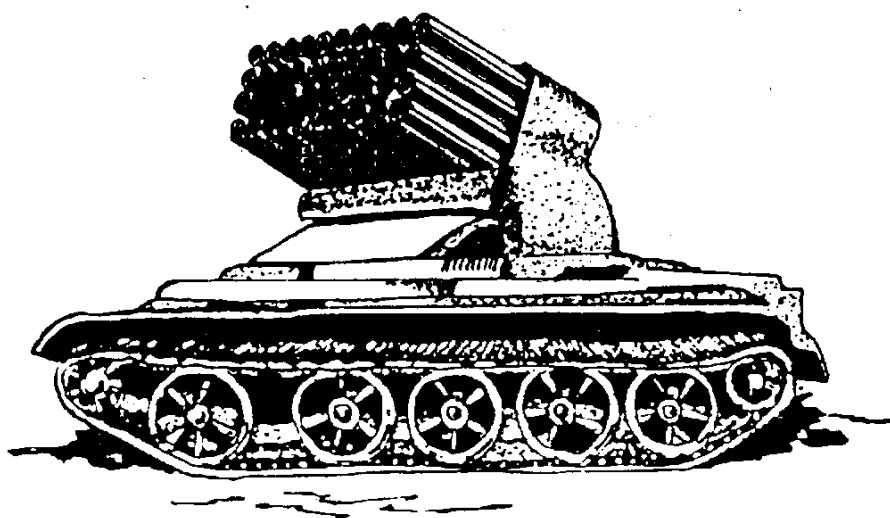


Рис.7.3. Импульсная 40-ствольная порошковая пожарная установка на шасси танка Т-55

На рис. 7.4. показан импульсный взрывоподаватель, его время срабатывания — не более 100 мс. (Когда речь идет о различных порошковых "пушках" со временем срабатывания в несколько секунд и более — это, безусловно, пожаротушащая техника, а не взрывоподавляющая, т.к. для последней предел инерционности не более 150—200 мс).

Разработана также установка для подавления взрывов в технологическом оборудовании.

МакНИИ разработана автоматическая порошковая система локализации взрывов по сети горных выработок — СЛВА-1. Она состоит из двух подсистем — обнаружения взрыва (ИК-датчик, блок питания, блок обработки информации) и взрывоподавления (см. рис. 7.4.).

СЛВА-1, рассчитана на защиту средней по мощности шахты, включает в себя 100 датчиков взрыва, сто взрывоподавителей, снаряженных порошковыми ингибиторами типа ПВК-1, блок обработки информации и диспетчерский пульт. При испытаниях СЛВА-1 в опытной штольне при подавлении начальной стадии взрыва МВС расход порошка ПВК-1 составил $0,15 \text{ кг/м}^3$ (скорость пламени — 37 м/с). Здесь необходимо отметить следующее: да, путь локализации взрыва в начальной стадии — сложная и

дорогостоящая задача, т.к. нужно "взять на прицел" все возможные места возникновения первичной вспышки метана, однако это единственный реальный путь борьбы со взрывами на шахтах и подобных промобъектах, ибо если этот взрыв «выпущен» и скорость распространения пламени стала больше 200 м/с — все т.н. «средства» активной защиты от такого взрыва — есть, мягко говоря, выдавание желаемого за действительное.

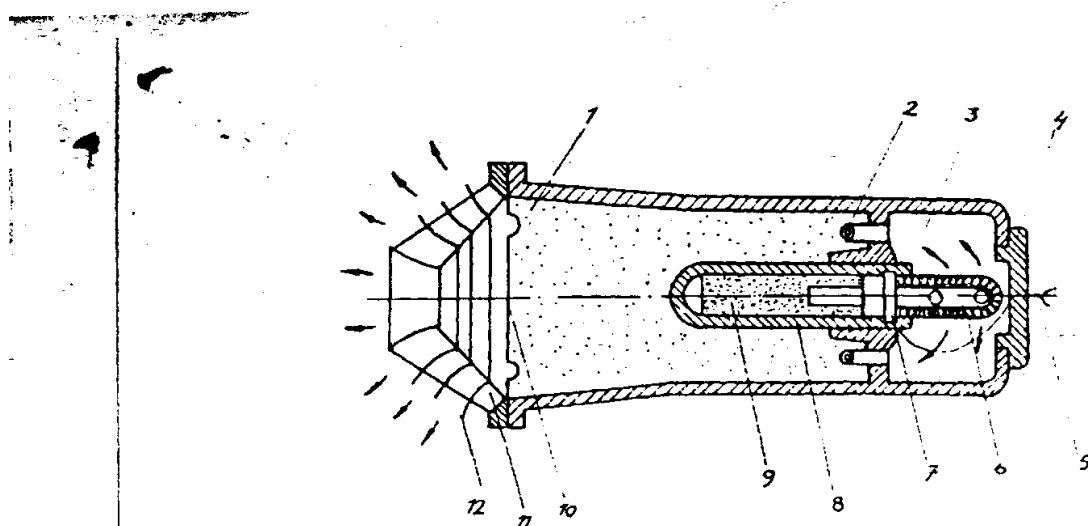


Рис.7.4 Взрывоподаватель:

1-стальной отсек с порошковым ингибитором; 2-сопло; 3-успокоительная камера; 4-крышка; 5-контактный провод; 6-перфорированная головка; 7-срезной диск; 8- камера сгорания; 9-газогенерирующий заряд; 10-диафрагма; 11-обойма; 12-диффузоры.

Ствольный распылитель представляет собой стеклопластиковую трубу $\varnothing 200 \times 1300$ мм, в центре которой в специальной резиновой камере находится заряд ВВ, а с обоих концов засыпан порошок ПВК-1 (всего 20 кг). По сигналу датчика взрыва ВВ срабатывает и через 80-100 мс по обе стороны распылителя образуется облако порошковым ингибитора длиной 20-25 м (в каждую сторону). Характеристика этой системы АВЗ; общая масса ствола в сборе — 30 кг (в том числе масса порошка ПВК-1—20 кг);

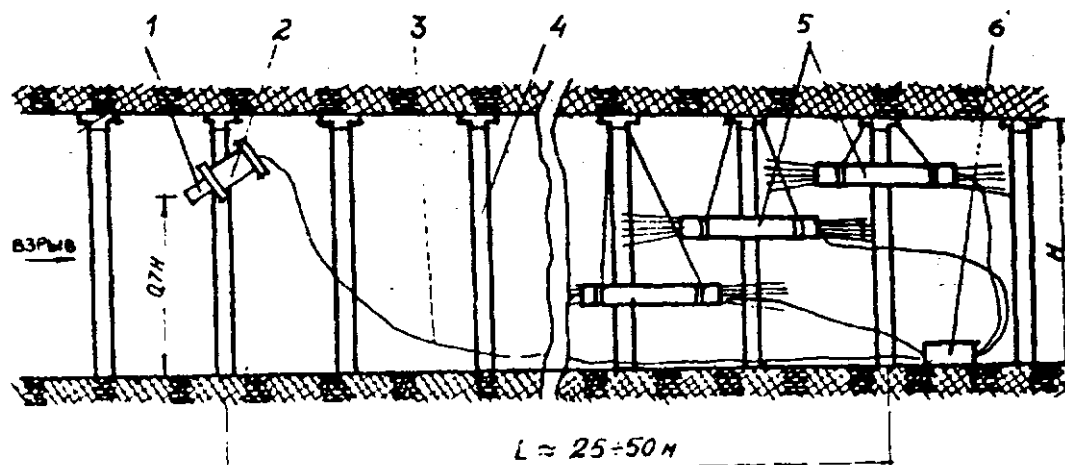


Рис.7.5 Схема применения системы АВЗ:

1-датчик; 2-крепежная штанга с подвеской; 3-кабель связи; 4-крепежные рамы выработки; 5-ствольный распылитель; 6-блок пуска и контроля; 7-магистральные провода взрывной цепи.

масса ВВ - 0,2 кг (угленита), протяженность защищаемой зоны - 40-50 м, инерционность - 70-100 мс, норма расхода ПВК-1 при скорости распространения пламени в МВС 90 м/с - 0,1 кг/м³, а при скорости пламени 160 м/с - 0,25 кг/м³. Для ингибирования отложившейся угольной пыли (перед взрывными или горноспасательными работами) - 0,2 кг на 1 кг пыли (или 0,1 кг/м² из расчета 0,5 кг угольной пыли на 1 м² выработки).

Для расчета давления в стволе по мере расширения взрывных газов необходимо определить увеличение объема газов по мере выталкивания двух порошковых «пробок» до вылета их из ствола. Очевидно, что уравнение изменения объема газов по мере расширения их от центра зарядной камеры до вылета порошковых пробок из ствола будет иметь вид:

$$V = \frac{1}{2} i n D^2 - V_0, \text{ м}^3$$

где i – расстояние от заряда до порошковой пробки, м; V_0 – объем, занятый зарядной камерой и др. элементами конструкции, м³; D – диаметра ствола, м.

Объем взрывных газов (м³)

$$V_{\text{ВВ}} = W \cdot m_{\text{ВВ}},$$

Работоспособность ВВ при атмосферном давлении (10⁵ Па) равна

$P_0 V_{BB} = P_0 \cdot W m_{BB}$, тогда уравнение состояния взрывных газов будет иметь вид

$$P = \frac{P_0 \cdot W m_{BB}}{V} = \frac{P_0 \cdot W m_{BB}}{0,5 \cdot l \cdot n D^2 - V_0},$$

Работа, совершаемая взрывными газами, равна площади под графиком в координатах (P, V)

$$A = \int P(V) dV.$$

Т.к. эту же работу можно выразить через массу порошка m_n и его скорость V_n , то

$$A = \frac{m_n V_n^2}{2} \ll V = \beta \sqrt{\frac{2A}{m_n}},$$

где β — коэффициент сопротивления атмосферного воздуха ($\beta=0,95—0,8$).

Время падения "кома" порошка с высоты H на почву

$$\tau_n = \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

где g - ускорение свободного падения (9.8 м/с^2), то дальность полета порошковой струи

$$L_m = V_n \tau_n = \beta \sqrt{\frac{4AH}{g_{mn}}}$$

Толщина стенки камеры

$$\delta = \frac{PD}{4[\delta]}$$

где P — максимальное давление; D — диаметр камеры; $[\delta]$ удельное напряжение материала.

На рис. 7.6. приведена зависимость изменения давления на стенку ствольного подавителя по его длине от центра к краю.

Таким образом, подводя итоги изложенному в данном разделе, нужно еще раз подчеркнуть: при подавлении дефлаграционного горения может использоваться порошковая пожарная техника с пневматической подачей порошка - ручные и передвижные огнетушители, стационарные установки, автомобили. При взрывных процессах в начальной стадии и в области "двойных нестационарных разрывов" - необходимы взрывоподавители с распыляющим зарядом ВВ. В случае достижения пламенем скорости

распространения свыше 200-300 м/с, а тем более в случае перехода взрывного процесса в детонацию, когда фронт пламени совмещен с фронтом ударной волны, - вся описанная выше порошковая техника малопригодна.

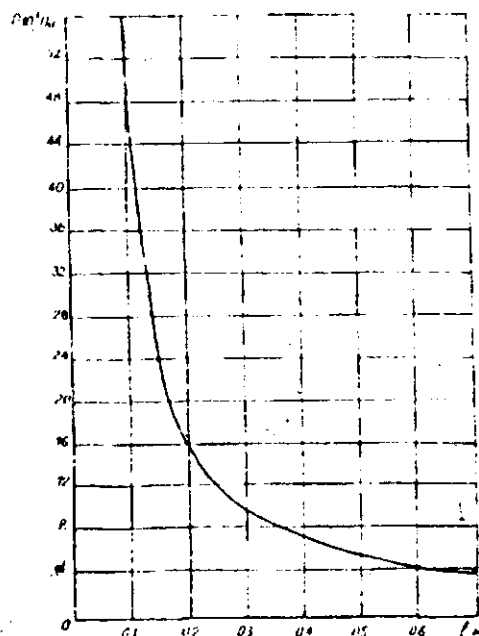


Рис.7.6 Зависимость изменения давления на стенку распылителя по его длине

8. ДИСТАНЦИОННОЕ КОМБИНИРОВАННОЕ ТУШЕНИЕ РАЗВИВШИХСЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ

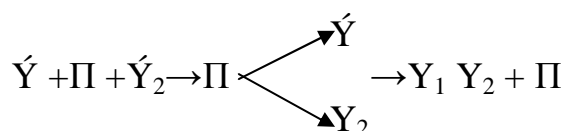
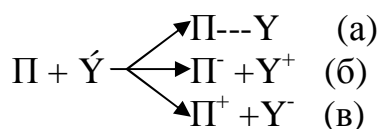
Постоянно растущая энерговооруженность шахт, увеличение протяженности горных выработок приводят к увеличению удельного веса развившихся экзогенных пожаров. Несмотря на снижение абсолютного количества подземных пожаров, значительная их часть имела сложный и затяжной характер.

Перспективным является дистанционный способ тушения развившихся подземных пожаров путем подачи концентрированного порошкового аэрозоля энергией вентиляционной струи в очаг пожара. Частицы огнетушащего порошка обладают высокой огнетушащей эффективностью при подавлении пламенного горения, при этом огнетушащее действие порошка складывается, в основном, из эффекта огнепреграждения к гетерогенного ингибирования реакций горения («эффект стенки»). Эффект огнепреграждения основан на явлении гошения пламени в достаточно узких каналах, обусловленном быстрой отдачей тепла из зоны пламени к стенкам канала, причем пламегасящая способность огнепреградителя практически не зависит ни от материала стенок, ни от длины канала. Для метано- и СО-воздушных смесей диаметр гасящего канала составляет менее 5мм. По кротовое облако о высокой концентрацией частиц можно грубо рассматривать как пространственную решетку, в узлах которой находятся частицы порошка; такое облако в сечении состоит из ряда псевдоканалов, которые и обеспечивает эффект огнепреграждения. Эффект гетерогенного ингибирования состоит в рекомбинации активных центров горячей зоны пламени на поверхности частиц порошка П. Наиболее вероятные механизмы дезактивации:

- а) адсорбция активного центра поверхностью твердой частицы порошка (хемосорбция);
- б) адсорбция электрона твердой частицей порошка;

в) адсорбция электрона активным центром;

г) твердая частица порошка служит катализатором гомогенно-гетерогенной рекомбинации двух активных центров. Указанные механизмы можно представить в виде следующих схем:



Реакции (б) и (в) могут протекать как одностадийное, так и через стадию (а) вследствие диспропорционирования. Огнетушащие порошки на основе фосфорноамонийных масел обладает также изолирующий эффектом, который объясняется образованием под воздействием высоких температур вязкой полимерной пленки полифосфатов (HPO_3) на тлеющей твердой поверхности.

У огнетушащих порошков низкая охлаждающая способность, пены же обладает высокой охлаждающей способностью, не имеют малую ингибирующую эффективность. Поэтому для дистанционного тушения развившихся подземных пожаров перспективным является комбинированное порошково-пенное тушение, обеспечивающее как ликвидацию пламенного горения, так и высокий охлаждающий и изолирующий эффекты.

Патентные исследования, а также изучение отечественной и зарубежной литературы свидетельствуют, что комбинированное порошково-пенное тушение пожаров - наиболее прогрессивное направление. В ведущих капиталистических странах разработаны и изготавливаются установки порошково-пенного пожаротушения, принцип действия которых основан на надавливании сжатию газом порошка и раствора пенообразователя из емкостей высокого давления. Однако такие установки имеют ограниченное время действия, что исключает возможность их применения для дистанционного тушения развитых подземных пожаров.

Установка для непрерывного дистанционного тушения должна разрабатываться на основе вентилятора, имевшего высокие производительность и напор. Этим требованиям удовлетворяет отечественный центробежный в осевом исполнении вентилятор ВЦ-7, имеющий производительность 500 м^3 мин воздуха при напоре 0,9 м.

На основе этого вентилятора во ВНИИГД разработано, изготовлено, порошково-пенного комплекса (ППК), который в настоящее время проходит всесторонние испытания. Комплекс состоит из вентилятора, воздухораспределителя, приемного бункера и пеногенератора, содержащего коллектор с распылителями и пеногенераторную сетку.

Испытания показали, что комплекс позволяет непрерывно подавать в очаг пожара порошок и пену.

Для изучения возможности дистанционного комбинированного тушения подземного пожара, получившего развитие на 100 и более метров, в экспериментальной штольне ВНИИГД (сечением 2x2 м) проведен эксперимент по тушении ста метров горячей комбинированной деревянной крепи тонкодисперсным порошком П-2АП и воздушно-механической пеной при следующих параметрах: скорость вентиляционной струи - 3 м/с, производительность ППК по порошку - 3,5 кг/с, по пене - $8 \text{ м}^3/\text{с}$ кратностью 500.

К моменту запуска тонкодисперсного порошка (рис.8.1) температура на отметке 30 м (расстояние от ПИК) составляла $800-820^\circ\text{C}$.

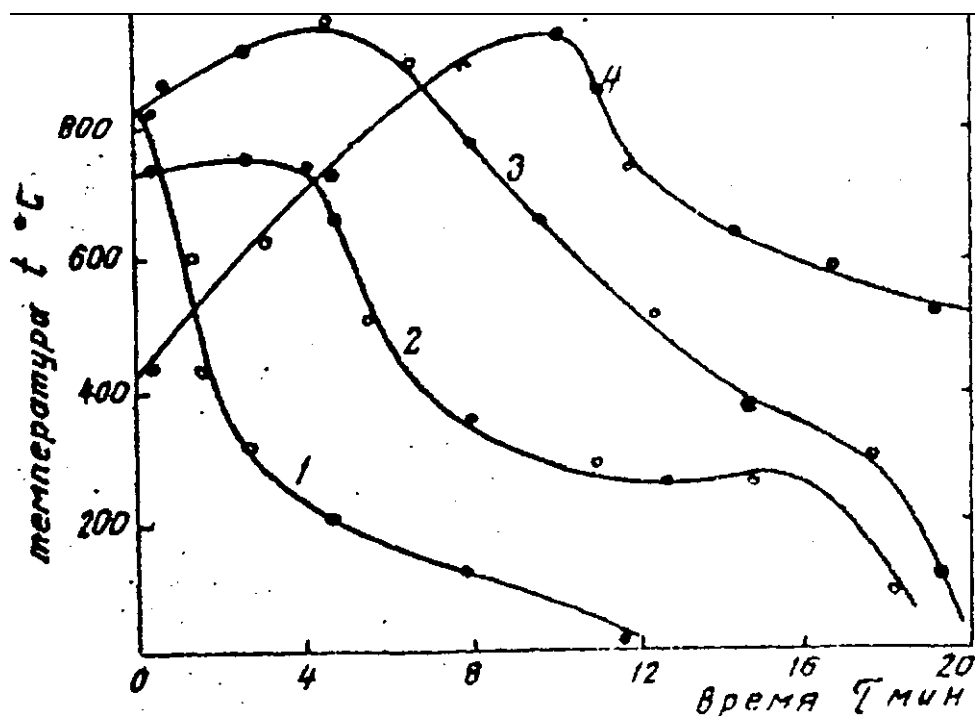


Рис.8.1. Изменение температуры по длине пожарного участка при комбинированном тушении порошком и пеной;

I - 20 м; 2 - 50 м; 3 - 70 м; 4 - 110 м

После четырех минут обработки порошком температура на отметке 30 м упала до 220°С. Однако на отметках 70 и 110 м температура после запуска порошка продолжала расти с 820 до 960°С и с 420 до 950°С соответственно. После двенадцати минут работы ППК на порошке температура на 30-м метре упала до 20°С, на 70-метре - до 500°С. На 110-м метре температура продолжала расти в течение одиннадцати минут работы ППК на ноготке и лишь с 12-той минуты, когда огнетушащая концентрация порошка дошла до отметки 110 м температура начала падать, понизившись за одну минуту с 925 до 750°С. Эти данные говорят о том, что огнетушащий порошковый аэрозоль не окутывает сразу весь подземный пожар, а как бы пробивается через него, осуществляя посекционное гашение по длине выработки.

С 13-й по 44-ю минуту «Буря» перешла на генерацию, воздушно-механической пены (на основе пенообразователя ПО-1). Снижение температуры наблюдалось при этом по всей длине пожарного участка, однако более медленно, чем при работе на порошке. К 20-й минуте работы «Буря» температура на отметке 90 м была снижена до 20-30°С и лишь на 110-м

метре держалась на уровне 500°C. Для снижения ее до 20°C понадобилась работа ППК на пене еще в течение 24 мин.

Такое большое время для снижения температуры на последних 30 метрах объясняется тем, что этот участок практически не был обработан порошком. Из этого следует, что время обработки пожара тонкодисперсным порошком (экспозиция) должно быть достаточно длительным для обеспечения снятия пламенного горения по всей длине пожара. Приблизительно это время может быть подсчитано по формуле;

$$\tau_n = \frac{g \cdot L \cdot S^2}{60 \cdot Q},$$

где τ_n – время работы генератора на порошке, мин;

v – скорость вентиляционной струи, м/с

($v > 2,5$ м/с)

L – длина пожара, м ($L \leq 200$ м)

S – сечение горячей выработки, м²;

Q – производительность генератора, кг/с

($0,8S \leq Q \leq 1,1S$)

Более пологий характер температурных кривых (см. рис.8.1) при тушении пеной в сравнении с порошком объясняется тем, что скорость протекания процессов ингибирования пламенного горения выше, чем скорость процессов, лежащих в основе эффекта охлаждения, являющегося основным в огнетушащем действии пени. Кроме того, пена эффективно охлаждает нагретые пожаром боковые породы. После прекращения тушения температура стенок штольни составляла около 30°C.

Результаты анализа пожарных разов (рис.8.2), отбирившихся на отметке 70 м, подтверждает данные, представленные на рис.8.1.

В первые минуты запуска порошка содержание кислорода, в пожарных газах близко к нулю, CO₂ - 20, окиси углерода и метана около 4 и 1% соответственно; имеются следы водорода.

Максимальное содержание CO и CH₄ в пожарных газах соответствует максимально высокой температуре (960°C) на отметке 70 м вследствие смещения 200 равновесия реакций вправо:

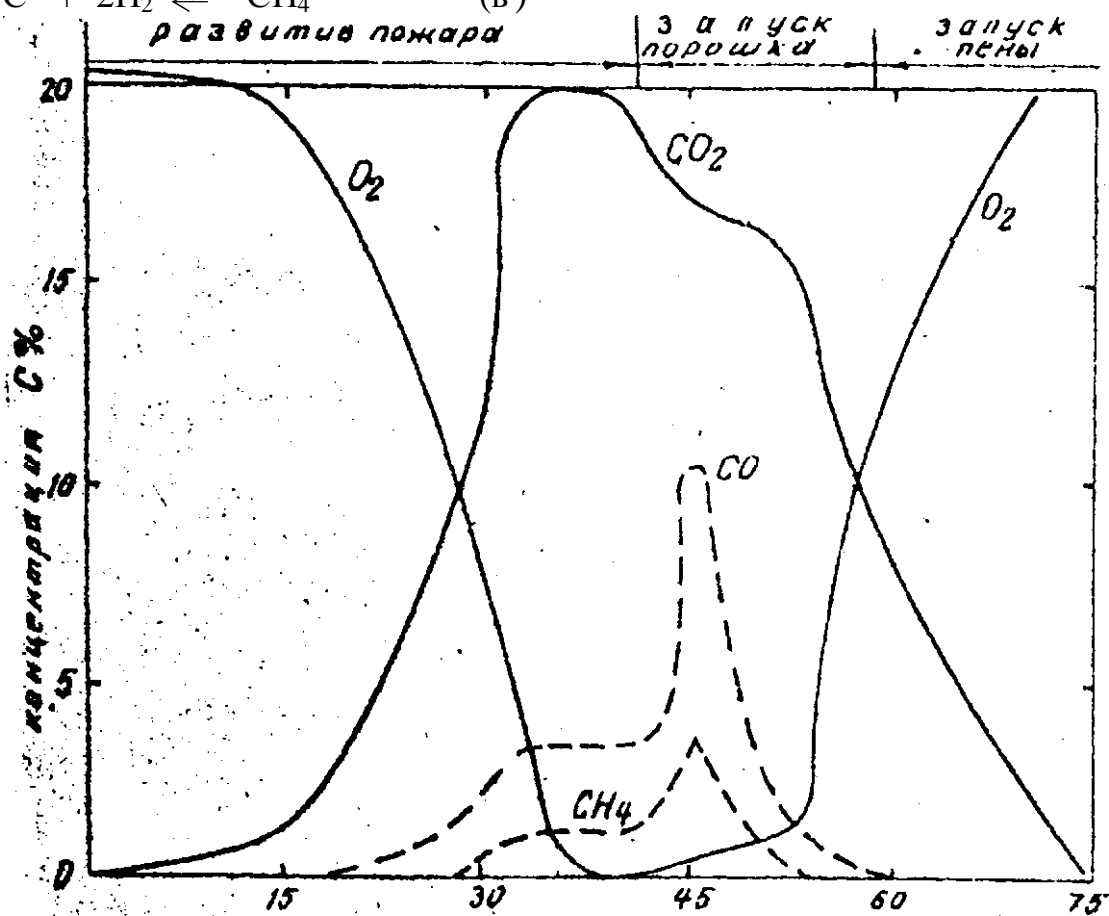
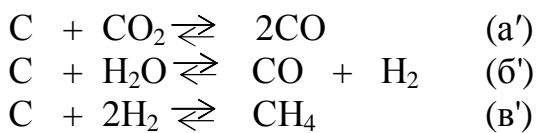


Рис 8.2. Изменения концентрации пожарных газов

Характерно, что кривая содержания CO₂ на этом участке (см. рис.2) образовала крутой спуск из-за реакции (а'). При дальнейшей работе генератора на порошке содержание CO и CH₄ упало почти до нуля, содержание кислорода выросло с 0 до 10%, а CO₂ упало с 20 до 10%. После 15 минут работы ППК на пене содержание кислорода выросло до нормы, а углекислого газа почти до нуля, что говорит об успешном тушении.

Таким образом, проведенный эксперимент подтвердил высокую эффективность комбинированного тушения подземных пожаров полком и пеной.

9. СИНЕРЕЗИС ПЕН В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ПЕРЕТЕКАНИЯ ЖИДКОСТИ ИЗ ПЛЕНОК В КАНАЛЫ ПЛАТО-ГИББСА.

Известные теории синерезиса учитывают только процесс истечения жидкости через каналы Плато-Гиббса. Между тем этот процесс тесно связан с перетеканием жидкости из пленок в указанные каналы. Это неоднократно отмечали многие авторы, например, Трапезников А.А., Кругляков Л.М. и др. [1-5]. Но ни в одной из работ, посвященных теории синерезиса, факт перетекания жидкости из пленок не учитывался. Всегда предполагалось, что этот процесс на синерезис существенно влияния не оказывает.

В этой работе сделана попытка учесть влияние перетекания жидкости из пленок и на этой основе объяснить некоторые закономерности синерезиса пен, не поддающиеся трактовке с точки зрения известных теорий.

При разработке теории для характеристики процесса синерезиса были использованы следующие величины:

V_{01} V - начальный и текущий объем жидкости в пене;

V_k - объем жидкости в каналах Плато-Гиббса;

δ - эквивалентный диаметр каналов Плато-Гиббса;

δ - толщина пленок пузырьков пены;

d - средний диаметр пузырьков пены;

R - радиус кривизны стопок каналов Плато-Гиббса;

K_0 - начальная кратность пены;

h - высота слоя пены;

ν - вязкость раствора пенообразователя;

σ - поверхностное натяжение раствора ПАВ;

γ - удельный вес жидкости;

g - ускорение силы тяжести;

τ - время от начала процесса истечения жидкости.

9.1 Современные требования к пожарно-оросительному водоснабжению шахт.

Пожарно-оросительное водоснабжение является основным звеном противопожарной защиты угольных шахт. Хорошо организованное водоснабжение и соответствие его параметров нормативным требованиям дает гарантию успешной борьбы с подземными пожарами. Опыт ликвидации аварий показывает, что там, где в момент возникновения пожара была обеспечена требуемая водоотдача подземного водопровода, пожар всегда удавалось локализовать и потушить.

Для бесперебойной подачи воды к месту тушения пожара на поверхности каждой шахты сооружаются пожарные водоемы и насосные станции, а в шахте - разветвленная сеть водопроводных линий. Основным требованием, предъявляемым ко всей пожарно-оросительной сети, является ее высокая надежность, нормативная водоотдача и оптимальная стоимость.

Сеть пожарно-оросительного трубопровода в подземных выработках должна состоять из магистральных и участковых линий, диаметр которых, независимо от расчета на пропускную способность, должен быть не менее 100 мм.

Магистральные линии прокладываются в вертикальных наклонных стволах, штольнях, околоствольных дворах, главных и групповых откаточных штреках и квершлагах, уклонах и бремсбергах. При наличии двух и более параллельных наклонных выработок пожарный трубопровод следует прокладывать по выработке, оборудованной ленточным конвейером, а пожарные краны в параллельные выработки выносить по сбойкам или скважинам.

Давление воды у пожарных кранов при нормируемом расходе на тушение подземного пожара должно быть от 6 до 15 кгс/см², а в трубопроводах ограничивается только их прочностью. В наклонных

выработках (бремсбергах и уклонах) допускается увеличение давления до 20 кгс/см².

Параметры магистрального трубопровода, проложенного по стволу и выработкам околоствольного двора к квершлагу до точки разветвления трубопровода в главные выработки, по которым производится откатка угля с обоих крыльев шахты, рассчитываются по суммарному расходу воды, необходимой на устройство водяной завесы для преграждения распространения подземного пожара, на непосредственное тушение пожара цельной струей из одного пожарного ствола (без учета расхода воды на технологические нужды). При этом общий расход воды на пожаротушение независимо от расчета должен быть не менее 80 м³/ч.

Для прокладки пожарно-оросительного трубопровода в шахте используются: стальные электросварные (ГОСТ 10707-73 и ГОСТ 10704-76), стальные водо-газопроводные (ГОСТ 3262-75) и бесшовные горячекатаные трубы (ГОСТ 8732-70). Толщина стенки и диаметр труб выбираются в соответствии с расчетными величинами максимального напора и пропускной способности трубопровода.

Наиболее ответственным моментом в оборудовании пожарно-оросительного трубопровода является правильная расстановка на нем пожарных кранов, позволяющих быстро подсоединить рукавную линию и подавать воду к месту тушения пожара.

Пожарно-оросительный трубопровод оборудуется пожарными кранами, которые должны быть размещены в выработках с ленточными конвейерами через каждые 50 м. При этом дополнительно по обе стороны приводной головки конвейера на расстоянии 10 м от нее устанавливаются два пожарных крана.

В горизонтальных выработках, не имеющих пересечений и ответвлений, а также в наклонных стволах и штольнях пожарные краны устанавливаются через 200 м (установка их на подающих трубопроводах в вертикальных стволах не допускается).

Для отключения отдельных участков пожарно-оросительного трубопровода в случае ремонта магистрали, а также для того, чтобы подавать увеличенное количество воды к месту тушения подземного пожара, на трубопроводе должны быть размещены задвижки. Задвижки устанавливаются на всех ответвлениях водопроводных линий и на водопроводных линиях, не имеющих ответвлений (на расстоянии не более 400 м).

Для оперативного использования системы пожарно-оросительного трубопровода для тушения подземных пожаров необходимо предусматривать в проектах противопожарной защиты шахт применение однотипной и унифицированной арматуры и оборудования (соединительных головок, пожарных кранов, гидроредукторов и т.п.).

Основными элементами системы подземного водоснабжения являются водопроводные линии, подающие воду в шахту, и редукционные клапаны, предназначенные для снижения избыточного давления в трубопроводах. При этом определяющей характеристикой любого участка или узла системы является закон взаимосвязи между расходом воды Q и давлением P .

Для водопроводных линий эта взаимосвязь имеет вид зависимости потерь давления от величины расхода и внутреннего диаметра трубопровода, выражаемой с помощью различных эмпирических и полуэмпирических формул. Наиболее приемлемой математической зависимостью, отвечающей условиям движения воды по шахтным трубопроводам, является формула Ф.А. Шевелева (ВНИИВОДГЕО), которая с учетом исследований М.М. Андрияшева имеет вид

$$i = \begin{cases} 0,001736Q^2 / d^{5,3} & \text{при } v \geq 1,2 \\ 0,00179Q^{1,9} / d^{5,1} & \text{при } v < 1,2 \end{cases}$$

где i – гидравлический уклон; Q - расход воды в трубопроводе, м³/с; d - внутренний диаметр трубы, м; v - средняя скорость движения воды, м/с.

Гидравлический расчет простых трубопроводов, оборудованных гидроредукторами. Величина потерь давления в трубопроводе определяется на основе принципа наложения потерь путем арифметического суммирования потерь на прямолинейных участках и в местных сопротивлениях:

$$\Delta P_{nom} = a Q^2 = (a_l \Sigma l + a_\xi \Sigma \xi) Q^2$$

где a_l - удельное сопротивление по длине; l - суммарная длина трубопроводов; a_ξ - удельное местное сопротивление; ξ - суммарное местное сопротивление.

Тогда в трубопроводе с одним редукционным клапаном потери давления определяются из соотношения

$$\Delta P_{nom} = a_1 Q^2 + f(P_0 - a_1 Q^2) + a_2 Q^2$$

где a_1, a_2 - сопротивления подводящего и отводящего трубопроводов (по отношению к редукционному клапану).

В случае n последовательно установленных клапанов в трубопроводе потери давления можно вычислить следующим образом:

$$\Delta P_{nom} = \sum_{i=1}^{n+1} a_i Q^2 + \sum_{k=1}^n \Delta P_k$$

$$\text{где } \Delta P_k = f\left(P_0 - \sum_{i=1}^k a_i Q^2 - \sum_{i=0}^n \Delta P_i, Q^2\right), k=1, \dots, n.$$

Здесь $\Delta P_0 = 0$; a_i - сопротивление участка трубопровода между i -ми и $(i-1)$ -м редукционными клапанами; ΔP_k - потери давления в k -м клапане.

Задаваясь значениями расхода Q и вычисляя давление путем решения уравнения

$$P = \sum_{i=1}^{n+1} a_i + \sum_{k=1}^n f \left(P - \sum_{i=1}^k a_i Q^2 - \sum_{i=0}^{k-1} \Delta P_i, Q^2 \right)^2,$$

можно напорную характеристику трубопровода с редуционными клапанами.

Проверка основных гидравлических параметров шахтных пожарно-оросительных сетей. Проверка шахтных пожарно-оросительных сетей осуществляется в соответствии с действующей инструкцией, которая предусматривает ряд мероприятий, в том числе проверку соответствия напора и расхода в контролируемых точках сети нормируемым значениям. Измерение действительных значений напора и расхода осуществляется при помощи специального ствола типа СМ, который представляет собой концевое сужающее устройство с предвключенным манометром. Наряду со шкалой давления манометр имеет две шкалы расходов, соответствующие двум концевым насадкам с диаметром 22 и 28 мм. Путем замены концевого насадка заглушкой представляется возможным измерять напор в контролируемой точке трубопровода в случае отсутствия расхода.

Проверяя пожарно-оросительную сеть, необходимо исходить из того, что должно выполняться следующее условие:

$$\text{при } Q_d = Q_H \quad H_B \geq H_d \geq H_H,$$

где H_d , Q_d - действительные значения соответственно напора и расхода в контролируемой точке сети; H_H , Q_H - нормируемые наименьшие значения напора и расхода в этой же точке; H_B - нормируемый верхний предел по давлению.

Оценка действительных параметров сети может быть выполнена в графической или аналитической форме путем приведения действительного значения напора к нормируемому расходу.

Известно, что любую самотечную трубопроводную систему относительно контролируемой точки можно описать уравнением вида

$$H = H_0 - a_T Q^2$$

где H и Q – текущие значения напора и расхода; H_0 - статистический напор относительно контролируемой точки; a_T - сопротивление трубопровода.

Зависимость является напорной характеристикой сети, приведенной к контролируемой точке. Постоянные коэффициенты этой зависимости могут быть получены на основании измерений действительных значений гидравлических параметров. При этом статический напор определяется путем непосредственного измерения, а сопротивление трубопровода - путем подстановки в зависимость действительных значений напора и расхода воды в контролируемой точке:

$$a_T = \frac{H_0 - H_D}{Q_D^2}$$

Тогда напорная характеристика сети для этой точки

$$H = H_0 - \frac{H_0 - H_D}{Q_D^2} Q^2$$

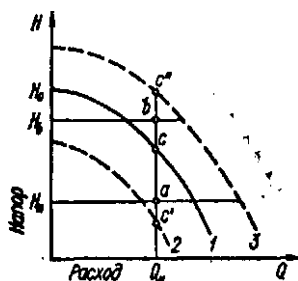


Рис. 9.1. Напорные характеристики шахтных пожарно-оросительных сетей.

По этой зависимости строится действительная напорная характеристика сети (кривая 1, рис. 9.1), и здесь же наносятся точки с координатами нормируемых значений гидравлических параметров (точки а и b). Ордината точки с представляет собой действительный напор при нормируемом расходе в сети. Как видно из рисунка, действительный напор при нормируемом расходе в контролируемой точке сети, имеющей напорную характеристику 1, не выходит за пределы диапазона нормативных значений, и таким образом сеть отвечает предъявляемым требованиям. Для сравнения на рис. 9.1

показаны напорные характеристики 2 и 3 сетей, которые не отвечают предъявляемым требованиям; действительные напоры этих сетей при нормируемом расходе находятся за пределами диапазона нормируемых значений (точки с' и с'').

Следует отметить, что точки, соответствующие полученным при измерениях действительным значениям гидравлических параметров сетей, могут располагаться на любом участке напорной характеристики. Учитывая это, из анализа рис. 1 легко убедиться, что без построения действительной напорной характеристики сети практически невозможно судить о ее соответствии предъявляемым требованиям.

Сопоставление действительных и нормируемых значений гидравлических параметров сетей можно выполнить также в аналитической форме. С этой целью из зависимости определяется действительное значение напора при нормируемом расходе в контролируемой точке сети:

$$H_{Д} = H_0 - \frac{H_0 - H_{Д}}{Q_{Д}^2} Q_{Н}^2$$

Полученное значение в соответствии с выражением сравнивается с нормируемыми напорами.

При использовании для измерений специального ствола СМ данная зависимость может быть упрощена путем подстановки в нее значения действительного расхода, определяемого из напорной характеристики ствола

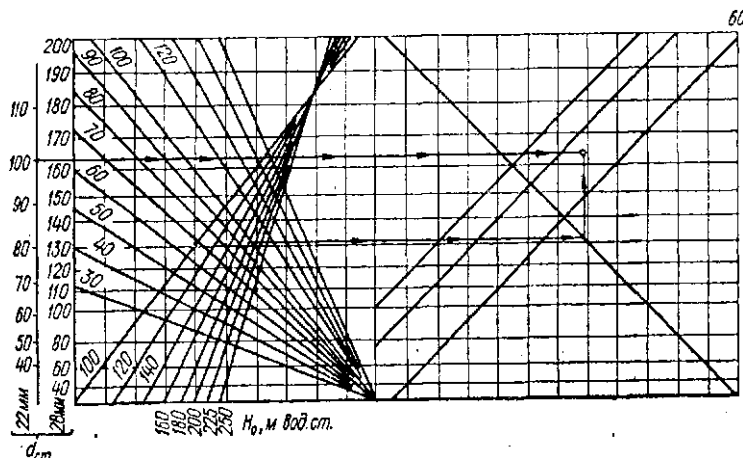


Рис. 9.2. Номограмма для оценки гидравлических параметров шахтных пожарно-оросительных сетей.

Мембранные редуционные клапаны типа КР. В настоящее время на шахтах разрабатываются угольные пласты, залегающие на больших глубинах. В связи с этим одной из важнейших проблем технологического и пожарного водоснабжения подземных выработок является осуществление эффективных мероприятий по снижению геодезического давления в пожарно-оросительном трубопроводе, которое, например, для шахт Донбасса составляет 60-80 кгс/см². При этом гидростатическое давление в трубопроводах рекомендуется понижать до 20-25 кгс/см², а при расходах воды на пожаротушение давление не должно превышать 10-15 кгс/см² (в трубопроводах, проложенных по наклонным выработкам, допускается давление до 20 кгс/см²). На указанный диапазон давления (по прочностным своим характеристикам) рассчитано современное пожарное и оросительное оборудование.

Наиболее приемлемым и перспективным видом оборудования для понижения давления в водопроводной шахтной сети являются редуционные клапаны, поскольку при больших глубинах эксплуатация и контроль системы разгрузочных банков вызывают резкое удорожание и технические трудности.

В глубоких шахтах применяется ступенчатое редуцирование геодезических давлений. При этом, как правило, узлы редуцирования последовательно устанавливаются на рабочих горизонтах шахты с таким расчетом, чтобы максимальный перепад давления на редуционном узле не превышал 35-40 кгс/см².

В настоящее время в эксплуатации в системе пожарно-оросительных трубопроводов находятся гидроредукторы, представляющие собой дроссельные устройства с регулируемой величиной проходного сечения. При этом если управление редуцирующим клапаном осуществляется непосредственно за счет энергии движущейся воды и не требует постороннего источника энергии, то такие гидроредукторы работают автономно и относятся к регуляторам прямого действия. Ко второй группе относятся гидроредукторы, чувствительный элемент которых управляется от

постороннего источника энергии, причем положение плунжера не зависит (или мало зависит) от давления в трубопроводе.

Гидравлический редуктор ПШ-4м состоит из корпуса 1, сопла 2, прокладки между соплом и корпусом, регулирующего органа, который со всеми его деталями крепится в гнезде корпуса посредством шайб и гаек. Основными деталями регулирующего органа являются мембраны 3 и 4, жесткие центры которых образованы посредством шайб и клапана 6. Жесткие центры с помощью втулки связаны между собой болтом 5, затянутым гайкой и контргайкой. Пространство, ограниченное мембранами и стенками гнезда корпуса, сообщается с атмосферой посредством разгрузочного канала.

Практически в случае перепада давлений выше 30 кгс/см^2 , при работе редукционных клапанов проявляются указанные выше вредные явления, связанные с кавитацией.

В этих случаях понижение давления производят ступенчато путем компоновки последовательно связанных друг с другом редукционных клапанов. Количество ступеней редуцирования определяется величиной перепада давлений и, как показал опыт эксплуатации шахтных редукционных клапанов, примерно равно

$$n = \frac{P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}}{30}$$

где $P_{\text{вх}}$ и $P_{\text{вых}}$ — соответственно давления на входе и вы: ходе.

Клапан работает следующим образом. Жидкость под высоким давлением из водяного става поступает через входной патрубок 1 в камеру В высокого давления. Далее, при прохождении через первый ряд дросселирующих отверстий стакана 2 и плунжера 3 поток жидкости сужается, а при попадании в первую внутреннюю камеру плунжера - расширяется, причем энергия потока теряется. При выходе из первой камеры плунжера через второй ряд дросселирующих отверстий в камеру Г и далее из камеры Г во вторую камеру плунжера процесс сужения и расширения потока жидкости

повторяется и также сопровождается потерями энергии. Количество ступеней дросселирования определяется, как уже отмечалось выше, перепадом давления на входе и выходе из редукционного клапана.

Претерпев многократные сужения, расширения и, следовательно, утратив часть энергии, поток жидкости поступает в камеру А низкого давления и через выходной патрубок 7 - в трубопровод.

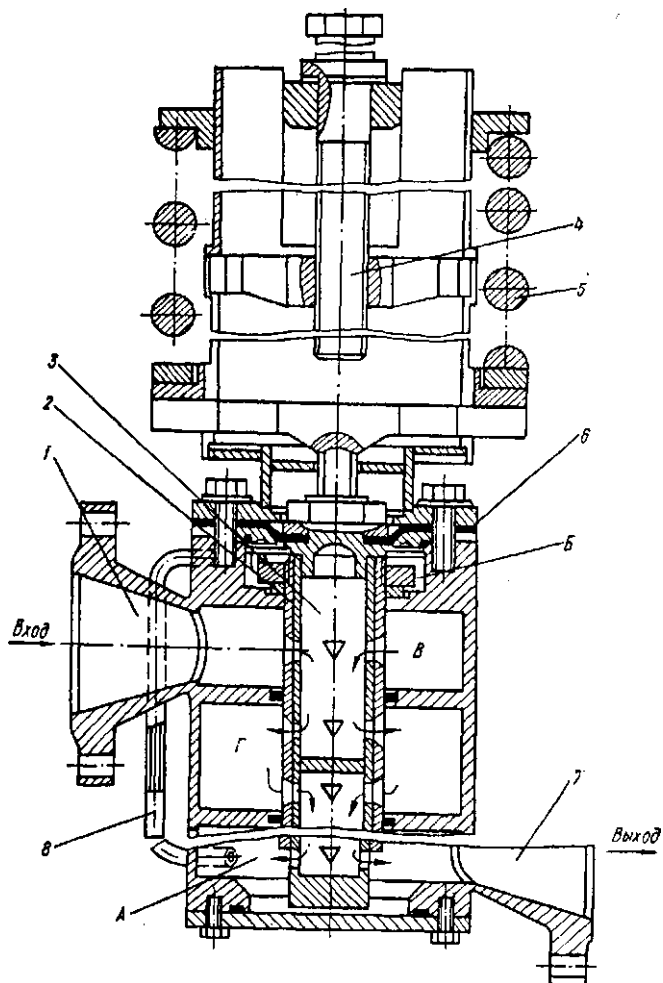
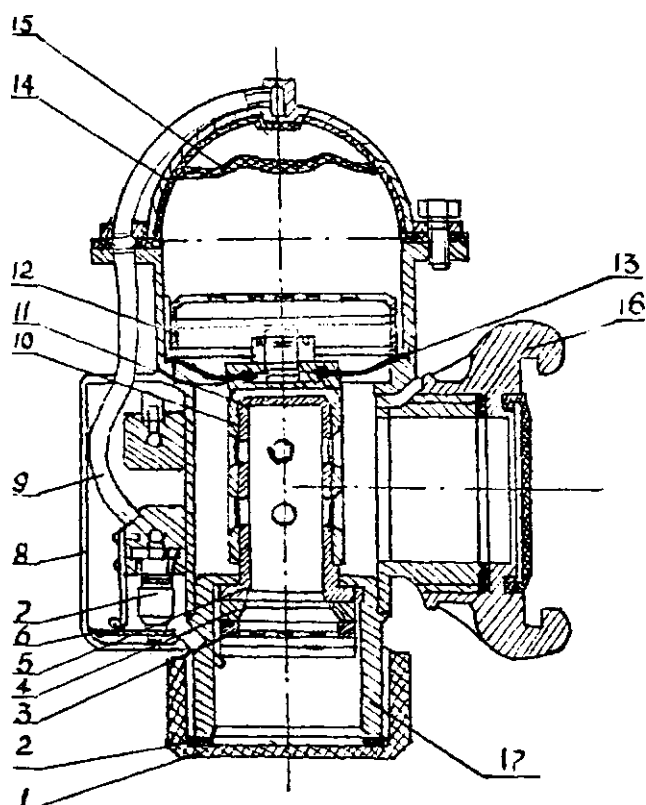


Рис. 9.3. Гидравлический редуктор РКГД,



Техническая характеристика

Диаметр условного прохода, мм	50
Максимальное входное давление, МПа/кГс/ см ² , не более	5/50
Давление на выходе/плавнорегулируемое/ МПа/кГс/ см ²	от 6 до 15
Максимальный расход жидкости, л/с	22,2
Вероятность сохранения работоспособности в режиме ожидания в течение 3 месяцев, не менее	0,95
Полный средний срок службы лет, не менее	5
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина	185
ширина	140
высота	260
Масса, кг, не более	6

10. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОЖАРОВ ОТ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В ШАХТАХ

10.1. Общие положения по обеспечению пожаровзрывобезопасности ленточных конвейеров в шахтах

Ленточным конвейерам в шахтах, опасных по газу или пыли, или предназначенным для работы в производствах, опасных по пожарам или взрывам, необходимо уделять особое внимание. Это обусловлено тем, что при работе ленточного конвейера могут проявляться тепловые импульсы и электрические разряды, представляющие опасность как взрывов рудничных газов и пыли, так и пожара в шахте.

Ленточный конвейер является сложным транспортным агрегатом, содержащим в своем составе электрические приводы с маслозаполненными редукторами, электрическую аппаратуру управления, пусковую аппаратуру, кабели, став с большим количеством роликоопор, приводными и натяжными барабанами, турбо- или гидромуфтами, а также конвейерную ленту, протяженную по всей длине става и следовательно по большой длине горных выработок, содержащую в своем составе большой объем горючих материалов и способную при определенных условиях гореть и электризоваться и представлять опасность пожара и взрыва, а при пожаре выделять большое количество токсичных продуктов горения.

Протяженность транспортных линий, оснащенных ленточными конвейерами на шахтах Украины, составляет почти 900 км по горизонтальным и 1000 км по наклонным выработкам. Этими конвейерами перевозится до 80% грузов по наклонным и почти 36% по горизонтальным выработкам. В настоящее время ни одна шахта не может обойтись без конвейерного транспорта. Вместе с тем на шахтах отмечены случаи пожаров на ленточных конвейерах, особенно связанные с возгоранием конвейерных лент.

В связи с этим, а также потому, что в конвейерных агрегатах имеются способные выдавать опасные тепловые и электрические импульсы

электрические и механические компоненты, к которым предъявляются повышенные требования безопасности, в том числе с позиции взрывопожаробезопасности, на подземном транспорте согласно «Правилам технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт» должны применяться конвейеры, допущенные Госнадзорохрантруда Украины к применению в горных выработках и удовлетворяющие требованиям ПБ.

Сама конвейерная лента отнесена к числу изделий, к которым предъявляются повышенные требования безопасности, и также должна иметь разрешение Госнадзорохрантруда на допуск и эксплуатацию в шахтах.

Комплектуемое электрооборудование и кабели конвейеров должны выполняться согласно требованиям стандартов по взрыво-, пожаро- и электробезопасности и каждый самостоятельный компонент электрооборудования должен иметь допуск Госнадзорохрантруда к применению в шахты на основании сертификатов (свидетельств), выданных уполномоченными организациями по положительным результатам сертификационных испытаний согласно п.п. 1.2.2, 1.2.3 ПБ, а также по положительным результатам эксплуатационных испытаний в шахтах. Электрооборудование ленточных конвейеров должно соответствовать требованиям ГОСТ 22782.5, ГОСТ 22782.6, ГОСТ 22782.0, ГОСТ 24719. Оно должно выдерживать испытания на взрывозащищенность согласно требованиям этих стандартов и по уровню взрывозащиты иметь маркировку РВ или РО с соответствующими видами взрывозащиты.

Для редукторов привода конвейеров, подшипниковых узлов применяются смазочные материалы, которые находятся внутри соответствующих корпусов, что допустимо по условиям пожарной безопасности.

В случае применения в конвейерах турбо (гидро) муфт для соединения вала двигателя с валом редуктора они должны быть рассчитаны на применение негорючей жидкости (эмульсии).

Учитывая, что корпус турбо (гидро) муфты изготавливается из алюминиевого сплава, в конструкции конвейера должен предусматриваться стальной кожух, закрепленный над проставкой с турбо (гидро) муфтой и предотвращающий возможность опасных соударений корпуса турбо (гидро) муфты с различными предметами и горными породами и тем самым исключающий проявление опасного фрикционного искрения.

В системе электроснабжения и управления конвейером должны применяться кабели с оболочками, не распространяющими горение, предназначенные для шахтных условий и допущенные для применения в шахтах.

Система электроснабжения ленточного конвейера должна быть обеспечена следующими видами электрических защит: защитой от утечек тока, максимальной токовой защитой, защитой от перегруза двигателей и питающих кабелей, контролем изоляции двигателей перед включением напряжения. На приводных двигателях должен применяться контроль температуры обмоток статора, а в турбо (гидро)муфтах - плавкие пробки, расплавляющиеся при опасной температуре, если она вызвана чрезмерным перегрузом привода конвейера.

В соответствии с ПБ на конвейере должны использоваться конвейерные ленты, изготовленные из негорючих, трудногорючих или трудно-воспламеняющихся материалов, не распространяющих пламя по поверхности. Величина поверхностного электрического сопротивления материала конвейерных лент не должна превышать 3108 Ом, чтобы предотвратить опасное накопление статического электричества.

Ленточные конвейеры согласно ПБ должны оборудоваться:

а) датчиками бокового схода ленты в сторону более 10% ее ширины, чтобы избежать трения ленты о крепь горных выработок и различные предметы в выработках;

б) средствами пылеподавления в местах перегрузок, чтобы уменьшить содержание пыли в воздухе и избежать образования взрывоопасных концентраций ее;

в) устройствами по очистке лент и барабанов, позволяющими обслуживающему персоналу не допускать заштыбовку конвейера и возникновение пробуксовки лент;

г) устройствами, улавливающими грузовую ветвь ленты при ее разрыве, и устройствами, контролирующими целостность тросов, в выработках с углом наклона более 10° , чтобы избежать различных опасностей, вызванных движущейся оборванной лентой в выработке, в том числе и повреждения находящегося в выработке электрооборудования и кабелей и появления при этом электрических искр и дуг;

д) средствами защиты, обеспечивающими отключение привода конвейера при превышении допустимого уровня транспортируемого материала в местах перегрузки, снижении скорости ленты до 75% номинальной, свидетельствующем о пробуксовке, превышении номинальной скорости ленты бремсберговых конвейеров на 8 %, свидетельствующем о самопроизвольном движении ленты вниз;

е) устройствами для отключения привода конвейера из любой точки по его длине, чтобы дать возможность людям, находящимся в выработке, быстро остановить конвейер, если в этом возникла необходимость, например, при аварии или ненормальной работе конвейера или ленты;

ж) тормозными устройствами, обеспечивающими остановку ленты при отключении привода и избежание пересыпа и других нежелательных последствий от движущейся по инерции ленты.

Конвейерные линии должны оборудоваться аппаратурой дистанционного автоматического управления, которая кроме обеспечения реализации вышеприведенных требований, согласно ПБ должна обеспечивать:

а) включение каждого последующего конвейера в линии только после установления номинальной скорости движения тягового органа предыдущего конвейера для избежания его заштыбовки, засыпки и перегрузки и чтобы обеспечить нормальные условия пуска;

б) автоматическое отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер, а в линии, состоящей из скребковых конвейеров, при неисправности одной из них - отключение, кроме того, и впереди стоящего, во избежание засыпки конвейеров горной массой и создания аварийных условий;

в) невозможность дистанционного повторного включения неисправного конвейера при срабатывании электрических защит электродвигателя, неисправности механической части конвейера (обрыв или заклинивание рабочего или тягового органа), снижении скорости ленты до 75% номинальной (пробуксовка) и превышении номинальной скорости ленты бремсберговых конвейеров на 8% во избежание возникновения неконтролируемых аварийных ситуаций;

г) местную блокировку, предотвращающую пуск данного конвейера с пульта управления для возможности создания безопасных условий работы обслуживающему или ремонтному персоналу на таком конвейере;

д) отключение электропривода при затянувшемся пуске для невозможности перегрева электродвигателя или предохранительной турбо (гидро) муфты конвейера;

е) двустороннюю телефонную или громкоговорящую связь между пунктами установки приводов конвейера с пультом управления для обеспечения согласованных действий обслуживающего или ремонтного персонала с оператором конвейерной линии;

ж) блокировку пуска конвейера при отсутствии воды в противопожарном ставе, чтобы обеспечить эффективное функционирование средств пожаротушения и пылеподавления при работе конвейера и,

наоборот, исключить возможность работы конвейера, если не обеспечено функционирование средств пожаротушения и пылеподавления;

з) блокировку пуска конвейера при снятом ограждении, чтобы предотвратить травмирование людей от вращающихся барабанов, при захвате спецодежды, рук или инструментов конвейерной лентой, ее стыками, роликами или барабанами.

Эксплуатация и обслуживание ленточных конвейеров, как и других машин и горношахтного оборудования, должны осуществляться в соответствии с руководством (инструкцией) по эксплуатации и другими эксплуатационными документами заводов-изготовителей.

В руководствах (инструкциях) по эксплуатации указываются типы и параметры всех составных частей и компонентов конвейера, особенности их функционирования и взаимодействия, а также меры безопасности, которые предусмотрены в конструкции конвейера и его составных частей и которые необходимо соблюдать в условиях эксплуатации при работе конвейера или конвейерной линии и их обслуживании.

Установка конвейеров в шахтах в соответствии с «Правилами эксплуатации подземных ленточных и пластинчатых конвейеров на угольных и сланцевых шахтах» должна производиться по проектам, в которых наряду с другими вопросами, должны отражаться вопросы подготовки выработок (особенно наклонных стволов, капитальных уклонов, бремсбергов и магистральных выработок), и мероприятия безопасности, в том числе противопожарной защиты ленточных конвейеров.

Выработки, предназначенные для установки ленточных конвейеров, должны быть прямолинейными в горизонтальной плоскости по всей длине става конвейера и не должны иметь резких изменений угла наклона, что имеет немаловажное значение для предотвращения трения ленты и ее загорания, а также загорания крепи.

Радиусы перегиба участка трассы ленточных конвейеров в вертикальной плоскости должны быть не менее значений, указанных в табл. 10.1.

Допустимые значения радиуса перегиба ленточного конвейера на расстоянии B от конца конвейера с минимальным натяжением ленты определяются по формуле:

$$R_L = \frac{(R_{\max} - R_{\min})L}{L_K} + R_{\min}$$

где R_L - допустимый радиус перегиба на расстоянии L от конца конвейера с минимальным натяжением ленты, м;

R_{\max} - радиус перегиба на участке максимального натяжения ленты, м;

R_{\min} - радиус перегиба на участке минимального натяжения ленты, м;

L_K - длина конвейера, м.

Таблица 10.1.

Радиусы перегиба трассы конвейера

Ширина ленты	Радиусы перегиба трассы, м			
	с вогнутым профилем	с выпуклым профилем		
		на участках минимального натяжения ленты	на участках максимального натяжения ленты при длине конвейера, м	
			менее 500	более 500
800	100	25	75	100
900	ПО	30	72	ПО
1000	150	30	75	115
1200	300	35	80	130
1600	400	45	90	170
2000	500	60	100	200

В пожарном трубопроводе должны устанавливаться датчики давления, предотвращающие работу конвейера при снижении давления воды в трубопроводе ниже нормативной величины.

Выработки, оборудованные ленточными конвейерами, должны быть оснащены системами автоматического обнаружения пожаров в начальной стадии (например, на основе применения аппаратуры «Сигма -СО»), а при

отсутствии таких систем при выполнении дополнительных мер защиты, согласованных с органами Госнадзорохрантруда и включенных в проект установки конвейера.

Ленточные конвейеры должны быть оборудованы специальными автоматическими установками пожаротушения.

Стационарные установки пожаротушения, приводимые в действие автоматически, должны устанавливаться на каждом ленточном конвейере и защищать его на всем протяжении, включая пункты перегруза и натяжные станции.

До оснащения линейной части конвейеров специальными автоматическими средствами пожаротушения, защищающими его на всем протяжении, допускается секционирование конвейерных выработок водоразбрызгивающими установками, предназначенными для локализации и тушения пожаров. При этом оросительные установки должны располагаться таким образом, чтобы одновременно осуществлялось тушение ленты и создание водяной завесы в поперечном сечении выработки. Места размещения, расстояние между установками и схема разводки их трубопроводной части определяются в каждом конкретном случае.

В соответствии с «Инструкцией по противопожарной защите угольных шахт» выработки, оборудованные ленточными конвейерами, должны снабжаться первичными средствами пожаротушения (табл. 10.2).

Таблица 10.2.

Потребность в первичных средствах пожаротушения

Места расстановки первичных средств пожаротушения	Ручные огнетушители, шт		Кол-во песка или инертной пыли, м ³	Число лопат, шт.
	порошковые объемом	пенные		
Приводные секции с гидромуфтами на масле	2	2	0,3	1
Приводные и натяжные секции	1	1		
Распределительные пункты	2	1	0,2	1
По длине конвейера через каждые 100 м	1	1	-	-

Участки выработок, где расположены приводные станции ленточных конвейеров, необходимо крепить негорючей крепью в зонах размещения наиболее пожароопасных узлов, гидромуфт, электроприводов, электрораспределителей, приводных барабанов, маслостанций, гидроприводов и др. Длина закрепляемого участка определяется в зависимости от взаимно расположенного оборудования и увеличивается на 5м в каждую сторону в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Особенности и технические данные огнетушителей порошковых и пенных так же, как других средств пожаротушения, описаны в справочнике «Приборы и защитные средства по технике безопасности».

Выработки, в которых установлены ленточные конвейеры, должны указываться в позициях оперативной части «Плана ликвидации аварий» шахты. В «Плане ликвидации аварий» оговариваются меры и порядок ликвидации аварии на случай ее возникновения в конвейерной выработке.

10.2. Условия загорания конвейерных лент

Анализ пожаров, происшедших в шахтах на ленточных конвейерах, показывает, что загорание конвейерных лент возможно от двух групп источников зажигания:

а) внешних источников, образующихся при загорании шахтной деревянной крепи, угля, электрических кабелей или других горючих предметов и веществ, когда в зоне горения находится конвейер и следовательно конвейерная лента;

б) источников, образующихся при работе самих конвейеров, в основном от трения ленты на барабанах конвейера, неисправных ролико-опорах, металлических конструкциях става конвейера и т.н.

Для загорания ленты в ее агрегатном состоянии от внешних источников, необходимо длительное действие мощного источника с температурой в сотни градусов. Загорание ленты от источников, образующихся при работе конвейера, как правило, происходит при относительно малой мощности и

более низких температурах. Это объясняется тем, что во втором случае происходит первичное загорание не целой ленты в ее агрегатном состоянии, а мелкодисперсных частиц, которые образуются при истирании поверхности или бортов ленты. Такое истирание происходит либо в результате пробуксовки (проскальзывания) ленты на барабане конвейера, либо при трении борта ленты о различные предметы, в том числе металлические конструкции става конвейера. Пробуксовка ленты может произойти в следствие выработки футеровки приводных барабанов и при недостаточном натяжении ленты, когда образуется ее «слабина», особенно, если происходит защемление ленты по длине става конвейера. При пробуксовке теряется механическая связь ленты с барабаном, лента может быть вовсе остановлена, тогда как барабан продолжает вращаться и интенсивно истирает поверхность ленты с образованием мелкодисперсных фракций и даже мельчайшей пыли. Эти фракции и пыль оседают внизу барабана, барабан от трения нагревается и при его остановке происходит контактный нагрев мелкодисперсных частиц истирания ленты, вызывающий в начальной стадии сначала процесс тления, а затем и пламенную возгорания. Если же в этой зоне имеется достаточное количество горючего материала, то в дальнейшем происходит загорание всей ленты, деревянной крепи и других горючих изделий и материала, находящегося в данном месте выработки, и возникновение пожара.

Особенно интенсивное истирание ленты и образование большого количества мелкодисперсных частиц происходит, если под вращающийся барабан затягивается петля ленты или оторвавшаяся ее часть, например, оборвавшиеся обрезаемые тросы.

Типичным примером пожара, возникшего от пробуксовки конвейерной ленты на барабане, является пожар на шахте «Южно-Донбасская» в Донецкой области, происшедший в 1991 г. и повлекший гибель 33 человек.

Вследствие неисправности предусмотренного паспортного натяжного устройства конвейера 1ЛУ100 и возникновения значительного дополнительного сопротивления движению ленты в хвостовой части

конвейера из-за ее резкого бокового смещения и завала в этом месте обеих ветвей ленты горной массой произошла пробуксовка на барабане, вызвавшая истирание поверхности ленты и футеровки барабана, а также его чрезмерный нагрев, что привело к тлению продуктов истирания и загоранию ленты, превратившемуся в пожар.

Защита от пробуксовки и от снижения скорости ленты на конвейере 1ЛУ100 отсутствовала, а в пожарном трубопроводе не было воды, в месте загорания отсутствовал персонал и пожар не был ликвидирован в начальной стадии.

Характерным примером пожара при трении ленты о заторможенный барабан является пожар, происшедший 07.07.2002 г. на шахте «Украина» ГХК «Селидовуголь».

Как показали результаты расследования этой аварии, на концевой барабан конвейера ЗЛ100У между обечайкой барабана и опорой подшипника намоталось несколько обрезиненных тросов, вырванных из борта его собственной ленты типа РТЛ (ТВ) 2500, что привело к затормаживанию барабана. При таком повреждении происходило проскальзывание ленты по барабану, на контакте ленты и барабана возникало трение, вместо качения. Трение между лентой и барабаном и намотанными тросами вызывало истирание ленты и нагрев самого барабана. При таком нагреве и наличии мелкодисперсных продуктов истирания резины были созданы условия для возникновения тления продуктов истирания, а впоследствии пламенного горения их и угольного штыба, что при остановке ленты вызвало ее загорание и пожар, в результате которого сгорело более 1200 м резиNOTросовой ленты. Продуктами горения были застигнуты люди, 35 человек погибло.

Специально выполненные исследования показали, что температура тления измельченных частиц ленты 2 РТЛО-Н-1500 Х1000, примененной на шахте «Южно-Донбасская» на конвейере 1ЛУ100, составила 97°С, т.е. в 2 раза ниже температуры тления образца ленты в агрегатном состоянии (табл.

3.8) и почти в 3-4 раза ниже температуры самовоспламенения ленты в агрегатном состоянии.

Таблица 10.3.

Температурные показатели горючести ленты

Наименование образцов	Температура самовоспламенения, °С	Температура тления, °С
Образцы ленты в агрегатном состоянии	286-350	185
Измельченные частицы ленты	255	97
Образцы резиновой футеровки приводного барабана	294	не определялась
Измельченные частицы футеровки приводного барабана	290	не определялась

Приводной барабан при пробуксовке ленты нагревается до температуры, которая может превышать температуру тления мелкодисперсных частиц ленты. Так, в шахтах отмечен нагрев барабана выше 100°С, что установлено по факту кипения воды при поливе водой нагретую барабана, а измерения температуры барабана при испытаниях лент в лаборатории трением на барабане показали, что для 25 испытанных лент температура барабана была в пределах 290-440°С, а для 11 лент (44% лент) она превышала 330°С. Это свидетельствует о том, что при пробуксовке ленты на барабане температура нагрева, как правило, превышает температуру тления мелкодисперсных частиц ленты, образующихся при ее истирании трением, а в более чем 40% случаев температура нагрева барабана может превышать температуру самовоспламенения лент, даже имеющих высокие пожаробезопасные свойства.

Поэтому большинство пожаров на ленточных конвейерах (около 90%) возникает в результате трения (пробуксовки) ленты на приводном барабане. Загорание при 100% пробуксовке возникает уже через 15-30 минут.

Для недопущения такого режима необходимо: постоянно следить за нормальным натяжением ленты, применять заводские автоматически действующие натяжные устройства, обеспечивающие отключение привода конвейера электроконтактными манометрами; не допускать защемления ленты по ее длине и создания значительных усилий, препятствующих ее движению; не допускать завала става конвейера и ленты горной массой и заштыбовки конвейера; следить за исправностью футеровки барабанов и не допускать работу при изношенной футеровке; применять датчики заштыбовки, датчики скорости движения ленты, датчики схода ленты и другие, предусмотренные руководством (инструкцией) по эксплуатации конвейера защиты и блокировки, и следить за исправностью датчиков и блокировок и аппаратуры отключения привода конвейера.

Подобный механизм загорания ленты возможен и при неисправных роликах, когда происходит чрезмерный нагрев ролика и если в этом месте образовались мелкодисперсные частицы истирания ленты или различные попутные материалы (вещества), имеющие низкую температуру самовоспламенения или тления.

На ряде шахт отмечено загорание ленты при следующих обстоятельствах. В одном из роликов, поддерживающих ленту, вследствие повреждения сепаратора из-за отсутствия смазки, удерживающего шарик подшипника возникло «сухое» трение, ролик нагрелся до высокой температуры, намного превышающей 100°C. В этом же месте из-за повреждения металлической конструкции става конвейера (кронштейна) произошло длительное истирание борта ленты и образование под указанным роликом измельченных частиц истираемой ленты. От нагретого ролика произошло сначала тление частиц, а затем и их воспламенение, переросшее в воспламенение угольного штыба, древесной щепы и других сопутствующих веществ, что и вызвало пожар в конвейерной выработке.

Учитывая большое число роликов на конвейерном стае, следует всегда считаться с вероятностью повреждения подшипника какого-либо из роликов.

Поэтому оправданным является требование о ежесменной проверке исправности подшипников роlikоопор. Следует отметить, что ролик с поврежденным подшипником, где происходит «сухое» трение, представляет большую опасность в пожарном отношении, чем полностью заклиненный ролик, т.к. при «сухом» трении в ролике при «рассыпавшемся» подшипнике возникает более высокая температура с более высоким градиентом роста, чем при полностью заторможенном ролике.

Во избежание загорания при неисправных подшипниках роlikоопор необходимо: осуществлять регулярный контроль их исправности; производить своевременно в соответствии с Руководством (инструкцией) по эксплуатации конвейера заправку подшипников смазкой; своевременно заменять неисправные ролики; производить чистку става конвейера от просыпов горной массы и уборку посторонних веществ и предметов, особенно оберточной бумаги шахтерских «завтраков», щепы, кусков изношенной ленты и т.п.; следить за исправностью конструкции става и не допускать трения ленты о различные конструкции и предметы; следить за исправностью датчиков схода ленты и отключающей аппаратуры привода конвейера.

Реальную опасность представляет трение ленты о деревянные стойки. При трении ленты о сухое дерево хвойных пород загорание происходит через 8-10 минут. Во избежание этого необходимо всеми мерами предотвращать трение ленты о дерево, следить за исправностью датчиков и системы предотвращения схода ленты в сторону.

В части внешних источников подчеркнем опасность загорания ленты при неправильном ведении ремонтных огневых работ на конвейере, тем более, что такое загорание в большинстве случаев, вызвано оплошностью персонала, производившего ремонтные работы.

Необходимость в ведении огневых работ в шахтах возникает в том случае, если без них невозможно устранить неисправность металлических конструкций, например, става конвейера или расположенных в выработках

трубопроводов, загрузочных устройств, бункеров и т.п. При огневых работах производятся сварка и резка металла, связанные с использованием или образованием высокотемпературного открытого пламени и расплава металла, часто с температурой выше 1000°C.

Разумеется, что как источник загорания открытое пламя однозначно является опасным, поэтому огневые работы должны производиться с применением системы технических и организационных мер в соответствии с «Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях».

В зоне огня не должны находиться способные гореть предметы, например, конвейерные ленты.

Анализ происшедших пожаров при ведении огневых работ, показывает, что в основном такие пожары происходят от остаточного тления, например, угольного штыба, деревянных конструкций или древесной щепы, кусков ленты или гибких кабелей, оказавшихся в зоне нагрева случайно или по недосмотру персонала. Как правило, пожар возникает от тления уже после окончания огневых работ, когда тление перерастает в пламенное горение, от которого может воспламениться уголь, особенно если имеются проливы смазки, или имеются легковоспламеняющиеся сопутствующие вещества и предметы, например, обрывки бумаги, конвейерной ленты, оболочки гибких кабелей и т.п. В этом случае загорание конвейерной ленты представляет особую опасность, т.к. по ленте пожар может распространяться по выработкам на значительное расстояние от места ведения огневых работ.

Для предотвращения подобных пожаров, наряду с выполнением требований «Инструкции по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях», имеет важное значение правильная организация места ведения огневых работ, уборка и удаление от этого места всех предметов и веществ, способных гореть, отделение от угля и горных пород зоны нагрева листами железа с покрытием их слоем песка толщиной не менее 60мм, увлажнение водой почвы, боков и кровли горной выработки

до начала огневых работ, обеспечение наличия средств пожаротушения, включая пожарный рукав, присоединенный к ближайшему пожарному крану, или емкость с запасом воды не менее 1 м³, а также наличие на месте производства огневых работ члена военизированной горноспасательной команды (ВГК) или представителя ГВГСС. Член ВГК или представитель ГВГСС должен находиться на месте производства огневых работ и контролировать ситуацию не только при выполнении огневых работ, но и не менее 2 часов после их окончания.

10.3. Требования взрывопожаробезопасности, предъявляемые к шахтным конвейерным лентам

На шахтных конвейерах применяются ленты 2 видов: с тканевым каркасом и тросовые (рис. 10.4).

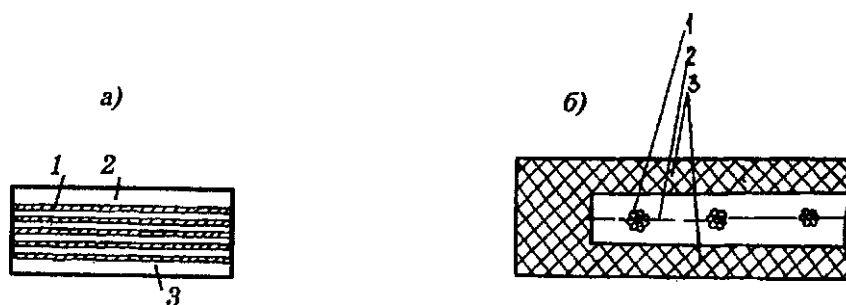


Рис. 10.4. Конструкция конвейерных лент:

а) с тканевым каркасом:

- 1 - прокладка тканевая;
- 2 - резиновая обкладка с рабочей стороны;
- 3 - резиновая обкладка с нерабочей стороны.

б) тросовой:

- 1 - металлические тросы;
- 2 - внутренний резиновый слой;
- 3 - наружные резиновые обкладки

По конструкции лента с тканевым каркасом (рис. 1.4 а) состоит из каркаса, составленного из тяговых прокладок, обкладки с рабочей стороны, обкладки с нерабочей стороны и бортов с обоих краев ленты. Иногда

отдельно рассматриваются ленты с цельнотканым каркасом, хотя в других случаях такие ленты относят к тканевым лентам с однопрокладочным каркасом. Таким образом, число прокладок в лентах с тканевым каркасом может быть 1, 2, 3, 4 и более.

В зависимости от материала прокладок и обкладок различают: резинотканевые ленты по ГОСТ 20-85 «Ленты конвейерные резинотканевые. Технические условия», у которых для тяговой прокладки применяются синтетические (полиамидные или полиэфирные) и комбинированные (полиэфир/хлопок) ткани и резиновые смеси для обкладок, бортов и покрытия (или пропитки) ткани прокладок; ленты с тканевым каркасом на основе поливинилхлорида по ТУ 38 УССР 2-05-93-83 «Ленты конвейерные трудновоспламеняющиеся на основе поливинилхлорида» (Лисичанского завода РТИ), у которых для обкладок и пропитки применяются поливинилхлоридные композиции. Могут изготавливаться поливинилхлоридные ленты с резиновыми обкладками. Тросовые конвейерные ленты (рис. 1.4 б) состоят из резинового сердечника, представляющего собой ряд параллельно расположенных и запрессованных в резину стальных латунированных тросов, и резиновых обкладок с обеих сторон сердечника ленты, а также с ее бортов. Тросовые ленты выпускаются по ТУ 38 105841-75 «Ленты конвейерные на основе латунированного троса прочностью 1500 - 3150 Н/мм ширины сердечника. Технические условия».

Согласно Правил безопасности в угольных шахтах Украины, конвейерные ленты должны быть изготовлены из негорючих, трудногорючих и трудновоспламеняющихся материалов, не распространяющих пламя по поверхности, такие же требования предъявлены к вентиляционным трубам, оболочкам электротехнических кабелей и другим изделиям, применяемым в горных выработках и надшахтных зданиях.

Степень горючести и содержание горючих веществ, выделяющихся при горении, должны соответствовать нормативам. Величина поверхностного электрического сопротивления конвейерных лент не должна превышать Ом.

Аналогичные требования содержатся в Правилах безопасности в угольных шахтах России (РД 05 - 94 -95). Эти требования распространяются на все типы лент, независимо от того, из каких материалов они изготовлены. По существу указанные требования пожарной безопасности распространяются не на сами конвейерные ленты, а на материалы, из которых они изготовлены. В конструкции лент, помимо тканей прокладок и стальных тросов, применяются более 10 различных материалов (несколько типов каучуков, поливинилхлоридов, мел, тальк, парафин, ангипирены (вещества, добавленные в резиновые смеси для затруднения или снижения горючести) и др., степень горючести которых различна (табл. 10.4). Основными материалами, из которых изготавливаются резиновые смеси, идущие на изготовление обкладок, бортов, пропитки тканевых каркасов, являются различные составы каучуков, все из которых относятся к горючим веществам.

Таблица 10.4.

Данные о горючести веществ и материалов

Наименование материала (вещества)	Характеристика по горючести	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Минимальная энергия зажигания, мДж
Резина	Горючее вещество	нет данных	350 (аэровзвеси)	50
Резина для легкоатлетической обуви	то же	112 (крошки резиновой)	350	нет данных
Хлопок		210	407	25
Полиэфир П - 6ПГ		352	471	нет данных
Полиамид		420	нет данных	20
Парафин грозненский ФР С13-С15		116	190	нет данных
Каучук «Акрилон»		284	414	то же
Каучук изопреновый СКИ - 3		290	340	то же
Каучук хлоропреновый		290	475	то же
Каучук натуральный	-"	129	375	то же
Антипирен 152	Трудногорючая жидкость	—	532	то же
Тальк	Негорючий порошок	—	—	—
Каолин, мел	то же	—	—	—

Практически все из материалов, идущих на изготовление каркасов тканевых лент, также в той или иной степени являются горючими веществами. Причем, температура воспламенения (или самовоспламенения) этих веществ ниже температуры, до которой может нагреваться барабан конвейера при пробуксовке ленты. Поэтому при изготовлении резиновых смесей применяют добавки (мел, тальк, антипирен) для снижения воспламеняемости, а также пропитывают специальными составами с применением ангипириенов, таким образом, повышая пожаробезопасные свойства лент в их агрегатном состоянии.

Уместно отметить, что согласно ГОСТ 12.1.044 «Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» горючесть веществ и материалов оценивают по показателю - «группа горючести».

Группа горючести трудногорючих и трудновоспламеняющихся материалов определяется по ГОСТ 12.1.044 путем воздействия на образец материала пламени газовой горелки в реакционной камере, нагретой до $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$. Поместив образец в камеру, контролируют температуру в ней, если минимальная температура в камере не превышает 260°C , то продолжительность испытаний составляет $(300 \pm 2)^\circ\text{C}$, после чего горелку отключают, а образец в камере выдерживают до полного остывания (до комнатной температуры). Остывший образец взвешивают. Оценку результатов производят по приращению температуры (ЛГ) и потере массы Дт (в процентах):

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_0;$$

$$\Delta m = \frac{m_n - m_k}{m_n} \cdot 100$$

где t_0 - начальная температура испытания, равная 200°C ;

m_n - масса образца до испытания, г;

m_k - масса образца после испытания, г.

По значению максимального приращения температуры Δt_{\max} и потере массы Δm материалы классифицируют:

трудногорючие – $\Delta t < 60^{\circ}\text{C}$ и $\Delta m < 60\%$;

горючие - $\Delta t_{\max} > 60^{\circ}\text{C}$ и $\Delta m > 60\%$.

Горючие материалы подразделяют в зависимости от времени (τ) достижения t_{\max} на:

Трудновоспламеняемый	- $\tau > 4$ мин;
средней воспламеняемости	- $0,5 < \tau < 4$ мин;
легковоспламеняемые	- $\tau < 0,5$ мин.

При классификации материалов, пропитанных негорючими составами или с нанесенными на них огнезащитными покрытиями, используют только показатель Δt_{\max} .

Группу негорючих веществ и материалов определяют по ГОСТ 12.1.044 путем испытания поочередно 5 образцов в специальной печи трубчатого типа, подогреваемой с помощью электрической спирали до температуры $(835 \pm 10)^{\circ}\text{C}$. При этой температуре в печь помещают взвешенный перед этим образец вещества (материала) диаметром 45мм, высотой 50мм, контролируют с помощью термопар температуру: в печи, на поверхности образца и внутри его до наступления температурного равновесия (продолжительность которого контролируется по секундомеру). Образец извлекают из печи и после его охлаждения до температуры окружающей среды взвешивают (с учетом отходов, которые отделились от образца и упали вниз печи в процессе испытания или после его окончания).

Вычисляют разницу (Δt) между максимальной и конечной температурами по показателям термопар в печи, на поверхности и внутри каждого из 5 образцов. По изменению температуры в печи, на поверхности и внутри образца по полученным значениям A (каждого образца вычисляют среднее арифметическое (Δt_c) испытаний 5 образцов.

На основе данных по определению потери массы каждого образца (в процентном отношении к первоначальной массе образца) вычисляют среднее значение потери массы 5 образцов.

На основании данных по определению продолжительности горения каждого образца вычисляют среднюю арифметическую продолжительность горения по результатам испытания 5 образцов.

Материалы относят к группе негорючих, если соблюдены следующие условия:

- среднее арифметическое изменение температуры в печи, на поверхности и внутри образца не превышает 50°C;

- среднее арифметическое значение потери массы для 5 образцов не превышает 50% от среднего значения первоначальной массы после кондиционирования;

- среднее арифметическое значение продолжительности устойчивого горения 5 образцов не превышает 10с. Результаты испытаний 5 образцов, в которых продолжительность устойчивого горения составляет менее 10 с, принимают равным нулю.

Поскольку в составе конвейерной ленты присутствуют вещества (материалы) с различными группами горючести, в том числе и горючие, по условиям пожарной безопасности целесообразно предъявить требование по группе горючести не отдельных компонентов, а целой резиновой смеси, используемой для производства ленты и ее тканевого каркаса. По крайней мере резиновая смесь и каркас должны отвечать требованиям трудногорючести или хотя бы трудновоспламеняемости, для чего следовало бы в ПБ и другие нормативы внести соответствующие поправки.

Показатель «группа горючести» и следовательно требования, вытекающие из этого показателя для изделий, таких как конвейерные ленты, состоящие из многих веществ и материалов, согласно ГОСТ 12.1.044 не применяются и попытки его применения для изделий не вполне корректны.

Требования по взрыво-пожаробезопасности самих конвейерных лент, действующие в Украине, содержатся в упомянутом ГОСТ 20-85 (на резиноканевые ленты), ТУ 38 УССР 2-05-93 (на тканевые ленты на основе поливинилхлорида) и ТУ 38 105841 (на тросовые ленты), а также ГСТУ

12.11.402 «Вещества, материалы и изделия для угольных шахт. Методы определения пожарной безопасности». В последнее время разработан ДНАОП «Требования безопасности и методы испытаний лент конвейерных шахтных», который учел необходимость гармонизации нормативов Украины с Европейскими нормами и результаты нижеприведенного анализа.

В ГОСТ 20-85 понятие «трудновоспламеняющиеся материалы» распространено на «трудновоспламеняющиеся ленты», причем в качестве критерия трудновоспламеняемости принято время горения образцов с размерами 25 × 150 мм, вырезанных из самой ленты, которое должно быть не более 45 с для шести образцов с обкладками и не более 15 с для одного образца с обкладками.

В Германском стандарте ДИН 22103 «Трудновоспламеняемые резиноканевые конвейерные ленты. Требования. Испытания» понятие «трудновоспламеняющиеся материалы» также распространено на ленты общего назначения и дано следующее определение: «Трудновоспламеняемыми являются конвейерные ленты, которые при непосредственном воздействии пламени не загораются или гаснут после отвода пламени и при последующем раздувании не загораются.

Конвейерная лента считается трудновоспламеняемой, если:

- а) суммарное время сохранения пламени на шести образцах с размерами 25×200 мм не превышает 45 с, причем;
- б) ни одно из отдельных значений не превышает 15 с и
- в) при последующем раздувании не происходит возгорание».

Эти же положения вошли и в Европейский стандарт ЕН 20340 «Трудновоспламеняемые конвейерные ленты. Требования безопасности и метод испытания». Причем в этой части ДИН 22103 и ЕН 20340 распространяются как на тканевую, так и на тросовые ленты общего назначения.

Можно считать, что требования ГОСТ 20-85 в части оценки пожарной безопасности, так называемых трудновоспламеняемых лент в основном

соответствуют международным требованиям, однако ГОСТ 20-85 необходимо дополнить критерием о том, что при последующем после испытания в пламени горелки раздувании не происходит загорания образцов.

В ТУ 38 105841 введено понятие «резиноканальная лента огнестойкая». Схема установки для испытания образцов ленты в пламени горелки приведена на рис. 3.5. Однако показателем огнестойкости принято время остаточного горения образцов ленты при испытании в пламени горелки как по ГОСТ 20-85 для резиноканальных лент.

По существу ленты, выпускаемые по ТУ 38 105841 Курским заводом РТИ и широко применяемые на шахтах Украины и России, следует отнести к трудновоспламеняемым и эту терминологию необходимо ввести в эти ТУ при очередной их корректировке или продлении.

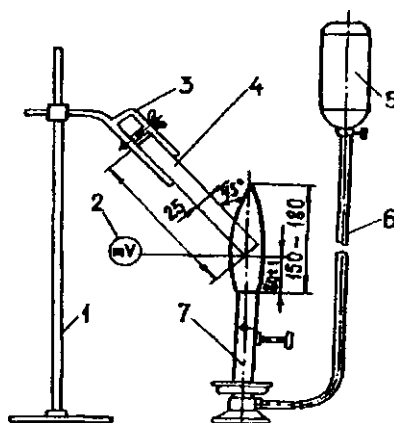


Рис. 10.5. Схема установки для испытаний образцов конвейерных лент на горючесть (огнестойкость)

Размеры в мм: 1 - штатив; 2 - измерительный прибор с термопарой; 3 - держатель образца; 4 - образец ленты; 5 - сосуд для горючего с краном; 6 - трубка резиновая; 7 - горелка спиртовая

ГОСТ 20-85 предписывает также испытание трудновоспламеняемых тканевых лент на воспламеняемость при испытании трением на барабане (рис. 10.6). При этом при доведении до полного разрушения образца он не должен воспламеняться от нагретого трением барабана. Необходимость

таких испытаний предусмотрена также ГСТУ 12.11.402. Упомянутый ГСТУ предусматривает также контроль горючести при разработке новых конвейерных лент определять методом кислородного индекса по ГОСТ 12.1.044, а способность распространять пламя по поверхности ленты за зону высокотемпературного воздействия теплового импульса - с учетом условий их эксплуатации в подземных выработках (испытание в экспериментальной штольне).

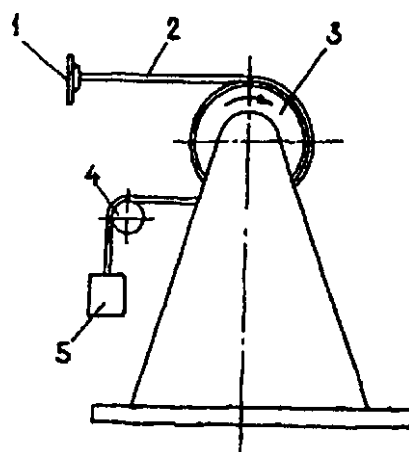


Рис. 10.6. Схема установки для испытания пламени по поверхности для тканевых лент трением на барабане: трудновоспламеняемых лент

В Германии для шахт трудновоспламеняемые ленты не применяются. Вместо них должны применяться специально предназначенные для подземных условий тканевые ленты по ДИН 22109 «Конвейерные ленты ПВХ или ПВХ с текстильными прокладками для подземной добычи каменного угля. Размеры и требования» и тросовые ленты по ДИН 22129 «Резинотросовые конвейерные ленты, применяемые в шахтах угледобывающей промышленности (каменный уголь). Данные. Требования». Однако в этих стандартах содержащееся в ПБ понятие «Ленты из трудногорючих материалов» не используется, а испытания материалов конвейерных лент на группу горючести не предусмотрены.

Госнадзорхрантруда Украины поставил задачу перейти на применение трудногорючих лент вместо трудновоспламеняющихся.

Однако в Украине отсутствуют нормы и методы испытаний трудногорючих лент.

Понятие «трудногорючие материалы» перенесено на изделия (конвейерные ленты, гибкие вентиляционные грубы и др.) в ГСТУ 12.11.402.

Согласно терминологии ГОСТ 12.1.044 «Трудногорючие (трудносгораемые) вещества и материалы способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления».

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 12.1.044 основное отличие трудногорючих материалов от трудновоспламеняемых состоит в том, что после прекращения действия источника они способны самостоятельно погаснуть, тогда, как трудновоспламеняемые способны продолжать горение.

Если перенести указанный термин по трудногорючести веществ и материалов на конвейерные ленты, то следует однозначный вывод, что трудногорючие (трудносгораемые) ленты должны иметь более высокие показатели пожарной безопасности, чем трудновоспламеняемые. Это должно быть учтено и при выборе методов испытаний таких лент на пожарную безопасность.

Однако из ГСТУ 12.11.402 следует, что предусмотренные в нем методы определения показателей пожарной безопасности конвейерных лент являются одинаковыми для трудновоспламеняющихся и трудногорючих лент, поскольку ни критерии, ни методы оценки для них не дифференцированы.

В ТУ 38 УССР 2-05-93 «Ленты конвейерные трудновоспламеняющиеся на основе поливинилхлорида», которые используются Лисичанским заводом РТИ и по заявлению работников завода являются трудногорючими, показатель горючести лент снижен - продолжительность горения шести образцов с размерами 25×200 мм принята не более 24 с для 6-и образцов с обкладками и не более 30 с для 6-ти образцов без обкладок, а продолжительность горения одного образца - не более 8 с для образца с

обкладкой и не более 10 с для образца без обкладок. Однако лента не квалифицирована как трудногорючая, а как это следует из упомянутого ТУ, является трудновосиламеняющейся.

При нормировании показателей пожарной безопасности конвейерных лент для угольной промышленности представляет интерес подход, который реализован в германских стандартах. В разделах «Требования по технике безопасности» упомянутых ДИН 22109 (на тканевые ленты) и ДИН 22129 (на тросовые ленты) содержатся следующие требования: «При добыче каменного угля в шахтах могут быть использованы только те конвейерные ленты, конструкция которых допущена к эксплуатации. Условия допуска (сертификат об испытаниях) - положительные результаты испытаний противопожарных, горно-гигиенических и электрических свойств конвейерных лент. Допущенные к эксплуатации конвейерные ленты должны маркироваться и в маркировке иметь латинскую букву «V».

В ДИН 22100 «Текстильные конвейерные ленты. Требования по технике безопасности, испытание, маркировка» требования в отношении пожаробезопасное сформулированы следующим образом: текстильные конвейерные ленты в отношении пожаробезопасности не должны сами распространять пламя. При проскальзывании на приводном барабане они не должны воспламеняться. Для подтверждения требований ДИН 22100 установлены следующие виды испытаний и критерии:

а) испытания на пропановой решетке (рис. 10.7) . При этих испытаниях после отключения 4-х ручьевой газовой горелки и гашения пламени и тления на образце ленты длиной 2 м и шириной до 1,25 по всей его ширине это место должно оставаться целым и неповрежденным, т.е. в этом месте на поверхности не должна увеличиваться хрупкость, не должно быть отвердения или образования пузырьков;

б) испытания на фрикционном барабане. Во время испытаний или после них не должен воспламениться ни один из трех опытных образцов размерами 150x1000 мм. По существу этот метод испытаний подобен методу,

предусмотренному ГОСТ 20-85, ГСТУ 12.11.402 и ТУ 38 УССР 2-05-93. Особенность состоит в параметрах барабана (рис. 10.4);

в) испытание образца ленты длиной (1200 ± 2) мм, шириной (90 ± 2) мм или (120 ± 2) мм в экспериментальной лабораторной (металлической) штольне длиной 2100 мм и свободным сечением $403 \times 381,5$ м M^2 (рис. 10.8).

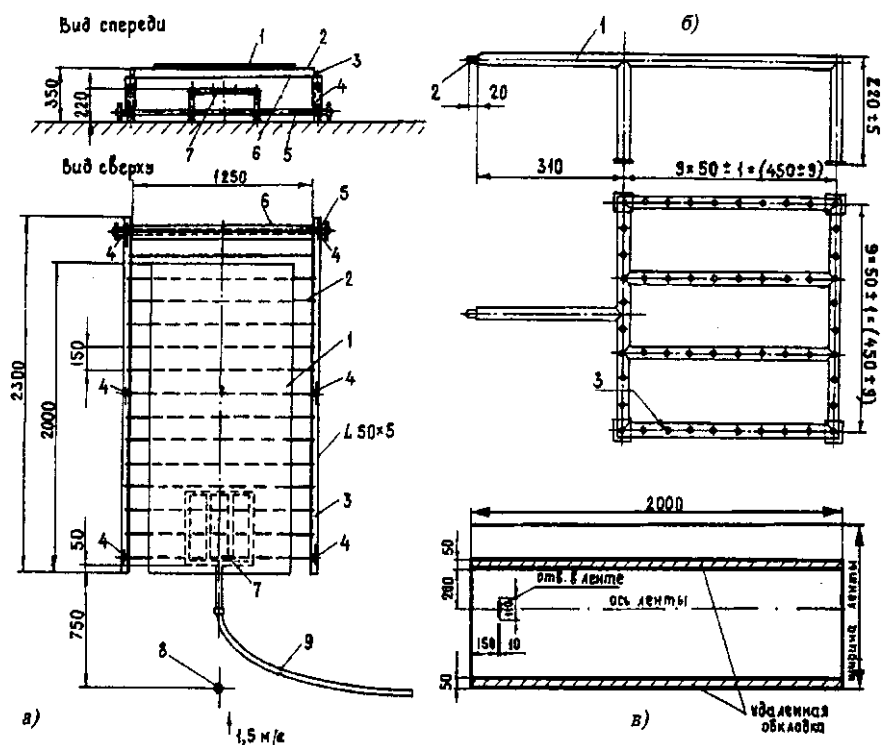


Рис. 10.7. Испытание ленты на пропановой решетке (размеры в мм):

а) конструкция станины (эстакады):

- 1 - образец ленты;
- 2 - стальные стержни с N1 - Сг покрытием);
- 3 - стальной уголок 50x50;
- 4 - стойки станины;
- 5 - ось тележки;
- 6 - стальная полоса;
- 7 - пропановая горелка;
- 8 - пункт замера скорости воздуха;
- 9 - шланг для подвода газа;

б) пропановая горелка (размеры в мм):

- 1 - труба;

2 - штуцер;

3 - отверстия $0,15 \pm 0,01$ мм (52 отверстия),

в) образец ленты, подготовленной к испытаниям

г) испытание на распространение пламени в противопожарном штреке с арочным креплением и свободным сечением $7,2 \text{ м}^2$ образца ленты длиной 18 м, поджигаемого в результате горения в штреке деревянной сухой затяжки (длиной 1,25 м, уложенной по контуру арочной крепи), деревянной щепы, планок и стружки с общей массой сухой древесины хвойных пород 300 кг (рис. 10.9). При таких испытаниях пожар на конвейерной ленте не должен распространяться дальше чем на 10 м за источник пожара.

Испытания на распространение пламени по поверхности образца ленты в пожарной штольне предусмотрено ГСТУ 12.11.402 (рис. 10.10).

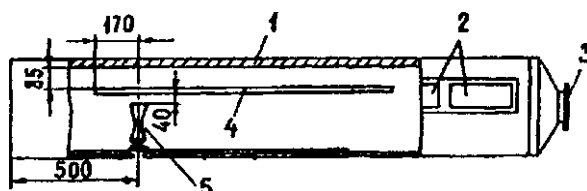


Рис. 10.8. Испытания тканевых лент в штольне-модели (миништольне)

(размеры в мм):

1 - металлический корпус штольни, внутри облицованный изолирующими пластинами;

2 - смотровые окна с теплостойкими стеклами;

3 - фланец для соединения с вытяжным устройством;

4 - образец ленты, устанавливаемый на фиксаторах;

5 - пропановая горелка

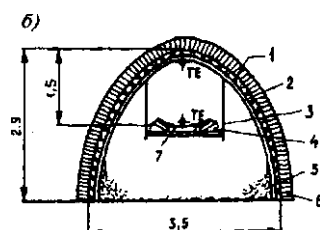


Рис. 10.9. Испытание в штреке по ДИН 22100 (размеры в м):

- а) расположение ленты в штреке (вид сверху); ТЕ - датчики температуры (термопары);
- б) разрез штрека по С-С: 1 - деревянная затяжка; 2 - стальная арка крепи; 3 - подвеска; 4 - несущая конструкция ленты; 5 - стружка и опилки; 6 - шамотный кирпич; 7 – лента

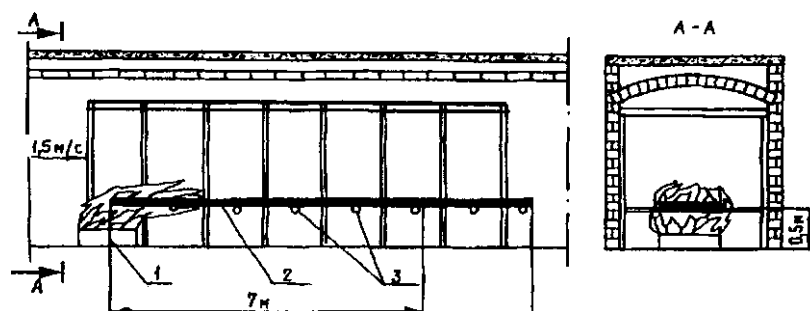


Рис. 10.10. Схема испытаний конвейерной ленты на пожаробезопасность в пожарной штольне по ГСТУ 12.11.402: 1 - противень металлический; 2 - образец конвейерной ленты; 3 - опоры. Стрелкой показано направление вентиляционного потока

Однако параметры пожарного штрека и условия испытаний по ГСТУ 12.11.402 значительно отличаются от параметров и условий, предусмотренных ДИН 22100. В частности, по ГСТУ 12.11.402 в качестве источника поджигания принято 10 л керосина, зажигаемого у одного из концов образца ленты длиной 10 м (со стороны поступающей воздушной струи).

Как известно, количество тепла, выделяющегося при сгорании топлива, определяется по формуле:

$$Q=q \cdot m$$

где q - удельная теплота сгорания (теплотворная способность), кДж/кг;

m - масса сгоревшего топлива, кг

При таких испытаниях после прекращения действия пламени газовой горелки должна оставаться неповрежденной определенная длина образца

(оценивается по средней из 5 испытанных образцов), а также ни в одном из пяти случаев зона действия пламени на образец не должна доходить до конца образца.

Такой метод испытаний не предусмотрен стандартами и другими нормативами, действующими в Украине.

Удельная теплота сгорания хвойных пород дерева приведена в табл. 10.11, а результаты расчетов, выполненных по (10.3), приведены в табл. 10.12. Расчеты показывают, что при сгорании 10л керосина количество выделяющегося тепла в 16-17 раз меньше, чем при сгорании 300 кг древесины хвойных пород.

Таблица 10.11. Теплота сгорания топлива

Виды топлива	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
Керосин	42947
Древесина сосновая	18731 -20853
Древесина еловая	20305
Дрова	8000-11000

Таблица 10.12. Расчетные данные о количестве тепла

Метод испытаний на распространение пламени по поверхности ленты	Вид применяемого топлива и его количество	Удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг	Количество тепла, выделяющегося при сгорании топлива, МДж
Испытание по методике ВНИИГД (ГСТУ 12.11.402)	Керосин, Юл (8,2 кг)	42947	0,35
Испытание по ДИН 22100	Дерево хвойных пород, 300 кг	18731 -20305	5,62 - 6,09
Испытание по - 93/С -05013	Дерево хвойных пород, 300 кг	18731 -20305	5,62 - 6,09

Даже если исходить из того, что будет применяться древесина с удельной теплотой сгорания как у дров (табл. 10.11), то расчеты показывают,

что и в этом случае общее количество тепла, выделяющегося при сгорании Юл керосина будет в 7 раз меньше, чем при сгорании древесины с минимальной удельной теплотой сгорания, равной 8000кДж/кг.

Конечно, вопрос оценки результатов, полученных при испытаниях по разным методам не такой простой, т.к. имеются различия в процессах сгорания керосина и дерева, а также другие различия в условиях испытаний, однако в общем можно констатировать, что метод испытания на распространение пламени по ДИН 22100 более строгий, чем по ГСТУ 12.11.402.

Испытание на установление группы горючести шахтных конвейерных лент германскими нормами не предусмотрено, поскольку эти испытания не характеризуют пожаробезопасные свойства ленты, в состав которой входит несколько материалов (веществ), группы горючести которых, различны.

С 1997 г. в России действует ОСТ 153.12.2. 001 «Ленты конвейерные шахтные трудносгораемые резинотканевые. Общие технические требования». В этом ОСТ не дано определение понятия «трудносгораемых лент», однако приведены следующие требования по видам испытаний на пожаробезопасность:

а) определение времени затухания шести образцов с обкладками после вынесения из пламени спиртовой горелки. Время затухания не более 18с (по методике М 38 405506 - 82);

б) определение времени затухания горения шести образцов после вынесения из пламени спиртовой горелки (по методике А ОСТ «Ленты конвейерные шахтные трудносгораемые и резинотехнические изделия для угольных шахт. Методики испытаний на пожаробезопасность. Критерии оценки»;

в) определение кислородного индекса. Кислородный индекс - не менее 30% (показатель является факультативным в течение двух лет после введения настоящего стандарта);

г) определение воспламеняемости при трении на барабане. Лента не воспламеняется, температура поверхности барабана не превышает 300°C (в соответствии с приложением 6 ГОСТ 20-85);

д) определение трудносгораемости методом лабораторной пожарной штольни;

е) определение температуры воспламенения ленты;

ж) испытание пламенным методом на решетке;

з) определение токсичности продуктов горения и термического разложения;

и) определение дымообразующей способности лент при термическом разложении и горении.

Испытания по пп. б), д), е), ж), з), и) вводятся после разработки и аттестации методик, испытательного оборудования. Нормы устанавливаются после набора данных».

Это значит, что в ближайшей перспективе ленты по ОСТ 153.12.2.001 можно квалифицировать как трудносгораемые, если они выдерживают испытания только на горючесть в пламени горелки практически по методу ГОСТ 20 - 85, но со сниженным с 24 с до 18 с временем остаточного горения, и на воспламеняемость при трении на барабане по методу ГОСТ 20-85, но с дополнительным браковочным критерием - ограничением температуры нагрева барабана - не выше 300°C.

Достаточность таких требований сомнительна, наоборот, при реализации таких требований ленты по существу являются трудновоспламеняющимися согласно ГОСТ 20-85 . Кроме того, как было показано выше, фактически при пробуксовке ленты на барабане температура барабана может превышать 300°C, поэтому нет необходимости браковать ленту с хорошими пожаробезопасными свойствами, если она не воспламеняется при температуре 300°C, а выдерживает, не воспламеняясь, более высокие температуры.

В Польше в последние годы введена норма PN – 93/C- 05013 «Ленты трудногораемые. Методы испытаний трудногорания».

В указанной норме дано следующее определение. Трудногорание - это явление, состоящее в пониженной способности к горению. Трудногорячая конвейерная лента должна отвечать следующим требованиям:

- не быть источником пожара при заблокированной ленте и вращающемся барабане, несмотря на повышение температуры ленты и барабана;

- не способствовать распространению пожара вдоль ленточного конвейера, вызванному повреждением подшипника, истертых роликов, либо трения ленты о конструкцию конвейера, через тормоз и т.п.;

- в сильном пламени пожара, возникшем в случае загорания масла, угля, дерева, либо других материалов, лента не будет гореть сильнее, чем указанные материалы;

- за зоной огня будет происходить самостоятельное гашение ленты.

Для подтверждения требований трудногорания польская норма предусматривает следующие методы испытаний.

1. Испытание образцов в пламени спиртовой горелки (рис. 10.5).

За критерий принято среднее арифметическое время горения и тления после отвода пламени горелки поочередно шести образцов с размерами 25x100 мм с обкладками и шести образцов без обкладок. Время остаточного горения в PN - 93/C - 05013 не оговорено

2. Испытание трением на барабане образца ленты (рис. 10.6).

Критериями являются максимальная температура барабана и отсутствие пламени или тления на образце размерами 150x1000 мм при доведении опытов до полного разрушения образца.

3. Испытание в пожарной штольне (штреке) образца ленты длиной 18 м при поджигании от горения сухих деревянных брусьев, уложенных под лентой в виде костра с общим количеством древесины 300 кг (рис. 10.11). За

критерий принята длина образца, на котором отсутствуют следы непосредственного воздействия пламени.

4. Испытание в штольне - модели (миништольне), как в ДИН 22100, образца ленты длиной 1200 мм и шириной 90 или 120 мм при поджигании газовой горелкой (рис. 10.8). За критерий принимается среднее арифметическое длин пячи образцов, на которых отсутствуют следы повреждения пламенем.

5. Испытание по методу пропановой решетки (4-х ручьевой горелки с многими отверстиями) как в ДИН 22100 образца ленты длиной 2000 мм в пожарной штольне (рис. 10.7).

За критерий принята длина ленты для двух образцов, на которой не обнаружены следы повреждений.

6. Метод кислородного индекса, предусматривающий определение процентного содержания кислорода в смеси с азотом, при котором не происходит горение образцов длиной 250 мм, поджигаемых газовой горелкой. Этот метод соответствует ДИН 22117 и ЕН 20340 и в принципе не отличается от ГОСТ 12.1.044 (рис. 1.12).

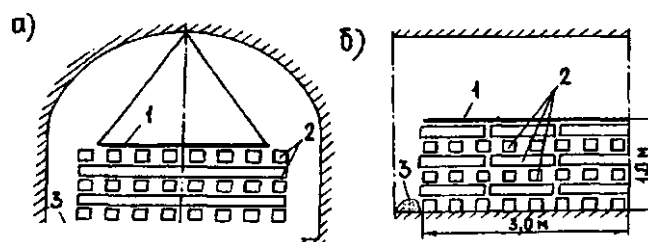


Рис. 10.11. Испытание в пожарном штреке по PN 93/C-05013:

а) поперечный разрез штрека;

б) продольный разрез штрека:

1 - лента; 2 - дерево; 3 - древесная стружка и опилки

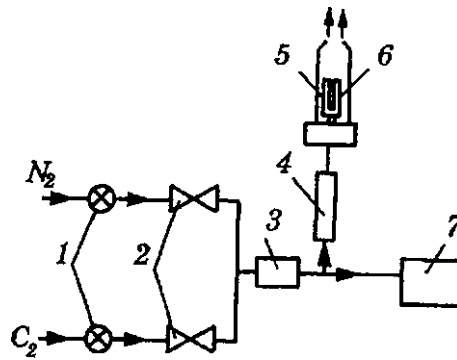


Рис. 10.12. Схема установки для определения кислородного индекса:

1 - вентиль предварительной регулировки; 2 - вентиль точной регулировки; 3 - смеситель; 4 - расходомер; 5 - реакционная камера; 6 - держатель образца; 7 - анализатор кислорода

В Польше не требуется определения группы горючести материалов лент по тем же соображениям, что и в Германии.

По существу методы испытаний в пламени горелки и трением на барабане подобны методам ГОСТ 20-85, а в штольне - модели (миништольне), пропановой решеткой и по методу кислородного индекса аналогичны методам, принятым в германских ДИН. Количественные показатели принятых критериев в польском стандарте РгЧ-93/С-05013 не оговорены. Их значения содержатся в «Критериях оценки материалов неметаллических, предназначенных для горной промышленности, относительно аттестационных испытаний», разработанных Польским Главным горным институтом (г. Каговице) в 1994 г.

Анализ показывает, что по ряду основных методов оценки и критериев польские нормы подобны германским нормам (табл. 10.13) Однако германскими нормами для шахтных лент не требуются испытания в пламени горелки, температура барабана при испытаниях трением не является браковочным критерием, а также не требуется устанавливать значение электростатического потенциала и энергии электростатического искрового заряда при оценке опасности электризации лент, поскольку достаточным

является нормирование поверхностного электросопротивления. Имеются также некоторые различия в условиях испытаний, особенно в методах испытаний на распространение пламени по поверхности в пожарной штольне (штреке), а также в гигиенических испытаниях в части опасности токсичных компонентов в продуктах горения образцов лент, причем, как упоминалось, метод кислородного индекса в германских нормах не введен в число показателей безопасности.

В Чехии и Словакии используются чехословацкие нормы ЧСН 260383, ЧСН 260372, ЧСН 341382 и др. В последние годы в этих странах наметилась тенденция использовать германские нормы (ДИН).

Чехословацкая норма ЧСН 260383 устанавливает требования к шахтным конвейерным лентам с текстильным каркасом. Согласно этой норме ленты должны обладать огнестойкостью при испытании в пламени горелки, быть стойкими к воспламенению и горению над плоской горелкой (пропановой решеткой) и не воспламеняться при трении на барабане.

Определение группы горючести по чехословацким нормам не требуется, не требуется также испытание в металлической миништольне и в штреке на распространение горения. Методы испытаний на пожарную безопасность установлены в чехословацкой норме ЧСН 260372. Испытания в пламени горелки на огнестойкость по ЧСН 260372 подобны испытаниям по польским нормам, а критерий - время остаточного горения принят таким же, как по ГОСТ 20-85.

Таблица 10.13.

Значения показателей безопасности

Показатели и методы испытаний на безопасность	Значение показателей и браковочные критерии				
	Польские нормы для трудногорючих лент согласно Р1М-93/С-05013	Германские нормы для шахтных лент согласно БШ 22109 22129 22118 БШ 22104 22117	Чешские нормы для шахтных конвейерных лент по ЧСН 260383, ЧСН 260372, ЧСН 341382	Британские нормы для шахтных конвейерных лент по В5 3289:1990	Российские нормы для шахтных конвейерных лент по ОСТ 153.12.2.-001-97
1	2	3	4	5	6
1. Испытание в пламени горелки 1.1 Среднее время горения и тления образцов, с, не более для лент ПВХ и ПВХГ:	+	не требуется	+	+	+

с обкладками	3,0		15	3,0	18,0
без обкладок для лент хлоропреновых:	10,0		не оговорено	10,0	
с обкладками	5,0		15	5,0	
без обкладок	10,0		не оговорено	15,0	
1.2 Максимальное время горения и тления образцов, с, не более для лент ПВХ, ПВХГ и хлоропреновых:					
с обкладками	10,0		45		
без обкладок	15,0		не оговорено		
2. Испытание в пожарной штольне (штреке)	+	+	не требуется	не требуется	временно не требуется устанавливается по мере накопления данных
2.1. Длина несгоревшего отрезка ленты, м, не менее	2.0	3.0			

3. Испытание в штольне-модели (ми ништольне)	+	+	не требуется	не требуется	временно не требуется.
3.1 Длина несгоревшего отрезка ленты, см, не менее	40	не оговорено			устанавливается по мере накопления данных
4. Испытание трением на барабане	+	+	+	+	+
4.1 Температура поверхности барабана, °С, не выше для лент ПВХ и ПВХ	325	не нормируется	не нормируется	325	300
для лент хлоропреновых	500	->-	->-		
4.2 Отсутствие пламени или жара на образце ленты	образец не должен воспламениться до разрушения	образец не должен воспламениться до разрушения	образец не должен воспламениться до разрушения	образец не должен воспламениться до разрушения	образец не должен воспламениться до разрушения
5. Испытание по методу пропановой решетки	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 10.13

1	2	3	4	5	6
	не должно быть термического повреждения образца	не должно быть термического повреждения образца	никакой из трех образцов не должен быть нарушен по всей длине. Ненарушенная длина образца должна составлять не менее 20 мм	не поврежденная длина 4-х метрового образца не менее 2250 мм	временно не требуется. Устанавливается по мере накопления данных
6. Кислородный индекс, %	+ не нормируется	+ не нормируется	+ не нормируется	+ не нормируется	+ не менее 30
7. Электрическое сопротивление, К., Ом	+ а) $K5 < 3 \cdot 10^8$ или б) $3 \cdot 10^8 < K5 < 3 \cdot 10^9$	+ $< 3 \cdot 10^8$	+ $< 3 \cdot 10^8$	+ $< 3 \cdot 10^8$	+ $< 3 \cdot 10^8$
8. Электростатический потенциал, В, не более	+ 1- 103	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

Продолжение табл. 3.13

1	2	3	4	5	6
9. Энергия электростатического искрового разряда, Дж, не более	+	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
10. Способность защиты фильтрующим самоспасателем в течение 60 мин	+	не оговорена	не оговорена	не оговорена	не оговорена
10.1. Содержание СО за самоспасателем, %, не выше	0,02				
10.2. Способность фильтрации самоспасателем, %, не выше	90				
10.3. Прогнозируемое время выхода самоспасателя, Па, не выше	420				

Испытания на стойкость к воспламенению и горению по ЧСН 260372 подобны испытаниям по ДИН 22100, причем введен дополнительный критерий - сохранение ненарушенной длины образца - не менее 20 мм (табл. 10.13). По существу, при таких требованиях, и методах испытаний шахтные ленты, выполненные по чехословацким нормам, можно отнести к разряду трудновоспламеняющихся, а не трудногорючих.

По электростатической искробезопасности, согласно чехословацкой норме ЧСН 341382, в качестве критерия принято поверхностное сопротивление, не более 3108 Ом (при температуре среды $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$, однако имеются некоторые отличия в части испытательной установки.

По чехословацким нормам не оговаривается величина кислородного индекса. В качестве браковочного критерия не оговаривается также величина температуры при испытаниях трением на барабане и не требуется определение группы горючести материала.

В Великобритании с 1990 г. введен в действие стандарт БС 3289:1990 «Ленты конвейерные с текстильным каркасом для применения в подземных выработках шахт (включая огнестойкость)».

В стандарте даются определения огнестойкости как способности выдерживать следующие испытания:

1. Испытания трением на барабане. При испытаниях должны отсутствовать пламя или тление со свечением в любом месте любого из испытываемых образцов ленты (как во время испытаний, так и после разрушения каждого образца). Температура поверхности барабана, измеренная во время каждого испытания, не должна превышать 325°C . Диаметр барабана принят 210 ± 1 мм, т.е. как по ДИН 22100. Для испытаний вырезается из ленты в продольном направлении 16 образцов прямоугольной формы размерами 750×150 мм. Часть образцов испытывается при неподвижном воздухе, а другая часть при скорости воздуха $(2,0+0,1)$ м/с.

2. Испытание в пламени спиртовой горелки:

а) для шести испытанных образцов с неповрежденными обкладками, среднее время исчезновения пламени или свечения после удаления горелки не должно превышать 3 с. Ни в одном из испытанных образцов не должно обнаруживаться пламя или свечение в течение более 10 с. Если отдельные образцы продолжают гореть или светятся более 10 с, а среднее время горения или свечения не превышает 3 с, необходимо испытать еще шесть образцов.

б) для девяти образцов (отрезанных продольно и параллельно длине ленты) со снятыми обкладками среднее время исчезновения пламени или свечения после удаления горелки не должно превышать 5 с. Отдельные образцы не должны гореть или светиться более 15 с. Если отдельные образцы

продолжают гореть или светиться более 15 с, а среднее время горения или свечения не превышает 5 с, необходимо испытать еще девять образцов.

в) для девяти образцов (отрезанных поперек и под прямым углом к длине ленты) со снятыми обкладками среднее время исчезновения пламени или свечения после удаления горелки не должно превышать 5 с. Отдельные образцы не должны гореть или светиться более 15 с. Если отдельные образцы продолжают гореть или светиться более 15 с, а среднее время горения или свечения не превышает 5 с, необходимо испытать еще девять образцов.

3. Испытания с пропановой высокоэнергетической горелкой (решеткой). При испытании образцов ленты должно удовлетворяться одно из следующих требований в каждом испытании:

а) длина образца ленты, остающаяся неповрежденной по всей ее ширине, должна быть более 2250 мм;

б) максимальное повышение средней температуры не должно быть более 90°C, длина поврежденной ленты не должна превышать 2000 мм, а длина неповрежденной по всей ширине ленты должна быть более 250 мм;

в) максимальное повышение средней температуры не должно быть более 80°C, длина поврежденной ленты не должна превышать 2250 мм, а длина неповрежденной по всей ширине ленты должна быть более 250 мм.

Эти испытания подобны испытаниям по ДИН 22100 (рис. 10.7), но вместо одной эстакады, на которую укладывается испытуемый образец ленты, применяют две эстакады, устанавливаемые рядом, и соответственно применяют образцы в два раза большей длины. Испытывается два образца каждый длиной 4 м. Ширина образцов принимается равной 400 мм или полной ширине испытуемой ленты (если лента уже 400 мм). Имеются соответствующие отличия и в части оценочных критериев.

Таким образом, по британскому стандарту не требуется определять группу горючести материалов и не предусмотрены испытания на распространение пламени по поверхности ленты в штреке или штольне, а также не требуется определять кислородный индекс.

В целом методы испытаний трением на барабане, в пламени спиртовой горелки и высокоэнергетической пропановой горелкой подобны аналогичным методам, предусмотренным как в германских, так и польских и чешских нормативах, однако оценочные критерии, особенно по времени остаточного горения после удаления спиртовой горелки, по британскому стандарту более строгие, чем по нормативам других европейских стран и по нормативам, действующим в Украине и других странах СНГ.

В части электростатической искробезопасности упомянутый британский стандарт нормирует поверхностное сопротивление, среднее значение которого на верхней и нижней поверхности ленты должно быть не более 3108 Ом. Причем эта величина не должна увеличиваться в течение срока службы ленты.

Для испытания вырезаются образцы размером 300x300 мм: два на верхней и два на нижней поверхности ленты. Испытания проводятся аналогично методам, предусмотренным в нормативах других стран при температуре окружающего воздуха $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $(65\pm 5)\%$.

Указанная норма на поверхностное электросопротивление и метод испытаний в основном соответствуют ГОСТ 20-85, однако, согласно ГОСТ 20-85 испытания проводятся при температуре окружающего воздуха $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $(55\pm 5)\%$, что обеспечивает более высокие результаты. Следует отметить, что в этой части германские нормы, и нормы по EN 20284 соответствуют требованиям БС 3289:1990.

Действующие в Украине требования взрывопожаробезопасности, предъявляемые к конвейерным лентам, квалифицируемым как «трудно-воспламеняющиеся», в основном соответствуют требованиям зарубежных стран, предъявляемым к таким лентам.

В последние годы в зарубежных странах для лент, предназначенных к применению в угольных шахтах, вводятся нормы на ленты, квалифицируемые как «трудногорючие (трудносгораемые)» (Польша,

Россия) или квалифицируемые как «ленты, предназначенные к применению в подземных условиях угольных шахт» (Германия, Великобритания, Чехия). В этих требованиях основное отличие состоит в усилении внимания оценке лент на нераспространение горения по поверхности от действия высокоэнергетических источников тепла.

Наиболее строгие требования по пожаробезопасности шахтных конвейерных лент содержатся в германских нормах (ДИН 22109, ДИН 22129, ДИН 22100), причем германскими нормами руководствуются многие изготовители (в Голландии, Бельгии, Франции), поэтому в Украине при разработке норм пожаробезопасности лент, квалифицируемых как «трудногорючие (трудногораемые)» или как «ленты шахтные» для подземных условий угольных шахт, наиболее целесообразно исходить из учета Германских ДИН, что обеспечит лучшую согласованность отечественных норм с европейскими.

В нормативах всех стран для исключения накопления взрывоопасных электростатических зарядов на лентах использовано требование об ограничении поверхностного электросопротивления величиной не более 310 Ом и это требование целесообразно предъявить как к лентам «трудновоспламеняющимся», так и «трудногорючим (трудногораемым)» или просто квалифицируемым как шахтные, предназначенные для применения в шахтах, опасных по газу или пыли.

В части пожарной безопасности такие ленты должны выдерживать испытания на горючесть в пламени горелки и невоспламенение при трении на барабане согласно ГОСТ 20-85, а также на нераспространение пламени по поверхности ленты за зону высокотемпературного воздействия теплового импульса. Учитывая наличие и разнообразие в разных странах методов определения нераспространения пламени по поверхности ленты, целесообразно провести сравнительные испытания таких методов и выбрать из них наиболее достоверный метод. До получения результатов таких испытаний и введения выбранного метода в нормы, целесообразно

воспользоваться методами, изложенными в ДИН 22100 или PN - 93/C -05013, описание которых дано выше.

Выше также отмечалось, что в большинстве случаев, как показывают материалы расследования пожаров, происшедших от загорания конвейерных лент на шахтах, начало загорания происходит от тления порошкообразных частиц, образовавшихся от истирания ленты у конвейерных барабанов, роликов и др. Поэтому при истирании тканевых лент трением на барабане требуется уточнение методики: необходимо обеспечивать наличие продуктов истирания лент в контакте с испытательным барабаном, а после прекращения вращения барабана необходимо убедиться в течение времени остывания барабана в невозникновении их тления от нагретого барабана.

Для тросовых лент метод испытания трением на барабане не применяется. Вместе с тем, для тросовых лент особо актуальным является оценка на отсутствие тления порошкообразных частиц, учитывая, что сердечник такой ленты выполняется из более горючих материалов, чем обкладки ленты. Для тросовых лент целесообразно разработать соответствующий метод с учетом образования порошкообразных частиц от истирания сердечника ленты и прямого контакта такого порошка с нагретым барабаном или неисправным роликом.

Как уже упоминалось, показатель «группа горючести» не следует применять для конвейерных лент, так как он применим для материалов и веществ, а не для изделий в агрегатном состоянии, содержащих многие материалы и вещества. Указанный показатель следует рекомендовать для оценки готовых композитных (резиновых) смесей и тканевых каркасов, идущих на изготовление ленты.

Для конвейерных лент, предназначенных к применению в шахтах, необходимо выполнить обязательную процедуру допуска Госнадзорохрантруда на основе положительных испытаний на безопасность аккредитованными испытательными центрами, согласно Закону Украины «Об охране труда» и «Правилам безопасности в угольных шахтах».

В маркировке конвейерных лент, предназначенных для применения в шахтах, должны предусматриваться специальные отличительные знаки или буквы, свидетельствующие о полном ее соответствии требованиям, и что лента выдержала сертификационные испытания на безопасность и допущена для применения в шахтах.

10.4. Гигиенические требования, предъявляемые к конвейерным лентам

Гигиенические требования в ряде документов рассматриваются как часть требований пожарной безопасности.

Концептуально в части гигиенических требований можно принять одинаковый подход к лентам трудновоспламеняемым и трудногорючим: в условиях эксплуатации конвейерные ленты не должны оказывать вредного воздействия на здоровье трудящихся.

В принципе гигиенические требования выполняются в тех случаях, когда применяемые для изготовления материалы не выделяют ядовитых, вредных для здоровья или агрессивных продуктов распада в опасных количествах. Однако, как показывает практика, обеспечить приведенные в ПБ предельные концентрации вредных газов не представляется возможным. К тому же при горении в шахте любых веществ и материалов в продуктах горения всегда образуется определенное количество угарного газа, причем при загорании ленты происходит сопутствующее загорание других веществ, материалов и изделий, в продуктах, горения которых также имеются вредные газы и вещества.

Поэтому реализация приведенной выше концепции по гигиенической безопасности должна оцениваться комплексно, в том числе с учетом разбавления продуктов горения подаваемым в выработки шахты воздухом и применения индивидуальных средств защиты людей, таких как самоспасатели и респираторы.

Согласно ГСТУ 12.11.402 содержание вредных веществ в продуктах термодеструкции и горения веществ, материалов и изделий в горной выработке не должно быть таким, чтобы они вызывали нарушение или специфическое раздражение кожи и глаз, должно обеспечиваться защитное действие изолирующих самоспасателей и респираторов. В приложении к ГСТУ 12.11.402 приведена рекомендуемая «Методика измерения концентрации вредных веществ в продуктах горения и термодеструкции материалов в горной выработке», сущность которой заключается в измерении концентрации вредных веществ в газообразных продуктах горения и термодеструкции на лабораторной установке и пересчете результатов

испытаний для условий горной выработки. Предусматривается определение концентрации основных вредных веществ: оксида и диоксида углерода, сероводорода, сернистого ангидрида, хлорида водорода, диоксида водорода, фтористого водорода, аммиака, оксидов азота. В зависимости от природы материала определяют концентрацию других вредных веществ, наличие которых в газовой смеси устанавливают в ходе предварительных экспериментов.

Для испытаний приготавливается не менее 36 образцов прямоугольной формы фактической толщины массой не более 0,5 кг. После кондиционирования и взвешивания образцы помещают в реакционный сосуд, который вводят в трубчатую печь (рис. 10.13), температура которой контролируется. В течение 20 мин через реакционный сосуд с объемной скоростью 0,2 дм³/мин подают воздух и фиксируют температуру воздуха над образцом. Разность температур в печи и над образцом не должна превышать $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Газовоздушная смесь, образующаяся при горении и термодеструкции, собирается в газосборник или абсорбируется в поглотителях, а затем анализируется на содержание указанных вредных веществ хроматографическим, фотометрическим, спектрофотометрическим или другими методами химического анализа, обеспечивающими специфичность

определения с суммарной погрешностью измерения, не превышающей $\pm 25\%$ согласно ГОСТ 12.1.005.

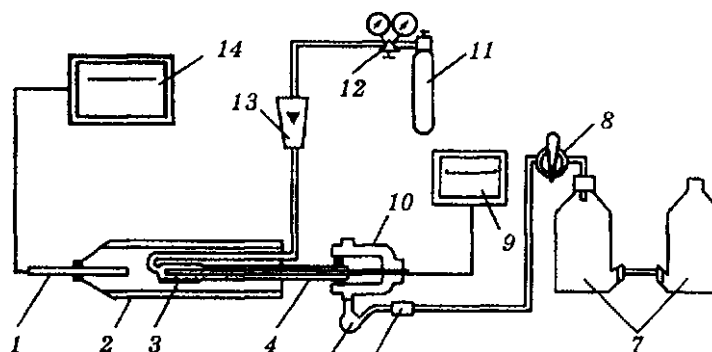


Рис. 10.13. Схема установки для термического разложения твердых материалов по ГСТУ 12.11.402:

1,4 - термоэлектрические преобразователи; 2 - печь; 3 - реакционный сосуд; 5 - сборник смолистых веществ; б - дымный фильтр; 7 - газосборник продуктов термического разложения; 8 - кран; 9 - милливольтметр; 10 - холодильник; 11 - баллон; 12 - редуктор; 13 - ротаметр; 14 - потенциометр для контроля температуры

Испытания материалов проводят при температуре от 200 до 500°C с интервалом в 100°C.

Во время сжигания образцов фиксируют температуру и давление в лабораторном помещении для пересчета объема выделяющейся газообразной смеси на стендовые условия согласно ГОСТ 12.1.005.

Результаты испытаний в лабораторных условиях пересчитывают для условий горной выработки по формуле:

$$C_i = \lg n \frac{1C_i V}{SVm_0}$$

где C_i , - средняя по сечению выработки концентрация 1-го вредного вещества, мг/ M^3 ;

l - длина участка выработки, на котором происходит горение материала (определяется результатами испытаний в полигонных условиях -в пожарном штреке), м;

q - масса материала на единицу длины горной выработки, кг/м;

n - средняя скорость выгорания материала массовых долей в единицу времени, 1/с;

S - поперечное сечение горной выработки, M^2 (при расчете принимается $S \geq 4 M^2$);

V - скорость движения воздуха в горной выработке, м/с (при расчете принимается $V=1,5$ м/с);

C_i' - максимальная массовая концентрация 1-го вредного вещества, полученная в лабораторных условиях, мг/ M^3 ;

C_o - масса испытуемого образца, кг.

При расчете должно выполняться условие $SV > 6 M^3/с$.

Это значит, что пересчет производится для условий, что по выработке проходит не менее 6 M^3 в секунду воздуха.

Материалы считают опасными по содержанию вредных веществ, концентрации которых превышают максимально допустимые концентрации (МДК), при которых количество вредных веществ в единице объема воздуха в аварийных условиях горной выработки (т.е. при пожаре) при кратковременном воздействии на организм гарантирует сохранение жизни, здоровья и способности человека осуществлять мероприятия по ликвидации аварии.

Концентрация вредных веществ (C_i) выше МДК допускается в пределах, при которых обеспечивается работа в средствах индивидуальной защиты органов дыхания, применяемых в угольных шахтах.

В ранее действовавшем ОСТ 12.43.244 «Система стандартов безопасности труда. Материалы и изделия для угольных и сланцевых шахт. Метод определения степени пожарной опасности» оценку токсической опасности предписывалось производить, исходя не из МДК, а из предельно допустимых концентраций (ПДК), т.е. согласно нормативам, приведенным в ПБ (табл. 10.14).

Значения ПДК для угольных шахт

Вредные газы	Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт	
	% по объему	мг/м
Оксид углерода (СО)	0,00170	20
Оксиды азота (в пересчете на Ж ₂)	0,00025	5
Диоксид азота (Ж ₂)	0,00010	2
Сернистый ангидрид (802)	0,00038	10
Сероводород (Н ₂ С)	0,00071	10

По существу метод оценки гигиенической опасности, предусмотренный методикой ГСТУ 12.11.402, исходит из обеспечения безопасности горноспасателей и других лиц, занятых тушением пожаров в шахтах и имеющих в экипировке индивидуальные средства защиты - респираторы или изолирующие самоспасатели, поскольку фильтрующие самоспасатели шахтеров рассчитаны на защиту только от оксида углерода.

В ГСТУ 12.11.402 не приведены значения МДК для вредных веществ, не приведена и допустимая длительность кратковременного воздействия на организм вредных веществ. Кроме того, по рассмотренной методике не представляется возможным оценить влияние вредных веществ на кожу и глаза людей, а также оценить влияние на человека совместного воздействия нескольких вредных веществ. В ранее действовавшем ОСТ 12.43.244 предписывалось при совместном наличии нескольких токсичных газов, обладающих однонаправленным действием, оценку их влияния на человека определять по ГОСТ 12.1.005.

Из технической литературы известно, что для кабин космических летательных аппаратов (КЛА) разработаны предварительные рекомендации по величинам предельно допустимых концентраций токсических веществ, дифференцированных по продолжительности воздействия; для некоторых веществ они приведены в табл. 10.15.

Таблица 10.15.

Значения ПДК для кабин летательных аппаратов

Токсичные вещества	Величина предельно допустимых концентраций при продолжительности воздействия Т, мг/м ³			
	Т=10мин	Т=60 мин	Т=90 мин	Т =6 мес
Оксид углерода	—	144	17	17
Диоксид азота	—	4	1,0	1,0
Сернистый ангидрид	—	13	3	3
Хлористый водород	—	7,5	1,5	1,5
Аммиак	70	70	17,5	17,5

Сравнение этих данных с ПДК, приведенными в ПБ, показывает, что при продолжительности воздействия до 60 мин, рекомендации для КЛА превышают нормы ПБ, однако при большей продолжительности воздействия ПДК по ПБ выше, рекомендованных для КЛА.

Это свидетельствует о том, что при кратковременном воздействии можно допустить большие концентрации указанных веществ, чем значения их ПДК по ПБ.

Представляют интерес приведенные в предельно допустимые концентрации для аварийных ситуаций, при которых вдыхание вещества в течение точно установленного непродолжительного отрезка времени не приводит к временной потере работоспособности и не препятствует выполнению поставленных задач (табл. 10.16).

Таблица 10.16.

Предельно допустимые концентрации веществ

Вещество	Величина предельно допустимых концентраций для аварийных ситуаций при времени действия Т		
	Т=10мин	Т=30мин	Т=60мин
Оксид углерода (СО)	1500 млн ⁻¹ (1717,5 мг/м ³)	800 млн ⁻¹ (916,0 мг/м ³)	400 млн ⁻¹ (458 мг/м ³)
Сероводород (H ₂ S)	200 мг/м ³	100 мг/м ³	50 мг/м ³
Диоксид азота (NO ₂)	30 млн ⁻¹ (56,43 мг/м ³)	20 млн ⁻¹ (37,62 мг/м ³)	10 млн ⁻¹ (18,81 мг/м ³)
Сернистый ангидрид (SO ₂)	30 млн ⁻¹ 1 (78,6 мг/м ³)	20 млн ⁻¹ (52,4 мг/м ³)	10 млн ⁻¹ (26,2 мг/м ³)

Применительно к шахтным условиям со значениями МДК или предельно допустимых концентраций вредных газов для аварийных ситуаций можно согласиться только на время от момента возникновения пожара до момента включения в изолирующие самоспасатели или респираторы. Поэтому метод оценки токсической опасности продуктов горения конвейерных лент должен включать проверку содержания токсических веществ, отфильтрованных такими индивидуальными средствами защиты при имитации дыхания человека через них. В этом случае содержание вредных веществ не должно превышать предельно допустимых концентраций, приведенных в ПБ.

ГОСТ 12.1.044 предписывает оценивать токсичность по показателю токсичности продуктов горения, определяемому как отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при тлении или горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных (белых мышей). Причем согласно ГОСТ 12.1.044 значение показателя токсичности продуктов горения следует применять для сравнительной оценки полимерных материалов, а также включать в технические условия и стандарты на отделочные и теплоизоляционные материалы, т.е. для конвейерных лент такой показатель не является достаточным.

10.5. Входной контроль конвейерных лент как метод их идентификации требованиям пожарной безопасности

Контроль обеспечения рассмотренных выше требований безопасности у конвейерных лент должен производиться изготовителем при типовых испытаниях вновь разработанной ленты и при всех изменениях ее конструкции, применяемых материалов, рецептуры резиновых и поливинилхлоридных смесей, а также технологического регламента изготовления. Полную номенклатуру видов испытаний должна проходить конвейерная лента также при оформлении разрешения Госнадзорхрантруда

Украины на ее серийное производство и допуск в эксплуатацию в шахтах. Такие испытания должны выполняться имеющими полномочия независимыми испытательными организациями (испытательными центрами) с выдачей сертификатов безопасности или заключений по безопасности (на опытные ленты или разовые партии лент при первичной их аттестации по показателям безопасности).

При серийном (поточном) производстве лент, по которым имеется разрешение Госнадзорохрантруда, как правило, применяется сокращенная номенклатура видов испытаний, выполняемых изготовителем согласно техническим условиям или технологическим регламентам на ленту. Результаты соответствия ленты требованиям отражаются в паспорте на ленту) и в ее маркировке.

В связи с высокой пожарной опасностью конвейерных лент при их применении в шахтах и чтобы исключить случайное попадание в эксплуатацию конвейерных лент с непроверенными и недопустимо низкими противопожарными свойствами Министерством угольной промышленности Украины по линии потребителя и Комитетом по охране труда Украины по линии Государет венного горного надзора принято специальное решение о введении для потребителей входного контроля конвейерных лент по КД 12.11.401 «Входной контроль горючести конвейерных лент для угольных шахт. Инструкция», утвержденному Минуглепромом Украины в 1996 г.

Следует иметь в виду, что требование о входном контроле конвейерных лент для их допуска в эксплуатацию также содержится в «Правилах эксплуатации подземных ленточных и пластинчатых конвейеров на угольных и сланцевых шахтах», утвержденных Министерством угольной промышленности СССР в 1979г.

Указанные правила в виде приложения содержали «Инструкцию по входному контролю конвейерных лент на предприятиях угольной промышленности» со следующей номенклатурой показателей:

- внешний вид, ширина, длина и наличие маркировки; горючесть;

прочность на разрыв одной прокладки по основе;

- прочность связи между прокладками;
- сопротивление взрыву троса из резины (для тросовых лент).

Минуглепром и Госнадзорохрантруда Украины не приняли решения об отмене «Правил эксплуатации ленточных и пластинчатых конвейеров на угольных и сланцевых шахтах».

Вместе с тем методики входного контроля конвейерных лент на горючесть по указанным правилам эксплуатации ленточных и пластинчатых конвейеров и по КД 12.11.401 во многом совпадают в части требований, применяемую оборудования и контрольных приборов, порядка проведения испытаний и методики обработки результатов испытаний.

Входной контроль горючести конвейерных лент производят аналитические лаборатории региональных отрядов ГВГСС Минуглепрома Украины, НИИГД или МакНИИ в зависимости от места расположения угольного предприятия, заказавшего проведение входного контроля.

Предприятие - потребитель лент (шахта) обязано направить заявку одной из упомянутых организаций и обеспечить представление образцов с документацией на испытания, поскольку запрещается эксплуатация на угольных шахтах конвейерных лент, не прошедших входной контроль горючести и не имеющих заключения о допуске их в шахту, что контролируется закрепленными за шахтами работниками районных горнотехнических инспекций (РГТИ) Госнадзорохрантруда Украины.

Конвейерные ленты зарубежного и отечественного производства должны иметь четкую рельефную маркировку, которая должна содержать: наименование или товарный знак завода-изготовителя, условное обозначение ленты, вид ленты, ширину и номер ленты, год изготовления. Приобретаемые шахтами ленты должны сопровождаться заводскими паспортами (сертификатами), удостоверяющими их эксплуатационные качества, и заключением о соответствии нормам безопасности, выданным уполномоченными испытательными организациями Украины. Ленты, не

имеющие маркировки, на входной контроль не принимаются, и, следовательно, не могут быть допущены в эксплуатацию в шахтах.

Для испытаний на горючесть ленты вырезают при участии представителя испытательной организации образцы с обкладками, отсчитывая от борта ленты не менее 100 мм и от конца ленты не менее 500 мм. Из тканевой ленты образцы вырезают по основе, из тросовой - вдоль направления тросов. Образцы резиновых лент должны содержать не менее двух тросов и вырезают таким образом, чтобы разрез проходил между двумя соседними тросами.

Испытания тканевых лент на основе ПВХ проводят на шести образцах с обкладками и шести образцах без обкладок (обкладки удаляются с обеих сторон с одного конца образца на участке 50 мм).

Количество и размеры образцов представлены в табл. 10.17.

Таблица 10.17.

Данные об испытательных образцах лент

Тип конвейерной ленты	Количество образцов	Длина образца, мм	Ширина образца, мм
Резинотканевая	6	200±10	25±1
Тканевая на основе ПВХ	12	200±10	25±1
Резинотросовая при диаметре троса до 8,5 мм более 8,5 мм	6	250±50	25±5 35±5

Испытания выполняются на спиртовой металлической горелке, аттестованной в установленном порядке. В качестве горючего используется спирт этиловый по ГОСТ 18300 (ранее - по ГОСТ 11547).

Горелку настраивают таким образом, чтобы температура пламени горелки на расстоянии (50±1) мм от верхнего края горелки была (1050±50)°С, высота пламени горелки устанавливается 150-180 мм (по инструкции, содержащейся в «Правилах эксплуатации ленточных и пластинчатых конвейеров...», температура пламени горелки устанавливается таким

образом, чтобы очищенная медная проволока диаметром 0,7 мм, внесенная в пламя, плавилась на шестой секунде).

Сущность испытаний состоит в том, что испытуемый образец ленты помещают в пламя горелки (как и в других подобных методиках) на время (45 ± 1) с, затем горелку удаляют и фиксируют максимальное время самостоятельного (остаточного) горения испытуемого образца.

Испытания проводят в вытяжном шкафу при температуре окружающего воздуха $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ в месте установки горелки по инструкции, содержащейся в «Правилах эксплуатации ленточных и пластинчатых конвейеров...», принята температура окружающего воздуха в испытательном помещении $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Испытания образцов тканевой ленты на основе ПВХ проводят последовательно: сначала - шесть образцов с обкладками, а затем - шесть образцов без обкладок.

За критерий горючести принимается продолжительность самостоятельного (остаточного) горения:

- одиночного любого из шести испытанных образцов резинотканевой или резинотросовой лент - не более 15 с, суммарная продолжительность горения шести образцов таких лент - не более 45 с (т.е. как по ГОСТ 20-85 или ТУ 105841);

- одиночного любого образца тканевой ленты на основе ПВХ с обкладками - не более 8 с, без обкладок - не более 10 с, суммарная шести образцов таких лент - не более 24 с обкладками и 30 с - без обкладок.

Указанные критерии для тканевых лент на основе ПВХ полностью соответствуют приведенным в ТУ 38 УССР 2-05-93, в целом принятая методика максимально соответствует приведенной в указанных ТУ.

Однако необходимо иметь в виду, что тканевые ленты по ГОСТ 20-85 и по ТУ 38 УССР 2-05-93 являются трудновоспламеняющимися. Отдельные критерии для трудногорючих лент в КД 12.11.401-96 не приведены.

Для такого класса лент целесообразно принять критерии более высокие, например, как это принято согласно польской норме РК - 93/С -05013 для трудногорючих лент или согласно британскому стандарту В5 3289- 1989.

Естественно, что такая дифференциация критериев оценки горючести лент должна приниматься не только при проведении входного контроля, но и полных (типовых) испытаний конвейерных лент на безопасность при их сертификации и решении вопроса получения разрешения Госнадзорохрантруда Украины на серийный выпуск и допуск к эксплуатации согласно ст. 24 Закона Украины «Об охране труда» и ПБ.

При необходимости еще большей дифференциации таких концептуальных вопросов, а также при вынужденном принятии противоречащих ей решений (например, применительно к уже закупленным лентам, хранившимся на складах, или на период особых условий в государстве, например, при дефиците материальных ресурсов) они должны рассматриваться соответствующими государственными органами.

10.6. Система автоматического пожаротушения ленточных конвейеров и электрооборудования

В настоящей главе уже уделялось внимание общим способам и средствам пожаротушения ленточных конвейеров. Перспективным является применение автоматических водяных пожаротушащих установок (УАК) и пенных пожаротушащих установок (УАП), которые предписано применять ПБ и которые могут обеспечить наиболее эффективное пожаротушение без присутствия персонала.

Установки автоматического пожаротушения УАК и УАП должны подключаться к находящемуся постоянно заполненным водой противопожарно-оросительному трубопроводу через пожарный кран.

Установка автоматического водяного пожаротушения УАК - 2 состоит из следующих основных узлов (рис. 3.14): пускового клапана 1 с побудительным клапаном 2; системы трубопроводов 3; разбрызгивателей 4;

тросовой системы с тепловыми замками 5, навешенной с помощью блоков; концевого выключателя 6, закрепленного на направляющей трубе; контргруза 7. При повышении температуры в районе установки свыше 47°C один или несколько замков тросовой системы расплавляются, контргруз открывает побудительный клапан, побудительная полость автоматического клапана сообщается с атмосферой, клапан открывается и пропускает воду из противопожарного трубопровода к разбрызгивателям.

Техническая характеристика установки УАК - 2

Оптимальное рабочее давление, МПа 0,4 - 1,0

Расход подаваемой воды, м³/ч 30-100

Температура включения, °С свыше 47

Тип разбрызгивателя винтовой

Минимальная площадь орошения, м² 40

Минимальная плотность орошения, л/(см²) 0,1

Масса, кг 395

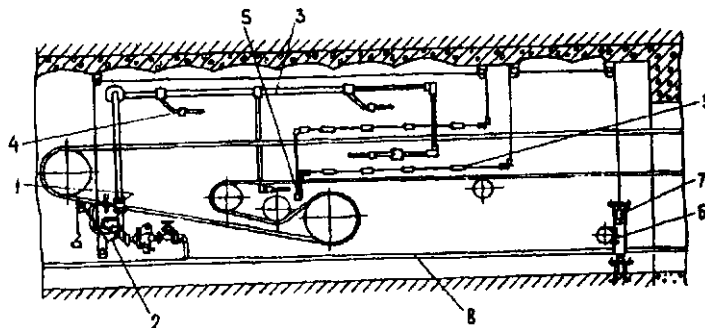


Рис. 10.14. Схема установки УАК-2

Установка автоматического пенного пожаротушения УАП - 2 применяется для тушения пожаров на электрооборудовании. Состоит она из следующих основных узлов (рис. 10.15): пускового клапана 1 с побудительным клапаном 2; автоматического клапана 3; фильтра 4; бакализатора 5; системы трубопроводов с вставкой Вентури 6; пенных головок 7; тросовой системы 8 с тепловыми замками 9, навешенной при помощи блоков; концевого выключателя 10.

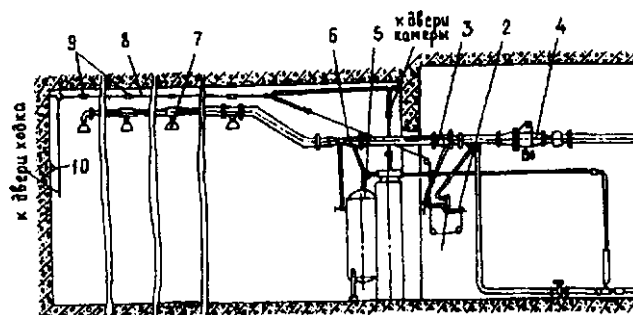


Рис. 10.15. Схема установки УАП-2

При возникновении пожара в камере с электрооборудованием и повышении температуры у одного из тепловых замков выше 47°C замок расплавляется, тросовая система разрывается и освобождает рычаг побудительного клапана, через который вода поступает во вставку Вентури и бак-дозатор, вытесняя из последнего пенообразователь. Во вставке Вентури происходит смешивание воды с пенообразователем. Раствор пенообразователя поступает к пенным головкам, образующим воздушно-механическую пену, которой осуществляется тушение возникшего пожара. Одновременно автоматически закрываются противопожарные двери камеры и концевым выключателем отключается напряжение с вводного выключателя (комплектного распределительного устройства (КРУ) или автоматического выключателя). При использовании недостаточно чистой воды установка комплектуется фильтром.

Техническая характеристика
установки УАП-2

Рабочее давление, МПа	0,6-1,0
Количество пены, м ³	18-19
Кратность пены	7-8
Температура включения, °С	свыше 47
Площадь орошения при восьми пенных головках и высоте подвески трубопровода 2.75 м, м ²	90-100
Время действия при восьми пенных головках, мин	3-4
Емкость бака дозатора, л	100
Масса, кг	1220

Применение автомагических пожаротушащих установок должно предусматриваться в проектах установки ленточных конвейеров и подстанций, в которых должны оговариваться места расположения узлов автоматических пожаротушащих установок, особенности крепления и взаимосвязь с другими системами безопасности.

10.7. Реализация требований по безопасности ленточных конвейеров с применением аппаратуры управления и автоматизации

Реализация требуемых блокировок и защит ленточных конвейеров выполняется комплексом аппаратуры автоматизированного управления конвейерами (рис. 10.16).

Электрическая схема управления конвейера обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Пуск конвейера с пульта или блока управления АУК.1М.
2. Подачу предупредительного сигнала вдоль конвейера перед его пуском.
3. Выдержку времени 15-20 с на включение лебедки натяжения ленты в автоматическом режиме при запуске конвейера.
4. Оперативную кодовую двухстороннюю звуковую сигнализацию как при включенном, так и отключенном конвейере.

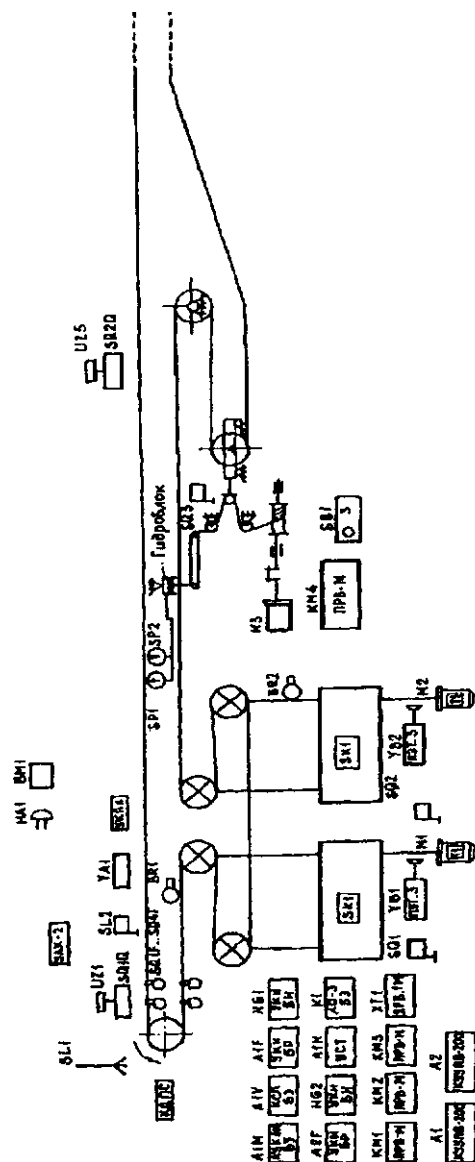


Рис. 3.16. Схема расстановки датчиков и аппаратов управления ленточным конвейером (на примере конвейера ЛТ800 с длиной до 500 М)

5. Контроль времени запуска конвейера.
6. Контроль температуры масла редукторов привода.
7. Оперативную остановку конвейера с пульта или блока управления нажатием кнопки «Стоп».
8. Возврат схемы в исходное состояние после оперативного отключения конвейера и готовность ее к следующему запуску.
9. Экстренную остановку конвейера при воздействии на любой выключатель, включенный в линию аппарата А1Р, при перетяжке или обрыве ленты.
10. Аварийную остановку конвейера при срабатывании любого датчика или контакта, включенных в линию устройства А2Р.
11. Световую индикацию о номере отключенного датчика, выключателя и других защитных отключений.

12. Управление лебедкой натяжения ленты в автоматическом и местном (ремонтном) режимах.

13. Выполнение других функций, указанных в табл. 10.18.

Схема управления конвейером содержит один блок управления АУК.1М (А1М), два устройства информации УКИ (А1Р, НС1, А2Р, НС2), устройство телефонной связи УСТ (А1Н), аппарат контроля скорости и пробуксовки КСП (А1У, ВК1, ВК2), аппарат плавного пуска конвейера КУУПВ -200 (А1, А2), аппаратуру орошения на перегрузках АО-3 (К1), пускатели ПРВ-М (КМ1 - КМ4), двигатели М1 - М3.

Основным аппаратом электрической схемы является блок управления БУ аппаратуры АУК.1М (А1М). С помощью блока БУ осуществляется оперативный пуск и остановка конвейера, контроль положения тормоза, заштыбовки, времени разгона конвейера, включение конвейера в режиме «ремонт», аварийный или экстренный останов конвейера по сигналам блоков УКИ (А1Р, А2Р), устройства УСТ (А1Н), аппарата КСП (А1У) и датчиков контроля.

Устройство контроля и информации УКИ (А1Р, Н01) контролирует состояние датчиков 80.1(3 - 8080 (кабель-тросовых выключателей), устанавливаемых вдоль конвейера, и обеспечивает в автоматическом режиме управление лебедкой натяжения ленты конвейера по сигналам электроконтактных манометров 8Р1 и 8Р2.

Устройство УКИ (А2Р, НС2) контролирует состояние датчиков схода ленты 8С<1Р- 80.12Р и других контактных элементов. При срабатывании какого-либо датчика или контакта, подключенных к релейным блокам А1Р, А2Р, последние выдают воздействие в блок управления А1М на отключение конвейера и информацию о том, какой элемент схемы сработал. Аппарат контроля скорости и пробуксовки ленты конвейера А1У контролирует время пуска конвейера, пробуксовку ленты конвейера относительно приводной (разгрузочной) барабана, превышение скорости ленты, снижение скорости ленты до 0,5 м/с, а также контролирует состояние

контактную датчика 8K1 контроля температуры масла в редукторе привода конвейера. При нарушении допустимых пределов в работе конвейера, превышении температуры нагрева масла в редукторе аппарат выдает воздействие на отключение привода конвейера и информацию о причине отключения.

Устройства пусковые А1, А2 (КУУВП-200) обеспечивают плавный пуск конвейера. В схеме устройства КУУВП-200 предусмотрена регулировка времени разгона конвейера.

Линия экстренной остановки конвейера состоит из последовательно включенных модулей Угп, к которым подключены выключатели кабель-тросовые 8010-8080, устанавливаемые вдоль конвейера на расстоянии до 70м друг от друга.

Назначение и выполняемые функции других элементов схемы приведены в табл. 10.18.

Через 1,5- 2 с после начала пуска конвейера в блоке А1М (блок БУ аппаратуры АУК.1М) включится реле и своими контактами включит пусковое устройство А1 (пускатель ПРВ-М), на двигатель М1 привода конвейера поступит напряжение сети.

Замыкающий блок - контакт пускателя КМ1 замыкает цепь контроля запуска конвейера в аппарате АIV (блоке БЭ аппарата контроля скорости и пробуксовки КСП). После растормаживания привода начинается плавный пуск конвейера. При скорости ленты 0,5 м/с в аппарате А1У (блоке Б аппарата КСП) включится реле и при достижении лентой конвейера номинальной скорости включится другое реле, которое через свои кон I акты подаст входной сигнал скорости в блок управления А1М (блок БУ аппаратуры АУК.1М).

В блоке управления А1М включится реле скорости и пусковой сигнал поступит к блоку управления следующего конвейера или если конвейер концевой - к блоку концевого реле (БКР), который подает сигнал к пульту управления на прекращение пусковой сигнализации и переключение

пусковой полярности сигнала на рабочую. Прекращается подача звуковой сигнала вдоль конвейера. Пуск конвейера окончен. Лебедка натяжения ленты включается с выдержкой времени, обеспечиваемой устройством А1Р (устройство контроля информации УКИ), когда натяжение ленты соответствует нижнему рабочему пределу, установленному на манометре 8Р2.

Таблица 10.18.

Функции элементов защиты конвейеров

Условное обозначение	Наименование аппарата	Тип	Исполнение	Завод-изготовитель	Назначение или выполняемые функции
1	2	3	4	5	6
A1, A2	Комплектное устройство управления пусковым взрывобезопасное	КУУПВ-200	РВ,ЗВ,Иа	УКРНИИВЭ г. Донецк	плавный пуск конвейера
A1P(НС1, 1121 -ТГ220) A2P (НС2, 021 -11220)	Устройство контроля и информации	УКИ	РВ,1В,Иа	ДЗША г. Днепропетровск	контроль состояния линий экстренного и аварийного отключения, информация о сработавшем датчике. Управление лебедкой натяжения ленты в автоматическом режиме п.п. 4.6.1,4.6.2,6.3.4, 6.3.6 ПБ
A1H(EM1, HA1 -HA3)	Устройство сигнализации и телефонной связи	УСТ	РВ, ЗВ, Иа	ДЗША г. Днепропетровск	питание аппаратуры автоматизации, звуковая сигнализация и телефонная связь, контроль сигнализации п.4.6.2е
A1M (HA 4)	Блок управления	АУК.1М	РВ 1В, Иа	то же	управление, контроль работы конвейера и заштыбовки. Сигнализация и телефонная связь п.п.4.6.1,4.6.2
A1Y(ВК1,ВК 2)	Аппарат контроля скорости и пробуксовки ленты	КСП	РВ, 1В, С, Иа	то же	контроль пробуксовки и скорости ленты конвейера, температуры масла в редукторе

	конвейера				п.п.4.6.1,4.6.2, 6.3.4
К1 (5Б2,УА1)	Аппаратура автоматизации орошения на перегрузках	АО-3	РВ, ЗВ, Иа	ПЗША Прокопьевск г.	автоматическое управление системой орошения п.4.6.1
М1,КМ2	Пускатель электромагнитный рудничный взрывозащищенный	ПРВ-М-160	РВ, ЗВ, Иа	Электротехнический завод г. Торез	управление и защита двигателей привода конвейера
КМ3,КМ4	Пускатель электромагнитный рудничный взрывозащищенный	ПРВ-М-32	РВ, ЗВ, Иа	Электротехнический завод г. Торез	управление и защита тормозного электромагнита и двигателя лебедки натяжения ленты конвейера
зга	Реле температурное	ТРМ11 - 01 80 с	РО, Иа	БЭТЗ Бершадь Винницкой обл. г.	контроль температуры масла редуктора привода конвейера
1	2	3	4	5	6
М1, М2	Двигатель 110 кВт,1500об/мин ,66 0/1140 В50Гц	2ЭДКЛЮ Ф - 250 БВ4	РВ ,ЗВ	ПЭМЗ г.Первомайск Луганской обл.	привод конвейера
М3	Двигатель 11 кВт, 1500 об/мин,660В	АИУ132 М4	РВ ,ЗВ	ПО «Южэлектронмаш» г. Новая Каховка	привод лебедки натяжения ленты конвейера
8В1	Пост управления кнопочный	КУ-93	РВДВ	3-д «Электроаппарат» г.Зеленокумск Ставропольский край	местное управление лебедкой натяжения ленты конвейера
8Р1, 8Р2	Манометр электроконтактный	БЭ-16Р6	РО,Иа	Манометровый завод г. Томск	контроль натяжения конвейера
501-803	Выключатель путевой	ВПВ-4А-11У5	РВ ,2В	3-д «Электроаппарат» г.Зеленокумск Ставропольский край	контроль положения тормозов (801,802), каретки натяжения ленты (803)
801Р-802Р	Датчик контроля схода ленты	КСЛ-2	РО,Иа	ДЗША г.Днепропетровск	контроль схода ленты конвейера п.4.6.1
8010-8080	Выключатель кабельтросовый	КТВ-2	РО,Иа	то же	экстренный останов конвейера п.4.6.1 ПБ

ХТ1	Ящик кабельный	ЯРВ1.1М	РВ,2В	З-д «Красный металлист» г.Конотоп	коммутация искробезопасных цепей при монтаже
УВ1,УВ2	Привод электромагнитный тормоза	ПЭТ.3	РВ,3В	З-д «Углеприбор» г. Луганск	привод тормозов конвейера
	Датчик контроля воды в пожарном ставе	УАК-2	РО, Иа		отключение привода конвейера при отсутствии воды в пожарном ставе
Т1,Т2	Датчик контроля температуры обмотки статора двигателя		РО, Иа		отключение привода конвейера при превышении температуры масла и обмотки статора

При этом включается двигатель лебедки МЗ и лента подтягивается. В гидроблоке системы натяжения растет давление, но лебедка остается включенной до тех пор, пока не замкнутся контакты манометра 8Р2, соответствующие верхнему заданному рабочему значению натяжения ленты. После этого лебедка отключается, а схема подготовлена для повторного включения. Контроль натяжения ленты может осуществлять оператор по показаниям электроконтактного манометра 8Р2.

Аварийный манометр 8Р1 контролирует аварийные пределы натяжения ленты конвейера. При аварийных пределах давления контактами манометра отключается реле в блоке АШ (блок БУ аппаратуры АУК.1М), вследствие чего отключается и конвейер.

Оперативная остановка конвейера производится нажатием кнопки «Стоп» на пульте или блоке А1М (аппаратуры АУК.1М). В этом случае пускателями КМ1, КМ2 отключаются приводы конвейера, пускатель КМ3 остается включенным. Наложение тормозов УВ1, УВ2 произойдет при снижении скорости ленты ниже 0,5м/с, что обеспечивается контактом аппарата А1У(контроля скорости и пробуксовки КСП), включенным в цепь включения КМ3. При скорости менее 0,5 м/с пускатель КМ3 отключается, конвейер останавливается.

При необходимости конвейер можно остановить с любого места по его длине (экстренный останов конвейера). Для этого необходимо потянуть за кабель-трос, чем отключается ближайший выключатель 8Ст (В результате в релейном блоке А1Р (аппаратуры АУК.1М) отключается реле, выключающее пускатели КМ1, КМ2, КМ3.

Схема управления возвращается в предпусковое состояние, если будет восстановлена целостность цепи экстренного отключения.

Аварийная остановка конвейера произойдет при:

1. Пробуксовке ленты конвейера.

В этом случае от действия аппаратуры А1У(аппаратуры контроля скорости и пробуксовки) сначала отключится реле в аппарате А1М (в блоках БУ АУК.1М), а также реле скорости и конвейер отключается. Повторный запуск его возможен только после нажатия кнопки «Деблокировка» аппарата А1У.

2. Заштыбовке или несрабатываемости выключателей 801,802 привода тормозов.

В остальных случаях остановка конвейера происходит при воздействии на любой из датчиков схода ленты 801Р, 802Р, при срабатывании тепловой защиты двигателей М1.М3, максимальной токовой или защиты от перегруза магнитных пускателей КМ1, КМ2, срабатывании от утечки выключателя питающей подстанции и при отсутствии напряжения на аппарате А1Н (устройство сигнализации и связи УСТ), А1М (аппарата управления АУК.1М).

Аппаратурой автоматизации обеспечиваются следующие электрические блокировки:

1) исключающая возможность пуска конвейера без предупредительного сигнала;

2) исключающая повторный пуск конвейера после аварийного отключения, вызванного затянувшимся пуском, пробуксовкой ленты, отключением пускателей привода;

3) обеспечивающая отключение конвейера при пуске, если рабочий орган конвейера (лента или барабан) не достиг номинальной скорости в течение заданного времени;

4) исключая возможность пуска и работы конвейера при отсутствии воды в противопожарном ставе, и срабатывании других защит, включенных в линию экстренной остановки;

5) обеспечивающая прекращение пуска или остановку конвейера при неисправных тормозах;

6) отключающая конвейер при крайних положениях натяжной каретки.

Световые и звуковые сигналы по всей длине конвейера перед пуском обеспечиваются устройством А1М (аппаратурой АУК.1М) и сигнализаторами НА1 - НА5 по команде с блока управления А1М (блок аппаратуры АУК.1М).

Кодовая сигнализация осуществляется воздействием на кнопку «Сигнал» в блоке А1М (аппаратуры АУК.1М) или А1М (устройства УСТ).

Подключение телефонов производится нажатием кнопки «Разговор». Применяемые в схеме управления аппараты дают световую сигнализацию, если на конвейере возникает аварийная ситуация.

Ленточные конвейеры с тросовыми лентами могут оснащаться аппаратурой контроля целостности тросов ленты типа УКПЛ. Контроль целостности тросов осуществляется с помощью индукционных датчиков, устанавливаемых на верхней и нижней ветвях ленты у приводного барабана, выдающих воздействие на отключение конвейера при уменьшении общего сечения всех тросов на 10%.

Разработана также аппаратура контроля давления става ленточного конвейера, позволяющая осуществлять контроль загрузки ленточного конвейера при отсутствии горной массы на ленте.

Из зарубежных аналогов аппаратуры управления ленточных конвейеров следует остановиться на английской аппаратуре фирмы «Davis Derby». Эта

аппаратура обеспечивает также речевую связь, сигнализацию и аварийный останов конвейера, его защиту и блокировку.

Примером применения такой аппаратуры может служить система управления конвейера «Трансдон» реализованная в ленточном конвейере завода им. Петровского. В системе «Трансдон», кроме известных блокировок, применен контроль температуры подшипников редуктора и приводных барабанов, а также контроль рабочей и аварийного натяжения ленты и контроль наличия дыма в выработке, который появляется при тлении или загорании ленты.

10.8. Система автоматического обнаружения пожаров в начальной стадии

Реализация требования ПБ об оснащении выработок, оборудованных ленточными конвейерами, системами автоматического обнаружения пожаров в начальной стадии, может быть выполнена на основе разработанной Конотопским заводом «Красный металлист» аппаратуры контроля оксида углерода «Сигма-СО».

Аппаратура контроля микроконцентрации оксида углерода - газоанализатор инфракрасный оптикоакустический «Сигма - СО» предназначен для автоматического непрерывного контроля микроконцентрации оксида углерода в шахтном воздухе с целью обнаружения эндогенных пожаров, (например, от самовозгорания) на ранних стадиях развития.

В газоанализаторе использован оптико-акустический метод анализа газов, основанный на измерении поглощения оксидом углерода инфракрасного излучения с длиной волны 4,7 мкм. Степень поглощения излучения зависит от концентрации оксида углерода в анализируемой смеси.

Газоанализатор «Сигма - СО» состоит из блока измерения газоанализатора (БИГ-1), стойки телеизмерения газоанализатора (СИГ-1), газопровода газоанализатора (Г Г-1), регистрирующего прибора.

Источником инфракрасного излучения являются два излучателя, представляющие собой две нихромовые спирали, нагреваемые от стабилизированного источника питания.

Блок измерения газоанализатора БИГ-1 (рис. 10.17) представляет собой взрывозащищенный корпус со встроенной электрической схемой, корпус имеет входной 1 и выходной 7 огнепреградители, кабельные вводы. В БИГ-1 через упомянутые штуцеры с помощью газопровода в газоанализатор ГГ-1 подается шахтный воздух. Потоки инфракрасного излучения, отражаясь от сферических отражателей, поступают в два оптических канала-кюветы. Оба потока прерываются обтюратором 6,25 раза в 1с. Анализируемый воздух непрерывно прокачивается через кювету побудителем расхода. Одна из кювет рабочая, другая сравнительная. В рабочую кювету анализируемый воздух поступает, не меняя своего состава; в сравнительную кювету - через реактор, где происходит каталитическое окисление оксида углерода CO до диоксида CO_2 . Составы газов в кюветах отличаются только наличием или отсутствием оксида углерода.

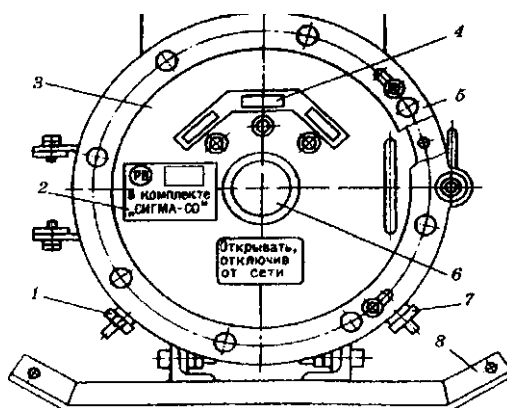


Рис. 10.17. 1 Блок измерения газоанализатора БИГ-1 аппаратуры «Сигма-СО»: 1,7 - соответственно входной и выходной огнепреградители газового тракта; 2 - табличка с указанием вида взрывозащиты; 3 - крышка основной камеры; 4 - окно световой сигнализации; 5 - блокировочная рамка; 6 - смотровое окно для контроля показаний регистрирующего прибора; 8 – салазки

Если анализируемый газ содержит оксид углерода, то в рабочей кювете поток прерывистого инфракрасного излучения ослабляется за счет

поглощения его оксидом углерода. В сравнительной кювете поток не меняется, так как оксид углерода в ней отсутствует. Из кювет оба потока излучения направляются в лучеприемные камеры лучеприемника, заполненные смесью оксида углерода с инертным газом. Колебания давления, возникающие в результате поступления прерывистого инфракрасного излучения в лучеприемные камеры, воспринимаются мембраной, служащей одной из обкладок конденсатора микрофона. При равенстве потоков инфракрасного излучения, попадающих в лучеприемные камеры, мембрана не колеблется, поскольку газ протекает из камеры с повышенным давлением в камеру с пониженным давлением.

При уменьшении потока излучения в рабочей кювете появляется разность переменных давлений в лучеприемных камерах и, следовательно, часть газа из камеры, находящейся за сравнительной кюветой, попадает в предмембранный объем, в результате чего давление увеличивается, что приведет к изгибу мембраны и к изменению объема. Мембрана колеблется с частотой обтюрации и амплитудой, пропорциональной содержанию оксида углерода в анализируемом воздухе.

Изменение емкости преобразуется измерительным преобразователем в переменное напряжение, детектированный сигнал усиливается и поступает на регистрирующий прибор, шкала, которою отградуирована в объемных процентах оксида углерода. Последовательно с регистрирующим прибором, включен самопишущий прибор, устанавливаемый в диспетчерской шахты в стойке телеизмерения СИГ- 1. На диаграммной ленте производится непрерывная запись состояния шахтной атмосферы.

Техническая характеристика аппаратуры «Сигма - СО»

Диапазон измерения в объемных долях СО, %		0 - 0.009
Предел допустимой приведенной погрешности в объемных долях СО, %	основной	±10
Напряжение питания блока БИГ-1, В		220, 380,660
Потребляемая мощность блока БИГ-1, В-А, не более		100
Время разогрева газоанализатора, мин, не более		180
Расход анализируемой газовой смеси, л/ч		от 30 до 60
Стабильность показаний		1 сутки
Габариты, мм, не более		
БИГ-1		680x570x6 50
СИГ-1		410x545x2 000
Масса, кг, не более		
БИГ-1		ПО
СИГ-1		160

Забор анализируемого шахтного воздуха может производиться на расстоянии до 200м от места установки газоанализатора с помощью трубопровода и имеющегося в схеме БИГ-1 побудителя расхода. На входе в трубопровод устанавливается заборное устройство, осуществляющее предварительную очистку шахтного воздуха. Для удаления влаги в газовом тракте установлен влагоотделитель.

При применении аппаратуры «Сигма-СО» для выработок с ленточными конвейерами забор воздуха должен производиться с исходящей из выработки струи, установка блока измерения газоанализатора БИГ-1 рекомендуется в специальной нише, стойка телеизмерения газоанализатора СИГ-1 устанавливается в диспетчерской шахты и рассчитана на шесть

регистрирующих приборов М392. Таким образом, одна стойка СИГ-1 может обеспечить 6 точек контроля оксида углерода.

По регистрирующему прибору и записи на ленте самописца СИГ-1 диспетчер имеет возможность контролировать концентрацию СО. В случае возникновения тления, например, продуктов истирания ленты при пробуксовке на приводном барабане, в шахтном воздухе появится оксид углерода, что воспринимается аппаратурой «Сигма-СО» и отображается на стойке телеизмерения.

По этой информации диспетчер может принять оперативные меры по уточнению ситуации и ликвидации пожара в начальной его стадии, а также по вводу в действие мероприятий согласно «Плану ликвидации аварии».

10.9. Предупреждение пожаров от электрического тока

Воспламенение горючих материалов в подземных выработках, в которых проложены кабельные сети, может произойти как от теплового действия токов утечки, перегрузки и других ненормальных режимов, существующих длительно, так и под действием электрической дуги т. к. з., существующих кратковременно, поскольку дуга, благодаря высокой температуре, отличается высокой интенсивностью излучения, а энергия обусловленного ею теплового импульса составляет десятки и даже сотни тысяч джоулей.

В МакНИИ были проведены экспериментальные исследования, имевшие целью установить возможность воспламенения горючих материалов электрической дугой, возникающей при механическом повреждении кабеля марки СБ, подключенного к сети напряжением 6 кВ, и существующей в течение времени действия отключающей аппаратуры.

Как известно, возникновение горения возможно в том случае, если температура пламени источника воспламенения превышает температуру вспышки или воспламенения горючего вещества или же источник передает (путем теплопроводности, конвекции или излучения) горючей массе

количество тепловой энергии, достаточное для нагрева последней до температуры самовоспламенения.

Дуга, возникающая между токопроводящими жилами бронированного кабеля, по своим физическим свойствам сходна с электросварочной дугой между медными электродами, температура столба которой в воздухе уже при токе, равном 3А, превышает 4000° К.

Однако дуга, горящая между жилами кабеля, имеет еще более высокую температуру, так как, во-первых, в подземных сетях высокого напряжения величина тока дугового к.з. достигает нескольких тысяч ампер, а во-вторых, горение протекает в более активной среде, образующейся в результате разложения органической изоляции жил кабеля под действием высокой температуры дуги.

В начальный период возникновения открытой дуги нагревание оказавшегося вблизи нее горючего материала происходит за счет передачи тепла дуги излучением. Интенсивность излучения, как известно, пропорциональна четвертой степени температуры, а количество тепловой энергии, воспринимаемой облучаемым телом, определяется также поглощательной способностью последнего, ею массой, теплоемкостью, расстоянием от источника и времени облучения.

В процессе горения дуги происходит бурное испарение металла жил кабеля и образование газообразных продуктов вследствие разложения материала изоляционных и защитных покрытий. Смесь газов и частиц металла благодаря давлению дугового газа выбрасывается в окружающую атмосферу и, сгорая в ней, образует пламя высокой температуры, что в свою очередь, ускоряет процесс воспламенения горючего вещества.

Таким образом, период воспламенения горючего материала электрической дугой т.к.з. характеризуется многообразием термических процессов, на протекание которых оказывает влияние множество факторов, аналитический учет которых представляет чрезвычайно большие трудности.

В связи с этим, определение безопасного времени отключения открытого дугового к.з. целесообразно производить экспериментальным путем.

Опыты по определению пожаробезопасности и дуговых к.з., возникающих при механических повреждениях высоковольтных бронированных кабелей, производились на установке, состоящей из высоковольтной ячейки специальной конструкции, снабженной защитами от сверхтоков и утечек на землю, и вспомогательного оборудования. Запись токов к.з. и напряжений сечи, а также других величин, характеризующих аварийный режим и работу релейных защит, осуществлялась с помощью осциллографа. Кроме того, защиты от сверх токов и утечек имели оптическую сигнализацию, что позволило также регистрировать срабатывание указанных защит визуально.

Питание экспериментальной установки осуществлялось от силового трансформатора ТМ-6400/35 мощностью 6400 кВА по схеме, приведенной на рис. 10.18.

Расчетная мощность и ток металлического трехфазного к.з. на шинах ячейки экспериментальной установки, приведенные к напряжению 6,3 кВ составили: при полностью введенных реакторах - 28.4МВА и 2,6кА; при использовании отпаяк - 48,3МВА и 4,43кА.

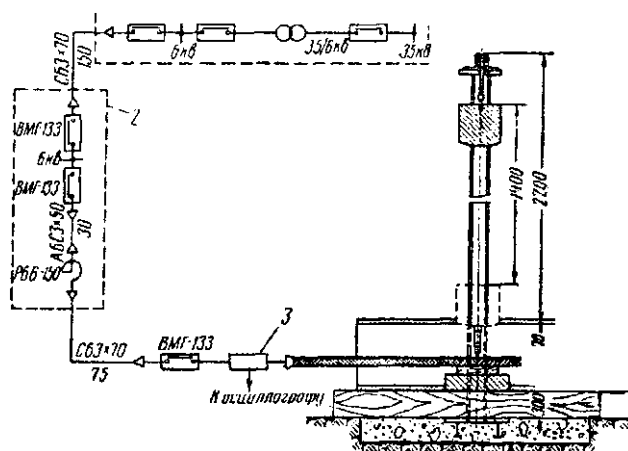


Рис. 10.18. Схема питания экспериментальной установки: 1 - районная подстанция 35/6 кВ; 2 - шахтная поверхностная подстанция 6 кВ; 3-блок измерительных трансформаторов тока

Повреждение кабеля осуществлялось с помощью металлического острозаточенного клина с отверстием, а также клина с закругленной (по радиусу 25 мм) кромкой. В опытах с применением острозаточенного клина кабель укладывался на деревянный брус, лежащий на металлическом основании, предназначенном для ограничения хода клина. Толщина деревянного бруса принималась равной высоте нижней части клина (от вершины режущей кромки до отверстия) с тем, чтобы после перерубания кабеля отверстие клина устанавливалось против кабеля. В этом случае клин не препятствует действию дуги на окружающие кабель горючие материалы. Клин устанавливался перпендикулярно оси кабеля и поддерживался направляющими стержнями. Внедрение клина в кабель осуществлялось за счет энергии удара, возникающего при сбрасывании на клин груза массой 300 кг с высоты 1,4 м.

При воздействии на кабель острозаточенного клина имитировались такие виды повреждения, которые сопровождаются разрывом кабеля или перебиванием его обрушившейся породой при нахождении кабеля на металлическом предмете, например на борту вагонетки. Клин с закругленной кромкой применялся для образования вмятин, приводящих к трехфазным к.з. внутри кабеля. В качестве горючих материалов были использованы: бумага и отходы древесины, угольная пыль и кабельный джут. При этом в качестве отходов древесины использовались высушенная сосновая стружка, а вместо деревянных затяжек - пиленые сосновые бруски размером 300x40x40 мм воздушно-сухой сушки, имеющие общую относительную влажность 15-20 % с чистой и весьма развитой поверхностью на торцах.

Из таких брусков в испытательной трубе выкладывались два костра, располагаемые по обе стороны клина вдоль кабеля (рис. 10.19), причем последний пропускался через середины обоих костров. Торцы брусков, укладываемых возле кабеля, располагались в непосредственной близости от предполагаемого места повреждения.

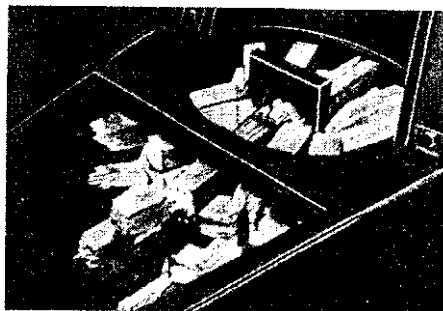
Испытательную трубу во время опыта продували со скоростью 0,2 м/с.

Минимальное число опытов для одних и тех же условий испытания было принято равным 10.

Крайне затруднительные условия проведения опытов (использование действующего производственного оборудования, ограничение числа к.з. и др.), а также необходимость определения работоспособности аппаратуры защиты от утечек в условиях реальной сети позволили произвести указанные опыты только для времени отключения 0,1 с.

В связи с этим результаты проведенных исследований могут характеризовать главным образом качественную сторону пожароопасности некоторых видов повреждений в условиях, в известной мере близких к эксплуатационным.

Пожарная опасность электрической дуги т.к.з. оценивается в конечном счете ее способностью вызвать длительное устойчивое горение окружающих материалов, разумеется, при самых благоприятных условиях, которые максимально приближались бы к реальным шахтным условиям



В тех же случаях, когда дуга не способна вызвать длительное горение, сравнительная оценка результатов опытов может быть произведена по числу случаев кратковременного горения, самопрекращающегося даже при наличии благоприятных условий для его продолжения.

При этом имеется в виду, что с увеличением числа случаев кратковременного горения повышается также и вероятность возникновения длительного устойчивого горения.

В процессе исследований получены следующие основные результаты, приведенные в табл. 10.19.

Бумага и крупная сухая сосновая стружка воспламенялись дугой т.к.з., равного 2,4 кА и соответствующего мощности короткого замыкания 28,4 МВА, даже при минимальной длительности ее горения, полученной на данной аппаратуре и равной 61 мс.

Воспламенение угольной пыли, насыпанной на сеточный противень при толщине слоя $8\text{сл}=3+5$ мм и содержании летучих 42%, отмечено при токе дугового к.з., равном 2,4 кА, протекавшем в течение 116 мс. При этом горение угольной пыли протекало в виде тления на нескольких участках площадью от 5 до 20 см^2 до полного ее сгорания. Наиболее интенсивное тление пыли наблюдалось на тех противнях, которые продувались струей воздуха снизу.

Длительное горение костра, сложенного из сосновых брусков, высушенных в термостате и имеющих общую относительную влажность $W_{\text{общ}} = 5/10\%$, зафиксировано в одном из четырех опытов при дуговом т.к.з., равном 2,4 кА и длившемся 118 мс.

В этой же группе опытов отмечено два случая пламенного горения в течение 60 и 180 с и один случай тления в течение 120 с.

Ни пожара, ни кратковременного горения сосновых брусков воздушносухой сушки ($W_{\text{общ}}=15+0\%$) не наблюдалось ни в одном из 13 опытов повреждения кабеля марки СБ 3х16 острозаточенным клином с отверстием, сопровождавшихся токами к.з., равными 2,4 кА, при средневзвешенной продолжительности, равной 111мс. При включении напряжения на поврежденный кабель в этой группе опытов (13кз=2,4 кА, $1\text{к}=142$ мс) получено семь случаев тления и два случая пламенного горения древесины на горцах брусков, продолжавшихся от 5 до 60 с. Тление древесины как в этих, так и во всех остальных опытах наблюдалось, как правило, в нескольких точках, а площадь очага тления составляла 3-10 мм^2 .

При дуговом т.к.з., равном 3,5кА и мощности короткого замыкания 48.3МВА, средневзвешенная продолжительность которого составила 111 мс, не отмечено ни одного длительного горения древесины в 68 опытах при повреждении кабелей марки СБ с сечениями жилы 16,25 и 35 мм² острозаточенным клином с отверстием и клином с закругленной кромкой. Однако при этом отмечено 30 случаев тления древесины в течение 30-90 с. Однократное включение напряжения на поврежденный кабель ($I_{к.з.}^3=3,5$ кА, $t_{к.з.}=112$ мс) также не привело к пожару древесины ни в одном из 58 опытов. Однако при этом в 49 случаях отмечено тление древесины в течение 15-120 с и в 3 случаях - пламенное горение в течение 20-60 с.

Следует отметить, что существенного отличия в результатах опытов, оцениваемых числом случаев кратковременного горения, для одних и тех же условий, но при различных сечениях токоведущих жил кабеля не наблюдается, за исключением одной группы опытов, в которых кабель СБ 3х35 повреждался острозаточенным клином с отверстием ($I_{к.з.}^3=3,53$ кА, $t_{к.з.}=117$ мс) и число случаев кратковременного горения составило 8 против 16 и 9 соответственно для кабелей СБ 3х16 и СБ 3х25.

Однако нельзя считать, что на число случаев кратковременного горения оказало существенное влияние сечение жилы кабеля, поскольку в опытах по включению напряжения на поврежденный кабель эти величины мало отличаются друг от друга. По-видимому, на снижение числа случаев кратковременного горения наиболее существенно повлияла более высокая механическая прочность кабеля СБ 3х35.

При повреждении кабеля СБ 3х16 острозаточенным клином при $I_{к.з.}^3=2,4$ кА и $t_{к.з.}^3=125$ мс в 37 опытах, а также при $I_{к.з.}^3=3,5$ кА и $t_{к.з.}=102$ мс в 16 опытах не зафиксировано ни одного случая даже кратковременного горения кабельного джута. Таковы же результаты и 13 опытов однократного включения напряжения на поврежденный кабель при $I_{к.з.}^3=2,4$ кА и $t_{к.з.}=142$ мс.

Однако при дуговом т.к.з., равном 3,5 кА, в одном из 25 опытов включения напряжения на поврежденный кабель СБ 3х16 имело место длительное горение кабельного джута, расслоившегося на отдельные нити, при $t_{к.з.} = 110$ мс. В этой же группе опытов отмечено 5 случаев пламенного горения джута в течение 20-200 с и 3 случая тления в течение 90 и 100 с.

Повреждение кабеля СБ 3х16 клином с закругленной кромкой ($I_{к.з.}^3 = 3,4$ кА, $t_{к.з.} = 99$ мс) во всех 11 опытах сопровождалось прожогом его защитных оболочек и джутового покрытия.

Повреждение кабелей СБ 3х25 и СБх35 при $I_{к.з.}^3 = 3,5$ кА и $t_{к.з.} = 117$ мс в 12 опытах из 41 сопровождалось кратковременным горением джута при прожоге защитных оболочек кабеля. Только в одном из 33 опытов включения напряжения на поврежденный кабель СБ 3х25 и

СБ 3х25 ($I_{к.з.}^3 = 3,55$ кА и $t_{к.з.} = 110$ мс) имело место тление джута в течение 20 с.

Необходимо указать, что при оценке пожароопасное кабельного джута следует также учитывать, что последний является весьма опасным распространителем огня. Согласно данным зарубежных исследований, по горящему бронированному кабелю с пропитанной бумажной изоляцией, со свинцовой оболочкой и джутовой оплеткой в подземных выработках пламя может распространяться со скоростью 0,3-0,5 м/мин. Особую опасность представляет джутовая оплетка, расчлененная на отдельные нити, что часто встречается в сухих подземных выработках.

Следует также отметить, что в одном из опытов, в котором включение напряжения на кабель СБ 3х16, поврежденный клином с закругленной кромкой, было произведено дважды с интервалом 1-2 с (в табл. этот опыт не приведен), имело место длительное устойчивое горение сосновых брусков воздушно-сухой сушки ($I_{к.з.}^3 = 3,64$ кА, $t_{к.з.} = 2 \times 170$ мс). Осциллограммы двух опытов и образцы поврежденных кабелей приведены на рис. 3.20.

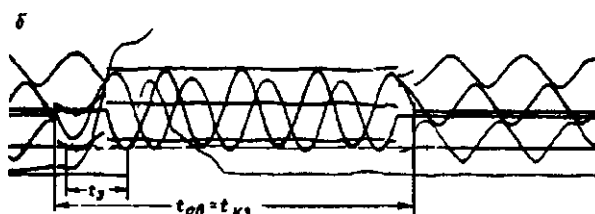


Рис. 10. 20. Осциллограммы опытов повреждения кабеля СБ 3×25:

а - острозаточенным клином с отверстием: $t_3 = 23$ мс; $t_{к.з.} = 90$ мс;
 $t_{ав.} = 95$ мс; (5 - клином с закругленной кромкой: $t_3 = 18$ мс; $t_{к.з.} = t_{ав.} = 96$ мс;
 U_A, U_B, U_C – напряжение фаз; I_A, I_B - токи к.з. в фазах А В; $I_{п.у.}, I_{ок}$ - токи
утечки через реле утечки и через отключающую катушку

Из изложенного следует:

электрическая дуга, возникающая при механическом повреждении бронированного кабеля любого участка подземной сети напряжением 6 кВ при длительности т.к.з. 0,1 с, воспламеняет легкозагорающиеся материалы (бумага, стружка, угольная пыль и др.), находящиеся в непосредственной близости от места повреждения.

Электрическая дуга, возникающая при механическом повреждении бронированного кабеля, подключенного к сети напряжением 6 кВ и мощностью к.з. 50 МВА при длительности т.к.з. 0,1 с, неопасна в пожарном отношении для деревянной крепи (стоек и затяжек), находящейся в непосредственной близости от места повреждения, хотя она бывает способной вызвать кратковременное самопрекращающееся горение (главным образом тление). В этих же условиях не представляет пожарной опасности повторное однократное включение напряжения на поврежденный кабель.

Электрическая дуга, возникающая при механическом повреждении бронированного кабеля, подключенного к сети напряжением 6 кВ и мощностью к.з. 50 МВА при длительности т.к.з. 0,1 с, не вызывает длительного горения джутового покрытия кабеля, хотя в этих условиях может иметь место его кратковременное самопрекращающееся горение, например в случае прожога защитных оболочек кабеля. В этих же условиях маловероятно также длительное горение джута и при повторном

однократном включении напряжения на поврежденный кабель (при испытаниях имел место один случай длительного горения джута, расслоившегося на отдельные нити, на 58 опытов).

Основными причинами возникновения рудничных пожаров из-за повреждений бронированных кабелей высокого напряжения, проложенных в подземных выработках угольных шахт, являются наличие вблизи места повреждения кабеля легковоспламеняющихся материалов, а также неисправность или наличие выдержки времени защиты от сверхтоков и повторная многократная подача напряжения на поврежденный кабель.

10.10. Организация противопожарной защиты шахт

На угольных шахтах для предотвращения возникновения пожаров принимаются все необходимые меры. На крупных шахтах организованы подземные горноспасательные пункты, в подземных выработках размещены средства и оборудование для борьбы с подземными пожарами. Работники шахт должны быть обучены правилам применения средств пожарозащиты, что обеспечит ликвидацию пожаров в начале их возникновения.

Как показала практика, почти все экзогенные пожары, на ликвидацию которых было затрачено много времени и средств, получили значительное распространение из-за отсутствия в месте их возникновения необходимых средств пожаротушения.

Согласно Правилам безопасности каждая шахта, как строящаяся, так и находящаяся в эксплуатации, с целью подготовки ее к ликвидации возможных пожаров должна быть обеспечена противопожарной защитой, для чего составляются проекты противопожарной защиты. Эти проекты должны предусматривать противопожарную защиту, как поверхностного технологического комплекса шахты, так и всех подземных выработок шахты.

Все надшахтные сооружения должны быть оборудованы согласно требованиям «Противопожарных норм строительного проектирования шахт, карьеров, обогатительных и брикетных фабрик угольной промышленности»

и «Противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест». Примерная схема размещения противопожарных устройств и средств пожаротушения шахты показана на рис. 10.21 .

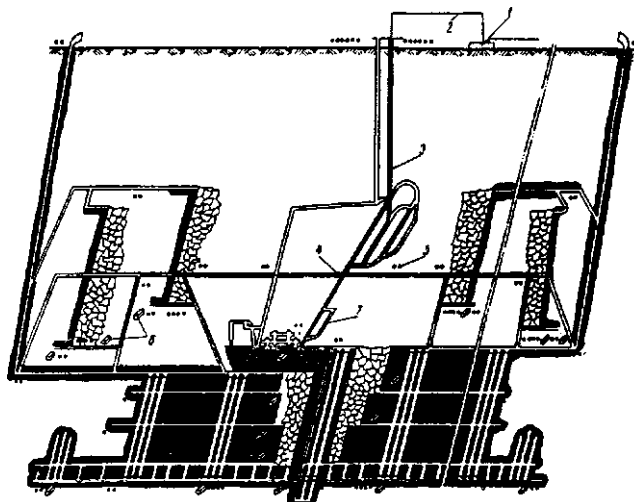


Рис. 10.21. Схема размещения противопожарных устройств и средств пожаротушения

На поверхности шахты расположены: водоем 1 емкостью не менее 250 м^3 , специальная насосная установка сети поверхностного противопожарного трубопровода 2 с отводами, вентилями и пожарными гайками. Для того чтобы в случае необходимости подавать воду с поверхности в шахту, противопожарный трубопровод на поверхности шахты должен быть соединен с трубами центрального водоотлива 3. У устьев стволов шахт устанавливаются огнетушители, пожарные стволы и пожарные рукава.

По основным выработкам прокладывается противопожарный трубопровод 4. В камерах, местах установки электрооборудования в выработках, в подготовительных забоях, в выработках у очистных забоев размещают средства борьбы с огнем: ручные огнетушители 5, ящики с песком или инертной пылью 6. В районе околоствольного двора оборудуется депо 7 для противопожарных поездов.

На противопожарных трубопроводах, которые проложены по горным выработкам, через каждые 200 м, а также на разветвлениях и пересечениях

выработок и у каждой камеры должны устанавливаться отводы с вентилями и пожарными гайками. Специальные противопожарные трубопроводы должны быть постоянно наполнены водой и находиться под давлением.

Воздухопроводы и пульпопроводы, которые в случае пожара также используются как противопожарные, должны быть соединены со специальными противопожарными трубопроводами и приспособлены для подачи по ним воды путем открытия вентиля.

Во всех подземных выработках шахт необходимо иметь средства пожаротушения: огнетушители, песок и пр.

Для того чтобы предупредить загорание шахтных сооружений, необходимо при их возведении применять негорючие материалы, которые должны удовлетворять требованиям, изложенным в табл. 10.20.

Крепь горных выработок по группам сгораемости должна соответствовать табл. 10.21.

Если для крепления подземных выработок шахты применяется металлическая или железобетонная крепь, деревянные затяжки не должны применяться.

Особое внимание при оборудовании противопожарной защиты шахт должно быть уделено защите стволов шахт или штолен, которые подают свежий воздух в шахту. Для этого к устью каждого ствола или штольни необходимо подвести противопожарный трубопровод с двумя кранами, расположенными на противоположных сторонах ствола или штольни и оборудованными пожарными стволами с насадками и рукавами длиной 15-20 м.

Таблица 10.20.

Характеристики групп сгораемости материалов

Группа сгораемости	Материалы	Конструкции
Несгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют, не обугливаются	Выполненные из негорючих материалов (бетон, кирпич, бетонит, железобетон, камень, металл - только для сооружения копров, металлическая крепь с железобетонными затяжками)

Трудногораемые	Под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть при наличии источников огня (после удаления источников огня, горение и тление прекращаются)	Выполненные из трудногораемых материалов, а также конструкции из сгораемых материалов, защищенных от огня глубокой пропиткой огнезащитными составами. Сюда также относятся металлическая крепь из железобетонных стоек с деревянными затяжками, пропитанными огнезащитными составами
Трудновоспламеняемые	Под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются и продолжают гореть при наличии источника огня. После удаления огня слабое горение продолжается и почти не распространяется на соседние участки крепи	Выполненные из деревянных стоек и затяжек, предварительно полностью обмазанных огнестойким покрытием, или из деревянной крепи, в которой стойки деревянные, а затяжки железобетонные или пропитанные огнезащитными составами
Сгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют после удаления источников огня	Заполненные из сгораемых материалов, не защищенных от огня обмазкой из несгораемых материалов или огнезащитной пропиткой

Таблица 10.21.

Требование к крепи горных выработок по сгораемости

Наименование выработок	Группа сгораемости
Устья стволов и штолен, а также устья шурфов, подающих в шахту струю свежую воздуха, на протяжении не менее 10 м	Несгораемая
Сопряжения стволов и штолен, а также шурфов, подающих в шахту струю свежего воздуха, с выработками горизонтов и околоствольных дворов на протяжении не менее 10 м, в каждую сторону от места сопряжения	Несгораемая
Выработки околоствольных дворов	Несгораемая или трудногораемая
Устья уклонов, бремсбергов и ходки при них и их сопряжения с откаточными и вентиляционными штреками на протяжении не менее 10 м в каждую сторону от места сопряжения	Несгораемая

Электромашинные камеры и камеры подстанций, в которых устанавливается электрооборудование с масляным заполнением, а также все электромашинные камеры, не содержащие электрооборудования с масляным заполнением со сроком службы один год и более	Несгораемая
Электромашинные камеры, не содержащие электрооборудования с масляным заполнением, со сроком службы до одного юла	Трудногораемая (деревянная со слоем цементного рас жора 10ЛЩИНОЙ не менее 10 мм по металлической сетке)
Выработки на протяжении 15 м во все стороны от электромашинных камер и подстанций	Несгораемая

У устьев стволов и штолен должны иметься ручные огнетушители, ящики с песком или инертной пылью, бочки с водой и щиты с противопожарным инвентарем (ведра, багры, лопаты и др.).

Устья вертикальных стволов шахт, через которые воздух поступает в подземные выработки, должны быть оборудованы металлическими лядами, а в устьях наклонных стволов и штолен должны быть противопожарные металлические двери. Специальные металлические двери устанавливаются также в выработках околоствольных дворов, в электромашинных камерах, на верхних и нижних приемных площадках бремсбергов, уклонов.

Противопожарные трубопроводы с пожарными кранами и резиновыми рукавами длиной 15-20 м через каждые 200 м необходимо прокладывать в наклонных стволах или штольнях. Пожарные краны на противопожарных трубопроводах должны также устанавливаться и в местах пересечения стволов с этажными штреками и другими выработками. В случае если по наклонному стволу или штольне проложен водоотливный став, прокладка специального противопожарного трубопровода не обязательна, но став должен быть оборудован пожарными кранами и шлангами.

У пересечения наклонных стволов с этажными штреками необходимо располагать по 2 - 4 пенных ручных огнетушителя.

Если вскрывается несколько пластов капитальным квершлагом, то в местах пересечения должны устанавливаться отводы с вентилями и противопожарными гайками. У верхней и нижней приемных площадок

уклона противопожарный трубопровод должен иметь устройство для соединения его с водоотливным ставом уклона.

Если шахта разрабатывает пласты крутого падения, противопожарный водопровод у мест пересечения с капитальным квершлагом должен быть приспособлен для присоединения его к воздухопроводу, что в случае пожара позволит осуществлять подачу воды на участок, где возник пожар.

Значительную опасность при возникновении пожара представляют электромашинные камеры околоствольного двора. Для противопожарной защиты их в околоствольном дворе и прилегающих к двору выработках должен прокладываться противопожарный трубопровод, соединенный с центральным водоотливом. В камере центрального водоотлива или другого водоема с достаточным запасом воды следует установить специальный пожарный насос, подключенный к противопожарному водопроводу.

В соответствии с инструкцией по противопожарной защите угольных и сланцевых шахт все подземные камеры должны иметь оборудование и противопожарные средства, указанные в табл. 10.22

Через каждые 50 м в выработках околоствольного двора с деревянной крепью, а также у каждой камеры следует устанавливать противопожарные краны с резиновыми рукавами длиной 20 м и брандспойтами. Примерная схема противопожарного оборудования электровозного депо показана на рис. 10.22.

Выработки, соединяющие стволы шахты с выработками с поступающей и исходящей струей воздуха, должны закрепляться негоряемыми материалами.

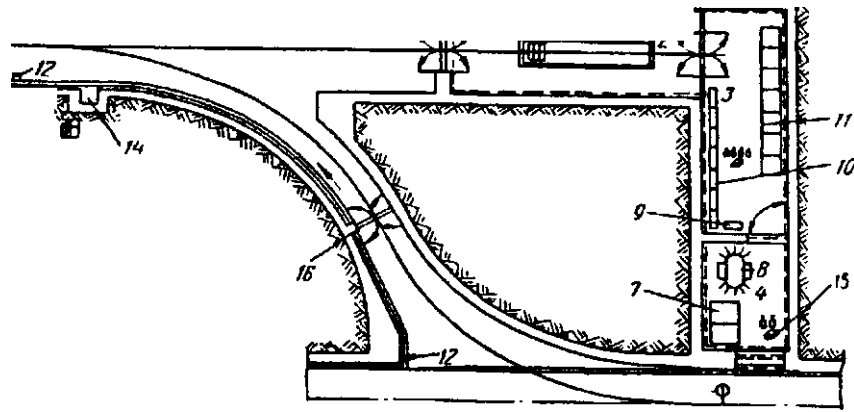


Рис. 10.22. Противопожарное оборудование электровозного депо: 1 - зарядная камера, 2 - мастерская, 3 - подстанция, 4 - трансформаторная камера, 5 - зарядный стол, 6 - смотровая яма, 7 - высоковольтный распределительный ящик, 8 - трансформатор, 9 - взрывобезопасный фидерный автомат, 10 - пускатель, 11 - выпрямитель, 12 - пожарный кран, 13 - ручной пенный огнетушитель, 14 - стационарный огнетушитель, 15 - ящик с песком (инертной пылью), 16 - противопожарные двери, 17 - вентиляционный ходок

Откаточные и вентиляционные выработки, закрепленные стораемой крепью, необходимо оборудовать зонами из несгораемой или трудносгораемой крепи протяженностью 50 м через каждые 200-400 м выработки.

Средства пожаротушения - огнетушители, песок и др. должны быть также расположены: в очистных забоях, в каждой лаве у конвейерного привода - 1-2 ручных пенных огнетушителя и ящик с песком или инертной пылью в количестве 100-200 кг; у всех пунктов погрузки и перегрузки угля со стороны поступающего свежего воздуха по 4 ручных пенных огнетушителя и по ящику с песком в количестве 100-200 кг; в лебедочных камерах уклонов, бремсбергов должны устанавливаться мощные стационарные огнетушители.

Участковые трансформаторные камеры и камеры выпрямителей, которые не имеют постоянного обслуживающего персонала, следует оборудовать автоматически закрывающимися металлическими дверями.

10.11. Способы тушения пожаров и область их применения

Все способы тушения пожаров сводятся к прекращению доступа кислорода к горящим материалам и снижению их температуры, а при подземном пожаре - еще и к снижению температуры окружающих пород до пределов, исключающих повторное возгорание.

Активные способы заключаются в непосредственном воздействии на очаг пожара огнегасительными средствами: водой, пеной, инертными газами, сыпучими и другими материалами как непосредственно в месте его образования, так и при выемке горящих масс из очага пожара, например из выработанного пространства при эндогенных пожарах на тонких пластах с устойчивой кровлей.

Активные способы обычно применяют в начальный период развития пожара, а также во всех случаях, когда очаг доступен для непосредственного тушения и для этого имеются в достаточном количестве силы и средства.

Способ изоляции заключается в прекращении притока свежего воздуха к очагу пожара путем возведения в горных выработках изоляционных перемычек, воздухо непроницаемых устройств, а также путем закрывания трещин и провалов, через которые может проникать в пожарный участок воздух. При этом в воздухе изолированного пожарного участка постепенно снижается содержание кислорода до уровня, при котором прекращается горение (2-5 %) и начинается остывание окружающих пород.

Способ изоляции применяется в случаях, когда очаг пожара находится в месте, не доступном для непосредственного воздействия на него огнегасительными средствами, как, например, при эндогенных пожарах в выработанном пространстве, когда отсутствует возможность выемки из него горящих масс. К изоляции прибегают также в тех случаях, когда при бурно

развивающемся пожаре на месте нет достаточных сил и средств для непосредственного воздействия на очаг.

Комбинированные способы заключаются в сочетании предварительной изоляции очага пожара с последующим тушением его активным способом. Эти способы применяются в тех случаях, когда пожар распространился на большой площади, подступы к нему затруднены из-за высокой температуры и на месте отсутствует достаточное количество огнегасительных средств. Для прекращения развития пожара возводят на доступном от очага расстоянии парные временные изоляционные перемычки с открывающимися проемами либо закрывают пожарные двери. После частичного затухания пожара, последовательно путем шлюзования через проемы парных перемычек возводят новые перемычки, уменьшая объем изолированных выработок, и ведут тушение пожара по частям подготовленными к этому времени огнегасительными средствами.

В некоторых случаях при изоляции пожара перемычками для более эффективного тушения пожарный участок заполняют инертными газами или заиливают. Такой способ тушения также можно отнести к комбинированным. Тушение пожара без предварительной изоляции заполнением пожарного участка пеной, водой (затопление), заилровкой или инертными газами относят к дистанционным способам тушения.

Преграждение распространения пожара с использованием водяных завес, зон из негорючей крепи, пожарных дверей, искусственных завалов выработок и других средств называется локализацией пожара. Надежная локализация пожара, в конечном счете, приводит к его потуханию вследствие выгорания горючего материала или снижения содержания кислорода в границах локализованных зон. Поэтому изоляция подземного пожара является частным, случаем его локализации.

Общим тактическим приемом тушения подземного пожара является его окружение, заключающееся в воздействии на него средствами тушения на

всех подступах к нему и на всех путях возможного его распространения с последующим сужением границ окружения до полной ликвидации очага.

Тушение водой и пеной

Тушение водой осуществляется при помощи компактных и раздробленных струй, создаваемых пожарными стволами и водоразбрызгивателями. Компактными струями тушат пожар со стороны поступления потока свежего воздуха. Преимуществом компактных струй перед раздробленными являются возможность сосредоточить всю массу подаваемой воды на горящие участки очага и удобство маневрирования струей с безопасного расстояния от очага.

Водоразбрызгивателями создают водяные завесы для непосредственного тушения и преграждения распространения (локализации) пожара. Для локализации пожара водоразбрызгиватели устанавливают неподвижно со стороны поступления исходящего потока воздуха. Тушат пожар водяной завесой в вертикальных и наклонных выработках. Водоразбрызгиватель прикрепляют к специальному или подъемному канату, к передней лобовой стенке вагонетки или к подъемному сосуду, маневрируя ею в районе пожара.

Преимущества водяных завес по сравнению с компактными струями состоят в следующем. При использовании как подвижных, так и неподвижных завес в зоне высоких температур отсутствуют люди. Имея значительно большую, чем в компактной струе, водную поверхность на единицу объема воды, завеса эффективнее снижает температуру пожарных газов и действует одновременно по всему сечению выработки.

При тушении подземных пожаров водой применяют прием окружения в следующем порядке. Устанавливают со стороны поступающего потока воздуха возможно ближе к очагу временную водяную завесу. Затем реверсируют воздушный поток и устанавливают вторую завесу с другой стороны очага. После этого придают потоку нормальное направление, снимают временную завесу и тушат пожар со стороны поступающего потока

цельной струей воды, в то время как распространение пожара по направлению воздушного потока локализуется установленной при реверсировании завесой. Тушение пожаров в горных выработках затоплением водой является крайней мерой, которая может привести к их безвозвратной потере. Однако когда выработки можно затопить в короткий срок и сравнительно небольшим количеством воды, не возводя при этом большого числа водоупорных перемычек, этот способ достаточно эффективен, в особенности при пожарах, осложненных взрывами. Самым распространенным первичным средством тушения пожаров является химическая пена, подаваемая ручными огнетушителями. Большой запас огнетушителей, имеющийся в горных выработках, в противопожарных поездах и складах, позволял в ряде случаев успешно применять их и при развивающемся пожаре в тех случаях, когда нельзя в короткий срок подать воду к очагу.

Для тушения пожаров в труднодоступных местах - за завалами, в куполах над крепью, а также в протяженных вертикальных и наклонных выработках - успешно применяется высокократная воздушно-механическая пена, подаваемая из пеногенераторов. В зависимости от скорости вентиляционного потока и параметров пеногенератора воздушно-механическую пену можно подать по горизонтальным выработкам на расстояние до 400 м. При своем перемещении пена преодолевает завалы, свободно проходит крутые повороты, расширенные участки выработки и другие препятствия. Попавшие в пенный поток люди могут свободно дышать. Особенно успешно воздушно-механическая пена как дистанционное средство пожаротушения может применяться в вертикальных и наклонных выработках, в которых опасно находиться людям вверху из-за возможного самопроизвольного реверсирования вентиляционного потока, а внизу - из-за падения на них горячей крепи, породы и других предметов.

Недостатком воздушно-механической пены является ее малая теплоемкость (ниже теплоемкости воды в соответствии с кратностью пены),

а также то, что пузырьки пены при подходе к очагу лопаются и к нему поступает кислород, находящийся в пузырьках воздуха. Поэтому НИИГД ведутся работы по созданию пеногенераторов для получения пены на основе инертного газа.

Изоляция пожарных участков

К изоляции подземного пожара как к самостоятельному способу тушения прибегают лишь в том случае, если подавление очага активными способами не может дать положительных результатов. Изоляция является крайней мерой по следующим соображениям. Ввиду того, что в условиях нарушенных горных пород и высокой газопроницаемости изоляционных сооружений практически нельзя достичь полной герметизации участка, а также в связи с большими сроками остывания горного массива тушение изоляцией длится от нескольких месяцев до нескольких лет. На это время выходит из строя не только пожарный участок, но в некоторых случаях и смежные участки месторождения, что нарушает нормальное развитие горных работ. Изоляция пожара небезопасна, особенно на газовых шахтах, вследствие возможности взрыва метана и пожарных газов CO , H_2 , CH_2 , C_nH_m , являющихся продуктами горения и сухой перегонки.

Вместе с тем тушение пожаров при самовозгорании в выработанном пространстве способом изоляции является радикальным в условиях разработки мощных пластов и залежей, а также гонких пластов с неустойчивой кровлей.

Изоляция пожара - это предварительный этап при комбинированных способах тушения пожара, когда степень герметизации изолированного пространства играет меньшую роль, чем только при изоляции. Последующая активная борьба с пожаром сокращает продолжительность тушения, а при введении в изолированное пространство инертных газов уменьшает сроки тушения и одновременно предотвращает опасность взрыва метана и пожарных газов. Поэтому изоляция пожаров в газовых шахтах проводится, как правило, с применением инертных газов.

При изоляции пожарного участка в газовых шахтах в первую очередь проводят трудоемкие работы по возведению глухих (без проемов) перемычек в выработках с основной вентиляционной струей (в отработанных печах, просеках и в других местах утечек воздуха), а затем на поступающей и исходящей струях возводят одновременно основные перемычки (рис. 3.23) с проемами возможно большего сечения.

Сечение проемов в основных перемычках должно обеспечивать до их закрытия минимально допустимый расход воздуха, исходя из необходимости разбавления смеси горючих газов до взрывобезопасной концентрации.

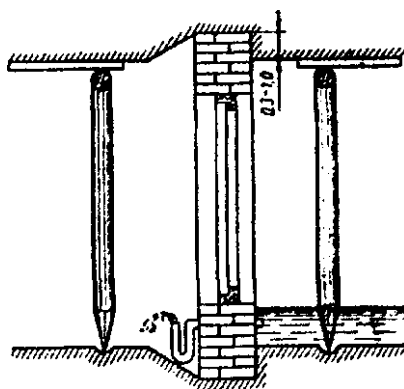


Рис. 10.23. Перемычки с дверным проемом

Площадь поперечного сечения проема в основных перемычках можно определить по формуле:

$$S_m = \frac{(0,7 + 0,3n)S}{\frac{S}{Q_1^2} \sqrt{\frac{h}{0,177} \left(1 - \frac{Q_2^2}{Q_1^2}\right) + 1}}, \text{ м}^2$$

где n - число основных перемычек (обычно 2); S - большое значение поперечного сечения выработки, в которой установлена одна из основных перемычек, м^2 ; Q_1 - расход воздуха, проветривающего участок до возведения перемычек (определяется непосредственным замером), $\text{м}^3/\text{с}$; (Q_2 - расход воздуха для проветривания пожарного участка через открытые проемы, $\text{м}^3/\text{с}$; h - депрессия участка до возведения перемычек, мм вод. ст. Величина Q_2 определяется по формуле:

$$Q_2 = \frac{kQ_i}{c_d m} \sum_{i=1}^m c_i, \text{ м}^3 / \text{с}$$

где k - коэффициент неравномерности концентрации метана (принимается равным 1,5);

c_d - допустимая концентрация горючих газов, принимается равной 2%);

m - число проб воздуха, отбираемых с интервалами 5 мин перед возведением перемычек (принимается равным 10);

c_i - концентрация метана в i -й пробе, %.

После окончания возведения основных перемычек проемы в них одновременно (по команде) закрывают и рабочих, возводивших перемычки, удаляют в безопасное место до момента возможного накопления метана и пожарных газов до взрывоопасной концентрации. Такой порядок возведения перемычек не исключает возможности взрыва после закрытия проемов, но дает возможность безопасно проводить трудоемкие работы по возведению и закрытию перемычек.

При изоляции с применением инертных газов выпуск их начинают до закрытия проемов, и последние закрывают после того, как анализы проб воздуха, отбираемые дистанционно из пожарного участка, покажут снижение содержания в нем кислорода до взрывобезопасных пределов.

Для прекращения впуска инертных газов снижение содержания кислорода до взрывобезопасных пределов является условием необходимым, но недостаточным. Прекратить их впуск можно лишь после того, как баланс утечек, метановыделения и образования пожарных газов в изолируемом участке обеспечат устойчивое снижение в нем кислорода до пределов, исключающих не только возможность взрывов, но и горения.

Для локализации взрывов при изоляции пожаров возводят взрывоустойчивые перемычки: баррикадные, барьерные и шпренгельные, а также перемычки из быстро твердеющих гипсовых смесей, возводимых дистанционно нагнетанием смеси по растворопроводу в пространство между опалубками при помощи комплекса «Темп».

Баррикадные перемычки сооружают из мешков, заполненных сыпучими материалами (песком, глиной и др.), а барьерные - путем обрушения пород

кровли буровзрывным способом. Баррикадные и барьерные перемычки возводят в 15-20 м от изоляционных в направлении очага пожара.

Шпренгельные перемычки возводят из деревянных брусьев 20+20 см, между брусьями пропускают подпружные тяги из отрезков каната, натянутых стяжными болтами. Возводят две перемычки (рис. 10.24): гасящую 2 для снижения энергии воздушной ударной волны, со щелями между брусьями, суммарная площадь которых равна 1/10 площади перемычки, и изоляционную 1 (герметичную). Гасящая (щелевая) перемычка устанавливается в боковых врубах 3, а изоляционная - в концевом врубе 4.

Тушение пожаров изоляцией, вскрытие потушенных пожарных участков, выпуск инертных газов и все, связанные с этим расчеты производятся по методикам, разработанным НИИГД.

Тушение пожаров заиливанием состоит в том, что в пожарный участок через проведенные с поверхности или из соседних выработок скважины или через специальные трубопроводы подается пульпа, которая представляет собой водную суспензию твердого материала (глина, песок, зола). Пульпа постепенно заполняет все пустоты в выработанном пространстве пожарного участка и трещины в целиках, прекращая доступ воздуха к очагу, охлаждая горящую массу. Вода, освободившись от осевших в пустотах и трещинах составляющих пульпы, выходит в окружающие пожарный участок выработки через специальные фильтрующие перемычки, а также через трещины в целиках и боковых породах.

Тушение пожаров заиливанием по сравнению с изоляцией имеет следующие преимущества: возможность тушения пожара в недоступных местах; быстрое снижение температуры в пожарном участке вследствие уноса тепла водами; значительно меньшая опасность рецидивов пожара по сравнению с обычной изоляцией; предохранение выработок пожарного участка от обрушений, а земной поверхности над пожарным участком оседаний, приводящих к прососу воздуха в пожарный участок.

К основным недостаткам тушения заиливанием относятся потеря выработок, оказавшихся в зоне заиливания; возможность прорыва заилочки в действующие выработки; большие предварительные затраты средств и времени на бурение скважин и на добычу заилочного материала; значительное обводнение прилегающих к пожарному участку выработок и дополнительная загрузка водоотлива.

Различают два вида заиливания - полное и частичное. При полном заиливании заполняются все пустоты в пожарном участке, а при частичном - уплотняются окружающие пожарный участок перемычки, бутовые стенки, раздавленные целики и другие преграды с целью полного прекращения поступления воздуха к очагу и предотвращения распространения пожара на другие участки.

Для приготовления пульпы могут быть применены такие материалы, как песок и глина в их естественных (грунт) и искусственных смесях, зола, речной ил и др. Наиболее целесообразно использовать расположенный на месте или поблизости к месту приготовления пульпы грунт, если он удовлетворяет техническим требованиям для заиливания.

Различают глинистые (суглинки) и песчаные (супеси) грунты. Пульпа, приготовленная из глин и суглинков, медленно осаждается и плохо отдает воду, при малых скоростях движения быстро закупоривает пульпопроводы, дает высокий процент усадки (34-72 %) и растрескивается при усыхании. Осадок пульпы из некоторых видов глин способен быстро разжижаться при встряхивании и повышении давления. Это может привести к прорыву пульпы и затоплению ею действующих выработок. Глинистая пульпа дает высокий вынос частиц вместе со стекающими водами (до 35%), что наряду со снижением производительности заилочки отрицательно сказывается на водоотливе.

Супеси и песок, несмотря на преимущества по сравнению с глинистой массой (незначительная усадка, небольшое количество воды для приготовления пульпы, легкая отдача воды после заиливания и полное

отсутствие способности разжижения осадка), также не могут быть использованы в чистом виде для заиливания. Этому препятствуют большая газопроницаемость песчаной пульпы, быстрое изнашивание с пульпопроводов и отсутствие возможности проникать в мелкие трещины и поры из-за больших размеров частиц.

Вместе с тем искусственные смеси глины и песка в соотношении примерно 9:1, а также многие естественные супеси и суглинки не имеют многих недостатков, присущих чистым глинам и пескам. По естественному соотношению глины и песка в грунте и его гранулометрическому составу, в котором не должно быть частиц размером более 2 мм и должны преобладать мелкие фракции до 5 мк включительно, судят, в конечном счете, о пригодности данного грунта для изготовления пульпы в чистом виде либо с теми или иными добавками песка или глины.

Тушение пожара инертными газами

Кроме указанных выше методов борьбы с пожарами производится тушение подземных пожаров путем заполнения инертными газами всего участка, подверженного пожару, с целью вытеснения кислорода воздуха из очага пожара и частичного выноса тепла. Из газов для тушения пожаров применяется только углекислота.

Проводились также опыты с использованием для тушения пожаров топочных газов (сернистого газа и водяною пара). Углекислота обладает свойством проникать в поры и микротрещины угля и пород, в которые глина проникнуть не может. Кроме того, углекислота может адсорбироваться породами, препятствуя их окислению. Использование инертных газов может осуществляться как самостоятельное средство борьбы с пожарами и как дополнительное к другим методам борьбы с пожарами.

Особое внимание при использовании инертных газов для борьбы с пожарами следует уделять газопроницаемости перемычек, так как основное условие возможности использования инертных газов в шахтах заключается в том, чтобы не допустить распространения их по шахте.

Вентиляционный режим при возникновении пожаров

Во время возникновения пожара в шахте важнейшим фактором, определяющим безопасность людей, застигнутых пожаром в подземных выработках, а также занимающихся ликвидацией аварии, является установление целесообразного вентиляционного режима. В самом деле, если пожар возник, где-либо в точке А, вблизи шахты, подающей воздух, то оставление существующей вентиляции приведет к отравлению воздуха всей шахты продуктами горения. В этом случае для спасения людей целесообразно изменить нормальное направление вентиляции на обратное (от вентиляционного ствола к подъемному). Тогда по вентиляционному стволу пойдет в шахту свежая струя, которая и спасет людей от отравления. В случае возникновения пожара около ствола, выдающего воздух, например в точке Б, надо оставить существующее направление вентиляции без изменения, так как при перемене направления подземные выработки шахты заполнились бы продуктами горения. Если пожар возник, например в точке В, то вопрос об изменении направления вентиляционной струи должен решаться в каждом отдельном случае самостоятельно, в зависимости от того, с какой стороны точки В находятся люди. Воздушная струя с продуктами горения направляется туда, где или нет людей, или откуда их можно быстрее вывести. В случае, когда по обе стороны от точки В находится много людей, предпочтительно сохранить существующую вентиляцию или совсем ее остановить (нулевая вентиляция), но в то же время принять ряд специальных мер, позволяющих людям спастись от отравления.

Таким образом, правильно выбранное направление вентиляционной струи может спасти всех захваченных катастрофой людей.

Необходимо отметить, что нулевую вентиляцию нельзя применять в шахтах со значительным метановыделением, так как это может привести к быстрому скоплению метана и к взрыву.

Не следует также применять нулевую вентиляцию во время пожара в подземных выработках шахты, где не исключена возможность

самопроизвольного опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии, т.е. под влиянием образующегося в шахте сильного теплового напора, который может быть направлен в сторону, противоположную тяге воздуха, поддерживаемой вентилятором.

Поэтому в случае пожара в шахтах со значительным газовыделением, а также где возникает необходимость преодолеть тепловую депрессию, обычно работу вентилятора не прекращают. В некоторых случаях принимают меры по уменьшению количества воздуха, поступающего в шахту или отдельные участки шахты, путем снижения числа оборотов вентилятора или задвижкой. Для каждой наклонной выработки шахты с нисходящей струей воздуха, где особенно возможно возникновение тепловой депрессии, должны предусматриваться мероприятия против опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии. Эти мероприятия могут быть следующими:

- а) изолирование выработки противопожарными дверями;
- б) закорачивание струи при работающем вентиляторе;
- в) увеличение депрессии выработок пожарного участка путем подачи в выработки увеличенного количества воздуха или увеличения сопротивления движению воздуха с помощью брезентовых или других перемычек.

10.12 Газодинамические явления

Газодинамические явления (ГДЯ) происходят в горных выработках газоносных пластов (пород) и представляют собой быстропротекающее разрушение угольного или породного массива, сопровождающееся отбросом или смещением угля (породы) в выработку с повышенным газовыделением.

На шахтах Украины наблюдаются следующие виды газодинамических явлений:

- внезапные выбросы угля и газа;
- внезапные выбросы породы и газа;
- внезапные обрушения (высыпания) угля;

- внезапные выдавливания (отжим) угля;
- горные удары;
- внезапные прорывы газа из почвы выработки.

Шахтопласты, при разработке которых произошли или могут произойти указанные явления, относят к склонным к газодинамическим явлениям.

Шахты, разрабатывающие пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа, и шахты с выбросами породы относят к категории шахт, опасных по внезапным выбросам.

По степени выбросоопасности угольные шахтопласты подразделяют на невыбросоопасные, угрожаемые и выбросоопасные. При определенных условиях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или отдельные участки на выбросоопасных шахтопластах.

К угрожаемым по выбросам в пределах шахтного поля относят угольные шахтопласты с глубин, определенных в соответствии с требованиями «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа».

К выбросоопасным в пределах шахтного поля (или крыла) относят шахтопласты, на которых произошли внезапные выбросы угля и газа или текущим прогнозом выявлена выбросоопасная зона.

Основна література

1. Скочинский А.А., Огневский В.М. Рудничные пожары. - Углетехиздат, 1954г.
2. Соболев Г.Г., Чарков В.П. и др. Тушение подземных пожаров на угольных шахтах, - М., „Недра“, 1977г., - 248 стр.
3. Булгаков Ю.Ф. Тушение пожаров в угольных шахтах. - Донецк: НИИГД, 2001г., - 280 стр.
4. Балтайтис В.Я. Тушение пожаров в угольных шахтах. М., Госгортехиздат, 1964г., - 211 стр.
5. Козлюк А.И., Хорольский В.Т., Кушнарев А.М. Основы противопожарной защиты угольных шахт. М., «Недра», 1971г. - 104 стр.
6. Булгаков Ю.Ф. Автоматические порошковые системы пожаротушения. - Донецк: НИИГД, 1999г.

Додаткова література

1. Козлюк А.И., Чарков В.П. и др. Руководство по локализации и тушению подземных пожаров пенами. - Донецк, ВНИИГД, 1967г.
2. Зрелый Н.Д., Чарков В.П., Юрьев А.П. и др. Руководство по определению параметров подземных пожаров и выбор средств тушения. - Донецк, ВНИИГД, 1985г.
3. Правила техники безопасности на угольных шахтах, - Киев «Основа», 1996г.
4. Булгаков Ю.Ф. Классификация, комплексная оценка и пути повышения эффективности шахтных огнетушителей: сб: науч. тр. НИИГД, 1998г.
5. Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ, - Киев, 1993г.
6. Руководство по применению инертных газов при ликвидации пожаров в шахтах. - Донецк, ВНИИГД, 1989г.
7. Применение инертных газов при ликвидации подземных пожаров. Осипов С.Н. «Техніка», 1973г., 172 стр.
8. Козлюк А.И. Противопожарная защита угольных шахт. - К.: «Техніка», 1980г., 156 стр.
9. Профилактика пожаров и взрывов в угольных шахтах. Коваленко М.И., Зрелый, Хорольский В.Т. и др. М. «Недра», 1983г. 172 стр.
10. Локализация и тушение подземных пожаров. Сборник статей. Выпуск 10. Кемеровское книжное изд-во. 1983г. 104 стр.
11. Руководство по применению инертных газов при ликвидации пожаров в шахтах, опасных по газу и пыли. Всесоюзный научно-исследовательский институт горноспасательного дела. Донецк. 1986 г. – 93 с.
12. Пожарная безопасность. Нормативные акты и другие документы. – 1, 2, 3. – Киев, 1997.
13. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров. Изд-во «Наука» 1975–160 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1. ПЕНА – КАК ОБЪЕМНЫЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПОЖАРОТУШЕНИЯ	4
1.1. Общие положения.....	4
1.2. Пены. Исходные компоненты.....	4
1.3. Газомеханическая пена.....	4
1.4. Пенообразователи.....	7
1.5. Твердеющая пена.....	8
1.6. Пеногенераторная пожаротушительная техника.....	9
<i>1.6.1 Пеногенераторы с принудительной подачей газа.....</i>	<i>10</i>
1.7. Пеногенераторы комбинированного действия.....	19
1.8. Эжекционные пеногенераторы.....	22
1.9. Бессеточные пеногенераторы.....	24
1.10. Установки для получения твердеющей пены.....	24
2. ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ	31
2.1. Свойства инертных газов.....	31
2.2. Область применения инертных газов.....	32
2.3. Выбор инертного газа.....	35
2.4. Организация контроля газовой обстановки в аварийном участке....	36
3. ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ	39
3.1. Способ подачи.....	39
3.2. Средства подачи.....	40
3.3. Порядок работы.....	41
3.4. Применение парогазовых смесей с другими средствами пожаротушения.....	44
3.5. Расчет параметров выпуска в пожарный участок парогазовой смеси.....	45
3.6. Меры безопасности.....	54
4. ЛИКВИДАЦИЯ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	57
4.1. Способы подачи.....	57
4.2. Средства подачи.....	58
4.3. Порядок работы.....	64
4.4. Методика расчета параметров выпуска углекислого газа в аварийный участок и тупиковую выработку.....	68
4.5. Меры безопасности.....	69
5. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ОГнетушащих И Взрывоподавляющих Порошков	71

6. ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ПОРОШКА С ОЧАГОМ ГОРЕНИЯ (ВЗРЫВА)	81
6.1. Охлаждающий эффект, эффект "огнепреграждения", а также фактор гомогенного ингибирования.....	81
6.2. Квантово-химический расчет гомогенного ингибирования.....	90
6.3. Роль заряженных частиц.....	93
7. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОДАЧИ ПОРОШКОВ В ОЧАГ ПОЖАРА ИЛИ ВЗРЫВА	95
7.1 Общий анализ.....	95
7.2 Моделирование процесса истечения газопорошковой смеси из огнетушителя.....	97
8. ДИСТАНЦИОННОЕ КОМБИНИРОВАННОЕ ТУШЕНИЕ РАЗВИВШИХСЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ	107
9. СИНЕРЕЗИС ПЕН В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ПЕРЕТЕКАНИЯ ЖИДКОСТИ ИЗ ПЛЕНОК В КАНАЛЫ ПЛАТО-ГИББСА	113
9.1 Современные требования к пожарно-оросительному водоснабжению шахт.....	114
10. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОЖАРОВ ОТ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В ШАХТАХ	125
10.1. Общие положения по обеспечению пожаровзрывобезопасности ленточных конвейеров в шахтах.....	125
10.2. Условия загорания конвейерных лент.....	133
10.3. Требования взрывопожаробезопасности, предъявляемые к шахтным конвейерным лентам	140
10.4. Гигиенические требования, предъявляемые к конвейерным лентам.....	170
10.5. Входной контроль конвейерных лент как метод их идентификации требованиям пожарной безопасности.....	176
10.6. Система автоматического пожаротушения ленточных конвейеров и электрооборудования.....	181
10.7. Реализация требований по безопасности ленточных конвейеров с применением аппаратуры управления и автоматизации.....	184
10.8. Система автоматического обнаружения пожаров в начальной стадии.....	193
10.9. Предупреждение пожаров от электрического тока.....	197
10.10. Организация противопожарной защиты шахт.....	205
10.11. Способы тушения пожаров и область их применения.....	213
10.12 Газодинамические явления.....	224
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	226
СОДЕРЖАНИЕ	227