

Редакція:

30.10.1990

Министерство угольной промышленности СССР

Центральный штаб военизированных горноспасательных частей

Всесоюзный научно-исследовательский институт горноспасательного дела

УТВЕРЖДЕНО

Минуглепромом СССР

"30" октября 1990 г.

РУКОВОДСТВО

ПО БОРЬБЕ С ЭНДОГЕННЫМИ ПОЖАРАМИ НА ШАХТАХ МИУГЛЕПРОМА СССР

"Руководство по борьбе с эндогенными пожарами на шахтах Минуглепрома СССР" является документом, сообщаящим отдельные инструкции и методики, утвержденные и изданные ВНИИГД в течение 60-х годов. Оно ставит своей целью толкование и методическое обеспечение выполнения нормативных требований "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах", бассейновых "Инструкций со предупреждению и тушению подземных пожаров" и "Устава ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ" в борьбе с эндогенными пожарами.

Описан метод прогноза эндогенной пожарной опасности выемочных полей и участков, методы и средства обнаружения самовозгорания угля, технологические схемы профилактики, локализации и тушения эндогенных пожаров и контроль их эффективности, приведены назначение и технические характеристики применяемого пеногенераторного и криогенного оборудования.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников шахт, горноспасательных частей и проектных институтов.

Руководство разработано Судиловским М.Н., Лагутиным Э.И., Цашковским П.С., Игишевым В.Г., Шецером Г.М. В разработке отдельных разделов принимали участие Богатырев В.Г. (5.2.14; 5.2.16; 5.3.4; 5.3.3), Гуттер А.А. (4.4), Галицкая А.И. (4.1-4.2), Гусар Г.А. (5.3Л-5.3.3), Кошовский Б.И. (1.1} 4.1; 4.3), Кравец В.М. (3.4), Немкин Г.А. (5.5.-5), Плахотник Н.В. (5.5.5), Попов Э.А. (5,2,1-3.2.8), Портола В.А. (5.5), Семений Я.М. (3.1),

Солоницын В.М.(5.2.19} 5.6), Чуприков А.Е. (5.2), Шайтан И.А. (2.3), Яремчук М.А. (5.2.1-5.2.8).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Склонность угля к самовозгоранию - совокупность физико-химических свойств угля, предопределяющая опасность развития процесса самовозгорания.

Самовозгорание угля - самоускоряющийся процесс, обусловленный накоплением тепла в скоплении угля в результате окисления его кислородом воздуха и приводящий к возгоранию. Этот процесс проходит три стадии.

Стадия самоагревования угля протекает в интервале температур от 20...50 °С до критической 70...140 °С, выше которой начинается резкое увеличение скорости окисления.

Возникновение и развитие процесса самоагревования возможно при наличии достаточного по величине скопления разрыхленных масс угля в повышенной химической активности и притока воздуха. Химическая активность обусловлена способностью угля вступать во взаимодействие с кислородом. Ее показателем является константа скорости реакции взаимодействия кислорода с углем.

Разогревание угля начинается после того, как в его скоплении создаются условия для аккумуляции тепла. При этом происходят испарение влаги, что влечет за собой активизации процесса окисления угля. В атмосфера, окружающей угольное скопление, появляются микропримеси оксида углерода и непредельных углеводородов (этилена, а затем и ацетилена).

Ранняя стадия самовозгорания угля характеризуется интервалом температур от критической до температуры воспламенения летучих веществ (для каменного угля 300...350 °С, для углей 650...800 °С). На этой стадии завершается процесс испарения влаги и начинается интенсивное окисление угля. Состав атмосферы вокруг угольного скопления претерпевает изменения: снижается содержание кислорода, увеличивается выделение оксида и диоксида углерода, водорода, предельных и непредельных углеводородов. Продолжительность этой стадии при благоприятных условиях может быть весьма малой.

Стадия горения угля характеризуется температурой, превышающей температуру воспламенения летучих веществ.

Эндогенный пожар - пожар от самовозгорания угля, признаками которого являются: появление в горных выработках шахт открытого огня; раскаленного угля; дыма; запаха гари или продуктов возгонки; оксида углерода, водорода, предельных и непредельных углеводородов, превышающих фоновое содержание.

Фоновое содержание - среднее содержание различных газов или паров в атмосфере горных выработок при установившихся технологических режимах

отбойки угля, управления кровлей и проветривания очистного забоя при отсутствия очага самонагревания угля. Источниками формирования фона являются: низкотемпературное окисление углей, технологические процесса выемки угля и управления кровлей, работы промышленных предприятий, автомобильного транспорта и др. (при расположении шахт в промышленно развитых районах).

Рецидив пожара - повторное возникновение эндогенного пожара в одном и том же месте.

Пожарный участок - место очага пожара с примыкающими горными выработками, в которые поступают или могут поступать продукты горения.

Эндогенная пожароопасность - комплекс горно-геологических и горно-технических условий, определяющих возможность возникновения эндогенного пожара в горных выработках.

Шахтопласт - угольный пласт в пределах шахтного поля.

Выемочное поле - часть этажа, в пределах которого разработка пласта (пластов) осуществляется о помощью одного (общего для нескольких пластов в случав групповой разработки) участкового бремсберга, уклона, ската или квершлага.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРАХ

1.1. Краткое описание физико-химических процессов самовозгорания угля

Подземные пожары от самовозгорания угля относятся к числу природных опасностей, сопровождающих; ведение горных работ в угольных шахтах.

Основа успешной борьбы с эндогенными пожарами заложена в понимании физико-химических процессов самовозгорания угля.

В процессе самовозгорания выделяются три стадии - стадия самонагревания, ранняя стадия самовозгорания и стадия горения. При этом интенсивный, самоускоряющийся и протекающий в течение сравнительно короткого промежутка времени процесс возгорания подготавливается более длительным процессом самонагревания. Поэтому влияние физических условий сказывается прежде всего на процесс самонагревания.

Физические условия самонагревания - это условия доступа кислорода и воздуха к углю и распространение теплоты, образующейся в результате окисления. Интенсивность проникновения в уголь кислорода определяется степенью пористости структуры ископаемых углей, внутренняя поверхность которых составляет $(0,1...10) \cdot 10^4$ м²/кг. Реакция окисления угля кислородом воздуха является гетерогенной химической реакцией на границе между твердой поверхностью и газом которая проходит через ряд последующих стадий: диффузию кислорода к поверхности раздела фаз, где протекает реакция; адсорбцию кислорода на этой

поверхности; химическую реакцию, начинающуюся с поверхности слоя; десорбцию частиц продуктов реакции, образовавшихся в пограничном слое; диффузию частиц из реакционной зоны в глубь массива угля.

При низких температурах, когда скорость потребления кислорода углем мала и приток воздуха не является лимитирующей стадией процесса окисления, нагревание скопления угля происходит равномерно по всему об

С повышением температуры в скоплении угля процесс самонагрева носит все более неравномерный характер, что связано с нестационарностью притока воздуха. В скоплении угля проявляются точки с максимумом температуры, которые обычно перемещаются в направлении мест поступления воздуха. На этих стадиях происходит неполное окисление угля, которое сопровождается поглощением кислорода с образованием поверхностных кислородсодержащих соединений без какого-либо заметного выделения продуктов окисления (H_2O, CO_2, CO и др.).

В этот же период происходит процесс выпаривания влаги, который можно разделить на две стадии.

Первая стадия связана с потерей внешней влаги углем за счет разности между упругостью паров воды над поверхностью топлива и окружающего воздуха. Эта стадия проходит довольно плавно, несмотря на значительные затраты на испарение влаги.

Вторая стадия сушки связана с удалением гигроскопической влаги, которая проходит при температурах выше $100\text{ }^\circ\text{C}$. В связи с тем, что этот процесс связан с фазовым переходом воды, рост температуры очага самонагрева на этой стадии может резко замедлиться и даже, при определенных условиях, температура его может падать.

После достижения критической температуры в очаге нагретого угля, при достаточном доступе воздуха, скорость окисления начинает увеличиваться. Тепло, выделяемое при окислении угля, при благоприятных внешних условиях, обусловленных превышением генерации тепла над ее расходом, приводит к самонагреванию и возгоранию.

Таким образом, интенсивность тепловыделения определяется химической активностью угля, а накопление тепла и разогрев его зависят от характера теплообмена с окружающей средой, что в свою очередь зависит от горно-геологических условий залегания пласта и горно-технических условий ведения горных работ. Кроме того следует учитывать, что процесс самонагрева происходит при очень незначительных расходах кислорода, поэтому профилактика эндогенных пожаров должна базироваться не только на совершенствовании способов в средств изоляции угольных скоплений от доступа воздуха, но и на снижении химической активности угля, инертизации атмосферы вокруг угольного скопления или на его охлаждении.

1.2. Характерные места и причины возникновения эндогенных пожаров

Анализ статистических данных показывает, что характерными местами, в которых возникают эндогенные пожары, являются:

выработанные пространства действующих очистных забоев (25%);

отработанные изолированные участки (30...40 %);

отработанные неизолированные участки (12...37 %);

капитальные и подготовительные выработки (30...40 %).

При этом частота эндогенных пожаров в различных выработках зависит от горно-геологических условий месторождения, своевременности и качества изоляции, а также объема проводимых профилактических мероприятий.

Эндогенные пожары в выработанном пространстве действующих выемочных полей возникают от самовозгорания оставленных в нем целиков угля, измельченного угля, разрушенной краевой части целика, особенно при щитовой разработке. Условия для самовозгорания угля благоприятны в зонах геологических нарушений вследствие неустойчивости и значительной трещиноватости угля, повышения его химической активности. Предотвращение самовозгорания угля в выработанном пространстве действующих очистных забоев затруднено в связи со сложностью изоляции оставленного угля от утечек воздуха.

Самовозгорание угля в отработанных участках обусловлено их неудовлетворительной и несвоевременной изоляцией. Самовозгорается уголь целиков на границе с выработанным пространством; уголь, оставленный в выработанном пространстве в зонах геологических нарушений; обрушенной уголь при потолкоуступной форме очистного забоя на крутых пластах; в штреках, при извлечении из них крепи.

Эндогенные пожары в проводимых подготовительных выработках возникают в зонах геологических нарушений, в пустотах за крепью, а также после внезапных выбросов. В зонах геологических нарушений самовозгорается уголь за крепью, а также в пустотах. Образование пустот характерно для крутых пластов, особенно при применении сотрясательного взрывания. После внезапных выбросов имеет место самовозгорание выброшенного угля.

В действующих подготовительных выработках самовозгорание угля имеет место в пустоте, образовавшейся при проведении выработок в раздавленных под действием горного давления целиках угля.

Таким образом, условия самовозгорания угля весьма разнообразны. Они обусловлены многочисленными факторами: геологическими особенностями, способами подготовки и системами разработки, интенсивностью ведения очистных работ, режимом и схемами вентиляции, способом управления кровлей, надежностью изоляции выработанных пространств и др. Несмотря на разнообразие условий возникновения эндогенных пожаров, они определяются тремя физическими причинами:

химической активностью окисляющегося угля; притоком к нему воздуха и повышением температуры вследствие накопления тепла, которое образуется в результате окисления.

При неизменном для рассматриваемых условий значении химической активности угля предотвращение или уменьшение нагрева угля вследствие его окисления можно достичь двумя способами: увеличением количества подаваемого воздуха с целью превышения количества отводимого тепла над количеством генерируемого или уменьшением нагрева угля за счет снижения количества генерируемого тепла путем уменьшения содержания кислорода в рудничной атмосфере. Первый способ может быть применен при нагреве угля в подготовительных выработках и технически неосуществим при нагреве угля в выработанном пространстве, где сложны регулирование и контроль утечек воздуха. В этих условиях наиболее целесообразен второй способ» когда применяется усиленная изоляция. Горные работы должны вестись таким образом, чтобы можно было осуществить надежную изоляцию выработанного пространства и тем самым обеспечить пожаробезопасную отработку шахтных и выемочных полей. Это возможно в результате применения схем вскрытия и подготовки выемочных полей, способов и средств проведения и поддержания подготовительных выработок, систем разработки, схем проветривания и способов управления кровлей, обеспечивающих снижение потерь угля и уменьшение величины и продолжительности утечек воздуха через выработанное пространство.

2. ПРОГНОЗ ЭНДОГЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ ПОЛЕЙ И УЧАСТКОВ

2.1. Задачи прогноза

Опыт борьбы с эндогенными пожарами показывает, что Их профилактика эффективна, когда она проводится в соответствии со степенью пожароопасности объекта. Прогноз эндогенной пожароопасности является той базой, на которой строится система предупреждения пожаров от самовозгорания угля.

Основными задачами прогноза являются:

установление ожидаемой величины эндогенной пожароопасности выемочных полей (участков) в зависимости от горно-геологических условий залегания пласта и горно-технических условий отработки;

выбор радикальных пожаробезопасных параметров ведения горных работ при проектировании новых шахт и горизонтов;

целенаправленное распределение средств профилактики эндогенных пожаров;

принятие организационно-технических мер по снижению эндогенной пожароопасности;

оценка состояния профилактической работы и уровня технологической культуры на шахте;

Решение этих задач позволит целенаправленно и обоснованно определять объем материальных средств на профилактические работы; установить минимальный уровень эндогенной пожароопасности, который может быть достигнут при реализации общетехнических и специальных мер профилактики; экономически обосновать целесообразность применения тех или иных специальных мер профилактики.

2.2. Определение склонности угля к самовозгоранию

Определение объема общетехнических и специальных мер профилактики должно выполняться только после определения склонности шахтопласта к самовозгоранию.

Для установления склонности пласта угля к самовозгоранию в режиме газохроматографического опыта определяются константа скорости сорбции кислорода углем и его критическая температура самовозгорания.

Затем по данным химической активности угля производится расчет комплексного показателя, характеризующего склонность угля к самовозгоранию. В соответствии с § 481 "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах" склонность шахтопластов угля к самовозгоранию устанавливается Всесоюзным научно-исследовательским институтом горноспасательного дела (ВНИИГД) на стадии детальной разведки шахтного поля по представленным геолого-разведочными экспедициями (ГРЭ) пробам и материалам. В процессе подготовки и отработки угольных пластов склонность угля к самовозгоранию уточняется в случае резкого изменения мощности и угла залегания угольного пласта, выявления ранее неизвестных геологических нарушений, обнаружения признаков самонагревания угля.

Для определения склонности угля к самовозгоранию шахтами и ГРЭ во ВНИИГД и его филиалы необходимо представить:

сопроводительное письмо с указанием реквизитов организации;

план горных выработок, на котором должны быть отмечены места отбора проб, места возникновения эндогенных пожаров;

краткую характеристику пласта в пределах шахтного поля с описанием условий его залегания (изменение мощности и угла залегания, тектонические нарушения и юс характер, метаноносность пласта, литологический состав пород кровли и почвы, данные об их устойчивости);

стратиграфические колонки по разведочным скважинам в пределах шахтного поля;

пробы угля с приложением актов отбора.

Места отбора проб определяются главным инженером и согласовываются с командиром взвода ВГСЧ, обслуживающим шахту.

Пробы угля отбираются по следу щей методике.

- 1.Пробы необходимо отбирать на каждом крыле шахтопласта в подготовительной или очистной выработке не менее чем в двух точках; расположенных на расстоянии 50...70 м друг от друга по падению или простиранию пласта.
2. Пробы необходимо также отбирать из угольных прослоев и пропластков углистого сланца нерабочей мощности (при их наличии), расположенных в кровле пласта в пределах зоны обрушения, а при неустойчивых породах - в почве пласта.
3. Если в подготовительной или очистной выработке отобрать пробы угля из угольных прослоев и пропластков углистого сланца нерабочей мощности невозможно, пробы следует отбирать в более доступном месте (например, в месте пересечения угольного пласта квершлагом).
4. Места отбора проб должны быть удалены от зон, где было произведено нагнетание воды в пласт, от дегазационных и разведочных: скважин, а также от тектонических нарушений не менее чем на 20 м.
5. Для отбора проб в свежееобнаженной поверхности угольного пласта по всей его мощности перпендикулярно напластованию горных пород вырубывается полоса шириной не менее 0,5 м и толщиной до 0,1 м.

Отбитый уголь необходимо собрать, методом квартования отобрать пробу угля и поместить в герметичный сосуд. Квартование заключается в следующем. Отбитый уголь измельчают на куски размером не более 20...30 мм. Затем пробу перемещают два раза на конус и сплющивают, надавливая металлической плиткой сверху. Полученный слой угля необходимо разделить на четыре равных сектора и из противоположных секторов отобрать по одинаковой порции до необходимой массы пробы (1...2 кг).

6. Для отбора проб угля в качестве сосуда могут быть использованы полиэтиленовые мешка, стеклянные, металлические или пластмассовые байки. На каждый сосуд с внешней стороны должен быть нанесен четко обозначенный номер. Сосуд должен быть полностью заполнен пробой и герметично закрыт. Внутри сосуда должна вкладываться записка с указанием номера сосуда, места отбора и характера пробы (угольная пачка или породный прослой, номер пачки). Отбор проб оформляется актом по следующей форме.

СОГЛАСОВАНО

Командир взвода ВГСЧ

"__"____ 19__г,

АКТ

отбора проб угля для установления склонности
шахтопласта к самовозгоранию

Объединение __:____ шахта _____ пласт _____ марка угля _____
 _____ Место отбора проб _____ Дата отбора _____
 _____,

| Строение пласта и боковых пород | Мощность, м | Номер пробы | Состав боковых пород и породных прослоев | Характеристика боковых пород пласта |
|--|-------------|-------------|--|-------------------------------------|
| Основная кровля Непосредственная кровля Угольный пласт: уголь породный прослой уголь Почва пласта | | | | |

Подписи:

Главный инженер

Начальник ВТБ (ПВС)

Главный геолог

2.3, Прогноз эндогенной пожароопасности выемочных полей шахт

Традиционные методы прогноза эндогенной пожароопасности можно разделить на три группы: методы, основанные на оценке химической активности, угля; горно-статистические и комбинированные методы, основанные на учете горно-технических и природных факторов, в том числе химической активности угля.

В основу метода прогноза эндогенной пожароопасности выемочных долей доложена рабочая гипотеза об эндогенном пожаре, как о сложном физико-химическом процессе, на протекание которого влияет ряд горно-геологических и горно-технических факторов. Каждый эндогенный пожар можно с достаточной полнотой охарактеризовать с помощью этих факторов, которые в любом конкретном случае принимают вполне определенные значения.

Доли влияния факторов различны. Влияние взаимосвязанных факторов на интенсивность возникновения эндогенных пожаров для шахт Донбасса определяется из уравнения множественной регрессии

$$\lambda_{\phi} = -0,008 + 0,029m + 0,0007\alpha + 0,008S - 0,0008V - 0,0035H_{\phi},$$

где m - мощность пласта, м;

α - угол падения пласта, град.;

S - содержание общей серы в угле, %;

h_d - диффузионное сопротивление угля, мм;

V - скорость подвигания очистного забоя, м/мес.

Зная значение интенсивности возникновения пожаров за любой период времени можно определить вероятность возникновения пожара.

по формуле

$$P = 1 - e^{-\lambda \Phi T},$$

где T - время отработки выемочного поля, мес.

При определении эндогенной пожароопасности действующих выемочных полей шахт Прокопьевско-Кизелевского района Кузбасса учитываются 16 факторов: мощность пласта, наличие пожаров в граничных полях, глубина работ, химическая активность угля, тип пород кровли, наличие наносов глины на поверхности, наличие горелых пород на выходах пласта, наличие сближенных пластов в кровле отрабатываемого, угол падения пласта, газообильность поля, способ управления кровлей, размер поля по падению, скорость отработки по простиранию, потери угля, потери депрессии, количество воздуха. Прогнозируемая вероятность возникновения эндогенного пожара определяется по уравнению

$$P = 0,5 + \Phi[(x-0,206)/0,037],$$

где $\Phi(u)$ - интегральная функция Лапласа ($u = [(x-0,206)/0,037]$)

x - средняя частота пожаров по учитываемым факторам

16

$$(x = 1/16 \sum P).$$

1

2.4. Группирование шахтопластов (выемочных полей, участков) до степени эндогенной пожароопасности

Для склонных к самовозгоранию шахтопластов угля (выемочных полей) ВНИИГД устанавливает группу эндогенной пожароопасности.

Шахтопласты (выемочные поля) по эндогенной пожароопасности подразделяются на три группы: I - особоопасные шахтопласты (выемочные поля) - $P = 0,75 \dots 1,0$; II - опасные шахтопласты (выемочные поля) — $P = 0,45 \dots 0,75$; III - малоопасные шахтопласты (выемочные поля) - $P = 0,12 \dots 0,46$.

Ежегодно в производственном объединении составляется и направляется во ВНИИГД на согласование список предусмотренных к отработке или подготовке

шахтопластов угля, склонного к самовосгоранию. К списку должны быть приложены планы горных выработок по перечисленным шахтопластам. Согласованные с ВНИИГД и ВГСО и утвержденные техническим директором производственного объединения списки шахтопластов (выемочных полей) до 15 декабря рассылаются шахтам, штабам ВГСЧ, РГТИ, Управлению округа Госгортехнадзора.

При определенных условиях (не обработанный антипирогеном и необруанный уголь в полостях внезапных выбросов, систематические прососы воздуха через выработанное пространство, длительное нахождение отслоившегося угля за крепью горных выработок и т.п.) возможно возникновение эндогенных пожаров на выемочных полях шахтопластов угля, не склонного к самовосгоранию. В случае возникновения эндогенного пожара (до получения заключения ВНИИГД о склонности данного пласта к самовосгоранию) отработку выемочного участка производить в соответствии с мероприятиями, согласованными с ВГСЧ и утвержденными техническим директором производственного объединения. В основу мероприятий должны быть положены предложения комиссии, расследовавшей данную аварию.

3. ПРОФИЛАКТИКА ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ

3.1. Предупреждение эндогенных пожаров с помощью антипирогенов

Одной из мер профилактики эндогенных пожаров является применение антипирогенов - веществ, препятствующих реакции окисления угля кислородом воздуха и, как следствие, тормозящих процессы самонагрева.

Свойствами антипирогенов обладает большое количество органических и неорганических веществ. В зависимости от механизма действия они подразделяются на вещества, оказывающие химическое и механическое воздействия на уголь.

Химическое (ингибирующее) воздействие веществ заключается: в их взаимодействии с активными центрами на поверхности угля; в снижении реакционной способности этих центров к кислороду; образовании малоактивных радикалов, замедляющих стадию зарождения цепи; уменьшении катализирующего воздействия минеральных включений на процесс окисления угля.

Механическое действие антипирогенов заключается в способности образовывать молекулярные пленки, экранирующие активные центры и предотвращающие доступ кислорода воздуха к реагирующей поверхности угля.

В зависимости от выбранной технологической схемы могут применяться твердые (порошкообразные), жидкие (растворы или суспензии, пленко- и гелеобразующие жидкости) и газообразные антипирогены. Газообразные антипирогены из-за отсутствия надежной технологии применения распространения не получили.

Твердые (порошкообразные) антипирогены наносятся при помощи распылителей на поверхность разрыхленного угля или путем нагнетания порошкообразных антипирогенов в шпур и скважины, пробуренные в целиках угля.

При выборе антипирогенов необходимо руководствоваться следующими требованиями - эффективностью их по отношению к углю данного шахтопласта, нетоксичностью, пожаробезопасностью, недефицитностью, низкой стоимостью.

В соответствии с разработанной ВостНИИ технологией порошкообразные антипирогены нагнетаются в предварительно пробуренные скважины (диаметр 112 мм и длина 24 м) межгоризонтных целиков угля, обретаемых над щитом. При пуске щита целик обращается, происходит перемешивание угля с антипирогеном и на щитовом перекрытии образуется масса, состоящая из смеси угля, антипирогена и породы. В качестве антипирогена применяется состав, состоящий из диамоний фосфата - 10...30 в.ч. и карбамида - 90...70 в.ч. При напылении порошкообразных антипирогенов на поверхность разрыхленного угля используют хлористый магний. Величина добавки антипирогена устанавливается в зависимости от склонности угля к самовозгоранию и метаморфизма угля. С повышением химической активности и уменьшением степени метаморфизма угля величина добавки антипирогена увеличивается. Порошкообразный анткпироген нагнетается в скважины установкой УНПА, разработанной ВостНИИ.

Установка УНПА представляет собой комплекс оборудования, состоящий на пиевмозарядчика "ВАХШ-7ДМ" с дистанционным разгрузателем, пульта управления, отсека для хранения шланга, смонтированных на платформе шахтной 3-тонной вагонетки. В состав комплекса входит шахтный компрессор и вагонетка для доставки антипирогена.

Техническая характеристика УНПА

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Производительность, кг/мин | 50 |
| Вместимость бункера, кг | 1200 |
| Вместимость пневмозарядчика, кг | 45 |
| Давление сжатого воздуха, Ша | 0,8 |
| Управление | Дистанционное |
| Дальность транспортирования, м: | |
| по вертикали | 40 |
| по горизонтали | 60 |
| Габаритные размеры, мм: | |
| длина | 3450 |
| высота | 1350 |

Масса установки в незаряженном состоянии, кг 2500

Применение жидких антипирогенов (растворов или суспензий) позволяет не только снизить химическую активность угля, во и по* витеает его теплоемкость и теплопроводность, что в определенных

условиях играет решающую роль в торможении процесса самонагрева угля. Жидкие антипирогены в большинстве случаев применяются для нагнетания юс в целики угля через шпуры пая скважины с помощью насосов с применением герметизаторов. Расстояние между шпурами нужно выбирать в каждом конкретном случае опытным путем» при этом необходимо обеспечивать наиболее полную объемную пропитку целиков угля. В качестве антипирогенов используют раствора и суспензии кислот, щелочей, солей различных кислот, жидкого стекла, извести, карбамида, флотоагентов, смолы и других веществ. Эффективность действия антипирогенов значительно повышают добавки поверхностно-активных веществ, которые способствуют проникновению растворов в поры угля и снижают его газопроницаемость. В зависимости от трещиноватости целиков угля, вязкости раствора и времени нагнетания давление нагнетания и расход могут колебаться в очень широких пределах от 0,1 до 12 МПа и 5...40 л/мин соответственно. Этим требованиям отвечают насосы типа УНР-02 или УНВ-2 и герметизаторы ГАС-4,5, ГА-4, "Таурис".

Техническая характеристика

насосной установки УНР-02

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Подача, л/мин | 0...55 |
| Давление, МПа, не более | 30 |
| Ношнаяная мовдость, кВт, не более | 10 |
| Напряжение, В | 380/660 |
| Габаритные размеры, мм: | |
| длина | 1600 |
| ширина | 700 |
| высота | 760 |
| Масса установки, кг, не более | 600 |

В комплект поставки установки входит герметизатор "Таурис", При обработке трещиноватых целиков и разрыхленного угля рекомендуется вспучивающаяся гелеобразная композиция на основе карбамидно-формальдегидной смолы о бишофитом, образующая на поверхности угля эластичную пленку, которая препятствует доступу кислорода воздуха к углю и вспучивается в случае награвания угля. Композиция состоит из 40...70 % карбамидно-формальдегидной смолы КФ-Б; 3...2 % сульфонала НП; 18 % бишофита; остальное вода.

Композиция вспучивается при температуре 110...170 °С, образуя слой твердой пены кратностью 2...8. Вспучивающиеся и пленкообразующие составы нагнетаются в шпуры или же напыляются на поверхность угля ври помощи распылителей. Для

нанесения антипирогенов пленочного типа во ВНИИГД разработан аппарат ранцевый АР.

Техническая характеристика АР

| | |
|------------------------------------|------|
| Вместимость сосудов, д | 16,0 |
| Рабочее давление в сосудах, МПа | 0,4 |
| Давление воздуха в баллоне, Мпа | 15 |
| Производительность, я/те, не менее | 1,6 |
| Длина факела распила, м, не менее | 2,0 |
| Масса, кг, не более: | |

сухая 10,0

полная 26,0

Габаритные размеры (без брандспойта), на, не более:

высота 470

ширина 420

толщина 200

Длина брандспойта, мм, не менее 2000

В качестве пленкообразующих составов рекомендуется использовать следующие композиция, %:

карбамидно-формальдегидная смола КФ-Б 75

сульфонол НП-3 3

алюминий серноокислый 1

вода Остальное

или

поливинилацетатная эмульсия ПВА 13

сульфонол Ш-3 4

бентонитовая глина или

доломитовая пыль или

шамотно-каолиновый порошок 37

вода Остальное

Пленкообразующие композиции следует приготавливать не ранее чем за 2 часа до их применения. Вязкость их должна быть не более 25 с по вискозиметру ВЗ-4. При

больших скоплениях выброшенного или разрыхленного угля следует в качестве изолирующего покрытия использовать твердеющую пену на основе карбамидно-формальдегидной смолы. Для получения твердеющей пены применяются установки твердеющей пены ТП и ПНК.

Высокий антипирогенный эффект может быть достигнут при использовании в качестве носителя антипирогенов пен, позволяющих производить объемную обработку значительных скоплений угля. При выборе вида антипирогена в этом случае необходимо учитывать его воздействие на качество пены: ее стойкость и кратность. В качестве добавок антипирогенов к пене рекомендуются: сульфат алюминия, полиакриламид, гидрофосфат кальция, алюмокалиевые квасцы, жидкое стекло, оксалат натрия, трикрезилфосфат, оксид алюминия, зола-унос, бишофит; из ПАВ - алкилфосфаты и сульфаты "АС" C₁₀- C₁₃

Тип антипирогена определяется в каждом конкретном случае с учетом имеющегося в наличии пенообразователя. В табл. 3.1 приведена величина добавки антипирогена в процентах к жидкой фазе пены.

Таблица 3.1

Величина добавки антипирогена

| Наименование веществ | Эффективная концентрация, % | Стоимость 1 т, руб. |
|----------------------|-----------------------------|---------------------|
| Алюмокалиевые квасцы | 3...5 | 120 |
| Сульфат алюминия | 3...5 | 230 |
| Жидкое стекло | 3 | 40... 50 |
| Полиакриламид | 0,5.. 1 | 250 |
| Гидрофосфат кальция | 3...5 | - |
| Оксид алюминия | 3...5 | - |
| | | |

| | | |
|---|-------|------------|
| Оксалат натрия | 5 | — |
| Бишофит | 5 | |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ): "Прогресс", "Каскад", "Поток" | 1...5 | 530... 600 |
| Алкилфосфаты, алкилсульфаты "СЭ" | | — |

3.2. Заиливание выработанных пространств глинистой пульпой

Заиливание выработанных пространств глинистой пульпой является одним из распространенных способов профилактики самовозгорания угля. В Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса, например, начиная с 30-х годов этот способ применяется на всех шахтопластах, на которых имели место эндогенные пожары. Широко используется заиливание на шахтах Сахалина, Приморья, Восточной Сибири, Урала, Средней Азии и в Карагандинском бассейне.

В период освоения способа осталось, что профилактический эффект от использования глинистой пульпы достигается за счет следующих факторов:

оседания глины в пустотах разрыхленного угля и пород, в результате чего происходят снижение воздухопроницаемости выработанного пространства;

при попадании пульпы в скопление угля глина покрывает куски гонкой обволакивающей пленкой, что приводит к уменьшению его сорбционной активности;

в ходе заиливания выработанного пространства происходит охлаждение угля и боковых пород в зонах, имеющих очаги самонагревания;

заиливание способствует повышению влажности атмосферы выработанного пространства, следствием чего является уменьшение испарения влаги аз угля и торможение процесса окисления.

Накопление опыта применения заиливания для профилактики эндогенных пожаров вызвало необходимость пересмотра сложившихся взглядов на роль глинистой пульпы. В частности было установлено, что пленкообразование на кусках угля происходит только при обработке пульпой консистенции Т : Ж = 1:4 и более (соотношение твердой и жидкой фаз в суспензии по объему). Кроме того,

уголь, обработанный пульпой консистенции 1:8 и менее, при температурах более 150 °С сорбирует кислород с большей активностью, чем необработанные угли.

Средняя консистенция пульпы в Кузбассе в летнее время составляет 1:7, а в зимнее время достигает 1:40. Подача таких пульп в выработанные пространства не способствует усилению их изоляций. Из практики известны примеры обратного эффекта, когда при профилактическом заиливании концентрация кислорода в зоне обработки увеличивалась. Рост концентрации кислорода обусловлен эжекцией атмосферного воздуха при движении пульпы по скважинам с поверхности. При этом эжекция достигает 3...4 м³ на 1 м³ глинистой пульпы.

С учетом практического опыта и результатов исследований при использовании глинистой пульпы для профилактики эндогенных пожаров в Кузбассе преследуются две цели: усиление изоляции отработанных щитовых столбов, лав, блоков и выемочных полей путем заиливания основных штреков или пространств между двойными перемычками а охлаждение очагов самонагревания угля на пути движения пульпы в выработанном пространстве. В первом случае глина (в целике) подается из расчета 3...6 % от объема вынутаго угля, во втором - 5...10 %.

Целенаправленность применения предъявляет специфические, требования к материалу, используемому для приготовления суспензия. При усилении изоляции необходимы глины с большим содержанием песка (до 50 %), обладающие низкой пластичностью и хорошо отдающие воду. Соотношение Т:Ж в пульпах, используемых для заполнения штреков и двойных перемычек, должно быть порядка 1:1...1:3. При подавлении очагов самонагревания в условиях низкой проницаемости выработанного пространства целесообразно использовать высокопластичные глины с низким содержанием песка. Соотношение Т:Ж в пульпе должно быть уменьшено до 1:4...1:6.

Консистенция пульпы зависит от технологии ее приготовления. В Кузбассе глинистая пульпа готовится путем размыва естественных обложений гидромониторами (рис.3.1). Пульпа из забоя I самотеком поступает в пульпосборник 4 насосной станции 5, Транспортировка пульпы до групповых и отдельных скважин 8 на шахтных полях осуществляется с помощью углесосов 3 по пульпопроводам 6.

В Караганде и на Урале для приготовления пульпы глина добывается экскаваторами и автомобилями подвозится непосредственно к групповой или отдельной скважине на шахтном поле (рис.3.2). Затем глина с помощью пожарных стволов 4 оmyвается в приемный короб 2, установленный в устье скважины 3. Приемный короб, как и пульпосборник, перекрывается решеткой с размером ячейки не более 5 мм.

Первая из двух описанных схем приготовления пульпы имеет преимущества благодаря своей стационарности, удобства обслуживания и оперативного переключения на любой профилактический или аварийный участок. Общими недостатками обеих схем являются невозможность приготовления густых пульп, особенно в зимний период, и эжекция атмосферного воздуха. В первой схеме это

происходит по контакту обсадной трубы и скважины. Во второй схеме эжекция идет по двум каналам - по затрубному пространству и через отверстия в решетке приемного короба. Контрольные замеры показывают, что при движении пульпы по вертикальной скважине разряжение на устье достигает 0,08 МПа, что и обуславливает эжекцию.

Недостатки применяемого способа профилактического заиливания не ограничиваются невозможностью управления консистенцией пульпы

Рис. 3.1. Схема размыва глинистых отложений в заиловочных карьерах Кузбасса:

1 - забой; 2- гидромонитор; 3 - углесос; 4 - пульпосборник; 5 - здание насосной станции; 6 - пульпопровод; 7- задвижка; 8 - скважина

Рис. 3.2. Схема приготовления глинистой пульпы у отдельных скважин, применяемая в Карагандинском бассейне и месторождениях Урала:

1 - навал глины; 2 - приемный короб; 3 - скважина; 4 - пожарный ствол; 6 - рукав; 6 - задвижка; 7 - трубопровод для подачи вода

и эжекцией свежего воздуха. При необходимости подавления очага самонагревания угля в выработанном пространстве проблематичным является выбуривание скважин в нужную точку из-за их отклонения, особенно при перебуривании свиты отработанных пластов на крутом падении. В тех случаях, когда это достигается, невозможно объемно обработать скопление угля из-за отека пульпы по почве пласта. Для устранения этих недостатков в Кузбассе с 1976 г. для профилактической обработки и тушения эндогенных пожаров в выработанном пространстве широко используется вспененная глинистая пульпа. Технология приготовления такой пульпы приведена в разделе 5.

3.3. Способы сокращения утечек воздуха через выработанное пространство

Одной из причин, обуславливающих эндогенную пожароопасность выемочных участков, является приток воздуха к скоплениям угля в выработанных пространствах. Поэтому своевременная и качественная изоляция выработанных пространств от притока воздуха из примыкающих выработок является эффективным средством предупреждения самовозгорания угля.

Для предотвращения притока воздуха к скоплениям угля рекомендуется по контуру выемочного пространства возводить изолирующие полосы. Ширина полосы выбирается исходя из конкретных условий. Во всех случаях она должна быть не менее мощности вынимаемого пласта. Возводятся полосы из твердеющих

материалов. Наиболее подходящими являются составы материалов, полученные на основе золы-унос тепловых электростанций (табл.3.2).

Таблица 3.2

Рекомендуемые составы материалов на основе золы-унос

| Наименование показателей | Наименование составов | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| | зольно-цементный | зольно-песчано-цементный | зольно-гипсо-цементный | зольно-шлако-цементный : | зольно-доломитный | зольно-гипсовый |
| Внешний вид | Темно-серый | Темно-серый | Темно-серый | Темно-серый | Темно-серый | Светло-серый |
| Состав смеси (мас•ч) | З:Ц= 7:3 | З:П:Ц= 1,5:1,5: :1 | З:Г:Ц= 2:7:1 (4:5:1) | З:Ш:Ц= 2:3:1 | З:Д= 7:3 (3:2) | З:Г= 2:3 (3:2) |
| Водотвердое отношение (В/Т) | 0,41 | 0,25 | 0,48 0,44 | 0,2 | 0,4 0,4 | 0,48 0,48 |
| Предел прочности при сжатии, МПа: | | 4,2 | 4,2 | | | 3,2 |
| через 1 сутки | | 3,2 | 3,2 | | | 2,6 |
| через 28 суток | 12,2 | 10,2 | 11, 2 | 12,3 | 5,1 | |
| Воздухопроницаемость, м/с, при толщине образца 20 мм и разности давления 1000 Па через 28 суток, не более | 0,003 | 0,005 | 0 | 0,007 | 0,004 | 0 |

| | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------------|---|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Адгезия. МПа, через 28 суток: к породе | 1,5 | 1,0 | 0,30 | 1,2 | 0,10 | 0,18 |
| к углю | 0,5 | 0,3 | 0,15 | 0,3 | 0,07 | 0,12 |
| Условие применения (коэффициент крепости боковых пород по Прото-дьяконову) | 6. ..8 | 4. .,5 | 5... 6 | 6. ..8 | 3...4 | Менее : |
| Рекомендуемая установка (агрегат) для подачи раствора | УТТ, СО-49В, НБ-32 | УТТ, СО-49В, НБ-32, БУК-2 | "Монолит" "Пневмо лит", "Темп", ПБМ-2э, СБ-67 | УТТ, БУК-21 СО-49В | УТТ, СО-49В НБ-32 | "Монол "Темп", ПБМ-2э |
| Ориентировочная стоимость 1т смеси, руб | 7,55 | 7,13 | 8,49 7,05 | 5,61 | 2,54 2,92 | 4,26 3,56 |

Исходными компонентами для приготовления рекомендуемых составов, полученных на основе золошлаковых отходов тепловых электростанций, являются золы-унос, доломитовая пыль, шлак, песок, гипсовые вяжущие и портландцемент, расход которых приведен в табл.3.3.

Таблица 3.3

Ориентировочный расход материалов на 1 м³ раствора

| Наименование материала | Расход материалов на состав, кг | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| | зольно-цементный | зольно-пеочано-цементный | зольно-гипсо-цементный | зольно-шлако-цементный | зольно-доломитный | зольно-гипсовый |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Зола-унос | 780 | 500 | 445 | 440 | 780 | 436 |
| Портландце-мент | 334 | 334 | 111 | 230 | - | - |
| Вяжущие гипсовые | - | - | 555 | - | - | 685 |
| Шлак доменный гранулированный | - | - | - | 667 | - | - |
| Песок для строительных работ | - | 500 | - | - | - | - |
| Доломитовая пыль | - | - | - | - | 334 | - |

Рекомендуемые средства механизации при возведении изолирующих полос твердеющими материалами, полученными на основе золы-унос приведены в табл.3.4.

3.4. Изоляция отработанных полей и участков

После окончания очистных работ и демонтажа оборудования выемочные поля и участки необходимо изолировать от действующих горных выработок с помощью изолирующих перемычек.

Для обеспечения оперативности возведения изолирующих перемычек при появлении признаков самовозгорания и ликвидации развившихся пожаров в подготовительных выработках выемочных полей и участков сооружаются пожарные арки.

Для предотвращения прососов воздуха в выработанное пространство через целики угля и породный массив из действующих выработок возводятся изолирующие рубашки. Для поддержания герметичности изолирующих перемычек, арок и рубашек в период их эксплуатации применяют различные изолирующие покрытия.

Изолирующие перемычки

Назначение изолирующих перемычек - предотвращение прососов воздуха к скоплениям угля, оставляемого в выработанном пространстве отработанных выемочных полей и участков. Возводить изолирующие перемычки следует по возможности в местах, наименее подверженных влиянию очистных работ, и не ближе 5 м от сопряжения выработок.

Таблица 3.4

Средства механизации для возведения изолирующих полос из твердеющих материалов на основе золы-уноса

| Показатели | Установки (агрегаты) для приготовления и подачи твердеющего раствора | | | | Бетоноукладочный комп-лект БУК-2 | Растворонасосы | | Машины для пневматического транспортирования смесей | |
|---|--|------------|--------|-------------|----------------------------------|----------------|-------|---|-----|
| | УТТ | Монолит -2 | Темп-2 | Пневмолит-2 | | СО-49В | НБ-32 | ПМБ-2э | СЕ |
| Производительность, м ³ /ч | 3 | 7.. 9 | 7.. 9 | 7.. 9 | 5 | 4 | 32 | 4.. 6 | 4 |
| Максимальное давление, МПа (кгс/см ²) | 1,5(15) | 1(10) | 1(10) | 1(10) | 0.6(6) | 1,5(15) | 4(40) | 0,28(2,8) | 0,5 |
| Мощность привода, кВт | 2,5 | 15 | 15 | 15 | - | 4 | 25 | 8,3 | 4,5 |
| Дальность подачи, м | 100 | 50 | 200 | 40 | 300 | 160 | 200 | 200 | 20 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | |
| длина | 2700 | 2100 | 2310 | 2300 | 2440 | 2500 | 1860 | 3400 | 34 |
| ширина | 1000 | 980 | 650 | 660 | 1250 | 950 | 1000 | 1220 | 110 |
| высота | 1600 | 660 | 1050 | 830 | 2325 | 1150 | 1455 | 1680 | 160 |
| Масса, кг | 1250 | 444 | 420 | 500 | 2600 | 560 | 1040 | 3100 | 10 |

| | | | | | | | | | |
|---|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|---|----------|-----|
| Вместимость по загрузке, м ³ | 0,17 | Непрерывная подача | Непрерывная подача | Непрерывная подача | 0,5 | — | — | 2 | 0,3 |
| Предприятие-разработчик | ВНИИГД | ВНИИГД | ВНИИГД | ВНИИГД | ВНИИОМШС | ЦНИИТЭ-строймаш | - | ВНИИОМШС | ЦФ |

Материалы, применяемые для возведения перемычек, и их конструкции следует выбирать исходя из конкретных геологических и горно-технических факторов. Размеры вруба для возведения перемычек определяются состоянием вмещающих пород. Толщина перемычек зависит от ожидаемого горного давления и величины поперечного сечения горной выработки.

Бетонитовые перемычки наиболее целесообразно сооружать для изоляции погашаемых выработок, выемочных долей и участков.

Порядок сооружения бетонитовых перемычек о ледаций. После выполнения подготовительных операции до заготовке материала, зачистка выработки, установке дополнительного крепления приступают к разделке вруба. Вруб в почве заливают цементным раствором толщиной 8...10 см, тем самым, выравнивая постель для последующей укладки бетонита.

В зависимости от места установки в ожидаемого горного давления толщина перемычки составляет 1; 1,5; 2; 2,5 или 3 бетонита. Пространство между бетонитами, кладкой в вмещающими породами тщательно заполняется раствором. Кладку бетонита необходимо производить на цементном растворе 1:2 или 1:3 в зависимости от марки цемента и условий эксплуатации перемычки. Поверхность перемычки с доступной стороны штукатурится в белится. Нормы расхода материалов для возведения бетонитовых перемычек приведены в табл.3.5.

Таблица 3.5

| Наименование материала | Расход материала на 1 м ³ кладки перемычек |
|------------------------|---|
| Бетонит, шт | 62... 65 |
| Цемент, кг | 56... 60 |
| Песок (сухой), кг | 120... 180 |

Бетонные перемычки могут возводиться в любых выработках. Учитывая высокую трудоемкость работ, наиболее целесообразно отстроить их в тех местах, где напор вода или пульпы может достигать 1 кг/см^2 . При гидростатическом давлении более 1 кг/см^2 сооружаются специальные водоупорные перемычки.

Толщина бетонных перемычек в зависимости от ожидаемого гидростатического в горного давлении обычно принимается 0,5; 0,75; 1,0 м. После производства вруба возводится опалубка. При этом со стороны действующей выработки ее возводят по мере укладки бетона. Укладка бетона ведется от бортов к центру перемычки с тщательным утрамбовыванием.

После снятия опалубки поверхность перемычки затирается раствором (Ц:П = 1:4) и белится. Примерный расход материалов на приготовление 1 м^3 бетона приведен в табл.3.6.

Таблица 3.6

| Сечение выработки, м^2 | Норма расхода | | | | |
|---------------------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|-------|
| | Цемент | | Песок, м^3 | Щебень м^3 | Вода, |
| | кг | м^3 | | | |
| 1:2:3 | 360 | 0,270 | 0,50 | 0,75 0,90 | 0,15 |
| 1:2:4 | 300 | 0,225 | 0,45 | 0,85 | 0,13 |
| 1:3:5 | 223 | 0,167 | 0,42 | | 0,12 |

Гипсовые перемычки представляют собой монолитную конструкцию из гипса, возводимую с помощью агрегатов "Пневмолит", "Монолит" или комплекса для дистанционного (до 200 м) возведения - "Темп-2". Толщина перемычки зависит от сечения выработки и качества гипса

(табл.3.7).

Таблица 3.7

| Сечение выработки, м^2 | Толщина перемычки, м | |
|---------------------------------|----------------------|------------------|
| | Из высокопроч- | из строительного |
| | | |

| | ного гипса | гипса |
|-------------------------|---------------|-------|
| 4... 6 | 1,0 | 1,3 |
| Более 6, но менее 12 | 1,5 | 1,6 |
| Более 12 | 2,0 | 2,3 |

Перед возведением перемычки убираются затяжки, отслоившаяся порода, зачищается почва. Затем устанавливается опалубка и обтягивается тканью (мешковиной и др.). Зазоры между опалубкой и вмещающими породами уплотняют мешковиной или набрызгом гипса и приступают к заполнению пространства между опалубкой гипсовой смесью. Расход гипса (Q) для возведения перемычки определяется ориентировочно по формула!

$$Q = VK\gamma, \text{ т}$$

где V - объем заполняемого межопалубочного пространства, м³;

γ - объемная масса гипса (для высокопрочного $\gamma = 1,3 \text{ т/м}^3$;

для строительного $\gamma = 1,1 \text{ т/м}^3$);

K - коэффициент, учитывающий потери гипса, K = 1,15.

После этого производится набрызг гипсового раствора на обнаженную поверхность (боков и кровли) выработай, примыкающей к перемычке.

В случае трещиноватых боковых пород закрепное пространство на протяжении 2,5 и по обе стороны перемычки также заполняется гипсовой смесью.

Заданной прочности гипсовая смесь достигает примерно через 1,5 часа. Гипсовые перемычки можно возводить в любых выработках кроме выработок с капежом.

Двойная перемычка с подыливанием состоит из двух опорных перемычек, расположенных одна от другой на расстоянии не менее 6 м, пространство между которыми заполняется заилочной пульпой. Конструкция и размеры опорных перемычек зависят от высоты столба пульпы (ожидаемого давления) и характеристики вмещающих пород.

Материалом для опорных перемычек может быть бетонит или бетон. Величина врубов, строительные параметры и способ возведения опорных перемычек аналогичны описанным выше одинарным бетонитовым и бетонным перемычкам. Трубы для отбора проо воздуха и нижняя труба для выпуска осветленной воды снабжаются плотными заглушками. Две трубы, одна - для подачи пульпы, другая

(верхняя) - для выпуска осветленной воды, заводятся в купол, выбранный в верхней части выработки.

Заиливание пространства между перемычками может осуществляться песчано-глинистой пульпой, золой-унос электростанций, флотохвостами обогатительных фабрик. С целью уменьшения расхода заиловочного материала возможно заполнение пространства между перемычками породой.

Пространство между перемычками заиливают в несколько приемов в зависимости от консистенции пульпы (Т:Ж).

Консистенция пульпы зависит главным образом от насосной установка. Для двойной изолирующей перемычки консистенция пульпы должна находиться в пределах 1:1,,1:3.

Изолирующие рубашки

Размеры изолирующих рубашек (рис.3.3), их конструкция, а, следовательно, материал и технология возведения предопределяются протяженностью, характером разрушения пород, сечением выработки с видом крепи. Изолирующие рубашки возводятся по всему периметру, либо по одному из боков или кровле выработки. Они не должны уменьшать сечение действующих выработок. В зависимости от условий изолирующие рубашки возводятся с помощью опалубки или без нее.

набрызговые из твердеющей пены

тампонажные из твердеющей пены

рис. 3.3. Изолирующие рубашки

При возведении бетонных рубашек с помощью опалубки работы выполняются в такой последовательности.

На участке, где возводится рубашка, удаляются затяжки, обирается порода по всему периметру выработки. По концам этого участка делаются пазы (врубы) для открьлок глубиной 40...50 см. В почве вдоль бортов выработки выбирается котлован для фундамента на глубину 30 см. Устанавливают опалубку, за которую укладывают бетон и тщательно его утрамбовывают. После затвердевания бетона (7...8 дней) снимают опалубку, заполняют раствором имеющиеся раковины и производят побелку поверхности рубашки.

Деревянную крепь заменяют металлической. Для приготовления бетона используют цемент марки 400...600. В качестве заполнителя берут щебень, песок, гравий. Количество воды - примерно 65 % от веса сухой смеси. Для ускорения твердения в бетонную смесь вводится жидкое стекло или хлористый кальций, хлористый натрий (1,5...3,0 % от массы цемента). Марка бетона должна быть не ниже

150...200. Возводятся такие рубашки, как правило, в капитальных выработках с установившимся горным давлением.

При возведении безопалубочной бетонной (растворонаметной) изолирующей рубашки необходимо удалить или заменить поломанные затяжки, очистить стенки и кровлю выработки от нависающих кусков породы, обмести пыль. Перед заполнением закрепного пространства песчано-цементной смесью на поверхность подготовленного участка выработки наносится слой торкретбетона толщиной 7...10 см. Торкрет бетон выдерживают 24 часа, после чего приступают к заполнению (тампонированию) закрепного пространства. Рецепт раствора: для торкретирования Ц:П:В = 1:3:0,5; для тампонирования соответственно 1:3:2 или 1:5:2.

При этом марка цемента для торкретирования должна быть не ниже 400, а для тампонирования - не ниже 300. В качестве ускорителя схватывания рекомендуется жидкое стекло (3...4 % от массы цемента).

Для выполнения этих работ рекомендуется использовать установку УТТ, предназначенную для торкретирования и тампонирования. Эти работы можно выполнять также и с помощью машины БМ-60 или БУК-2. Последняя может быть применена только в выработках высотой более 2,7 м.

Такие рубашки можно возводить в любых выработках, в том числе и в местах с не установившимся горным давлением, как временное средство изоляции.

Арки

В проекте подготовки выемочного участка или очистного забоя

на плане горных выработок должно быть четко указано место расположения арок. В пояснительной записке к проекту (в специальных мероприятиях по технике безопасности) указываются конструкция арки (ниши для хранения материалов), вид и объемы материалов, необходимых для возведения арки и закладки проемов, а также технология выполнения этих работ. В качестве материала для возведения арок рекомендуется бетонит или бетон.

Бетонитовые пожарные арки (рис.3.4) возводятся аналогично бетонитовым перемычкам. Специфической особенностью при сооружении арки является необходимость оставления по бокам проема выступов бетонитов (путем смещения горизонтальных рядов) для осуществления перевязки в рядах при закладке проема. При этом размер арки должен быть таким, чтобы проем заполнялся целым числом бетонитов. Сверху проем арки перекрывается сплошную рельсами тяжелого типа или двутавром № 20. Выше перекрытия тело противопожарной арки возводится из бетона и цементного раствора.

Для кладки бетонитов необходимо использовать раствор Ц:П = 1:1 или 1:2. Крепление на протяжении 5 м по обе стороны от арки усиливается и изготавливается из негорючего материала. Бетонитовые арки можно возводить в любых выработках.

Бетонные пожарные арки (см.рис.3.4) строятся в такой последовательности. Делается вруб с расширением в верхней части. Опалубка возводится

(наращивается) по мере укладки бетона. После возведения арка до перекрытия укладывают балки перекрытия (рельсы или двутавр) и продолжают бетонирование. Верхнюю часть вруба заполняют раствором (Ц:П = 1:2) с помощью установки УТТ или растворонасоса, перекрыв расширение опалубкой.

После отвердевания раствора убирают опалубку, заполняют раковины и пустоты на сопряжении тела арки с вмещающими породами. Затем с обеих сторон арку штукатурят (затирают) цементно-песчаным раствором (Ц:П = 1:1). Технология укладки батона и его рецептура аналогичны описанным в разделе "Бетонные перемычки".

Изолирующие покрытия

Для поддержания герметичности изолирующих сооружений применяют различные штукатурные и изолирующие составы.

Цементный раствор применяется для покрытия бетонитовых и бетонных перемычек, пожарных арок и изолирующих рубашек.

Рис. 3.4. Противопожарные арки

Штукатурный цементно-песчаный раствор должен быть Ц:П = 1:2. В обводненных выработках следует применять сульфатостойкий портландцемент. Ремонт и герметизация изолирующих сооружений, предназначенных для удержания вод с большим давлением, должны осуществляться раствором состава Ц:П = 1:1.

Силикатный раствор (табл.3.8) также используют для герметизации изолирующих сооружений из бетонита, кирпича и та бетона.

Таблица 3.8

Материалы для приготовления силикатного раствора

| Материалы | Соотношение частей | | Характеристика материалов |
|-----------|--------------------|-----------|--|
| | по массе | по объему | |
| Цемент | 1,7 | 2,2 | Портландцемент марки 400. ...500 |
| Известь | 1,5 | 0,9 | Молотая кипелка I.. II сорта или пушонка I сорта |
| Песок | 0,4 | 0,6 | Речной с частицами 0,2... |

| | | | |
|---------------|-----|-----|--|
| | | | 0,5 мм |
| Вода | 1,7 | 1,7 | |
| Жидкое стекло | 0,6 | 0,8 | Модель 2,5; плотность 1300. ..1500 кг/м ³ |

Изолирующая мастика может применяться для герметизации изолирующих сооружений из любых материалов. Представляет собой дисперсную массу частиц битума в смеси воды с твердым эмульгатором, в состав которой входят: битум БН-Ш - 20 %; известь - 6,5 %; инертная пыль - 40 %; вода - 33 %; борная кислота (порошок) - 0,5.

При испарении влаги мастика превращается в пластичный материал, обладающий высокой воздухопроницаемостью.

3.5. Изоляция выработанного пространства от поверхности.

Одной из основных причин подземных пожаров, является воздухообмен между выработанным пространством и атмосферой поверхности. Он происходит при выходе горных выработок на поверхность; появлении провалов и трещин на поверхности, образовавшихся при ведении подземных горных работ; при выемках на поверхности оставшихся при разработке пластов открытыми горными работами; при наличии на выходах пластов воздухопроницаемых пород, например горельников.

Для предупреждения подземных пожаров наряду с тщательной изоляцией отработанных и пожарных участков от действующих выработок в шахте необходимо принимать меры по изоляции их от поверхности.

ликвидируемые выработки должны быть полностью засыпаны негорючими материалами, в качестве которых используют местные рыхлые породы наносов или привозные коренные породы. При использовании привозных пород устья выработок на 5 м от поверхности засыпают плотными рыхлыми породами (глиной, суглинком) и утрамбовывают.

При засыпке выработок деревянная крепь должна быть извлечена на глубину 3...5 м от устья.

Выработки, подлежащие временной консервации, вместо засыпки перекрывают полками и перемычками.

В этом случае для перекрытий используют два железобетонных полка или два полка из металлических балок или рельсов. Один из полков устанавливают на глубине залегания коренных пород, но не ближе 10 м от поверхности, а другой - на

уровне поверхности. В вентиляционных выработках нижний полук устанавливают ниже канала вентилятора. В горизонтальных выработках вблизи от сопряжения их с вертикальными производят возведение двойных бетонных или кирпичных перемычек.

При временной консервации наклонных стволов а уклонов устья их закрывают кирпичными, каменными ига бетонными перемычками. В горизонтальных выработках вблизи сопряжения их с наклонными так же как и при консервации вертикальных выработок, возводят двойные перемычки.

При ликвидации скважин, соединяющих действующие выработки с поверхностью, в них со стороны шахты возводят прочные бетонные или деревянные пробки. Затем скважины засыпают.

После окончания работ по ликвидации вертикальных или наклонных выработок вокруг их устьев должно быть поставлено прочное ограждение из дерева, колючей проволока или металлической сетки. Устья всех ликвидированных выработок должны быть ограждены водоотводными канавами для стока весенних и дождевых вод.

В результате ведения горных работ происходит обрушение вмещающих горных пород и пород, перекрывающих выходы пластов, с образованием провалов и трещин на поверхности.

Размеры провалов зависят от глубины ведения горных работ, мощности и угла падения угольного пласта, свойств боковых пород, мощности рыхлых отложений над выходами пласта, система разработки, скорости и направления подвигания очистных забоев.

Провалы, образующиеся при разработке первого и второго этажей на пластах мощностью до 3 м, представляют собой обычно отдельные

воронки обручений. На более мощных пластах угля провалы имеют оврагов, размеры которых вкрест простирания равны трех-, пятикратной мощности пласта, а по простиранию - размерам выемочного участка. Глубина провалов изменяется от 5 до 20,..30 м

я более.

Сдвигание горных пород в результате подземной разработки приводит и к образованию серии трещин, через которые, так же как и через провалы, возможен воздухообмен между подземными выработками и поверхностью.

Для изоляции горных выработок от проникновения в них воздуха и предупреждения возникновения подземных пожаров все провалы поверхности, образовавшиеся при отработке мощных пластов, подлежат засылке. Засыпка провалов должна обеспечить надежное перекрытие выходов пластов, трещин и коренных пород. Изоляционная подушка, создаваемая для этого, должна быть не менее 3 м, считая от уровня коренных пород. Борты провалов должны иметь пологие склоны.

Для засыпки провалов используются рыхлые отложения, перекрывающие коренные породы. Грунт послойно срезается бульдозерами и перемещается ими в провал. Минимальная мощность наносов, оставляемых над коренными породами, должна быть не менее 3 м.

На участках, опасных по прорывам глин, засыпку провалов рекомендуется производить рыхлыми породами попеременно с привозными коренными породами.

Для приведения провалов в безопасное состояние перед засыпкой необходимо взрывным способом ликвидировать навесы и произвести выполаживание бортов. Для этого на определенном расстоянии вдоль кромки провала бурят шпуры и скважины или проходят неглубокие шурфы. В них помещают заряда ВВ, засыпают их забойкой и взрывают.

При мощности наносов до 3 м засыпку провалов следует производить привозным рыхлым грунтом, а на участках, опасных по прорывам глин, - привозными коренными породами. В этом случае породу автосамосвалами транспортируют и складировать по бортам провала, а затем бульдозерами перемещают в провал. После заполнения провала материал засыпки уплотняют бульдозерами, а склоны отвала выполаживают.

Работу по засыпке провалов необходимо вести круглый год. Мерзлую корку наносов в зимнее время следует рыхлить. Рыхление корки производится на площади, ширина которой равна ширине траншей, образуемой бульдозером (3...3,5 м), а длина - не более 30...40 м.

Взрывание производят до начала работы бульдозера. Взорванная корка перемещается бульдозером в провал и поверх нее насыпаются талые рыхлые отложения, разрабатываемые бульдозером в образовавшейся траншее.

Разработка талых пород ведется непрерывно для того, чтобы не допускать их промерзания. Одновременно производится бурение скважин для следующей траншеи.

Для засыпки провалов в зимнее время целесообразно вдоль выходов пластов на месте образования провалов летом заготавливать материал в штабеля.

При образовании провалов заготовленным материалом заполняют воронки обрушений. Летом на этих участках производят зачистку поверхности и выравнивают провалы бульдозерами.

На участках, не опасных по прорывам глин и имеющих достаточное количество рыхлых отложений, штабеля создают из местного материала, который перемещают на предполагаемые места образования провалов,

В местах, где отсутствуют наносы, штабеля можно заготавливать из любых привозных негорючих материалов, в том числе из рыхлых глинистых пород.

На участках, опасных по прорывам глин, штабеля должны состоять из коренных пород. Последние, попадая вместе с глинистыми наносами в выработанное пространство, препятствуют движению глинистых пород и их течи под большим давлением.

Объем и размеры штабелей принимаются по маркшейдерским данным.

При добыче коренных пород, используемых для засыпки провалов, необходимо устаривать карьеры.

Материал для засыпки провалов обычно не требует сортировки. Если коренные породы представлены в основном крупными кусками, а рыхлые отложения под выходами пластов имеют незначительную мощность (менее 3м), то в этом случае при закладке штабеля добавляются мелкий материал. Штабеля формируются бульдозерами, экскаваторами и автосамосвалами.

При крепких труднообрушаемых породах кровли и наносах мощностью менее 3 м во многих случаях целесообразно производить выколачивание бортов и частичную засыпку провала взрывным способом.

Взрывание породы производят методами скважинных, котловых и камерных зарядов. Скважинные и котловые заряды следует располагать в несколько рядов с уменьшением длины по мере удаления зарядов от границы провалов.

Скважины и минные камеры целесообразно располагать с висячей или лежащей стороны провалов. При проведении минных выработок в горстах висячего бока пласта необходимо вести тщательный контроль за поведением пород, поскольку минные выработки и скважины можно располагать только в зоне, безопасной в отношении самопроизвольного обрушения пород.

Наряду с засыпкой провалов необходимо изолировать все трещины на поверхности. Трещины засыпаются грунтом а утрамбовываются при помощи бульдозера. В зоне трещинообразования мощность создаваемой подушки из насыпного грунта или мощность существующих наносов после засыпки должна быть не менее 3 м. При повторных обрушениях поверхности все вновь образовавшиеся провалы и трещины засыпаются еще раз.

Верхняя часть мощных крутых пластов, залегающих на небольшом расстоянии от поверхности, чаще всего разрабатывается открытым способом.

В связи с этим после окончания открытых работ все разрезы необходимо засыпать негорючими материалами. Изоляционная подушка должна быть не менее 3 м, считая от уровня коренных пород. При засылке разрезов крупнообломочными материалами необходимо производить их дополнительное проиливание глинистой пульпой с соотношением Т:Ж = 1:5.

В тех случаях, когда отработка пласта ведется щитами или с применением гибкого перекрытия без оставления целиков над вентиляционным штреком, засыпка

выемки производится после монтажа щитового или гибкого перекрытия. При этом для предупреждения прорывов глин непосредственно на перекрытие насыпают материал из коренных пород для создания подушки мощностью не менее 3 м, а затем насыпают рыхлые отложения.

После отработки столбов или блоков образовавшиеся провалы засыпают в обычном порядке.

Выходы пластов угля иногда бывают перекрыты воздухопроницаемыми породами» например горельниками, мощностью от 10 до 100 м и более. Через такие породы в выработанные пространства свободно проникает воздух, что обуславливает необходимость принимать специальные меры по их изоляции.

В качестве одной из мер снижения воздухопроницаемости пород можно рекомендовать их проиливание густой глинистой пульпой с соотношением Т:Ж = 1:5. Пульпу можно подавать в скважины или в специально пройденные траншеи.

Скважины рекомендуется применять при большой мощности горельников (свыше 20 м). Расстояние между скважинами зависит от конкретных условий, но должно быть не более 20 м.

В том случае, когда площадь горельников велика, отдельные замкнутые зоны рекомендуется оконтуривать барьерами, создаваемыми путям тампонажа горельников глинистой пульпой или цементным раствором.

4. ОБНАРУЖЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ, КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ, ЛОКАЛИЗАЦИЙ И ТУШЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ

4.1. Контроль за ранними признаками самовозгорания угля

В соответствии с "Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах" при разработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, должен быть организован непрерывный автоматический контроль за ранними признаками самонагревания (самовозгорания) угля с помощью специальной аппаратуры. При отсутствии систем непрерывного автоматического контроля наблюдения за ранними признаками самовозгорания угля должны вестись силами участка ВТБ (или специального участка) и ВГСЧ.

Наблюдению и контролю подлежат все объекты и места горных выработок, в которых возможно самовозгорание угля. При этом особое внимание должно быть уделено наблюдению за пустотами над выработками, выработанными пространствами, местами геологических нарушений, старыми непогашенными выработками, целиками над откаточными и под вентиляционными штреками, охранными целиками угля и др. Места контроля выбираются главным инженером шахты и согласовываются с командиром ВГСЧ, обслуживающей данную шахту.

В основу контроля за самонагреванием угля положен метод, основанный на замере содержания оксида углерода в атмосфере контролируемого участка.

Признаком самонагрева угля является устойчивое содержание оксида углерода (превышающее его фоновое значение) в атмосфера горной выработки или его увеличение.

При необходимости контролируется также содержание диоксида углерода, водорода, кислорода, предельных и непредельных углеводородов, температуры воздуха, пород и воды.

Для непрерывного определения микросодержаний оксида углерода непосредственно в горных выработках в настоящее время используется стационарная, автоматическая аппаратура "Сигма-СО-В".

Принцип действия газоанализатора основан на измерении поглощения оксидом углерода инфракрасного излучения.

Техническая характеристика

| | |
|--|-------------|
| Диапазон измеряемых объемных долей, % | 0...0,01 |
| Предел допускаемой приведенной погрешности, % | ±6 |
| Время установления выходного сигнала без учета времени транспортирования, пробы, с, не более | 60 |
| Длина пробоотборного зонда, м | 200 |
| Передача информации на расстояние, км | До 10 |
| Время работы в автоматическом режиме баз обслуживания, сут., не менее | 7 |
| Стабильность показаний, сут., не менее | 14 |
| Потребляемая мощность, Вт, не более | 50 |
| Габаритные размеры, не более | 480x570x650 |
| Масса, кг | 77 |

На шахтах, где отсутствуют приборы непрерывного контроля, содержание оксида углерода определяется непосредственно в атмосфере горных выработок при помощи газоопределителей химических ГХ-М или газоанализатора хроматографического "Эндотестер".

Измерение оксида углерода газоопределителем химическим ГХ-М основано на линейно-калориметрическом принципе.

Техническая характеристика газоопределителя ГХ-М

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Диапазон измеряемых объемных долей, % | 0,0005...0,25 |
| Погрешность определения, % | ±25 |

Срок годности, мес. 36

Масса прибора (аспиратора мехового
и одной коробки трубок), кг, не более 0,52

Газоанализатор "Эндотестер" применяется в угольных шахтах всех категорий по газу и опасных по пыли, как переносной прибор индивидуального пользования с автономными источниками пневматического и электрического питания.

Техническая характеристика
газоанализатора "Эндотестер"

Диапазон измеряемых объемных долей водорода

и оксида углерода, % 0...0,005

0...0,01

0...0,05

0...0,1

0...0,25

0...0,5

Предел допускаемой приведенной основной
погрешности на каждом диапазоне, % 10

Время выхода на рабочий режим, мин, не более 15

Время анализа, мин, не более 5

Время непрерывной работы без замены
источников питания, ч, не более 8

Масса без чехла, кг, не более 8

Габаритные размеры, мм, не более 290x372x120

Для лабораторного определений содержания оксида углерода в пробах
рудничного воздуха используется газоанализатор "Сигма-СО-602".

Техническая характеристика
газоанализатора "Сигма-СО-602"

Диапазон измерений объемной доли, % 0...0,005; 0...0,05

Класс точности 6

Время прогрева, мин 30

Минимальный объем пробы воздуха для анализа, л 0,3

Габаритные размеры, мм

600x300x200

Масса, кг

15

Содержание индикаторных газов в рудничном воздухе при наличии очага самонагревания зависит не только от стадии пожара, но и от подачи в выемочное поле воздуха и его утечек в выработанное пространство. Выделение газов на всей температурной кривой разогрева угля и зависимость их содержания в воздухе от вентиляционного режима и его изменения во времени предопределяют присущие газоаналитическому методу ошибки двух родов: первая - при содержании например, оксида углерода менее 0,01 % дается заключение "нет пожара" - при его наличии в стадии установившегося горения; вторая - при высоком содержании индикаторных газов делается вывод о наличии пожара и опасности взрыва горючих газов при фактической температуре в очаге самонагревания менее критической.

Ошибка первого рода устраняется при использовании в ходе контроля показателей в виде отношения индикаторных газов. В этом случае увеличение или уменьшение подачи воздуха в равной степени действует на числитель и знаменатель дроби. Ошибка второго рода устраняется при выполнении двух требований - обязательном определении фона индикаторных газов и применении показателя, позволяющего фиксировать момент перехода стадии возгорания в стадию установившегося горения. Этим требованиям соответствуют два показателя. Первый из них основан на определении соотношения содержания в атмосфере горных выработок оксида углерода к водороду, а второй - этилена к ацетилену. К числу преимуществ последнего относится высокая чувствительность к изменению температуры, позволяющая вести ее контроль в пределах 40...300 °С для бурых и каменных углей. Контроль температуры с применением первого показателя отличается большей оперативностью за счет использования переносного газоанализатора "Эндотестер". Однако он не позволяет оценить динамику изменения температуры в стадиях самонагревания и возгорания, поэтому его целесообразно использовать в качестве дополнительного при классификации эндогенного пожара на раннюю стадию и стадию горения.

4.2. Определение стадий эндогенного пожара по отношению оксида углерода и водорода

4.2.1. Фон индикаторных газов

Исследованиями Восточного отделения ВНИИГД установлено, что в атмосфере действующих и изолированных выемочных участков шахт Кузбасса постоянно присутствуют оксид углерода, водород и углеводороды. Их наличие не обусловлено процессом самонагревания угля. Это явление предложено назвать фоновым содержанием (фоном) индикаторных газов.

Фон индикаторных газов - определенное процентное содержание индикаторных газов в атмосфере, очистного забоя в конкретных горно-геологических условиях

при установившихся технологических режимах отбойки угля, управления кровлей и проветривания очистного забоя без наличия очага самонагрева угля.

Источниками формирования фона индикаторных газов в атмосфере забоя являются: выделение газов из угля и вмещающих пород, низкотемпературное (при обычной шахтной температуре) окисление угля и технологические процессы выемки угля и управления кровлей. После проведения взрывных работ в очистном забое в его атмосфере помимо

повышенного содержания индикаторных газов (оксид углерода, водород, предельные углеводороды) появляются и непредельные углеводороды, которые вымываются вентиляционной струей через 3...4.5 часа.

Таким образом, анализ динамики изменения содержания индикаторных газов при контроле за самонагреванием угля газоаналитическим методом следует проводить с учетом фона конкретного очистного забоя. Во всех точках контроля за признаками самовозгорания угля, определенных проектом для каждого конкретного выемочного поля, должен первоначально определяться фон индикаторных газов, который будет являться точкой отсчета при рассмотрении динамики содержания индикаторных газов. Наблюдения должны проводиться на Я всех выемочных полях, обрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию.

Выбор участков, подлежащих систематическому контролю на пластах угля, не склонных к самовозгоранию, производится главным инженером шахты совместно с командиром ВГСО и горно-техническим инспектором. В первую очередь необходимо обращать внимание на участки:

отработка которых ведется замедленными темпами;

имеющие недостаточную изоляцию со стороны горных выработок или с поверхности (наличие на выходах пласта горельников, отсутствие или недостаточность рыхлых отложений и др.);

с оставленными в выработанном пространстве целиками угля из-за аварий в местах геологических нарушений;

подрабатывающие списанные подземные пожары;

имеющие связь со старыми горными выработками (из-за обрушений, куполов, неизолированных выработок и др.).

Для наблюдений за уровнем фона индикаторных газов в рудничном воздухе и последующего контроля за признаками самовозгорания угля необходимо выбирать такие места в горных выработках, которые находилась бы на дуги движения воздушной струи, прошедшей через место наиболее вероятного очага самовозгорания угля, а разбавление в них выносящихся газообразных продуктов окисления угля свежим воздухом было бы наименьшим.

Выбор точек отбора проб воздуха для определения фона индикаторных газов и последующего контроля за признаками самовозгорания угля следует производить

с учетом технологических и вентиляционных схем и их параметров, что обеспечивает большую представительность пробы.

При шаговой системе разработки на подконтрольных действующих участках набор проб воздуха при депрессии необходимо производить из-за перемычек на сбойках в межблоковом целике в точках притока воздуха. Если на участке создается зона нулевого давления, пробы нужно отбирать из-за перемычки на вентиляционном штреке и в верхних сбойках. При нагнетательном способе проветривания наибольшую точность обеспечивают пробы воздуха из воздуховыдающих скважин, пробуренных в выработанное пространство.

Контроль за уровнем фона индикаторных газов следует начинать в лавах и в монтажных нишах; при щитовой системе разработки сразу же после проведения продольного прохода (канавы) под щитом, посадки кровли или потолочины в монтажной камере первого щитового столба.

Для определения фона индикаторных газов отбираются три пробы воздуха с интервалом 30 мин. Наблюдения проводятся три раза с интервалом 4...5 суток. Ежедневно вычисляется средняя величина фона.

За уровень фона принимается максимальное значение, полученное по одному из трех дней. Результаты определения фона индикаторных газов оформляются актом комиссии в составе главного инженера шахты, начальника участка ВТБ к командира взвода ВГСЧ, обслуживающего данную шахту.

Фоновое содержание индикаторных газов определяется в нерабочий день или в ремонтную смену при условии отсутствия технологических операций по выемке угля и управлению кровлей (работа комбайна, ведение взрывных работ, передвижка крепи и т.д.). Данное требование обусловлено тем, что при выполнении технологических операций по выемке угля в комплексно-механизированных лавах концентрация индикаторных газов на исходящей струе очистного забоя повышается в 1,5...2,5 раза, а в очистных забоях со взрывной выемкой на исходящей струе не только увеличивается содержание индикаторных газов, но и появляются непредельные углеводороды.

Перед производством наблюдений проверить состояние подводящих выработок и призабойного пространства лава (отсутствие завалов, загромождений сечения и т.п.), наличие и исправность вентиляционных устройств, обеспечивающих установленный режим проветривания данного очистного забоя.

В случае изменения геологических или горно-технических условий (появление геологических нарушений в пласте, изменение величины шага посадки, режима

проветривания и т.д.) необходимо производить контрольную проверку уровня фона индикаторных газов.

При установлении фона в составе атмосферы забоя должны определять 10 компонентов: диоксид углерода (CO_2), кислород (O_2), оксид углерода (CO), водород (H_2), метан (CH_4), этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), этилен (C_2H_4) и пропилен (C_3H_6) Содержание этих газов берется в объемных долях.

При фоновом содержании индикаторных газов (оксида углерода, кислорода и других компонентов) в рудничном воздухе действующих подземных выработок выше предельно допустимых правилами безопасности норм - необходимо приостановить все горные работы и вывезете людей до обеспечения снижения содержания газов в выработках до уровня, соответствующего требованиям правил безопасности.

Наблюдение за признаками самовозгорания угля

Признаки самовозгорания угля необходимо контролировать в тех же точках, в которых определяется фон индикаторных газов.

Определение экспресс-методом содержания оксида углерода в рудничном воздухе действующих выемочных полей производится:

силами ВТБ при отсутствии оксида углерода (или же его наличии в пределах фона) один раз в смену на выемочных полях, проветриваемых нагнетательным способом и один раз в сутки на выемочных полях, проветриваемых всасывающим способом;

силами ВГСЧ при отсутствии оксида углерода (или его наличии в пределах фона) независимо от способа проветривания - два раза в месяц.

При обнаружении оксида углерода в концентрациях, превышающих 0,0017 %, наблюдения должны производиться силами ВГСЧ. Для установления динамики выделения индикаторных газов набор проб рудничной атмосферы производится в тех же местах в течение последующих двух суток. В случае увеличения содержания индикаторных газов в трех отобранных пробах оформляется акт на самонагревание угля. В дальнейшем частоту отбора проб определяет главный инженер шахты до согласованию о командиром ВГСО.

Все замеры производить в нерабочие смены, между сменами или же в ремонтную смену, но не ранее чем через 4,5 часа после проведения взрывных работ при нормальном и устойчивом проветривании всех забоев и выработок выемочного пола.

При обнаружении превышения содержания оксида углерода над фоновым по показаниям "Сигма-СО-В" или при непосредственном определении оксида углерода в шахте экспресс-методом, работники шахты обязаны отобрать контрольную пробу воздуха для анализа ее в

газоаналитической лаборатории ВГСЧ на определение содержания монооксида углерода, кислорода, оксида углерода, водорода, метана,

предельных (этан, пропан, бутан) и непредельных (этилен, пропилен) углеводородов.

Для установления динамики выделения указанных газов набор проб рудничного воздуха производится в тех же местах в течение последующих двух суток. Устойчивое нарастание содержания оксида углерода, водорода, метана и этана над фоновым свидетельствует о самонагревании угля.

4.2.2. Определение стадий эндогенного пожара

Ранняя стадия самовозгорания угля

В этой стадии развития эндогенного пожара происходит быстрый рост температуры от 70...140 до 300...350 °С. Разница между верхней и нижней границами интервала температурной кривой обусловлена петрографическим составом и степенью метаморфизма угля. Продолжительность стадии при благоприятных условиях составляет всего несколько часов.

В окружающей атмосфере увеличивается содержание оксида углерода, водорода и углеводородов. В конце стадии появляются специфический запах и дым, увеличивается содержание метана и диоксида углерода, наблюдается убыль кислорода.

Отличительным признаком ранней стадии является условие

$$(\text{CO}-\text{CO}_\text{ф}) / (\text{H}_2-\text{H}_2\text{ф}) > 10$$

где $\text{CO}_\text{ф}$ и $\text{H}_2\text{ф}$ - фоновое содержание газов в рудничной атмосфере, %;

CO и H_2 - содержание газов в рудничной атмосфере, определенное после начала процесса самовозгорания, %,

Стадия горения

Внешними признаками этой стадии являются устойчивый специфический запах, наличие дыма и появление открытого пламени. В атмосфере резко снижается содержание кислорода и увеличивается содержание диоксида углерода, оксида углерода, водорода, предельных и непредельных углеводородов. Содержание водорода достигает значений, сопоставимых с содержанием оксида углерода, а объемная доля непредельных углеводородов (этилен, пропилен) составляет

10^{-4} % и более. Этот факт позволяет отличить стадию горения от

ранней стадии эндогенного пожара. Признаком стадии горения является

условие

$$(\text{CO}-\text{CO}_\text{ф}) / (\text{H}_2-\text{H}_2\text{ф})$$

Стадия остывания

При изоляции пожарных участков- для последующего тушения пожарные газы обогащаются оксидом углерода, диоксидом углерода, метаном и предельными углеводородами. В атмосфере непрерывно снижается содержание кислорода до стабильного значения.

Признаками потушенного подземного пожара принято считать:

отсутствие водорода, оксида углерода и непредельных углеводородов (этилен, пропилен) или снижение их содержания до фонового уровня;

снижение температуры воды и воздуха в изолированном участке до температуры, не превышающей более чем на 3...5 °С характерные значения для данного горизонта.

4.2.3. Выбор контрольных точек и периодичность наблюдений

Контроль за ходом тушения эндогенного пожара осуществляется силами НГСЧ путем отбора проб и измерения температуры в выработанном пространстве через контрольные скважины и трубки в перемышках на откаточном и вентиляционном штреках. Обязательным условием использования контрольных скважин и трубок является движение воздуха по ним из изолированного пространства.

Практика использования контрольных скважин, пробуриваемых* с поверхности в выработанное пространство пожарного участка, показала их нецелесообразность в тех случаях, когда участок находится в области депрессии. Для подобных участков можно рекомендовать в качестве второй контрольной точки сопряжение вентиляционного штрека с выработанным пространством. В этой же точке целесообразен замер температуры с помощью дистанционных термометров. Пробы воздуха от этой точки до перемышки на вентиляционном штреке отбираются по специальным шлангам с помощью установки УЭ-1 или АКРВ-1 (рис.4,1а).

Первой контрольной точкой в этом случае остается граница изолированного участка с действующими выработками (набор пробы воздуха из-за перемышки на вентиляционном штреке).

Для участков, находящихся в области компрессии, первой контрольной точкой является сопряжение выработанного пространства с воздуховыделяющей скважиной, пробуренной с поверхности или из ближайших наработок. В качестве второй контрольной точки, аналогично подобным замерам на участках в области депрессии, целесообразно использовать вентиляционный штрек на его границе с обрушением (рис.4.1б). Третья точка контроля для подобных участков может быть рекомендована в тех случаях, когда перемышка на вентиляционном штреке выдает воздух.

Периодичность наблюдений за атмосферой пожарного участка обусловлена характером ее изменения (рис.4.2). В этой связи целесообразно в первые двое суток после изоляции пожарного участка отбор проб и измерение температуры воздуха производить через 4 часа, затем ежедневно в течение 15 суток. В

дальнейшем пробы берутся по графику, разработанному главным инженером шахты и согласованному с командиром ВГСО. При резких изменениях температура (ее рост) и состава воздуха в пожарном участке пробы отбирают ежедневно.

Пробы воздуха необходимо анализировать на наличие 10 компонентов: кислород, углекислый газ, оксид углерода, метан, водород, предельные углеводороды (этан, пропан, бутан) и непредельные углеводороды (этилен, пропилен). При получении результатов анализа, указывающих на окончание тушения пожара, частота последующих наборов для его списания в категорию потушенных может быть уменьшена до двух раз в неделю,

4.3. Определение стадий развития и затухания эндогенных пожаров по соотношению непредельных углеводородов

Каждая стадия самовозгорания угля протекает в определенном интервале температур. Так, стадия самонагрева угля протекает в интервале температур от установившегося квазистационарного значения (20...50 °С) до критической, при достижении которой начинается ее дальнейший быстрый рост, приводящий к самовозгоранию угля. Значения критических температур самовозгорания и воспламенения различных углей приведены в табл.4.1.

После обнаружения традиционных признаков самовозгорания угля на ранней стадии (повышение содержания СО, появление Н₂ и других газов) фактическая стадия должна быть уточнена по максимальной температуре угля в скоплении, определяемой на основании данных о соотношении в газовых пробах этилена и ацетилена.

Рис. 4.1. Схема расположения контрольных точек на пожарных участках:

- 1- шланг для дистанционного отбора проб;
- 2- термодатчик

Рис. 4.2. Изменение атмосферы изолированного участка в ходе тушения пожара

Таблица 4.1

Температурные параметры самовозгорания угля

| Виды углей | Критическая температура самовозгорания, $t_{кр}, ^\circ\text{C}$ | Температура воспламенения, $t_{в}, ^\circ\text{C}$ |
|------------|--|--|
| Бурый | 70...90 | 150... 200 (тление) |

| | | |
|----------------------------------|------------|------------|
| уголь | 90... 120 | 300... 350 |
| Каменный уголь ($V^V > 20 \%$) | 120... 140 | 600... 700 |
| Тощие угли (V^V) | | |

Контроль за самонагреванием угля осуществляется по следующий

признакам:

повышению температуры угля вшив установившегося квазистационарного значения, определяемой по соотношению в пробах шахтного воздуха этилена и ацетилена;

нарастанию содержания водорода во времени выше фоновых значений.

Ранняя стадия самовозгорания угля характеризуется повышением температуры угля выше критической, контроль за соотношением этилена и ацетилена в пробах воздуха позволяет на данной стадии определять температуру угля.

Для стадии горения характерны температуры, превышающие температуру воспламенения летучих веществ.

Температуру угля на стадии горения контролировать невозможно.

После охлаждения угля ниже температуры воспламенения вновь появляется возможность контролировать температуру очага самовозгорания угля, что позволяет обоснованно решать вопросы о возможности списания эндогенных пожаров в категорию потушенных и вскрытия изолированных пожарных участков.

4.3.1. Определение температуры угля по соотношению этилена и ацетилена

Самонагревание углей сопровождается их термической деструкцией и десорбцией сингенетических газов. В продуктах деструкции и десорбции наряду с другими газами содержатся этилен и ацетилен. При обычных температурах, т.е. при отсутствии процесса самонагревания, фоновые объемные доли этих компонентов составляют 10^{-7} ... $10^{-6} \%$, а соотношения их близки к единице.

С повышением температуры самонагревающегося угля растет выделение эталона ацетилена. На стадии самонагревания и ранней стадии самовозгорания, вплоть до температуры воспламенения

летучих веществ рост содержания этилена опережает рост содержания ацетилена, вследствие чего соотношение этих компонентов закономерно

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 10 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 20 | 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 30 | 12 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 40 | 18 | 7 | 3 | 7 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| 50 | 25 | 11 | 4 | 11 | 6 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | | |
| 60 | 33 | 16 | 6 | 15 | 9 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | | |
| 70 | 42 | 21 | 8 | 19 | 12 | 9 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 1 | |
| 80 | 53 | 27 | 12 | 25 | 18 | 12 | 9 | 6 | 5 | 5 | 5 | 2 | |
| 90 | 60 | 34 | 16 | 32 | 23 | 17 | 13 | 10 | 8 | 6 | 6 | 3 | |
| 100 | 80 | 42 | 22 | 39 | 29 | 23 | 18 | 14 | 11 | 9 | 7 | 4 | |
| 110 | 95 | 52 | 28 | 47 | 36 | 28 | 23 | 19 | 15 | 12 | 8 | 5 | 1 |
| 120 | 104 | 63 | 36 | 57 | 45 | 36 | 30 | 24 | 19 | 15 | 9 | 6 | 2 |
| 130 | 135 | 75 | 45 | 67 | 53 | 45 | 37 | 30 | 23 | 19 | 10 | 8 | 3 |
| 140 | 157 | 91 | 66 | 80 | 64 | 53 | 45 | 38 | 29 | 22 | 11 | 10 | 4 |
| 150 | 180 | 110 | 70 | 93 | 75 | 64 | 55 | 46 | 35 | 27 | 13 | 13 | 6 |
| 160 | | | | 110 | 87 | 76 | 65 | 55 | 42 | 32 | 17 | 16 | 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|-----|
| 600 | | | | | | | | | | | | | 480 | 360 |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|-----|

Таблица 4.3

Максимальная ошибка в определении превышения температурой угля температуры вмещающих пород

| Схема проветривания | Расположение скопления угля в выработанном пространстве | Максимальная ошибка в % к диапазону температур, °С | |
|--|---|--|--------|
| | | до 100 | до 250 |
| Возвратноточная с выносом исходящей струи на целик угля | Вдоль откаточного штрека | 10 | 15 |
| "_" | Вдоль вентиляционного, штрека | 10 | 15 |
| "_" | Вдоль очистного забоя | 3 | 6 |
| "_" | В разрезной печи | 3 | 6 |
| Возвратноточная с выносом исходящей струи на выработанное пространство | Вдоль откаточного штрека | 16 | 25 |
| "_" | Вдоль вентиляционного штрека | 15 | 25 |

| | | | |
|---|-------------------------------|----|----|
| "_" | Вдоль очистного забоя | 3 | 5 |
| "_" | В разрезной печи | 3 | 5 |
| С подсвежением на целик угля | Вдоль откаточного штрека | 15 | 25 |
| "_" | Вдоль вентиляцион ного штрека | 15 | 26 |
| "_" | Вдоль очистного забоя | 10 | 16 |
| "_" | В разрезной печи | 8 | 12 |
| С подсвежением на выработанное пространство | Вдоль откаточного штрека | 12 | 15 |
| "_" | Вдоль вентиляционного штрека | 15 | 20 |
| "_" | Вдоль очистного забоя | 8 | 12 |
| "_" | В разрезной печи | 6 | 10 |

t_g - температура пород в зоне постоянной температура, °С (для условий шахт Донбасса $h_1 = 30$ м; $t_g = (9...10)$ °С; $g_r = 33$ м/°С).

4.3.2. Контроль за развитием процесса самовозгорания угля и тушением эндогенных пожаров по соотношению содержания этилена и ацетилена

Контроль за температурой угля в местах, недоступных для наблюдения, и стадиями развития процесса самовозгорания по соотношению этилена и ацетилена должен быть организован на участках с высокой эндогенной пожароопасностью. Контроль температуры угля при тушении эндогенных пожаров по соотношению содержаний этилена и ацетилена является дополнительной информацией, позволяющей оценивать возможность взрыва метановоздушной смеси и эффективность применяемых мероприятий. Он должен быть организован с момента возникновения и до окончания тушения пожара, а в случае изоляции пожара - до момента его списания. При этом не исключается применение других видов оперативного контроля.

Контроль включает следующее:

выбор места отбора проб воздуха и установление периодичности;

отбор проб воздуха;

определение содержания этилена и ацетилена, а также их фоновых значений. Для участков, где контроль по соотношению содержаний этилена и ацетилена организован после обнаружения ранних признаков самонагревания (самовозгорания) угля, фоновое содержание этилена и ацетилена не определяется, а их объемные доли принимаются соответственно $(6-10) \cdot 10^{-7}$ и $(3-5) \cdot 10^{-7}$ %;

установление стадий развития процесса самовозгорания по результатам анализа температуры угля.

Работы по организации контроля осуществляются работниками ВТБ шахт и подразделениями ВГСЧ в соответствии с мероприятиями, утвержденными главным инженером шахты и согласованными с ВГСЧ. В мероприятиях оговариваются места отбора проб воздуха, периодичность отбора, а также лица, ответственные «а отбор проб, их доставку в лабораторию и анализ.

Выбор места отбора проб газов

Для определения температуры угля по соотношению этилена и ацетилена на контролируемом участке должны быть отобраны газовые пробы не менее чем в двух местах. Одно из них необходимо выбрать на поступающей струе, а второе - по ходу вентиляционной струи,

прошедшей через места наиболее вероятного нагревания угля с учетом что степень разбавления свежим воздухом выносимых газообразных продуктов должна быть минимальной.

Отбор проб может производиться непосредственно из атмосферы выработок, из пробоотборных трубок, заложенных в изоляционные перемычки, бутовые полосы или непосредственно в выработанное пространство, а также из скважин, пробуренных из подземных выработок или с поверхности.

Расположение точек отбора проб газов зависит от схемы проветривания и системы разработки. Для схем проветривания и систем разработки, показанных на рис.4.3а и б, пробы отбираются из трубок, размещаемых в бутовой полосе у вентиляционной выработки с шагом 40...60 м (точка 1) или у места поступления утечек из выработанного в призабойное пространство (точка 4).

При столбовой системе разработки (рис.4.3) должен быть предусмотрен отбор проб у мест выноса газов из выработанного пространства (точка 1 на рис.4.4а и точки 1 и 2 на рис.4.2б), в исходящей струе (точка 2 на рис.4.4а и точка 3 на рис.4.4б), а также из скважин, пробуренных в купола обрушения (точка 3 на рис.4.4 а и точка 4 на рис.4.4.1). Кроме того, одно из обязательных мест пробоотбора должно располагаться на поступающей струе (точка 4 на рис.4.4а и точка 5 на рис.4.4б).

При наличии очага самонагревания (самовозгорания) угля в изолированном участке (рис.4.4в) пробы исходящих от очага струях должны отбираться из-за воздуховыдающих перемычек (точка 1) или в общеисходящей струе вблизи этих перемычек (точка 2).

При разработке пластов угля по восстанию (падению) (рис.4.5) в качестве дополнительных мест пробоотбора можно рекомендовать места возможного выноса газов тепловой депрессией, При разработке пластов по восстанию (рис.4.5а) этим местом может быть призабойное пространство вблизи вентиляционной выработки (точка 2), а при отработке пластов по падению (рис.4.5б) - вентиляционный полевой штрек (точка 4) и заперемыченные выработки на вентиляционном штреке (точка 5).

Если выработанное пространство контролируемого участка имеет аэродинамическую связь с отработанными этажами или ярусами (отсутствуют целики угля между горизонтами), точки пробоотбора могут располагаться следующим образом:

в примыкающих к старым выработанным пространствам воздухо-подающих выработках (точка 1, рис.4.6а) ;

Рис. 4.3. Схема расположения точек отбора проб

газов на содержание этилена и ацетилен: (сплошная система разработки) при возвратно-точной схеме проветривания (а) и при подсвещении на выработанное пространство (б)

Рис. 4.4. Схемы расположения точек отбора проб

газов на содержание этилена и ацетилен: (столбовая система разработка) при возвратноточной схеме проветривания (а); схема проветривания с подсвещением на массив угля (б) и на заперемыченных участках (в)

в воздухоподающих выработках нижнего слоя при двухсловной отработке пластов (точка 4, рис.4.6б);

из-за перемычек в выработке с общеисходящей струей (точки 5 и 6, рис.4.6а) или на вентиляционных горизонтах шахт, разрабатывающих крутопадающие пласты (точка 3, рис.4.7а и точки 3 к б, рис.4.7б).

В том случае, когда выработанное пространство контролируемого участка имеет аэродинамическую связь с поверхностью, а на шахте применяется нагнетательный или комбинированный (нагнетательно-всасывающий) способ проветривания, то, кроме обычных мест пробоотбора (из выработанного пространства, скважин, в поступающих и исходящих струях; должен быть предусмотрен отбор проб из скважин, пробуренных с поверхности или выработок других горизонтов в выработанное пространство контролируемого участка. Расположение точек пробоотбора, характерное для таких случаев, показано на рис.4.8.

Порядок отбора газовых проб для определения содержания этилена и ацетилена

Газовые пробы для определения содержания этилена и ацетилена отбираются при контроле за ранними признаками самонагревания (самовозгорания) угля горным мастером ВТБ или пробоотборщиком ВГСЧ, а при контроле за ходом тушения эндогенных пожаров - пробоотборщиком ВГСЧ.

Частота отбора проб при контроле за ранними признаками самонагревания (самовозгорания) угля устанавливается главным инженером шахты и согласовывается с командиром подразделения ВГСЧ, обслуживающего шахту. Периодичность отбора проб примерно равна половине инкубационного периода самовозгорания угля, но не более 10 суток.

Частота отбора проб при контроле за ходом тушения эндогенных пожаров определяется руководителем горноспасательных работ в соответствии с характером и стадией развития пожара. Если установлено, что процесс самовозгорания достиг стадии горения, то последующие отборы газовых проб для определения температуры угля по соотношению содержания этилена и ацетилена следует производить только после реализации мероприятия, направленного на тушение эндогенного пожара.

Запрещается производить отбор газовых проб в период подачи в выработанное пространство реагентов (воды, пену, инертных газов и пр.)

Рис. 4.5. Схемы расположения точек отбора проб газов на содержание этилена и ацетилена при отработке пластов длинными столбами по восстанию (а) и падению (б)

Рис. 4.6 Схемы расположения точек отбора проб

газов на содержание этилена и ацетилена при наличии аэродинамической связи выработанного пространства контролируемого участка с отработанными при выемке пласта на всю мощность (а) и с разделением на слои (б)

Рис.4.7. Схема расположения точек отбора проб газов на содержание этилена и ацетилена при разработке крутопадающих пластов по простиранию (а) и щитовыми агрегатами (б)

Рис. 4.8. Схема расположения точек отбора проб газов на содержание этилена и ацетилена при разработке мощных крутопадающих пластов щитовой системой разработки без деления на подэтажи и при наличии аэродинамической связи с поверхностью

предназначенных для тушения и профилактики эндогенных пожаров, а также в течение 6 часов после их подачи.

Если на аварийном участке произошел взрыв или вспышка метано-воздушной смеси, то отбор газовых проб должен производиться не ранее чем через 6 часов после восстановления нормального проветривания участка.

В случае изоляции пожара частота отбора газовых проб на содержание этилена и ацетилена устанавливается главным инженером шахты и согласовывается с командиром подразделения ВГСЧ. В период до момента исчезновения в изолированном участке оксида углерода или снижения содержания его до фоновых значений отбор газовых проб на содержание этилена и ацетилена должен производиться с частотой в 2...3 раза меньшей, чем частота отбора проб газов на содержание CO_2 , CH_4 , CO , O_2 , H_2 . После исчезновения в изолированном участке оксида углерода или снижения содержания его до фоновых значений (вплоть до момента списания пожара) период между отбором проб на содержание этилена и ацетилена должен быть не более 10 суток.

Отбор газовых проб на содержание этилена и ацетилена осуществляется путем прокачивания 1 л рудничного воздуха через специальную трубку-концентратор (рис.4.9), заполненную сорбентом. Прокачивание осуществляется аспираторами АМ-5 (используется в комплекте с индикаторными трубками типа ГХ), выполняя при этом не менее 10 сжатий сильфона аспиратора. На концах трубок-концентраторов имеются гайки со штуцерами, соединенные резиновой трубкой 4. При отборе пробы резиновая трубка отсоединяется от одного из штуцеров и подсоединяется к аспиратору. Если отбор проб производится из атмосферы, второй конец оставляется свободна; если из скважин и других мест, - второй конец соединяется с трубкой дистанционного пробоотбора.

Перед подсоединением трубки-концентратора к скважине или трубкам дистанционного пробоотбора последние должны продуваться исследуемым газом

в объеме, превышающем объем трубопровода или скважины не менее чем в 4 раза. Время продувки определяется по формуле

$$\tau_{пр} = kd^2l_T/W , \quad (4.3)$$

Рис. 4.9. Трубка-концентратор;

1- трубка с сорбентом ;

2- гайка ;

3- переходник ;

4- резиновая трубка

где $\tau_{пр}$ - время продувки, мин;

k - коэффициент кратности обмена (при транспортировке газа по скважинам

k = 1570, по трубопроводам из полихлорвинила k = 3140, по резиновому шлангу k = 7070);

d - внутренний диаметр трубопровода, м;

l_T - Длина трубопровода, м;

W - объемная скорость прокачивания анализируемого газа

через трубопровод, л/мин.

Для продувки подводных коммуникаций используются насосы или эжекторы (табл.4.4).

Таблица 4.4

Типы применяемых при отборе газовых проб транспортных средств и их характеристики

| Наименование | Техническая характеристика |
|------------------------------|---|
| Эжекторная установка УЭ-1 | Предназначена для дистанционного отбора газовых проб из-за перемычек. Максимальная удаленность установки от места отбора пробы - 1000 м; внутренний диаметр трубопровода - 0,01 м; производительность при максимальной длине трубопровода - 94 л/мин; время продувки трубопровода при его максимальной длине не менее 30 мин. |

| | |
|--------------------------------------|--|
| | Питание от шахтной пневмосети давлением 0,4... 0,6 МПа или баллонов со сжатым воздухом (давление 15... 20 МПа). |
| Рудничный эжекторный аспиратор АЭР-4 | Предназначен для отбора проб рудничного воздуха, может быть использован для дистанционного пробоотбора. Производительность 0...20 л/мин; питание от двухлитрового баллона со сжатым воздухом (давление 15... 20 МПа). Масса 7 кг |
| Насос вакуумный НВПМ-10 | Предназначен для создания вакуума в изделиях медицинского назначения, может быть использован для дистанционного пробоотбора. Максимально достигаемый вакуум - 85 кПа, производительность - 0,15 л/цикл. Привод -ножной, усилие нажатия на педаль при максимальном вакууме - не более 20 кгс. Масса - 2,2 кг. |

Если атмосферное давление в скважине, за перемычкой или в трубке дистанционного пробоотбора меньше, чем давление в месте отбора, отбор проб не производится.

При отборе проб из-за перемычек изолированных пожарных участков, не снабженных устройствами для дистанционного пробоотбора, время переноса индикаторных компонентов от очага самовозгорания до перемычки рассчитывают до формуле

$$\tau_{\text{пер}} = l_b S / 60g, \quad (4.4)$$

где $\tau_{\text{пер}}$ - время переноса индикаторных компонентов, мин;

l_b - расстояние от очага пожара до места отбора пробы, м;

S - площадь поперечного сечения выработки в свету, м²

g - утечки воздуха через перемычку, м³/мин. При определении утечек воздуха руководствоваться данными табл.4.5.

Таблица 4.5 Утечки воздуха через глухие перемычки

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

| Тип перемычки | Нормы утечек воздуха, м ³ /мин, при площади поперечного сечения перемычки, м ² | | | | |
|-------------------------------------|--|----|----|----|----|
| | 2 | 4 | 7 | 10 | 15 |
| Бетонная, каменная, кирпичная | 7 | 10 | 13 | 16 | 19 |
| Чураковая | 11 | 15 | 20 | 24 | 30 |

Указанные нормы утечек воздуха через перемычки соответствуют перепаду давления 500 Па. При других перепадах давления нормы утечек пересчитываются по формуле

$$g = g_H(\sqrt{h/500}), \quad (4.5)$$

где g_H - норма утечек воздуха через перемычку при перепаде

давления 500 Па, м³/мин;

h - фактический перепад давления, определенный на основании замеров или по данным расчета депрессии шахты, Па.

Данные по отбору проб записывают в акт-наряд.

Определение фоновых содержаний этилена и ацетилена Отбор проб газов для установления фоновых содержаний этилена и ацетилена необходимо производить в нерабочий день или в ремонтную смену при отсутствии технологических операций по выемке угля и управлению кровлей (работа комбайна, ведение взрывных работ, передвижка крепи и т.д.). В каждой из выбранных точек наблюдения следует отбирать три пробы газа с интервалом в 30 мин, анализировать их, определяя объемные доли индикаторных компонентов. Точек наблюдения должно быть не менее двух, причем одна из них должна располагаться на поступающей в контролируемый участок струе, а вторая - за контролируемым участком (например, выработанным пространством) по ходу вентиляционной струи.

Определив значение содержания индикаторных компонентов по трем отобраным пробам газа в каждой точке наблюдения, рассчитывают их средние объемные доли ($C_{\text{эт, ац}}^i$)^{ср} по формуле

$$(C_{\text{эт, ац}}^i)^{\text{CP}} = \sum_{i=1}^3 C_{\text{эт, ац}}^i / 3 \quad (4.6)$$

где $C_{\text{эт, ац}}^i$ - объемная доля индикаторного компонента в i -ом отборе, %,

Затем устанавливают фактические доли индикаторных компонентов выделяющихся на контролируемом участке, в местах отбора по пути следования вентиляционной струи из этого участка

$$(C_{\text{эт, ац}}^i)^{\Phi} = (C_{\text{эт, ац}}^i)^{\text{CP}} - (C_{\text{эт, ац}}^{\text{П}})^{\text{CP}}, \quad (4.7)$$

где $(C_{\text{эт, ац}}^i)^{\text{CP}}$, $(C_{\text{эт, ац}}^{\text{П}})^{\text{CP}}$ - средние объемные доли индикаторных компонентов в точке отбора пробы за контролируемым участком по пути следования вентиляционной струи и в поступающей струе, соответственно, %. Такие наблюдения следует проводить 3 раза с интервалом в 4...5 суток. За уровень фоновых содержаний этилена и ацетилена следует принять максимальную из фактических величин $(C_{\text{эт, ац}}^i)^{\Phi}$, полученную по одному из трех дней.

Пробы для определения фоновых содержаний этилена и ацетилена Должны отбираться в период относительной стабильности (на протяжении 2...3 часов) газовоздушных параметров контролируемого участка. Если имело место изменение расхода воздуха более чем на 40 %, то отбор проб должен производиться не менее чем через 3 часа после установления нормального режима проветривания.

Результаты определения фоновых содержаний этилена и ацетилена оформляются актом комиссии в составе главного инженера шахты, начальника участка ВТБ и командира подразделения ВГСЧ, обслуживающего данную шахту.

Анализ проб газов на содержание этилена и ацетилена, определение температуры угля и стадии развития процесса самовозгорания.

Отбор проб газов на содержание этилена и ацетилена производится в трубки-концентраторы, предварительно заполненные сорбентом и откалиброванные совместно с газоаналитическим прибором-хроматографом.

Отобранные пробы (по 2 из каждой точки пробоотбора) доставляются в газоаналитическую лабораторию ВГСЧ, имеющую на оснащении хроматограф с пламенно-ионизационным детектором, оборудованным приставкой ПХ. Время между отбором и анализом проб не ограничено.

В лаборатории трубка-концентратор подсоединяется к пневматической схеме хроматографа, затем выполняется анализ пробы на содержание этилена и ацетилена. В результате анализа устанавливаются значения объемных долей индикаторных компонентов для каждой точки пробоотбора $(C_{\text{эт, ац}}^i)$, которые заносятся в "Журнал регистрации результатов определения объемных содержаний

этилена и ацетилена". На основании полученных значений ($C_{\text{эт, ац}}^i$) и их соотношений устанавливают температуру угля и стадию процесса самовозгорания.

Сведения о фактических объемных долях индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, их соотношениях, температуре угля и стадии процесса самовозгорания передаются на Я шахту в вале извещений. Извещения хранятся на участке ВТБ до окончания отработки контролируемого участка.

Разница температур, определенных по данным анализов проб газов, в различных точках пробоотбора, не должна превышать 50 °С. Для оценки ситуации принимается максимальная из полученных температур. При большей разнице температур следует устранить причину повышенной погрешности и повторить пробоотбор. Причинами повышенной погрешности могут быть неустойчивость направления движения утечек воздуха, неправильный выбор точек пробоотбора и пр.

Использование результатов контроля

Панине о содержании в шахтной атмосфере объемных долей этилена ацетилена используются для:

- определения температуры угля в недоступных для наблюдения местах угольных шахт;

- установления наличия процесса самовозгорания угля;

- определения стадии развития процесса самовозгорания;

- оценки опасности воспламенения или взрыва метановоздушной смеси;

- контроля за ходом тушения пожара;

- списания подземных пожаров в категорию потушенных и вскрытия изолированных пожарных участков.

Порядок определения температуры угля в очаге самонагревания (самовозгорания), установления наличия процесса самовозгорания в стадии его развития изложены в разделе 4.2.

Для оценки опасности воспламенения или взрыва метановоздушной смеси сопоставляют температуру в очаге самовозгорания о температурой воспламенения угля (табл.4.1). Если установленная температура угля соответствует стадии самонагревания или ранней стадии самовозгорания, то опасности воспламенения или взрыва метановоздушной смеси нет. Если процесс самовозгорания достиг стадии горения, то существует опасность воспламенения или взрыва метановоздушной смеси.

Состояние изолированных пожарных участков контролируется до момента списания пожара. Основными признаками потушенного повара являются отсутствие водорода и снижение до нормального (форового) содержания оксида

углерода в пробах воздуха, отбираемых из пожарного участка. Контроль температуры в изолированных пожарных участках по соотношению содержаний этилена и ацетилена является дополнительной информацией о состоянии этих участков. Окончательные выводы можно делать после исчезновения в пробах воздуха оксида углерода или снижения его ниже фоновых значений. На пожарных участках, на которых намечается дальнейшая выемка угля, а также какие-либо другие работы или их подработка нижележащими пластами, контроль по соотношению содержаний этилена и ацетилена может вестись не три месяца с момента исчезновения оксида углерода, а до момента снижения температуры угля в очаге пожара до уровня ниже критической по самовозгоранию (см.табл.4.1). После этого участки могут быть вскрыты, проветрены, а пожары описаны в категорию потушенных. После списания пожара наблюдения за температурой угля по соотношению содержания этилена и ацетилена продолжают вести в течение одного месяца.

Списание потушенных подземных пожаров и вскрытие изолированных пожарных участков производится в соответствии с требованиями бассейновых инструкций по предупреждению и тушению эндогенных пожаров. При этом непосредственными наблюдениями и измерениями должны быть установлены признаки потушенного пожара.

4.3.3. Примеры применения метода контроля за развитием и тушением эндогенных пожаров по соотношению содержания этилена и ацетилена

Пример I. Установить фоновые содержания этилена и ацетилена на выемочном участке, обрабатываемом по столбовой системе разработки и проветриваемом по возвратноточной схеме проветривания.

Схема участка показана на рис.4.3а. Отбор проб газов производился в погашаемом тупике вентиляционного штрека (точка 1), на исходящей (точка 2) и поступающей (точка 4) струях.

Данные о результатах анализов проб газов приведены в табл.4

Таблица 4.6

| Место отбора | Дата отбора | Время отбора | Объемная доля $C \cdot 10^7, \%$ | | |
|------------------------------|-------------|--------------|----------------------------------|--------|----------|
| | | | ч мин | этилен | ацетилен |
| Тупик вентиляционного штрека | 10 июля | 16 30 | 20,1 | 21,9 | 11,0 |
| | | 17 10 | 23,7 | | 10,8 |
| | | 17 40 | | | 13,3 |

| | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|-----------|------|
| | "_" | | | |
| Исходящая струя | 10 июля | 16 50 | 19,0 19,4 | 10,4 |
| | "_" | 17 30 | 21,0 | 10,6 |
| | "_" | 18 00 | | 10,8 |
| | "_" | | | |
| Поступающая струя | 10 июля | 15 50 | 9,2 | 4,2 |
| | "_" | 16 30 | 10,1 | 4,6 |
| | "_" | 17 00 | 9,6 | 4,8 |
| Тупик вентиляционного штрека | 15 июля | 8 20 | 22,1 | 11,6 |
| | "_" | 8 50 | 24,5 | 13,0 |
| | "_" | 9 30 | 26,7 | 14,1 |
| | "_" | | | |
| Исходящая струя | 15 июля | 8 35 | 20,4 21,3 | 11,2 |
| | "_" | 9 05 | 22,2 | 11,9 |
| | "_" | 9 40 | | 12,6 |
| | "_" | | | |
| Поступающая струя | 15 июля | 8 50 | 10,2 | 5,2 |
| | "_" | 9 20 | 8,8 | 4,5 |
| | "_" | 9 50 | 11,3 | 5,7 |
| | "_" | | | |
| Тупик вентиляционного штрека | 19 июля | 13 20 | 23,4 | 10,6 |
| | "_" | 13 50 | 21,1 | 12,1 |
| | "_" | 14 20 | 24,8 | 13,3 |
| | "_" | | | |
| исходящая струя | 19 | 13 30 | 19,1 | 10,5 |

| | | | | |
|-------------------|------|-------|------|------|
| | июля | 14 00 | 17,3 | 9,6 |
| | "_" | 14 40 | 20,9 | 11,4 |
| | "_" | | | |
| Поступающая струя | 19 | 13 40 | 8,0 | 3,6 |
| | июля | 14 10 | 10,6 | 5,2 |
| | | 14 40 | 9,6 | 4,4 |

Определим фактические объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, по каждому дню наблюдения.

10 июля

1. Установим средние объемные доли индикаторных компонентов в местах отбора проб.

а) В погашаемом тупика вентиляционного штрека: этилена

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ТУП}})^{\text{CP}} = (20,1+21,9+23,7)/3 = 21,9 \cdot 10^{-7} \%;$$

ацетилена

$$(C_{\text{АЦ}}^{\text{ТУП}})^{\text{CP}} = (11,0+10,8+13,3)/3 = 11,7 \cdot 10^{-7} \%.$$

б) В исходящей струе:

этилена

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ИСХ}})^{\text{CP}} = (19,0+19,4+21,0)/3 = 19,8 \cdot 10^{-7} \%;$$

ацетилена

$$(C_{\text{АЦ}}^{\text{ИСХ}})^{\text{CP}} = (10,4+10,6+10,8)/3 = 10,6 \cdot 10^{-7} \%$$

в) В поступающей струе:

этилена

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{П}})^{\text{CP}} = (9,2+10,1+9,6)/3 = 9,6 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{АЦ}}^{\text{П}})^{\text{CP}} = (4,2+4,6+4,8)/3 = 4,5 \cdot 10^{-7} \%$$

2. Рассчитаем фактические доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке.

а) В погашаемом тупике вентиляционного штрека:

этилена

$$(C_{\text{туп}_{\text{эт}}})\Phi = 21,9 - 9,6 = 12,3 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{туп}_{\text{ац}}})\Phi = 11,7 - 4,5 = 7,2 \cdot 10^{-7} \%$$

б) В исходящей струе:

этилена

$$(C_{\text{исх}_{\text{эт}}})\Phi = 19,8 - 9,6 = 10,2 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{исх}_{\text{ац}}})\Phi = 10,6 - 4,5 = 6,1 \cdot 10^{-7} \%$$

Аналогичным образом вычислим фактические доли индикаторных компонентов за 15 и 19 июля. Результаты расчета сведем в табл.4.7.

За уровень фона принимаем следующие значения объемных долей индикаторных компонентов. я

а) В погашаемом тупике вентиляционного штрэка:

этилена

$$(C_{\text{туп}_{\text{эт}}})\Phi = 14,3 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{туп}_{\text{ац}}})\Phi = 7,8 \cdot 10^{-7} \%$$

б) В исходящей струе:

этилена

$$(C_{\text{исх}_{\text{эт}}})\Phi = 11,2 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{исх}_{\text{ац}}})\Phi = 6,8 \cdot 10^{-7} \%$$

Таблица 4.7

| Место отбора пробы по пути следования вентиляционной струи на контролируемом участке | Дата отбора | Фактическая объемная доля $C \cdot 10^7, \%$ | |
|--|-------------|--|----------|
| | | этилен | ацетилен |
| | | | |

| | | | |
|------------------------------------|------------|------|-----|
| Тупик вентиляционного штрека | 10 июля | 12,3 | 7,2 |
| | 15 июля | 14,3 | 7,8 |
| | 19 июля | 13,8 | 7,6 |
| | | | |
| Исходящая струя | 10 июля | 10,3 | 6,1 |
| | 15 июля | 11,2 | 6,8 |
| | 19 июля | 9,8 | 6,1 |
| | | | |

Пример 2. Установить наличие процесса самовозгорания, определить его стадию и температуру угля в очаге на выемочном участке, обрабатываемом по столбовой системе разработки и проветриваемом с подсвежением исходящей струи.

Схема участка показана на рис.4.46. Отбор проб в процессе контроля производился: в утечках из выработанного пространства через пробоотборную трубку, заложенную в бутовой полосе (точка 1), в исходящей (точка 3) и поступающей (точка 5) струях. Данные о результатах анализов проб газов и сведения о фоновых содержаниях этилена и ацетилену приведены в табл.4.8.

Таблица 4.8

| Место отбора пробы | Номер отбора | Измеренное значение $C \cdot 10^7$, об. доля, % | | Фоновое зна- чение $C \cdot 10^7$, об. доля, % | | Отношение содержания этилена к ацетилену |
|---|-----------------|---|----------|---|----------|---|
| | | этилен | ацетилен | этилен | ацетилен | |
| В утечках из выработанного пространства | 1 | 23,3 | 14,7 | 16,2 | 17,1 | 1,5 |
| | 2 | 25,8 | 17,7 | | 11,4 | |
| | 3 | 28,2 | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------|-------|----------------------|------------------|-----|-----|------|
| В исходящей струе | 1 2 3 | 18,5 20,0 16,9 | 10,4 11,6 9,2 | 9,6 | 5,1 | 1,88 |
| В поступающей струе | 1 2 3 | 6,2 6,9 7,3 | 3,7 4,2 5,0 | - | - | - |

1. Определяем средние объемные дож индикаторных компонентов местах отбора проб.

а) В утечках из выработанного пространства:

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{вп}})^{\text{ср}} = (23,5+25,8+28,2)/3 = 25,8 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{вп}})^{\text{ср}} = (14,7+16,2+17,7)/3 = 16,2 \cdot 10^{-7} \%$$

б) В исходящей струе :

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{исх}})^{\text{ср}} = (18,5+20,0+15,9)/3 = 18,1 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{исх}})^{\text{ср}} = (10,4+11,6+9,2)/3 = 10,4 \cdot 10^{-7} \%$$

в) В поступающей струе:

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{п}})^{\text{ср}} = (6,2+6,9+7,3)/3 = 6,8 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{п}})^{\text{ср}} = (3,7+4,2+5,0)/3 = 4,3 \cdot 10^{-7} \%$$

2. Определяем фактические объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, и их соотношения в точках отбора по пути следования вентиляционной струя от мест предполагаемого нагрева углей.

в) В утечках из выработанного пространства:

этилена

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ВП}})^{\Phi} = 25,8 - 6,8 = 19,0 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{ВП}})^{\Phi} = 16,2 - 4,3 = 11,9 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ВП}})^{\Phi} / (C_{\text{ац}}^{\text{ВП}})^{\Phi} = 19,0 \cdot 10^{-7} / 11,9 \cdot 10^{-7} = 1,6$$

б) В исходящей струе:

этилена

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ИСХ}})^{\Phi} = 18,1 - 0,8 = 11,3 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{ИСХ}})^{\Phi} = 10,4 - 4,3 = 6,1 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{ЭТ}}^{\text{ИСХ}})^{\Phi} / (C_{\text{ац}}^{\text{ИСХ}})^{\Phi} = 11,3 \cdot 10^{-7} / 6,1 \cdot 10^{-7} = 1,86$$

3. Определяем процент отклонения фактических объемных долей индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, и их соотношений от фоновых значений и местах отбора проб по пути следования вентиляционной струй от мест предполагаемого нагрева угля.

а) В утечках из выработанного пространства:

$$\Delta_{\text{ЭТ}} = (19,0 - 17,1) \cdot 100 / 17,1 = 11,5 \%$$

$$\Delta_{\text{ац}} = (11,9 - 11,4) \cdot 100 / 11,4 = 4,4 \%$$

$$\Delta C_{\text{ЭТ}} / C_{\text{ац}} = (1,6 - 1,5) \cdot 100 / 1,5 = 6,7 \%$$

б) В исходящей струе:

$$\Delta_{\text{ЭТ}} = (11,3 - 9,6) \cdot 100 / 9,6 = 17,7 \%$$

$$\Delta_{\text{ац}} = (6,1 - 5,1) \cdot 100 / 5,1 = 19,6 \%$$

$$\Delta C_{\text{ЭТ}} / C_{\text{ац}} = (1,88 - 1,86) \cdot 100 / 1,86 = 1,1 \%$$

Выводы. Так как объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, не превышают фоновых значений более чем на 25 %, то на контролируемом участке процесс самовозгорания угля отсутствует.

Пример 3. Установить наличие процесса самовозгорания, определить его стадию и температуру угля в очаге на выемочном участке, обрабатываемом по столбовой системе разработки полосами по падению и проветриваемом с подсвеживанием

исходящей струи на выработанное пространство. Уголь марки Г. Глубина горных работ 790 м.

Схема участка показана на рис.4.6. б. Отбор проб в процессе контроля производился в утечках из выработанного пространства через пробоотборную трубку, проложенную в бытовой полосе (точка 2), в исходящей (точка 3) и поступающей (точка 6) струях. Данные о результатах анализов проб газов и фоновых содержаниях этилена и ацетилен приведена в табл.4.9.

1. Определяем средние объемные доли индикаторных компонентов в местах отбора проб.

а) В утечках из выработанного пространства;

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{вп}})^{\text{ср}} = (1225+1216+1194)/3 = 1211,7 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилен

$$(C_{\text{ац}}^{\text{вп}})^{\text{ср}} = (36,3+33,1+39,5)/3 = 36,3 \cdot 10^{-7} \%$$

Таблица 4.9

| Место отбора пробы | Номер отбора | Измеренные значения $C \cdot 10^7$, об.доля, % | | Фоновое значение $C \cdot 10^7$, об.доля, % | | Отношение содержания этилена к ацетилену $C_{\text{эт}}/C_{\text{ац}}$ |
|---|--------------|---|----------|--|----------|--|
| | | этилен | ацетилен | этилен | ацетилен | |
| В утечках из выработанного пространства | 1 | 1225 | 36,3 | 19,1 | 11,2 | 1,7 |
| | 2 | 216 | 33,1 | | | |
| | 3 | 1194 | 39,5 | | | |
| В исходящей струе | 1 | 1013 | 26,2 | 16,8 | 9,6 | 1,64 |
| | 2 | 1087 | 29,5 | | | |
| | 3 | 1153 | 32,5 | | | |
| в поступающей струе | 1 | 9,3 | 5,2 | | | |
| | 2 | 8,0 | 10,0 | | | |

| | | | | | | |
|--|---|--|-----|--|--|--|
| | 3 | | 5,4 | | | |
|--|---|--|-----|--|--|--|

б) В исходящей струе:

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{исх}})^{\text{ср}} = (1013+1087+1153)/3 = 1084,3 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилен

$$(C_{\text{ац}}^{\text{исх}})^{\text{ср}} = (26,2+29,5+32,5)/3 = 29,3 \cdot 10^{-7} \%$$

в) В поступающей струе:

этилена

$$(C_{\text{эт}}^{\text{п}})^{\text{ср}} = (9,3+8,0+10,0)/3 = 9,1 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилен

$$(C_{\text{ац}}^{\text{п}})^{\text{ср}} = (5,2+4,7+5,4)/3 = 5,1 \cdot 10^{-7} \%$$

2. Определяем фактические объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, в юс соотношения в точках отбора по дуги следования вентиляционной струи от мест предполагаемого нагрева угля.

а) В утечках из выработанного пространства

$$(C_{\text{эт}}^{\text{вп}})^{\Phi} = 1211,7 - 9,1 = 1202,6 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{ац}}^{\text{вп}})^{\Phi} = 36,3 - 5,1 = 31,2 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{эт}}^{\text{вп}})^{\Phi} / (C_{\text{ац}}^{\text{вп}})^{\Phi} = 1202,6 \cdot 10^{-7} / 31,2 \cdot 10^{-7} = 38,54$$

б) В исходящей струе:

$$(C_{\text{эт}}^{\text{исх}})^{\Phi} = 1084,3 - 9,1 = 1075,2 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{ац}}^{\text{исх}})^{\Phi} = 29,3 - 5,1 = 24,2 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{эт}}^{\text{исх}})^{\Phi} / (C_{\text{ац}}^{\text{исх}})^{\Phi} = 1075,2 \cdot 10^{-7} / 24,2 \cdot 10^{-7} = 44,43$$

Фактические объемные доли индикаторных компонентов и их соотношения превышают более чем на 25 % фоновые значения, что свидетельствует о наличии процесса самовозгорания.

Определим температуру угля в месте самовозгорания.

а) По результатам пробоотбора в утечках из выработанного пространства.

По табл.4.2 устанавливаем, что для марки Г величина t при $C_{эт}/C_{ац} = 38,64$ составляет $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура вмещающих пород составит

$$t_0 = 9 + (790+30)/33 = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Максимальную ошибку в определении величины t примем равной 15 % (так как схема проветривания - с подсвежением на выработанное пространство, а расположение скопления угля, в котором происходит процесс самовозгорания, неизвестно).

Тогда температура угля в очаге самовозгорания составит

$$t_y = 90(1+15/100) + 32 = 135,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

б) По результатам пробоотбора в исходящей струе.

По данным табл.2 устанавливаем, что для угля марки Г величина t равна $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при $C_{эт}/C_{ац} = 44,43$).

Тогда

$$t_y = 98(1 + 15/100) + 32 = 145\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расхождение между температурами, определенными по результатам пробоотбора в утечках из выработанного пространства и в исходящей струе, составит $145-135,5 = 9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что вполне приемлемо. К анализу ситуации принимается максимальная из двух температур.

Вывод. В контролируемом участке температура угля в очаге составляет $145\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует ранней стадии самовозгорания.

Пример 4. Установить наличие процесса самовозгорания, определите его стадию в температуру угля в очаге на выемочном участке, отрабатывающем крутопадающий пласт по столбовой системе разработки и проветриваемом по возвратноточной схема проветривания.

Схема участка показана на рис.4.7а. Отбор проб в процессе контроля производился в погашаемом тупике вентиляционного штрека (точка 1) и поступающей струе участка (точка б). Данные о результатах анализа проб газов и сведения о фоновых содержаниях этилена и ацетилена приведены в табл.4.10.

1. Определяем средние объемные доли индикаторных компонентов в местах отбора проб.

а) В погашаемом тупике вентиляционного штрека:

этилена

$$(C_{\text{эТ}}^{\text{ТУП}})^{\text{CP}} = (156,8+167,3+172,4)/3 = 165,5 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{ТУП}})^{\text{CP}} = (102,1+114,3+121,9)/3 = 112,8 \cdot 10^{-7} \%$$

Таблица 4.10

| Место отбора пробы | Номер отбора | Измеренное значений $C \cdot 10^7$, об.доля, % | | Фоновое значение $C \cdot 10^7$, об.доля, % | | Отношение содержания этилена к ацетилену $C_{\text{эТ}}/C_{\text{ац}}$ |
|---|--------------|---|----------|--|----------|--|
| | | этилен | ацетилен | этилен | ацетилен | |
| В утечках из выработанного пространства | 1 | 156,8 | 102,1 | 14,9 | 8,3 | 1,79 |
| | 2 | 167,3 | 114,3 | | | |
| | 3 | 172,4 | 121,9 | | | |
| В поступающей струе | 1 | 9,6 11,8 | 4,9 | | | |
| | 2 | 8,7 | 6,2 | | | |
| | 3 | | 4,8 | | | |

б) В поступающей струе:

этилена

$$(C_{\text{эТ}}^{\text{П}})^{\text{CP}} = (9,8+11,8+8,7)/3 = 10,0 \cdot 10^{-7} \%$$

ацетилена

$$(C_{\text{ац}}^{\text{П}})^{\text{CP}} = (4,9+6,2+4,8)/3 = 5,3 \cdot 10^{-7} \%$$

2. Определяем фактические объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемой участке, к их соотношению в погашаемом тупике вентиляционного штрека:

$$(C_{\text{эТ}}^{\text{ТУП}})^{\text{Ф}} = 165,5 - 10,0 = 155,5 \cdot 10^{-7} \%$$

$$(C_{\text{ац}}^{\text{ТУП}})^{\text{Ф}} = 112,8 - 5,3 = 107,5 \cdot 10^{-7} \%$$

$$C_{\text{эТ}}^{\text{ст}} \Phi / (C_{\text{ац}}^{\text{ст}}) \Phi = 155,5 \cdot 10^{-7} / 107,5 \cdot 10^{-7} = 1,45$$

Выводы. Фактические объемные доли индикаторных компонентов, выделяющихся на контролируемом участке, превышают более чем на порядок их фоновые значения. Соотношения содержаний этилена и ацетилена близки к единице. Это свидетельствует о наличии процесса самовозгорания угля в стадии горения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов в примерах 1...4 множитель 10^{-7} опущен.

Пример 5. В выработанное пространство изолированного пожарного участка с поверхности по скважинам подавалась воздушно-механическая пена для тушения пожара. Определить время, через которое можно отбирать проба газа на содержание этилена и ацетилена, если отбор их на исходящей струе производится через полихлорвиниловый трубопровод длиной 260 м с внутренним диаметром 8 мм, проложенный по вентиляционному штраку. Определить также время продувки этого трубопровода. Схема участка показана на рис.4.10. Площадь поперечного сечения вентиляционного штрака в свету 10 м^2 . Расстояние от конца пробоотборной трубки до призабойного пространства - 420 м. Участок изолирован гипсовыми перемычками. Перепад давления через перемычку у места пробоотбора составляет 55 Па. Длина лавы 180 м, площадь поперечного сечения призабойного пространства $4,2 \text{ м}^2$. Отбор проб производится с помощью установки УЭ-1.

Время, через которое отбираются пробы, можно определить из следующего выражения (применительно к схеме, представленной на рис.4.8)

$$\tau = v + \tau_{\text{пер}}^{\text{выр}} + \tau_{\text{пер}}^{\text{пр}}$$

где $\tau_{\text{пер},\text{T}}^{\text{выр}}$, $\tau_{\text{пер}}^{\text{пр}}$ - время переноса индикаторных компонентов по вентиляционному штраку от призабойного пространства до входного конца трубопровода и по призабойному пространству соответственно.

(При расчете времени переноса индикаторных компонентов по призабойному пространству считаем, что очаг самонагрева находится на максимальном удалении от вентиляционного штрака, т.е. на расстоянии длины лавы).

Утечки воздуха через перемычку составят

$$g = g_n \sqrt{(h/500)} = 16 \sqrt{(155/500)} = 5,31 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Время переноса индикаторных компонентов по призабойному пространству

$$\tau_{\text{пер}}^{\text{пр}} = 180 \cdot 4,2 / 60 \cdot 5,31 = 2,37 \text{ ч}$$

Рис. 4.10. Схема аварийного участка

Время переноса индикаторных компонентов по вентиляционному штраку

$$\tau_{\text{пер}}^{\text{выр}} = 420 \cdot 10,0 / 60 \cdot 5,31 = 13,18 \text{ ч}$$

Тогда $\tau = 6 + 2,37 + 13,18 = 21,55$ ч.

Время продувки пробоотборного трубопровода

$$\tau_{пр} = 3140 \cdot 0,008^2 \cdot 260/9 = 5,8 \text{ мин}$$

4.4. Локация очагов эндогенных пожаров (нагреваний) по приповерхностному составу горючих газов

Формирование состава газов в подпочвенном слое, расположенном над отработанными угольными пластами» происходит за счет молекулярной диффузии и конвективного переноса газов, выделяющихся из оставленного в выработанном пространстве угля. Естественный фон составляют газы, выделяющиеся из угля и вмещающих пород, образующихся при механическом разрушения и низкотемпературном окислении угля. Перенос этих газов обусловлен в основном перепадом давлений между выработанным пространством и поверхностью, молекулярной диффузией.

В случае развития процессов самонагрева и самовозгорания дополнительно появляются газы, возникающие при высокотемпературном окислении и термическом разложении угля, перенос которых на поверхность ускоряется вследствие тепловой депрессии, развиваемой очагом. В подпочвенном слое при этом возникает газовая аномалия, являющаяся вертикальной проекцией очага. Перенос газов к поверхности возможен также по фильтрационным каналам, наличие которых обусловлено трещинами различного происхождения, разломами и провалами, возникающими при ведении горных работ, старыми плохо изолированными горными выработками как подземными, так и имеющими выход на дневную поверхность. В этом случае газовая аномалия в подпочвенном слое может быть смешана от вертикальной проекции очага. Кроме того, образуются отдельные точечные выхода газов на поверхность.

Очаги нагревания могут находиться в пределах действующего выемочного поля, которое проветривается нагнетательным или всасывающим способом с определенной величиной действующего напора. В случае нахождения очагов в изолированных выемочных полях величина и знак действующего напора также оказывает влияние на условия формирования подпочвенного состава горючих газов за счет утечек воздуха через изолирующие переемы и по другим каналам аэродинамической связи. При нагнетательном способе проветривания действующий напор способствует движению пожарных газов к поверхности и, следовательно, увеличивает содержание газов в подпочвенном слое. При всасывающем способе происходит обратное явление.

На интенсивность газовой аномалии и время ее возникновения влияет стадия развития эндогенного пожара, концентрация пожарных газов, температура очага, глубина его местонахождения от поверхности, время от начала возникновения, свойства вмещающих пород и угля. Содержание горючих газов уменьшается при движении к земной поверхности. Кроме того, на определенной глубине от поверхности происходит естественный газообмен с атмосферным воздухом, что

приводит к разбавлению газовой аномалии, вплоть до содержания, которое по уровню ниже порога чувствительности измерительной аппаратуры. В связи с этим изменяется глубина скважин, на которой при определенной чувствительности измерительного прибора обнаруживается наличие пожарных газов.

Для оценки фонового состава атмосферы проведены исследования газовой выделения из угля различных марок при его механическом разрушении и длительном хранении. Анализ полученных результатов показывает, что в атмосфере выработанного пространства могут содержаться следующие газы: CO_2 , CO , O_2 , H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_3H_{10} . Существенного различия в составе газов, выделяющихся при длительном хранении и механическом разрушении угля, нет. В наибольшем количестве из угля выделяется метан, однако интенсивность газовой выделения существенно зависит от степени метаморфизма угля.

Повышение температуры угля вызывает рост выделения оксида углерода, водорода, метана и его гомологов. Наибольшей скоростью повышения интенсивности выделения обладает оксид углерода. Повышение содержания водорода и метана происходит более медленными темпами, но при нагревании свыше 300°C интенсивность выделения водорода и метана возрастает. Содержание всех горючих газов (C_T), образующихся при нагревании угля (t) до 300°C , описывается уравнением:

$$C_T = 10^{0,00937t - 2,47}$$

Таким образом, основными газами, образующимися при самовозгорании угля и распространяющимися к дневной поверхности, будут оксид углерода, водород и метан. Значительное повышение содержания метана в атмосфере выработанного пространства возможно и при естественной температуре. Однако в этом случае содержание других пожарных газов будет незначительным. Учитывая, что процесс самовозгорания возможен только при достоянном проветривании выработанного пространства, обеспечивающем приток кислорода к поверхности угля, в районе очага пожара содержание основных пожарных газов будет сопоставимо с содержанием метана.

4.4.2. Методика проведения газовой съемки приповерхностного состава горючих газов

Газовая съемка подпочвенного воздуха производится на поверхности шахтного поля без отбора проб для анализа в лаборатории, что значительно сокращает объем работ и время для ее выполнения. Над предполагаемым местом очага на поверхности с помощью маркшейдерских инструментов разбивается сетка скважин со стороной квадрата 20 м. Сетка сориентирована по простиранию пласта угля и должна заведомо перекрывать возможное место очага пожара (вертикальную его проекцию на поверхность). Вкrest простирания пласта сетка разбивается так, чтобы перекрыть проекцию всего пожарного горизонта (панельного, уклонного поля) до падения, а при необходимости (если неизвестно, на каком горизонте возник пожар) и соседнего горизонта. На крутом падении, как

правило, оказывается достаточным от трех до пяти рядов скважин вкрест простирания.

При проведении замеров сетку скважин можно увеличить в обоих измерениях, если в ее граничных точках будет обнаружено наличие горючих газов, и сгустить в районе появления высокого содержания. Сгущать сетку скважин можно и при возникновении предположения о наличии нескольких очагов пожара (нагреваний).

На рис.4.11 приведен пример размещения сетки скважин на шахтном поле в районе предполагаемого очага пожара. Всего намечено три ряда скважин, сориентированных по простиранию пласта, по 7 штук в каждом.

Рис. 4.11. Размещение сетки скважин на шахтном поле

По всем точкам сетки бурятся или пробиваются скважины диаметром от 20 до 42 мм. Замер содержания горючих газов во доведение разбавления атмосферным воздухом производится непосредственно после извлечения инструмента путем опускания в скважину воздухозаборной трубки. Проба воздуха закачивается в газоопределитель микросодержаний горючих газов. Глубина скважин составляет 1,0 м, что достаточно для выявления газовой аномалии в приповерхностном слое при нагнетательном способе проветривания и над изолированными выемочными полями при всасывающем способе, так как в этом случае величина отрицательного, действующего напора незначительна.

Показания газоопределителя, регистрирующего сумму горючих газов, в делениях шкалы прибора наносятся на схему сетки скважин и строятся карты изоконцентраций. Таким образом определилась газовая аномалия с центром в районе скважины 5 б. На рис.4.11 показан вариант обнаружения горючих газов ее границе размеченной сетки скважин (скважина 1б), что привело к необходимости расширить ее, в результате чего выявлено второе аномальное пятно.

Если над предполагаемым местом очага пожара, т.е. в районе газовой съемки, нет нарушений поверхности от ведения горных работ, сохранялись наносы, то в таком случае район газовой аномалии является вертикальной проекцией очага пожара. Спроектировав газовую аномалию на пласт по плану горных работ, можно получить точное место очага пожара (нагревания).

При наличии трещин, провалов (особенно на крутом падении) погашенных горных выработок, имевших ранее выход на дневную поверхность, максимальные значения содержания пожарных газов при нагнетательном способе проветривания могут быть обнаружены за пределами вертикальной проекции очага пожара. В этом случае для установления точного места очага целесообразно произвести реверсию вентиляционной струи с созданием в пожарном районе небольшого отрицательного напора, что позволит предотвратить вынос пожарных газов по фильтрационным каналам и в то же время сохранить газовую аномалию за счет молекулярной диффузии и тепловой депрессии.

При возникновении очага самонагревания (пожара) в действующих горных выработках со значительным отрицательно действующим напором (до 200 Па и более) газовая аномалия может быть не обнаружена в приповерхностном слое на глубине 1 м. В этом случае необходимо увеличивать глубину разведочных скважин до 2...3 м. При Действующем напоре 400 Па и более для локации очага пожара необходимо произвести снижение его путем регулирования вентиляционной сети или реверсирование главного вентилятора.

Если газовая съемка подпочвенного воздуха производится в условиях, позволяющих считать газовую аномалию вертикальной проекцией очага, сетку скважин и результаты можно наносить сразу на план горных работ (рис.4.12). Под газовой аномалией может оказаться два и более отрабатываемых, и ли отработанных самовозгорающихся пласта. В этом случае необходимы дополнительные данные, например, анализы проб газа, набранных из-за перемычек в шахте, температурный каротаж глубоких скважин.

5. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ТУШЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕН И АЗОТА

В последние годы в угольной промышленности отмечается тенденция к увеличению размеров выемочных полей и повышению нагрузки на очистной забой за счет оснащения их дорогостоящими механизированными комплексами. Экономический ущерб от изоляции такого поля при эндогенном пожаре достигает 1,0 млн рублей и более. Вместе с тем, свыше 70 % эндогенных пожаров изолируются с потерей на долгое время подготовленных запасов угля и дорогостоящего оборудования. Поэтому для всех угольных бассейнов страны проблема активной профилактики, локализации и тушения эндогенных пожаров без изоляции действующих выемочных полей приобрела особую актуальность.

Многолетний опыт профилактики и тушения эндогенных пожаров в Кузбассе и Донбассе показал необходимость широкого внедрения в подразделениях ВГСЧ и угольных шахтах современных способов борьбы с эндогенными пожарами с помощью инертной пены, газообразного и жидкого азота и твердеющей пены.

5.1. Основные свойства пен. Исходные компоненты

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

Рис. 4.12. Нанесение сеток скважин и результатов газовой съемки непосредственно на план горной работ

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

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

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

$$K = V_{\text{п}}/V_{\text{ж}} = (V_{\text{г}} + V_{\text{ж}})/V_{\text{ж}} \quad (5.1)$$

или

$$K = Q_{\text{п}}/Q_{\text{ж}} = (Q_{\text{г}} + Q_{\text{ж}})/Q_{\text{ж}} \quad (5.2)$$

где $V_{\text{п}}, V_{\text{г}}, V_{\text{ж}}$ - соответственно объем пены, газа и жидкости, м^3 ;

$Q_{\text{п}}, Q_{\text{г}}, Q_{\text{ж}}$ - соответственно расход пены, газа и жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$.

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

Кратность пены зависит не только от типа, количества и качества пенообразователя, воды и газа, но и от способа ее получения и конструктивных особенностей пеногенераторных установок.

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 и трубам на большие расстояния, чем низкократная. Поэтому при высокой производительности пеногенератора на очаг пожара, попадает такое же количество жидкости, как и при подаче низкократной пены.

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

$$\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{г}} + 1000/K \quad (5.3)$$

где $\rho_{\text{г}}$ - плотность газовой фазы пены, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Плотность воздушно-механической пены в зависимости от кратности при

$\rho_r = \rho_b = 1,2 \text{ кг/м}^3$ приведена ниже.

| | | | | | | | | |
|-----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Кратность | 10 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|-----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Плотность, кг/м ³ | 101,2 | 21,2 | 11,2 | 6,2 | 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 - это ее способность сохранять во времени свою структуру, объем, массу. В зависимости от устойчивости пены при отекании 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.

При выборе пенообразователя необходимо учитывать следующее:

из пенообразователей, отечественного производства высокоустойчивую пену позволяет получать "Сампо";

при неправильном хранении и транспортировании пенообразователь может терять свои свойства, что значительно снижает устойчивость пены;

жесткость вода более 40 мг-экв/л и реакция среды (рН) меньше 5 резко ухудшает процесс пенообразования и считают устойчивость пены, поэтому всегда, при применении шахтной воды необходимо брать данные о ее качестве в геологической службе шахты;

продукты сгорания, особенно с высокой температурой и содержанием CO_2 свыше 15 %, ухудшают процесс пеногенерации и свойства пены. Поэтому при использовании продуктов горения парогазовой смеси в качестве инертного газа в пеногенераторе необходимо применять только специальные пенообразователи: из серийных - "Сампо", из вновь созданных - "Поток", ПФ-2 и ПФ-3.

5.1.2. 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 длительное время храниться при нормальной температуре, не теряют своих свойств при замерзании и оттаивании. Они отвечают санитарно-гигиеническим требованиям и серийно выпускаются предприятиями Миннефтехимпрома СССР. Физико-химические свойства пенообразователей, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл.5.1

ВНИИГД совместно с ВНИИПАВ и Бориславским филиалом ГосНИИ-хлорпроект разработаны пенообразователи "Поток" и содержащие фторированные ПАВ ПФ-2 "Кубоксалим" и ПФ-3 "Фторам", которые предназначены как для получения высокоустойчивых пен в нормальных условиях, так и инертных пен с использованием высокотемпературных продуктов горения и парогазовой смеси. Физико-химические свойства новых пенообразователей приведены в табл.5.2. Качество пенообразователей определяется в лабораториях ВГСЧ и БНИИГД.

Для повышения устойчивости пены и ее изолирующих свойств рекомендуется применять модифицирующие глинистые добавки: бентонита всех марок, каолино-гидрослюдистые порошки и т.д. Введение 1..5 % таких добавок в раствор пенообразователя увеличивает устойчивость пены в 2...5 раз. Это обеспечивает более быстрое заполнение пеной горных выработок и качественную изоляцию очага пожара от доступа свежего воздуха. Добавление глинистых материалов свыше 5 % нецелесообразно ввиду повышения вязкости пенообразующих суспензий и ухудшения процесса пеногенерации на сетках.

Наличие почти во всех регионах страны месторождений и заводов-изготовителей бентонитовых порошков различных марок, а также оснащённость подразделений ВГСЧ установками "Темп", "Монолит" и "Пневмолит" для смешивания глинистых добавок и пенообразователи с водой обуславливает широкую возможность применения глинистых добавок для получения пены высокой устойчивости при предупреждении,

Таблица 5.1

Физико-химические свойства пенообразователей, серийно выпускаемых отечественной промышленностью

| Наименование показателя | ПО-1 | ПО-1Д | ПО-6К | ПО-1А | ПО-3А | "Сампо" | ПО-12 "Угленен" |
|--|------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------|
| Плотность, кг/м ³ | 1100 | 1110 | 1110 | 1010 | 1040 | 1060 | 1100 |
| Массовая доля ПАВ, %, не менее | 45,0 | 26,0 | 26,0 | - | 26,0 | 19,5 | 25,0 |
| Кратность лены 2-процентного водного раствора (ГОСТ 6948-81), не менее | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Устойчивость пены (ГОСТ 6948-81), с, не менее | 270 | 240 | 240 | 270 | 300 | 720 | 300 |

| | | | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|---------|
| Реакция среды, рН | 7,0-9,0 | 7,5-10,0 | 7,5-10,0 | 9,0 | 9,0-10,0 | 8,0-10,0 | 8,0-9,0 |
| Поверхностное натяжение 5-процентного водного раствора, мН/м | 32,5 | 35,0 | 34,5 | 33,9 | 25,0 | 25,0 | 30,7 |
| Кратность пены, долу чаемой на генераторе ГПС-600, не менее | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Оптимальная рабочая концентрация в растворе. % | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Кинематическая вязкость, м ² /с | 40·10 ⁻⁶ | 100·10 ⁻⁶ | 100·10 ⁻⁶ | 80·10 ⁻⁶ | 70·10 ⁻⁶ | 15·10 ⁻⁶ | - |
| Пена 1т, руб. | 225 | 165 | 165 | 100 | 330 | 500 | 370 |
| Завод-изготовитель | ПО "Салаватнефтеоргсинтез" | | | Волгодонский химкомбинат | Сланцехимзавод г. Кивинли | Шебекенский химзавод | |

Пенообразователь ПО-12 "Угленеп" предназначен для пылеподавления и в отдельных случаях может применяться при тушении пожаров.

Таблица 5.2

Физико-химические свойства пенообразователей, осваиваемых промышленностью

| Наименование показателя | "Поток" | ПФ-2 "Кубоксалим" | ПФ-3 "Фторам" |
|--------------------------------|---------|----------------------|------------------|
| Плотность, кг/м ³ | 1050 | 1120 | 1120 |
| Массовая доля ПАВ, %, не менее | 20,0 | 20,0 | 20,0 |

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | |
| Кратность пены 2-процентного водного раствора (ГОСТ 6948-81), не менее | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Устойчивость пены (ГОСТ 6948-81), с, не менее | 420 | 480 | 540 |
| Реакция среда, рН | 6,0-10,0 | 8,0-9,0 | 8,0-9,0 |
| Поверхностное натяжение | 28,9 | 20,5 | 21,4 |
| 5-процентного водного раствора, мН/м | | | |
| Кратность лены, получаемой на генераторе ГПС-600 | 70 | 70 | 70 |
| Оптимальная рабочая концентрация в растворе, % | 5 | 5 | 5 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, м ² /с | 40·10 ⁻⁶ | 25·10 ⁻⁶ | 23·10 ⁻⁶ |
| Температура застывания, °С | -10 | -8 | -8 |
| Цена 1 т, руб. | 560 | - | - |

| | | | |
|--------------------|--------------------------------|---|--|
| Завод-изготовитель | Химзавод г Шебеки- но | Бориславский филиал ГосНИИ хлорпроекта | |
|--------------------|--------------------------------|---|--|

локализации и тушении эндогенных пожаров, особенно в выработанных пространствах очистных забоев.

5.1.3. Свойства азота

Азот (N_2) - это инертный газ. При нормальных условиях он находится в газообразном состоянии, не поддерживает горения, не имеет цвета и запаха. При температуре минус $196\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,1\text{ МПа}$ азот находится в жидком состоянии. Плотность газообразного азота близка к плотности воздуха ($0,97\text{ кг/м}^3$), что обеспечивает его равномерное перемешивание с атмосферой изолируемого пожарного участка.

Азот незначительно сорбируется углем и породами (в $20\text{...}40$ раз меньше чем CO_2) и мало растворим в воде (в 90 раз меньше, чем CO_2).

Нормальное состояние жидкого азота - парожидкостная смесь, и при переходе из жидкого агрегатного состояния в газообразное не имеет твердой фазы. Плотность жидкого азота 810 кг/м^3 .

При испарении 1 т жидкого азота и подогреве его до температуры $20\text{ }^\circ\text{C}$ образуется 860 м^3 газа, что почти в 2 раза больше, чем CO_2 (1 т жидкого CO_2 дает 460 м^3 газообразного).

5.1.4. Твердеющая пена

Представляет собой вспененный и отвержденный полимерный материал (пенопласт) мелкоячеистой структуры. Она может изготавливаться в горных выработках непосредственно на месте ведения изоляционных работ путем механического смешения водного раствора карбамидно-формальдегидной смолы с пенообразователем и раствором 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 $K = 10\text{...}16$ составляет $30\text{...}20\text{ кг/м}^3$, а при $K = 16\text{...}20$ соответственно $18\text{...}15\text{ кг/м}^3$.

Прочность пены характеризуется механической нагрузкой, разрушающей ее структуру при сжатии. Величина механической нагрузки в основном зависит от

объемной масон твердеющей пены: при объемной массе твердеющей пены 15...18 кг/м³ разрушающее напряжение составляет 30...50 кПа (0,3...0,5 кгс/см²) при 20...30 кг/см³ -50...100 кПа (0,5...1,0 кгс/см²).

Несмотря на небольшую прочность, твердеющая пена упруго деформируется, что позволяем ей сжиматься на 40...70 % без разрушения, поэтому ее 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/(м²·мин) при толщине перемычки 1м. По степени горючести пенопласт относится к группе трудносгораемых материалов. При непосредственном воздействии пламени поверхностный слой пенопласта обугливается, деформируется, по распространения пламени по поверхности не наблюдается. Происходит термодеструкция и выделением токсичных газов (СО, СО₂, NO₂, формальдегида и др.).

5.1.5. Компоненты твердеющей пены

Походным сырьем для получения твердеющей пены являются карбамидно-формальдегидная смола, поверхностно-активное вещество (пенообразователь) и кислотный отвердитель.

Из синтетических смол рекомендуется использовать карбамидно-формальдегидные смолы марок КФ-Б или КФ-МТ (ГОСТ 14231-78), а также КФЖ, КФ-СОМТ после предварительной проверки их в лабораторных условиях.

Основные свойства карбамидно-формальдегидных смол приведены в табл.5.3.

Таблица 5.3

Физико-химические свойства карбамидно-формальдегидных смол

| Наименование показателя | КФ-Б | КФ-МТ |
|---------------------------------|--|-------|
| | Однородная суспензия от белого до светло-желтого цвета без посторонних включений | |
| Массовая доля сухого остатка, % | 67±2 | 66±1 |

| | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Массовая доля свободного формальдегида, %, не более | 0,9 | 0,3 |
| Кинематическая вязкость, м ² /с | (40..90) · 10 ⁻⁴ | (30..70) · 10 ⁻⁴ |
| Концентрация водородных ионов, рН | 6,5 ..8,0 | 6,5 ..8,5 |
| Смешиваемость смолы с водой при (20±1) °С в соотношении 1:2 | П о л н а я | |
| Цена 1 т, руб. | 152 | 155 |

В качестве пенообразователя для получения твердеющей пены используется сульфанол НП-3 (технический) ТУ 84-509-81, основные свойства которого приведены ниже.

| | |
|---|---------------------------------------|
| Внешний вид | Паста от желтого до коричневого цвета |
| Содержание поверхностно-активного вещества, %, не менее | 30 |
| Содержание несulfулируемых водородов в пересчете на поверхностно-активное вещество, %, не более | 5,0 |
| Устойчивость лены (ГОСТ 6948-81), | 270 |

| | |
|----------------|-----|
| с | |
| Цена 1 т, руб. | 240 |

Возможно использование пенообразователей ПО-6К (ТУ 38-10740-73), "Прогресс" (ТУ 38-10719-77) и других после предварительной проверки их в лабораторных условиях.

В качестве отвердителя пены используют ортофосфорную кислоту термическую (ГОСТ 10678-76). Ориентировочная цена 1 т - 300 руб.

Расход и стоимость исходных продуктов на 1 м³ твердеющей пены для изолирующих сооружений приведены в табл.5.4.

Таблица 5.4

Расход сырья на 1 м³ твердеющей пены

| Вид изолирующего сооружения | Расход, кг | | | Стоимость 1 м ³ твердеющей пены, руб. |
|---|----------------------------------|------------------|-----------------------|--|
| | карбамидно-формальдегидной смолы | сульфанола, НП-3 | ортофосфорной кислоты | |
| Перекрышка (объемная масса твердеющей пены - 35... 30 кг/м ³ , К= 8...10) | 35...40 | 2,0 | 3,2...3,7 | 6,9...7,8 |
| Заполнение куполов, пустот за крепью (объемная масса твердеющей пены -15... 20 кг/м ³ , К= 15... 20) | 20... 28 | 2,0 | 1,85...2,6 | 4,2...5,6 |

Возведение сооружений из пенопласта сопровождается выделением формальдегида. С целью снижения его содержания рекомендуется вводить в

раствор ортофосфорной кислоты 3.5 % карбамида (ГОСТ 2081-75) в зависимости от расхода смолы.

Для повышения механической прочности твердеющей пены следует применять минеральные наполнители: гипс или золу-унос, являющуюся отходом тепловых электростанций. Зола-унос вводится в композицию в массовом соотношении к смоле 1:1, при этом механическая прочность твердеющей пены увеличивается в 2...3 раза.

Качество компонентов твердеющей пены определяется в лаборатории ВНИИГД и ВГСЧ,

5.2. Применяемое оборудование и устройства

Технологические схемы предупреждения, локализации и тушения эндогенных пожаров в силу своей специфики предопределяют использование различных тактико-технических приемов воздействия на очаг пожара с применением большой номенклатуры с как вновь разработанного, так и серийного производств и разделом предусмотрено описание основных видов криогенного оборудования и пеногенерирующих устройств,

5.2.1. Установки передвижные азотозаправочные типа УПА (рис .5. 11)

Предназначены для транспортирования с базовых хранилищ жидкого азота с последующей заправкой криопродуктом резервуаров потребителей.

Потребителей жидкого азота являются стационарные профилактические комплексы шахт (ПСК) по приготовлению и подаче инертных

пен и вспененных суспензии, резервуары транспортных установок типа УТЖА и "АЗОТ-1" для обеспечения подземных газификационных установок типа ПГХКА (комплексы КАЭ-1, КАЭ-2), а также отдельные установки по приготовлению пен и вспененных; суспензий, установленные на шурфах, групповых и индивидуальных скважинах.

Установка состоит из транспортной цистерны типа ЦТК, смонтированной на платформе автомобиля. В зависимости от типа цистерны, размещенной на платформе автомобиля, установки получают название УПА. Через тире пишутся параметры цистерны (геометрический объем и рабочее давление).

Основные технические данные серийно выпускаемых установок приведены в табл. 5.5.

5.2.2. Установки газификационные автомобильные типа АГУ

Предназначены для хранения и транспортировки жидкого азота, Газификации на месте потребления с последующим нагнетанием в линию потребления и наполнения баллонов и других емкостей газообразным азотом до давления 19,6 МПа (200 кгс/см²). Конструкцией установок предусмотрена заправка жидким азотом резервуаров подземных

Рис.5.1. Установка газификационная автомобильная АГУ-8К.

1 - автомашина КрАЗ-257; 2 - цистерна транспортная ЦТК-5/0,25; 3 - фургон; 4 - трап-лестница; 5 - гайка "РОТТА"; 6 - ящик для кабеля; 7 - узел выдачи жидкого азота; 8 - испаритель; 9 - узел выдачи газообразного азота; 10 - агрегат насосный; 11 - стеллаж; 12 - щит управления; 13 - щит силовой; 14 - шкаф арматурный.

Таблица 5.5

Техническая характеристика серийно выпускаемых автозаправочных установок

| Показатели | УПА-1,0/0,25 | УПА-1,6/0,25-1 | УПА-2,5/0,25 | УПА-8/С |
|--|--------------|-----------------|---------------|-----------|
| Код ОКП | 36 4235 1104 | 36 4235 1205 | 36 4235 1202 | 36 4235 |
| Типоразмер цистерны | ЦТК-1,0/0,25 | ЦТК-1,6/0, 26-1 | ЦТК-2, 5/0,25 | ЦТК-8/0 |
| Вместимость цистерны, м ³ | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 6,0 |
| Рабочее давление, МПа (кгс/см ²) | 0,25(2,5) | 0,25(2,5) | 0,25(2,5) | 0,25(2,5) |
| Масса заливаемого азота, кг | 900 | 1430 | 2100 | 5670 |
| Потери жидкого азота при испарении | 0,62 | 0,72 | 0,60 | 1,38 |
| Тип автомобиля | ГАЗ-66-01 | ЗИЛ-131А | УРАЛ-375Д | КрАЗ-25 |

| | | | | |
|--|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Габаритные размеры, мм | 556x2340x2520 | 5900x2500x2960 | 7360x2670x3230 | 9640x2670x3230 |
| Масса установки, кг без заправки | 4480 | 7970 | 9850 | 13615 |
| полностью заправленная (включая заправку автомобиля) | 5720 | 9625 | 12150 | 19600 |

Изготовители: Омский завод кислотного машиностроения и НПО "Гелиймаш" (Москва) -УПА-0,5-0,25

транспортных установок жидкого азота и резервуаров подземных газификаторов азота.

Установка АГУ-8К (см.рис.5.1) смонтирована на платформе автомобиля КраЗ-257 и состоит из резервуара сжиженного газа, узла выдачи и щита управления. В состав узла выдачи входит насос с горизонтальным расположением цилиндрической группы и испаритель.

Технические данные отечественных серийно выпускаемых установок приведены в табл.5.6.

Таблица 5.6

Основные технические данные установок

| Показатель | АГУ-2М | АГУ-8К (6000-500/200) |
|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Код ОКП при заказе | 36 4212 5202 | 36 4212 5401 |
| Производительность по газообразному | 375±30 | 375±30 |

| | | |
|--|-------------------------------|----------------|
| азоту, м ³ /ч: при наполнении емкостей | | |
| при работе в линию | - | - |
| Наибольшее давление газа, МПа (кгс/см ²) | 22(220) | 22(220) |
| Тип цистерны | ЦТК-1,6/0,25 | ЦТК-5/0,25 |
| Масса жидкого азота в цистерне, кг | 1420 | 4200 |
| Установленная мощность, кВт | 101 | 101 |
| Габаритные размеры установки, мм | 6680x2500x3950 | 9820x2650x3770 |
| Мааса установки (без заправки жидким азотом), кг | 7315 | 14140 |
| Изготовитель | НПО "Кислородмаш" (г. Одесса) | |

5.2.3. Стационарные газификационные установки ОГУ-7К и ГСУ-8000

Предназначены для длительного хранения и газификации жидкого азота.

Используются э качестве комплектующего изделия в стационарных профилактических комплексах по приготовлению инертных пен и вспененных суспензий.

На рис.5.2 представлен общий вид установки СГУ-8000-500/200.

Технические данные стационарных газификационных установок типа СГУ приведены в табл.5.7.

Рис. 5.2. Установка газификационная стационарная С17-8000-500/200:

1 - электроцит управления; 2 - цистерна ЦГК-8/0,26; 3 - насос криогенный 22 НСГ-160/20А; 4 - испаритель

Таблица 5.7

Основные технические данные установок типа СГУ

| Показатель | СГУ-7К | СГУ-8000-500/200 | СТУ-8000-250/200 |
|---|-----------------|------------------|------------------|
| Код ОКП | 36 4212 4303 | 36 4212 4402 | 36 4212 4305 |
| Производительность по газообразному азоту, м ³ /ч: | | | |
| при наполнении емкостей | 230±35 | 375±30 | 190±15 |
| при работе в линию | - | 420±30 | 210±30 |
| Рабочее давление газа, МПа(кгс/см ²): | | | |
| при наполнении емкостей | 22(220) | 22(220) | 22(220) |
| при работе в линию | - | 4(40) | 4(40) |
| Тип цистерны | ЦТК-1,6/0,26 | ЦТК-8/0,25 | ЦТК-8/0,25 |

| | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|------|------|
| Масса жидкого азота в цистерне, кг | 1430 | 5670 | 5670 |
| Установленная мощность, кВт | 56 | 101 | 49 |
| Габаритные размеры, мм: | 3530 | 7020 | 6930 |
| длина | | | |
| ширина | 2900 | 2930 | 4430 |
| высота | 2065 | 2050 | 2050 |
| Масса без заправки азотом, кг | 2100 | 4000 | 4000 |
| Изготовитель | НПО "Кислородмаш" (г. Одесса) | | |

5.2.4. Газификационные установки типа Г и ПГ

Предназначены для хранения и газификации жидкого азота. Оборудование смонтировано на полуприцепе ОдАЗ (основной тягач КАЗ-608В или ЗиЛ-130). Схема (рис.5.3) и принцип работы установок типов Г и ПГ отличается от схемы установок АГУ и СГУ тем, что в линию нагнетания жидкого азота после насоса вмонтирован атмосферный испаритель 12, в котором жидкий азот испаряется за счет тепла окружающего воздуха, продуваемого вентилятором. В догревателе 10 температура газообразного азота достигает уровня 283...303 К (10...30 °С) при теплообмене с водой, нагреваемой электронагревательными элементами. Затем газ под давлением поступает в линию потребления.

Рис. 5.3. Принципиальная схема газификационной установки типа Г и ПГ:

1- цистерна для жидкого азота; 2- насос; 3- указатель количества жидкого азота; 4- электроконтактный манометр; 5- предохранительный клапан; 6- вентили выдачи

газообразного азота; 7- высоконапорный рукав; 8- коллектор; 9- вентиль сброса давления; 10- догреватель; 11- испаритель наддува; 12 - атмосферный испаритель

Основные технические данные газификационных установок типа Г и ПГ приведены в табл.5.8.

5.2.5. Холодные криогенные газификаторы типа ГХК (табл. 5.9)

Предназначены для хранения и газификации жидкого азота, автоматическим поддержанием раскола и давления. Применяются в любой отрасли промышленности, где используется газообразный азот.

Газификатор (рис.5.4) представляет собой автономный комплекс, состоящий из криогенного резервуара, блоков испарителей, арматурного шкафа, в котором размещены запорно-регулирующая и предохранительная арматура, приборы контроля и трубопроводов обвязки. Теплоизоляционное пространство вакуумировано. Эксплуатационные показатели сохраняются в течение 2...5 лет без дополнительного вакуумирования.

Работают холодные газификаторы следующим образом. Из цистерны под давлением до 1,6 МПа (16 кгс/см²) жидкий азот поступает в блоки испарителей, где он испаряется за счет тепла окружающей среды, благодаря чему не требуется дополнительных источников энергии и постоянного присутствия оператора.

Блок испарителя состоит из двух элементов: испарителя подъема давления в цистерне и продукционного испарителя. Оба испарителя выполнены из одинаковых теплообменник панелей. Продукционный испаритель состоит из 34 панелей, испаритель подъема давления - четырех панелей.

Газификатор размещают на фундаменте на открытой площадке, огражденной сеткой и расположенной в зонах с умеренным климатом.

Подготовку к работе и обслуживание газификаторов типа ГХК производит специально подготовленные операторы, руководствуясь техническим описанием и инструкцией по эксплуатации и монтажу.

5.2.6. Установки подземные газификационные типа ПГХКА(табл.10) Предназначены для хранения, транспортирования и холодной газификации жидкого азота в подземных условиях при выполнении горноспасательных работ по предупреждению, локализации и тушению пожаров, а также при механизации вспомогательных процессов в качестве пневмопривода машин и механизмов.

Установки типа ПГХКА - транспортные агрегаты, состоящие из двух отдельных транспортник единиц и соединительной арматуры. Одна транспортная единица - цистерны для хранения и перевозки жидкого азота, вторая - испарительный блок.

Таблица 5.6.

Основные технические данные газификационных установок типа Г и ПГ

| Наименование параметров | Величина | | | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|
| | Г-7, 4-0, 5/20 | Г-7, 4-0, 25/20 | Г-1, 6-0, 28/40 | ПГ-3, 2-0, 53/20 |
| Вид установки | Стационарная | Стационарная | Стационарная | Передвижная на полуприцепе ОдАЗ-885 |
| Производительность по азоту при наполнении реципиентов, м ³ /с (м ³ /ч): до давления 1,96 МПа (200 кгс/см ²) | 0,110±0,009 (400±30) | 0,056±0,004 (250±17) | | 0,110±0,09 (400±30) |
| до давления 39,6 МПа (400 кгс/см ²) | 0,126±0,09 (455±30) | 0,06±0,004 {210±14} | 0,064±0,01 (230±35) | - |
| Пределы регулирования производительности, % с точностью- 5 % | 50... 100 | 50... 100 | 50...100 | 37;50;75;87 и 100 |
| Давление рабочее, МПа (кгс/см ²), не более: при заполнении реципиентов | 21,6(220) | 21,6(220) | 41,2(420) | 21,6(216) |

| | | | | |
|--|---|------------|--------------|--------------|
| при работе в линию | 3,92(40) | 3,92(40) | | 2,45(24,5) |
| Источник питания | Промышленная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц | | | |
| Установленная мощность, кВт, не более | 48 | 28 | 30 | 48 |
| Потребляемая мощность, кВт, не более | 45 | 25 | 27 | 36 |
| Удельный расход электроэнергии, МДж (кВт ч). $\frac{\text{м}^3}{\text{с м}^3/\text{ч}}$ | 90(0,09) | 100(0,1) | 96,5(0,965) | 90(0,09) |
| Масса заливаемого жидкого азота, кг | 5670 | 5670 | 1430 | 2700 |
| Номинальная вместимость цистерны, м ³ | 7,38 | 7,38 | 1,60 | 3,20 |
| Наименование цистерны, входящей в комплект установки | ЦТК-8/0,25 | ЦТК-8/0,25 | ЦГК-1,6/0,25 | ЦТК-3,2/0,25 |
| Габаритные размеры, мм: длина | 7020 | 6830 | 3530 | 6850 |
| ширина | 2930 | 4430 | 2900 | 2500 |

| | | | | |
|--------|------|------|------|------|
| высота | 2050 | 2050 | 2065 | 3250 |
|--------|------|------|------|------|

Изготовитель ~ НПО "Кислородмаш" (г.Одесса).

Таблица 5.9

Техническая характеристика серийно выпускаемых газификаторов

| | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Показатель | ГХК-3- -1,6/200 | ГХК-8- 1,6/1500 | ГХК-8- 1,6/1000 | ГХК-25- 1,6/500 | ГХК-8- -1,6- 2000 | ГХК-25- -1,6- 2000 |
| Код ОКП | 364212 1301 | 364212 1401 | 364212 1501 | 364212 1408 | 364212 1701 | 364212 1702 |
| Гидравлическая емкость резервуара, м ³ | 3 | 8,0 | 8,0 | 25,0 | 8,0 | 25,0 |
| Масса заливаемого в резервуар азота, кг | 3,2 2300 | 5150 | 5150 | 18100 | 5150 | 18100 |
| Рабочее давление (пределы регулирования), МПа (кгс/см ²) | 0,1-1,6 (1- 16) | 0,1-1,6 (1- 16) | 0,1-1,6 (1-16) | 0,1-1,6 (1-16) | 0,1-1,6 1-16) | 0,1-1,6 (1-16) |
| Производительность по газообразному азоту, м ³ /ч | 250 | 520 | 1100 | 594 | 2200 | 2376 |
| Потери при испарении сжиженного продукта во время хранения его в резервуаре с | 0,62 (0,594) | 0,43 (0,922) | 0,43 (0,922) | 0,5 (0,2) | 0,43 (0,922) | 0,5 (0,2) |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| открытым газосборосом, % сутки (кг/ч) | | | | | | |
| Нагрев газа на выходе из испарителя по отношению к температуре окружающего воздуха, K(°C) | 293(20) | 293(20) | 293(20) | 293(20) | 293(20) | 293(20) |
| Высота газификатора, м | 3,35 | 6,16 | 6,16 | 6,08 | 6,16 | 6,08 |
| Занимаемая площадь, м ² | 13,6 | 21,3 | 41,3 | 32,8 | 78,3 | 86,6 |
| Масса, т: резервуара вез заправки | 3,3 | 6,0 | 6,0 | 15,8 | 6,0 | 15,8 |
| газификатора | 4,1 | 7,5 | 8,5 | 17,35 | 10,9 | 19,9 |
| Заводы-изготовители: НПО "Криогенмаш" - газификатор ГХК-25/1,6; остальные типы газификаторов - Омский завод кислородного машиностроения | | | | | | |

Рис. 5.4. Общий вид газификатора типа ГХК:

1 - резервуар РЦВ; 2 - блок испарительный; 3 - трубопровод; 4- шкаф арматурный

Таблица 5.10

Техническая характеристика газификаторов

| | | |
|------------|-------------------|-------------------|
| Показатели | ПГХКА-1,0-0,3/1,6 | ПГХКА-1,0-0,9/1,6 |
|------------|-------------------|-------------------|

| | | |
|---|-------------------------------------|----------|
| Производительность по газообразному азоту, м ³ /ч | 300±5 % | 900±5 % |
| Номинальная вместимость цистерны, м ³ | 0,5x2,0 | 1,0 |
| Масса заливаемого жидкого азота в один резервуар, кг | 380 | 740 |
| Рабочее давление на выходе из испарителя, МПа (кгс/см ²) | 1,6 (16) | 1,6 (16) |
| Потери продукта при испарении в одном резервуаре во время хранения с открытым газосбросом, кг/ч | 0,18 | 0,94 |
| Недогрев газа на выходе из испарителя по сравнению с температурой окружающего воздуха, °С, не более | 20 | 20 |
| Габаритные размеры, мм цистерны: | | |
| длина | 3450 (с платформой на колею 900 мм) | 2720 |

| | | |
|------------------------------|-------------------------------------|------|
| ширина | 1320 | 1050 |
| высота | 1600 | 1300 |
| блока испарителя: длина | 3450 (с платформой на колею 900 мм) | 2600 |
| ширина | 1320 | 1000 |
| высота | 1720 | 1225 |
| Масса, кг: испарителя | 1850 | 1565 |
| цистерны без заправки азотом | 1800 | 1200 |

Установка ПГХКА-1,0-0,3/1,6 (рис.5.5) отличается от установки ПГХКА-1,0-0,9/1,6 (рис.5.6) тем, что она вместо одной цистерны для жидкого азота имеет две вместимостью 0,5 м³ каждая и отсутствует вентилятор обдува испарительного блока. В установке ПГХКА-1,0-0,3/1,6 азот испаряется за счет естественного обдува

Рис. 5.5. Подземная газификационная установка ПГХКА-1,0-0,3/1,6 (Комплекс азотный энергетический КАЭ-1)

1 - резервуар РЦВ-0,5/1,6; 2 - щит управления; 3 - ядик ЗИП; 4 - платформа вагонетки ВГ-3,3; 5 - металлорукав соединительный; 6 - блок газификации

Рис. 5.6. Подземная газификационная установка ПГХКА-1,0-0,9/1,6

1 - ящик для инструментов; 2 - резервуар для жидкого азота ЦТА-1,0/1,6; 3 - платформа вагонетки ВГ-3,3; 4 - вентилятор ВМП-6М; 5 - блок испарительный

испарительного блока окружающим воздухом (вентиляционной струей горной выработки). Изготовителем установок является Свердловский завод кислородного машиностроения (поставляется без платформ).

5.2.7. Установка газификационная азотная ГАС-100/20 Предназначена для испарения жидкого азота и подачи газообразного продукта под давлением 1,96 МПа (20 кгс/см²) в шахтный трубопровод или в устройство для получения инертной пены или вспененной суспензии.

Питание установки осуществляется от шахтной электросети.

Основные технические данные

| | |
|--|-------------|
| Производительность по газообразному азоту (максимальная), м ³ /мин | 100±10 |
| Максимальное давление, МПа (кгс/см ²) | 1,96(20) |
| Регулирование производительности | Ступенчатое |
| Производительность одной ступени, м ³ /мин | 25 |
| Потребляемая мощность при максимальной производительности в зависимости от температуры окружающей среды, кВт: минус 50 °С | 200 |
| минус 10 °С | 56 |
| Габаритные размеры, мм: длина | 5600 |
| ширина | 2650 |
| высота | 3770 |

Установка размещается на прицепе к автомобилю КраЗ-257 и состоит из следующих основных узлов: испарителя, кассового агрегата, догревателя и пульта управления. Испаритель состоит из двух одинаковых ребристых трубных блоков, расположенных один над другим, каждый из которых соединен трубопроводом с одним из насосных агрегатов. Воздух из окружающей среды на входе испарителя подается осевым вентилятором ВМ-6М через диффузор.

Испарительные блоки установки (рис.5.7) соединены трубопроводами с догревателем, который, в свою очередь, - с коллектором выдачи газообразного азота.

Насосные блоки содержат по два плунжерных насоса для подачи жидкого азота. Догреватель представляет собой водяную ванну со змеевиком и электронагревателями.

Рис. 5.7. Принципиальная схема газификационной установки ГАС-.100/20:

1- насосные агрегата; 2- клапан автоматического сброса газа из насоса; 3- вентиль сброса газа из насоса; 4- вентиль подачи жидкого азота; 5- подогреватель; 6- коллектор; 7- термометр; 8- манометр; 9- вентиль подачи газа и устройства для удаления инея; 10- испаритель; 11- вентилятор

5.2.8. Установка передвижная газификационная ПГА-6/2-2000 (рис.5.8)

Предназначена для хранения, транспортирования и газификации жидкого азота. Используется для додачи по индивидуальным и групповым скважинам азота.

Основные технические данные

Производительность до газообразному азоту

при рабочем давлении 2 МПа, м³/ч 6000

Рабочее давление, МПа, не более 2

Потребляемая мощность, кВт 75

Температура выдачи газа, °С 20...40

Расход топлива, кг/ч, не более:

пропан 105

бензин 111

Габаритные размеры, мм 1700x2500x3300

Масса, т 30

Цена (опытного образца), руб. 30000

Оборудование установки размещено на полуприцепе контейнеровоза ЧИЗАП-99859, в комплект поставки входит тягач седельный МАЗ-5422.

изготовитель - НПО "Кислородмаш" (г.Одесса).

5.2.9. Установки транспортирования жидкого азота в шахте УТЖА-2М (рис.5.9) и "АЗОТ-1"

Предназначены для хранения, транспортирования и выдача жидкого азота при производстве работ в подземных выработках шахт, имеющих рельсовый путь. Они используются в технологических схемах предупреждения, локализация и тушения эндогенных пожаров о применением инертной лени или жидкого азота, а также в качестве заправщиков жидким азотом рабочих резервуаров подземных газификационных установок типа ПГХКА.

Технические данные установок приведены в табд.5.11.

Таблица б .11

Основные технические данные установок УТЖА-2М и "АЗОТ-1"

| Показатели | УТЖА-2М | "АЗОТ-1 " |
|---|-------------|------------|
| Тип резервуара | РЦВ-0,5/1,6 | ЦТК-1/0,25 |
| Количество резервуаров, шт. | 2 | 1 |
| Вместимость резервуара, м ³ | 0,5 | 1 |
| Масса заливаемого азота, кг | 2х380 | 900 |
| Рабочее давление МПа (кгс/см ²) | 1,6 (16) | 0,25 (2,5) |
| Ширина колеи, мм | 900 | 900 |
| Габаритные размеры, мм: длина | 3450 | 3450 |

| | | |
|----------------------------------|------|------|
| ширина | 1250 | 1320 |
| высота | 1700 | 1750 |
| Масса в сборе (без заправки), кг | 1800 | 1650 |

Наготавливаются по чертежам Восточного отделения ВНИИГД ВНПО "Респиратор".

Рис. 5.8. 'Установка передающая газификационная ПГА-6/2-2000:

1 - тягач седельный МАЗ-5432; 2 - испаритель; 3 - цистерна, транспортная жидкого азота ЦТК-5/0,25; 4 - фургон с насосными агрегатами

Рис. 5.9. Установка для транспортирования жидкого азота УТЖА-2М

5.2.10. Цистерны транспортные криогенные ЦГК

Предназначены для хранения, транспортирования и выдачи жидкого азота. На рис.5.10 приведена принципиальная схема цистерны для жидкого азота.

Технические характеристики транспортных цистерн для сжиженных газов, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл.5.12.

5.2.11. Базовые системы хранения жидкого азота

Системы хранения жидкого азота шла СХ (рис.5.11) предназначены для создания и поддержания неснижаемого запаса жидкого азота, необходимого для профилактики, локализации и тушения подземных пожаров и обеспечения им стационарных профилактических комплексов ПСК по приготовления и подаче в шахту инертных пен и вспененных суспензий.

Базовые системы хранения жидкого азота отдельных регионов (объединений) комплектуются системами хранения серийного производства СХА-60, СХА-100 или СХА-200.

Условные обозначения систем хранения СХА

СХА - система хранения азота; 60, 100 или 200 м³ - вместимость резервуара; 0,5 и 0,6 - рабочее давление в резервуаре в МПа; цифры после тире - способ повышения давления в резервуаре: 1 - от испарителя наддува; 2 - от стороннего источника газа.

Привязка систем хранения к объекту производится индивидуально с учетом специфических особенностей (трассы криогенного трубопровода, геодезических

особенностей и т.п.) и выполняется.

Рис. 5.10. Принципиальная схема цистерны для жидкого азота:

1 - внутренний сосуд; 2 - кожух; 3 - манометр; 4 - вентиль слива-налива; 5 - предохранительная мембрана рукава; 6 - гайка; 7 - предохранительный клапан; 8 - предохранительная мембрана сосуда; 9 - вентиль сброса газа из рукава; 10 - вентиль газосброса; 11, 13, 14 - вентили указателя жидкого азота; 12, 15 - вентиль испарителя наддува; 16 - вакуумный вентиль; 17 - испаритель наддува; 18 - вентиль для подключения вакуумметра; 19 - вакуумметр; 20 - предохранительная мембрана кожуха

Таблица 5.12

Техническая характеристика транспортных цистерн

| Показатели | ЦТК-0,5/ 0,25 | ЦТК-1/ 0,25 | ЦТК-1,6/ 0,25 | ЦТК-1,6/ 0,25-1 | ЦТК-2,5/ 0,25 | ЦТК-3,2/ 0,25 | ЦТК-5/ 0,25 | ЦТК-5/ 0,25 |
|--|------------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Код ОКП | 364236 1105 | 364236 1201 | 364236 1235 | 364236 1202 | 354236 1204 | 364236 1232 | 364236 1205 | 364236 1205 |
| Вместимость, м ³ | 0,5 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 5,0 | 5,0 |
| Масса заливаемого азота, кг | 380 | 900 | 1230 | 1430 | 2100 | 2320 | 4200 | 4200 |
| Потери при испарении (температура окружающего воздуха 20 °С), кг/ч | 0,16 | 0,62 | 0,41 | 0,72 | 0,60 | 0,52 | 1,50 | 1,50 |
| Рекомендуемый тип автомобиля для транспортировки | - | ЗИЛ-131 | ЗИЛ-131 | ЗИЛ-131 | "Урал"357Д | - | КрАЗ-257 | КрАЗ-257 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| цистерны с продуктом | | | | | | | | |
| Габаритные размеры, мм: длина | 1250 | 2600 | 2750 | 1430 | 3630 | 4100 | 3910 | 3910 |
| ширина | 1250 | 1275 | 1550 | 1275 | 1630 | 1550 | 2000 | 2000 |
| высота | 1430 | 1430 | 1650 | 3580 | 1850 | 1650 | 1995 | 1995 |
| Масса, кг | 250 | 930 | 850 | 1315 | 1800 | 1400 | 2500 | 2500 |

Комплект поставки: цистерна в сборе и комплект ЗИП

Изготовители - Омский завод кислородного машиностроения и Свердловский завод кислородного машиностроения (ЦТК-0,5/0,25 и ЦТК-1,6/0,25)

Рис. 5.11. Система хранения и выдачи жидкого азота (г. Ленинск-Кузнецкий):

1 - установка передающая автозаправочная УПА-8; 2 - система хранения СХА-60/0,5; 3 - вагон-цистерна 8Г-513; 4 - пульт диспетчерский; 5 - гараж "Сервис"

за отдельную плату специализированными организациями; НПО "Криогенмаш" и институтом "Гипрокислород", Изготовитель - НПО "Криогенмаш" (г. Балашиха Московской области).

Различные варианты компоновки одного или нескольких модулей удовлетворяют требования потребителей в необходимом запасе жидкого азота.

На рис.8.11 приведена схема системы хранения жидкого азота (ПО "Ленинскуголь"), на рис.5.12 - базовая система хранения жидкого азота для Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса. Техническая характеристика серийного производства систем хранения СХА-60 приведена в табл.5.13, СХА-100 и СХА-200 - в табл.5.14.

5.2.12. Устройства для получения пен и вспененных суспензий

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 | 0,066 |
| 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, не более | 0,033 | 0,066 |
| Содержание пенообразователя в воде, %: | | |
| ПО-1, ПО-6Д | 5 | 5 |
| "Прогресс-30" | 2,5 | 2,5 |
| Давление водного раствора пенообразователя перед распылителем, МПа | 0,3...0,5 | 0,3...0,5 |
| Масса пеногенератора, кг | 12 | 12 |

Установка УЛЭП-2 (рис.5.13) состоит из пеногенератора 11, смесителя 9, трубопроводов 7, 8 и 1 подачи соответственно воды, воздуха и пенообразователя, фильтров 2 и 5 очистки пенообразователя и воды, манометров 12 для замера давления вода, воздуха и пени. Пеногенератор 11 состоит из корпуса 13, снабженного пакетом сеток (в виде кассеты) 16, штуцерами 19 и 20 подвода воздуха и раствора пенообразователя, распылителем 17, распределительной камерой 18, смотровым окном 15 и фланцем 14 для подсоединения к магистральному пенопроводу.

Рис. 5.12. Система хранения и выдачи жидкого азота для Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса: 1 - цистерна железнодорожная 8Г-513; 2 - резервуары РЦВ-63/0,5; 3 - автомобильная газификационная установка АГУ-8К; 4 - установка передвижная автозаправочная УПА-8 ; 5 - система хранения СХ-60/0,5-1; 6 - блок управления и обслуживания; 7 - гараж "Сервис"

Таблица 5.13

Техническая характеристика модулей СХА-60

| Показатель | СХА-60/0,5-1 | СХА-60/0,5-2 | СХА-60/8-2 | СХА-60/08-1 |
|------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| Код ОКП | 36 4211 1007 | 36 4211 1021 | 36 4211 | 36 4211 1049 |

| | | | | |
|--|-------|------|-------|------|
| | | | 1035 | |
| Вместимость резервуара, м ³ | 66,3 | | 66,3 | |
| Масса хранимого жидкого азота, кг | 48500 | | 48500 | |
| Скорость выдачи сжиженного продукта, кг/ч | 20000 | | 20000 | |
| Рабочее давление, МПа | 0,5 | | 0,8 | |
| Потери жидкого азота при испарении и во время хранения, кг/ч | 2,2 | | 2,2 | |
| Габаритные размеры, м: | 10,2 | 8,7 | 10,2 | 8,7 |
| длина | | | | |
| ширина | 6 | 6 | 6 | 6 |
| высота | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 |
| Масса модуля, т | 14,5 | 24,2 | 25,5 | 25,4 |

Таблица 5.14.

Техническая характеристика модулей СХА-100 и СХА-200

| Показатель | СХА-100/0,5-1 | СХА-100/0,5-2 | СХА-200/0,5-1 | СХА-200/0,5-2 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Код ОКП | 36 4221 1063 | 36 4211 1077 | 36 4211 1091 | 36 4211 1105 |
| Вместимость резервуара, м ³ | 112 | | 227 | |
| Масса хранимого сжиженного азота, кг | 81000 | | 16000 | |
| Скорость выдачи сжиженного продукт, кг/ч | 30000 | | 60000 | |
| Рабочее давление, МПа | 0,5 | | 0,5 | |
| Потери сжиженного продукта при испарении и во время хранения, кг/ч | 4,4 | | 8,0 | |
| Габаритные размеры, м: | 19,5 | 19,5 | 36,0 | 36,0 |
| длина | | | | |
| ширина | 7,2 | 7,2 | 8,0 | 8,0 |
| высота | 6,2 | 6,2 | 7 | 7,0 |
| Масса модуля, т | 51 | 50 | 105 | 104 |

Рис.5.13.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- пеногенератор; 12-манометр; 13-корпус; 14-фланец соединительный; 15-окно смотровое; 16-пакет сеток; 17-распылитель; 18-камера распределительная; 19, 20-штуцера подвода раствора пенообразователя и воздуха

Установка "Экран" (рис.5.14) отличается от УЛЭП-2 лишь устройством пеногенератора, смеситель которого представляет собой струйный аппарат эжекционного типа. В камере этого смесителя происходит смешение вода и пенообразователя. Затем смесь поступает 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 вода. При этом вода 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,

5.2.13. Генератор инертной пены типа ГИП-2м

Предназначен для дистанционного тушения пожаров инертно-механической пеной в выработанном пространстве, в тупиковых, а также в 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, м³/с

по инертно-механической пене

при содержании кислорода: от 0 до 10 % 0,51...1,66

от 10 до 15 % 1,66...2,16

по воздушно-механической пене

| | |
|---|-------------|
| при работе: в эжекционном режиме | 0,51...0,66 |
| с принудительной подачей воздуха от вентилятора | 2,0...2,16 |
| Кратность пены при работе: | |
| в эжекционном режиме | 100 |
| с принудительной подачей воздуха от вентилятора | 500 |

Рис.5.14.Установка напорная пеногенераторная "Экран":

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

Расход водного раствора пенообразователя, м³/с 0,005

Давление пенообразующего раствора перед

распылителем, МПа 0,4..0,6

Габариты, мм:

длина 1182±3

ширина 608±2

высота 714±2

Масса, кг 24

Генератор ГИП-2м (рис.5.15) состоит из корпуса, содержащего приемную камеру 11, конфузур 6, горловину 7 и диффузор 8, пеногенерирующих сеток 9, газового кольцевого коллектора 4 с соплами 5 и штуцером подсоединения к воздухопроводу или линии подачи газообразного азота и разбрызгивающей центробежной форсунки со штуцером 1 подсоединения к линии подачи пенообразующего раствора. Приемная камера генератора состоит из неподвижной 2 и подвижной 3 конических поверхностей с окнами 10, 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 закрытых жалюзи.

Возможные схемы работы генератора представлены на рис.5.16.

5.2.14. Устройство для получения инертной пены типа УИП

Предназначено для нагнетания по скважинам инертной или воздушно-механической пены при дистанционном тушении пожаров в ваработанном пространстве, в куполах и за крепью.

Техническая характеристика

| | |
|---|-----------------|
| Производительность, м ³ /с | 0,166 |
| Расход жидкого азота, м ³ /с | 0,002...0,00025 |
| Расход газообразного азота или сжатого воздуха, м ³ /с | 0,17...0,20 |
| Рабочее давление, МПа | 0,3...1,0 |
| Температура жидкого азота, °С | Минус 196 |
| Масса, кг | 5 |

Устройство УИП (рис.5.17) состоит из патрубка 1 с соединительными головками 2, уплотняющего узла 3, обратного клапана-распылителя 4 и подводящей трубки 5.

Схема включения УИП для получения пены показана на рис.5.18.

Рис. 5.15. Генератор инертной пены ГИП-2м:

1- штуцер; 2 - неподвижный конус; 3 - подвижный конус; 4 - коллектор; 5 - сопло; 6 - конфузор; 7 - горловина 8 - диффузор; 9 - пеногенерирующие сетки; 10 - окна; 11 - приемная камера

Рис. 5.16. Возможные схемы работы генератора ГИП-2м:

а - от энергии инертного газа (азота); *б* - от энергии вентилятора местного проветривания; *в* - от энергии напора воды

Рис. 5.17. Устройство для получения инертной пены УИП:

1 - патрубок; 2 - соединительная головка; 3 - уплотняющий узел; 4 - распылитель; 5 - подводящая трубка

Рис. 5.18. Схема включения устройства УИП для получения пены

5.2.15. Генератор азотной пены ГПА-1

Предназначен для генерирования инертной пены с доследующим нагнетанием ее под давлением по трубопроводам и скважинам в выработанное пространство для профилактики, локализация и тушения эндогенных пожаров. Минимальное давление йоды при стабильной работе генератора ГПА-1 должно быть не менее 0,4 МПа.

Основные технические данные

| | |
|---|-------------------------------|
| Производительность по воде, м ³ /с, в пределах | (2,5÷6,6) · 10 ⁻³ |
| Производительность по пене, м ³ /с (м ³ /мин) | 0,2 (12) |
| Расход жидкого азота, м ³ /с | 0,25 · 10 ⁻³ |
| Кратность вены | 30...80 |
| Расход пенообразователя при давлении воды 0,4 МПа, м ³ /с | (0,1÷0,26) · 10 ⁻³ |
| Дозировка пенообразователя, % к воде | 2...4 |
| Габаритные размера, мм: | |
| длина | 1505 |
| высота | 540 |
| Масса в сборе, кг | 65 |

Генератор ГПА-1 (рис.5.19) состоит из устройства 10 инертизации пены, для ввода жидкого азота в пенообразующую смесь, переходника 1 с соединительной головкой типа ГМ-70 (ГОСТ 2217-76) для подсоединений к выкидному пожарному рукаву подачи волн, пеносмесителя 5 типа ПС-1 (ГОСТ 7183-72) для эжекции пенообразователя, измерительной вставки, колена соединительного 8 для подсоединения на магистральный трубопровод или обсадную трубу скважины.

Для измерения давления и температуры подводимой вода на переходнике 1 установлен манометр 2 и термометр 3. Аналогичные точки замера температуры пены я величины подпора со стороны скважины установлены на измерительной вставке 9. Там же установлено смотровое окно для визуального наблюдения за качеством получаемой пены.

В устройстве 10 для инертизации пены со стороны пеносмесителя закреплены пластины турбулизатора 11, назначение которого - интенсифицировать процесс смешивания пенообразователя с водой на коротком отрезке трубы.

Узел ввода жидкого азота 6 служит для подачи азота в пенообразующую смесь, а активатор 7 предназначен для быстрого и эффективного смешивания пенообразующей смеси с азотом и получения инертной пены. В подземных условиях шахт генератор ГПА-1 работает в комплекса с установками транспортирования жидкого азота УТЖА-2м, "АЗОТ-1" или газификационными

установками типа ПГХКА, а на поверхности подачи жидкого азота к генератору обеспечивают от любой стационарной или передвижной транспортной цистерны для хранения и выдачи жидкого азота (ЦГК-1,0/0,25; ЦТК-8/0,25; УПА-8/0,25; РЦВ-0,5/1,6 и др.).

Рис.5.19. Генератор азотной пены ГПА-1:

- 1 - переходник; 2 - манометр; 3 - термометр; 4 - шланг;
5 - пеносмеситель; 6 - узел ввода жидкого азота;
7 - активатор; 8 - колено; 9 - вставка; 10 - устройство
инертизации пены; 11 - турбулизатор

Подготовка генератора к работе (см.рис.5.19) сводится к следующему. Коленом 8 он подсоединяется к скважине или магистральному трубопроводу; соединительной головкой переходника 1 подключается пожарный рукав подачи воды; шланг 4 опускается в вагонетку с пенообразователем; металлорукавом подсоединяется узел 6 ввода жидкого азота к одному из резервуаров РЦВ-0,5/1,6 установки УТЖА-2м (в подземных условиях).

При запуске генератора ГПА-1 в работу по манометру резервуара РЦВ-0,5/1,6 выдачи жидкого азота следят за увеличивающимся давлением, а по смотровому окну Генератора ГПА-1 - за качеством получаемой пены. в смотровом окне должен наблюдаться поток мелкодисперсной пены без разрыва сплошности его движения.

Если пена идет с нарушением оплошности потока, т.е. вначале видна пена, затем проскок чистой воды и газа - это значит, что расход азота увеличен и его необходимо уменьшить до исчезновения "снарядного" течения. Расход жидкого азота регулируется подъемом или снижением давления в резервуаре, а расход пенообразователя - изменением ширины кольцевой щели в пеносмесителе ПС-1 при перемешивании конфузальной части.

Проверка технического состояния генератора ГПА-1 заключается в периодическом его обслуживании при подготовке к работе, после применения и транспортирования. При этом проверяется правильность дозировки пенообразователя при заданном давлении, целостность манометров, и термометров, герметичность уплотнений, чистота и целостность смотрового стекла.

5.2.16. Устройство для вспенивания глинистой пульпы УВГП-4

Предназначено для получения вспененной глинистой пульпы и нагнетания ее до скважинам в отработанное пространство для предупреждения, локализации или тушения эндогенных пожаров.

Приготовленную в карьере глинистую пульпу по пульпопроводу подают насосом к обсадной трубе скважины. Пенообразователь эжектируют или подают насосом из

любой емкости в летнее время, а при отрицательных температурах подогретым из передвижной установки "ЗОНД". Воздух или инертный газ подается в зависимости от состава атмосферы обрабатываемого участка шахты. В качестве инертного газа может использоваться рудничный воздух из соседней скважины, содержащий не более 3 % кислорода. Инертный газ (азот) подается от автомобильных газификационных установок типа АГУ-8К.

Устройство УВГП-4 может устанавливаться на промежуточных горизонтах шахты, в стволах или шурфах, на групповых и индивидуальных скважинах. Во всех случаях ограничением является высота установки от горизонтального подземного пульпопровода или выработанного пространства, которая должна быть не менее 60 м.

Техническая характеристика устройства при диаметре обсадной трубы 100 мм и выходного отверстия насадка-распылителя 30 мм:

| | |
|-------------------------|------|
| Кратность ВГП расчетная | 11,1 |
| фактическая | 10,0 |

Расход глинистой пульпы ($\text{м}^3/\text{мин}$) при давлении перед насадком (МПа):

| | |
|-----|------|
| 0,1 | 0,59 |
| 0,2 | 0,82 |
| 0,3 | 1,00 |
| 0,4 | 1,17 |

Расход пенообразователя марки ПО-1 (л/мин) при давлении глинистой пульпы перед насадком (МПа):

| | |
|-----|------|
| 0,1 | 5,9 |
| 0,2 | 8,2 |
| 0,3 | 10,0 |
| 0,4 | 11,7 |

Расход пены, генерируемой ВПГ ($\text{м}^3/\text{мин}$) при давлении глинистой пульпы перед насадком-распылителем (МПа):

| | |
|-----|------|
| 0,1 | 6,6 |
| 0,2 | 3,4 |
| 0,3 | 10,2 |
| 0,4 | 12,3 |

Устройство УВГП-4 (рис.5.20) представляет собой струйный аппарат эжекционного типа и состоит из насадка-распылителя 1, заключенного в герметичный кожух 2 с выводом патрубка 7 для подачи пенообразователя и патрубка 3 для подвода воздуха или инертного газа, диспергатора 8 с активатором 9 для диспергирования потока и колена 5 с манометром 6 для замера давления пульпы. Устройство подсоединяется к пульпопроводу коленом, а забор рудничного воздуха из соседней скважины - рукавом, который подсоединяют к патрубку 3 соединительной головкой 4.

Подготовка к работе и правила обслуживания

Подготовку устройства к работе производят непосредственно у скважины, по которой в выработанное пространство будет подаваться вспененная глинистая пульпа. Скважина должна быть обсажена трубами с условным проходом не менее 80 мм, надежно загерметизирована и иметь фланец для подсоединения устройства. Фланец должен иметь четыре отверстия диаметром 18...20 мм с разносом центров равным 160 мм.

Устройство устанавливают на обсадную трубу скважины и коленом соединяют с пульпопроводом. Резиновым рукавом патрубков 7 подачи пенообразователя соединяют с емкостью, установленной выше уровня патрубка не менее чем на 1,0 м.

К соединительной головке 4 подсоединяют трубопровод подачи рудничного воздуха из соседней скважины или инертного газа от газификационной установки типа АГУ-8К.

Открывают задвижку на пульпопроводе и по манометру устанавливают давление пульпы от 0,1 до 0,4 МПа (1,0...4,0 кгс/см²). Убедившись, что скважина принимает глинистую пульпу, краном регулируют подачу пенообразователя на устройство согласно п.311.2. Учет расхода пенообразователя производят с помощью мерной линейки.

Работа устройства УВГП заключается в следующем. Глинистая пульпа по пульпопроводу и колену 5 под давлением подается на устройство. Поток пульпы в устье обсадной трубы действием насадка - распылителя 1 создается разрежение. Из емкости засасывается пенообразователь и рудничный воздух (инертный газ). Струя пульпы на выходе из диспергатора 8 попадает на активатор 9, где происходит ее дробление, интенсивное смешивание с пенообразователем и воздухом с получением вспененной глинистой пульпы. При движении ВГП по обсадной трубе скважины происходит дальнейшее смешивание компонентов, в результате чего стойкость и качество ее улучшаются, что позволяет обеспечить увеличение дальности транспортирования.

Контроль за работой устройства производится в течение всего времени подачи ВГП по скважине. Через смотровое окно кожуха 2 ведется наблюдение за потоком глинистой пульпы. При выплескивании через эжекционное отверстие на корпусе

насадки-распылителя следует или уменьшить рабочее давление пульпы или применить принудительную подачу инертного газа.

Во всех случаях прекращения подачи вспененной глинистой пульпы подача воздуха в скважину должна быть остановлена.

5.2.17. Установка пеногенераторная центробежная УПЦ

Предназначена для получения водовоздушной, инертной пены или вспененной суспензии и нагнетания ее под давлением в выработанное пространство угольных пластов для предупреждения, локализации или тушения эндогенных пожаров. Пеногенератор может быть использован для тушения пожаров в куполах горных выработок, пустотах за бетонной крепью капитальных горных выработок, камер и других труднодоступных местах

Обязательным условием его применения является наличие источников подачи воздуха (газа), воды или суспензий к пенообразователю.

Техническая характеристика

Производительность, м³/мин, не менее 15

Кратность:

пены 70..140

вспененной суспензии 6..12

Рабочее давление в пеногенераторе,

МПа (кгс/см²), не более 1,6 (16)

Габаритные размеры, мм, не более 700x330x330

Масса, кг, не более 22

Основными составными частями установки УПЦ являются (рис.5.21) пеногенератор "Циклон - 1", представляющий собой центробежный турбу-лентный аппарат, который состоит из цилиндрического корпуса 8 с тангенциальным патрубком 2 и вспенивателями 9, конфузора 10 и зонтичной форсунки 7; обратный клапан 3 предназначен для предохранения газовых магистралей от попадания жидкой фазы; тройник 4 служит для одновременного подключения источников подачи вода (раствора пенообразователя) и суспензии. Тройник снабжен штуцером 5 для автономной подачи пенообразователя и манометром 6 с разделительной камерой.

Для производства работ по локализации или тушению пожара пеногенератор монтируется на магистральный пенопровод или обсадную трубу скважины. К тангенциальному патрубку 2 корпуса пеногенератора подключается источник сжатого воздуха, а к зонтичной форсунке - источник подачи раствора пенообразователя (суспензии).

При включении источников подачи пенообразующих компонентов потоки сжатого газа и пенообразующего раствора с большой скоростью поступают в цилиндрический корпус 8 пеногенератора 1, где, пересекаясь, интенсивно перемешиваются с образованием вспененной смеси, которая центробежной силой прижимается к вспенивателям 9 и, двигаясь по спирали к конфузору 10, дополнительно перемешиваются с образованием равнодисперсной пены (суспензией) заданной кратности.

5.2.18. Стационарный профилактический комплекс ПСК по приготовлению инертных пен и вспененных суспензий (рис.5.22.)

Комплекс ПСК предназначен для приготовления инертных пен и вспененных суспензий и подачи их по трубопроводам в любую точку шахтного поля. Здание комплекса расположено у групповой скважины, шурфа или ствола в середине шахтного поля из расчета обработки наиболее удаленных выемочных полей шахты.

Габаритные размеры здания комплекса: длина 13600 мм, ширина 8500 мм, высота 3500 мм. Он состоит из трех помещений.

В помещении 6 размещено криогенное оборудование. Для хранения и газификации жидкого азота используется установка 4

Рис.5.20.Устройство для вспенивания глинистой пульпы УВГП-4:

- 1 - насадок-распылитель; 2 - кожух; 3 - патрубок; 4 - головка соединительная; 5 - колено; 6 - манометр; 7 - патрубок для подачи пенообразователя;
8 - диспергатор; 9 - активатор

Рис.5.21.Установка пеногенераторная центробежная УПЦ:

- 1 - пеногенератор "Циклон"; 2 - тангенциальный патрубок; 3 - обратный клапан; 4 - тройник; 5 - штуцер; 6 - манометр; 7 - зонтичная форсунка; 8 - корпус цилиндрический ; 9 - вспениватель; 10 - конфузор

типа СГУ-8000-500/200, а для увеличения запаса азота - криогенная цистерна 1 типа ЦТК-8/0,25. Объем жидкого азота, хранимого на

комплексе - 16 м³. Это позволяет получить 9,5 тыс.м³ инертной пены без перезаправки емкостей. Заправка емкостей жидким азотом производится от передвижных криогенных цистерн по сильфонным шлангам, пропускаемым через проем 19.

Рис.5.22. Стационарный профилактический комплекс инертных пен ПСК:

1 - ЦТК-8/0,25; 2 - вентилятор; 3 - газификатор ;

4 - цистерна СГУ-8000-500/200; 5 - бак для пенообразователя; 6, 14, 18 - помещения комплекса; 7 - электроконтактный манометр; 8- предохранительный клапан и мембрана; 9 - генератор ГПУ; 10 - отвод с задвижкой; 11 - групповая скважина; 12 - насос подачи пенообразующей жидкости; 13 - бак для пульпы (воды); 15 - водовод; 13-пульпопровод; 17 - насос-дозатор подачи пенообразователя; 19 - проем

В помещении 14 располагается бак для хранения пенообразователя 5 вместимостью 10...15 м³, бак для глинистой пульпы (воды) 13

вместимостью 15..20 м², насосы 12 и 17, генератор инертной пены 9 (ГПУ), пульпопровод 16 и водовод 15. В этом же помещении могут располагаться дополнительные баки для хранения стабилизаторов и антипирогенов, Баки 5 и 13 могут быта полузаглубленного типа.

В помещении 18 находится рабочий стол оператора комплекса электроаппаратура.

Комплекс работает следующим образом. Вода или пульпа для получения инертной пены или вспененной глинистой пульпы поступает в бак 13 по трубопроводам 15, 16. Это позволяет создать запас воды (пульпы) для работы в зимних условиях без постоянного использования водовода (пульпопровода) и производить дальнейшую подачу из бака насосом 12 типа НБ-4, который может развивать давление до 6,3 МПа. При этом создается возможность ввода в пену газообразного азота под давлением до 2 МПа (максимальное давление определено из условия безопасного транспортирования по трубам), что позволяет увеличить дальность подачи пены.

Пенообразователь из бака 5 подается на всас насоса 12 при помощи насоса-дозатора 17 типа НД 2,5-630/10д. Производительность насоса- дозатора устанавливается в соответствии с производительностью насоса 12 по заданному процентному содержанию пенообразователя.

Жидкий азот из цистерны 4 установки СГУ закачивается в испаритель 3, газифицируется и по газопроводам через генератор инертной пены 9 типа ГПУ-1 вводится в пенообразующую жидкость. Готовая пена (вспененная глинистая пульпа) поступает в скважину 11. Для проверки качества пены на трубопроводе имеется отвод с задвижкой 10, что позволяет производить выброс пены на поверхность.

Контроль и защита газопровода от высокого давления осуществляется при помощи электроконтактного манометра 7, предохранительного клапана и мембраны 8. Сброс газа в случае прорыва мембраны или срабатывания клапана осуществляется за пределы здания.

Производительность комплекса определяется производительностью газификационной установки, а кратность пены зависит от объема подаваемой

пенообразующей жидкости насосом 12, т.е. в пределах от 10 до 100. Подача пенообразователя регулируется насосом-дозатором 17 в зависимости от качества пенообразователя, кратности и стойкости пены.

Здание комплекса строится из негорючих материалов, снабжается вытяжной вентиляцией 3, облокированной с входной дверью; общим для криогенного оборудования газосбросом за пределы здания; системой отопления и телефонной связью. В качестве вытяжного вентилятора 2 может использоваться вентилятор местного проветривания СВМ. Здание может отапливаться шахтной котельной или иметь местное водяное отопление.

Комплекс обслуживает один человек в смену - оператор, обученный по специальной программе, учитывающей специфику работ с криогенной техникой и пенообразователями. Он должен иметь соответствующее удостоверение. Оператор комплекса ведет учет поступления и расходования пенообразователя и азота, времени и объема подачи пены на каждый обрабатываемый участок, производит осмотр и мелкий ремонт оборудования, а при необходимости вызывает ремонтную бригаду. Запуск комплекса производится по телефонному сообщению из шахты, а остановка - после подачи расчетного количества пены или по требованию из шахты. Порядок запуска и остановки комплекса определяется инструкцией по эксплуатации.

При проектировании комплексов ПСК возможно использование других видов комплектующего криогенного оборудования (Г-7,4, ГХК, СХ и др.). Временным руководством по проектированию и строительству комплекса могут являться "Технические требования по проектированию профилактических стационарных комплексов ПСК для шахт Кузбасса" (Прокопьевск, 1988. Разработчик - Восточное отделение ВНИИГД).

5.2.19. Установка 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 /с | 0,02...0,03 |
| Кратность пеномассы | 15...30 |
| Давление вода, МПа, не менее | 0,6 |
| Давление сжатого воздуха, МПа, не менее | 0,3 |
| Масса, кг, не более | 110 |

Установка ТП (рис.5.23) состоит из пожарного рукава 1 для подачи воды, фильтра 2, разветвления трехходового 3, инжектора 10,

Рис. 5.23. Схема установки ТП для получения твердеющей пены:

1- рукав для подачи воды; 2 - фильтр; 3 - трехходовое разветвление; 4 - рукава всасывающие; 5- инжектор кислоты; 6 - рукава соединительные; 7 - рукав пожарный; 8 - пеногенератор; 9 - рукав воздушный; 10 - инжектор смолы

рукавов всасывающих 4, рукавов соединительных 6, рукава воздушного 9, инжектора кислоты 5, пеногенератора 6, пожарного рукава 7,

Для работы необходимо обеспечить подачу вода 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, устанавливают рабочее давление воды перед инжекторами 0,6...0,8 МПа. Давление вода контролируется по показаниям манометров, находящихся на входе инжекторов. Смола с пенообразователем и кислота в инжекторах смешиваются с водой и поступают в пеногенератор, в который по воздушному рукаву подают сжатий воздух под давлением 0,3 МПа. В пеногенераторе происходит барботажное смешивание и вспенивание сжатым воздухом.

Формирование пеномассы (структурирование) происходит в пожарном рукаве длиной не менее 25 м, по которому ее 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 обработка 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 минимальными наполнителями и вяжущими пенокомплекс используется совместно с установками "Монолит" или "Пневмолит".

Техническая характеристика

Производительность, м³/с

по твердеющей пене

0,02...0,03

по материалам с минеральным наполнителем

0,01

| | |
|---|---------|
| Кратность пеномассы | 10...30 |
| Давление вода, МПа, не менее | 0,6 |
| Давление сжатого воздуха, МПа, не менее | 0,3 |

Пенокомплекс ПНК (рис.5.24) состоит из фильтра 11, разветвления трехходового 12, инжекторов 10 со сменным втулками и соплами, всасывающих рукавов 2, соединительных рукавов 7, воздушного рукава 3, смесителя-пеногенератора 4, тройника 5, дозирующего устройства 9 к насосному агрегату "Монолит" или "Пневмолит". Подсоединение установки к пожарному трубопроводу осуществляется пожарным рукавом 1, 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 к инструкции по эксплуатации ПНК.

5.2.20. Пневмосмесители

В отечественной практике тушения подземных пожаров газо-механической пеной для получения водного раствора пенообразователя, подаваемого в генераторы пены, применяются выпускаемые серийно пеносмесители типа ПС.

Техническая характеристика

| | ПС-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 |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Габариты (без всасывающего рукава), мм: | | | |
| 1-е исполнение | 420x126x142 | 500x142x180 | 520x142x180 |
| 2-е исполнение | 355x150x155 | 500x180x177 | 466x180x170 |
| Масса (с рукавом), кг: | | | |
| 1-е исполнение | 4,5 | 5,5 | 6,0 |
| 2-е исполнение | 9,0 | 10,0 | 9,9 |

Пеносмеситель ПС (рис.5.25) состоит из корпуса 1, в котором установлены сопло 3, штуцер 4, обратный клапан 2, я всасывающего рукава 7, подсоединенного к штуцеру 4 при помощи ниппеля 6 и накидной гайки 5.

Рис. 5.24. Схема пенокомплекса:

1,6- пожарные рукава; 2 - всасывающие рукава; 3 - воздушный рукав;
4 - смеситель-пеногенератор; 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

Рис. 5.25. Пеносмеситель ПС:

а - 1-е исполнение б - 2-е исполнение,
1 - корпус; 2 - клапан обратный; 3 - сопло; 4 - штуцер; 5 - гайка накидная;
6 - ниппель; 7 - рукав всасывающий

В зависимости от исполнения корпус 1 пеносмесителя снабжается соединительными головками 8 или фланцами 10. Корпус 1 имеет три ножки 9, на которые устанавливают пеносмеситель перед присоединением рукавных линий.

Принцип работы пеносмесителя заключается в том, что вода под рабочим насосом поступает в сопло 3, а из него - в горловину диффузора корпуса 1. В полости корпуса, примыкающей к соплу, создается разрежение, благодаря которому пенообразователь по рукаву 7 подсасывается в диффузор корпуса, где он смешивается с водой. Полученный раствор пенообразователя подается затем по водорода рукавам или трубопроводам к генератору лены.

Наиболее распространенные в практике тушения подземных пожаров схемы включения пеносмесителей типа ПС в системе получения огнетушащей пены приведены на рис.5.26.

5.3. Расчет параметров пенного способа борьбы с эндогенными пожарами.

Для борьбы с эндогенными пожарами в выработанном пространстве действующих очистных забоев с помощью воздушно-механической и инертной пен необходимо определять для каждой горно-геологических и горно-технических условий следующие параметры:

координаты зоны активного самонагревания угля;

радиус обработки выработанного пространства;

дальность подачи пены в обрушенных породах;

продолжительность подачи пены с определенной производительностью и кратностью.

6.3.1. Определение координат зоны активного самонагревания угля в выработанном пространстве заключается в установлении координат площади выработанного пространства, в которой воздуха достаточно для развития окислительного процесса, но недостаточно для выноса тепла.

Границы зоны активного самонагревания при выемке угля обратным ходом и возвратноточной схеме проветривания определяются из следующих выражений:

$$A_1 = V_1((Q_b - Q_{yT} - V_1 S)/(Q_b - Q_{yT}))^a, \quad (5.4)$$

$$A_2 = V_1((Q_b - Q_{yT} - V_2 S)/(Q_b - Q_{yT}))^a,$$

Рис.5.26.Схемы включения пеносмесителя типа ПС в системы получения огнетушащей пены при подземном пожаротушении:

а - при применении одного пеносмесителя;

б - при применении параллельно включенных пеносмесителей

где A_1 и A_2 - расстояния от забоя до ближней и дальней границ зоны активного самонагревания соответственно, м;

B - безразмерный коэффициент, характеризующий устойчивость кровли пласта к обрушению (например, для неустойчивости кровли $B = 0,5$; средней устойчивости $-0,70$; весьма устойчивых $-1,0$);

l - расстояние от забоя до зоны обрушенного массива, где прекращается процесс обрушения пород кровли, м (для условий Донбасса $l = 100$ м);

Q_b - количество поступающего в лаву воздуха, м³/мин;

$Q_{yT} = \max \{Q_b - Q_i\}_{i=1,2,\dots,n}$ - максимальные утечки воздуха в выработанное пространство, м³/мин ;

Q_i - расход воздуха, проходящего по лаве в i -й точке замера, м³/мин;

V_1 и V_2 - верхнее и нижнее значения скоростей соответственно из интервала пожароопасных скоростей утечек воздуха через выработанное пространство, м/мин

($V_1 = 0,9$ м/мин; $V_2 = 0,1$ м/мин);

S - площадь поперечного сечения лавы, м²;

$$\alpha = [Q_b h l - Q_{yT}(S + h l)] B / Q_{yT} S \quad (5.5)$$

где α - безразмерный параметр, характеризующий интенсивность уменьшения утечек воздуха через выработанное пространство по мере удаления от очистного забоя;

h - мощность пласта, м.

Пример. Определить координата зоны активного самонагрева угля в выработанном пространстве пласта мощностью 1,4 м с действующим очистным забоем сечением 4,0 м² для условий шахт Донбасса с глинистыми и песчаными сланцами, залегающими в кровле пласта. Производим замер расхода воздуха, поступающего в лаву. Затем по всей длине лавы через каждые 15 м и еще в 10 точках, в том числе и на выходе из лавы.

Результаты измерений расхода воздуха сведены в табл.5.15. Как видно из табл.5.15. максимальные утечки воздуха в выработанное пространство имеют место в 8-й замерной точке:

$$Q_{yT} = \max \{Q_b - Q_i\}_{i=1,2,\dots,n} = 450 - 400 = 50 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Мощность пласта $h = 1,4$ м.

Площадь поперечного сечения лавы $S = 4,0$ м².

Таблица 5. 15.

Измерение параметров расхода воздуха

| Место измерения расхода воздуха | Расход проходящего воздуха, м ³ /мин |
|---|---|
| В нижнем окне лавы (на поступающей с конвейерного штрека) | 450 |
| 15 м выше окна лавы | 443 |
| 30 м | 435 |
| 45 м | 428 |
| 60 м | 421 |
| 75 м | 413 |
| 90 м | 407 |
| 105 м | 400 |
| 120 м | 410 |
| 135 м | 418 |
| В верхней части призабойного пространства | 427 |

В кровле пласта залегают легко обрушаемые глинистые и песчаные сланцы, Поэтому коэффициент В, характеризующий устойчивость кровли пласта к обрушению, принят равным 0,5, а параметр l = 100 м. Величина параметра α, характеризующего интенсивность убывания утечек воздуха через выработанное пространство по мере удаления от очистного забоя, вычислялась из выражения (5.5)

$$\alpha = 0,5(450 \cdot 1,4 \cdot 100 - 50(4,0 + 1,4 \cdot 100))/50 \cdot 4,0 = 139,5$$

4 Расстояние от забоя до ближней и дальней границ активной зоны самонагрева соответственно определяются зависимостями (5.4):

$$A_1 = 50[(450-50-0.9 \cdot 4.0)/450 \cdot 50]^{139.5} = 14 \text{ м};$$

$$A_2 = 50[(450-50-0.1 \cdot 4.0)/450 \cdot 50]^{139.5} = 43,5 \text{ м};$$

5.3.2. Дальность продвижения пены в обрушенных породах выработанного пространства зависит от горно-геологических условий и параметров самой пены и определяется по формуле:

$$L = 7.01 \cdot 10^{-3} \sqrt{(H \cdot K_{\phi} \cdot T_{ж} \cdot K)} \quad (5.6)$$

$$K_{\phi} = 2,3 \cdot 10^{-4} / \mu_{п} \cdot \tau(x),$$

где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации пены в обрушенных породах выработанного пространства, м/с;

H - давление в пенном потоке на выходе из пеногенерирующей установки, МПа;

K - среднеинтегральная кратность пены, движущейся в выработанном пространстве;

$T_{ж}$ - стойкость пены, с;

$\mu_{п}$ - динамическая вязкость пены, $(H \cdot c)/m^2$;

τ - среднее значение удельного аэродинамического сопротивления выработанного пространства в зоне активного самонагрева, $kg/(c \cdot m^3)$;

$7,01 \cdot 10^{-3}$ - размерный коэффициент.

Величина H дана в технические характеристики пенных установок.

Вязкость пены $\mu_{п}$ определяем как среднеинтегральное значение вязкости пены в интервале $[0, T_{ж}]$ по формуле:

$$\mu_{п} = \mu_0 / \gamma [1 - e^{-\gamma}] \quad (5.7)$$

Значение μ_0 зависит от применяемого пенообразователя и от способа вспенивания. Например, пена, полученная на установке УИП, имеет начальную вязкость:

$$\mu_0 = 2(\text{Н} \cdot \text{с})/\text{м}^2 \text{ - для пенообразователя ПО-1Д;}$$

$$\mu_0 = 4,1 (\text{Н} \cdot \text{с})/\text{м}^2 \text{ - для пенообразователя "Поток".}$$

Для применяемых на шахах в настоящее время пенообразователей (ПО-1Д, Сульфол НП-3) величина $\gamma = 3,3$. Тогда $\mu_{\text{п}} = \mu_0 \cdot 0,18$.

Среднеинтегральное значение кратности пены K определяется из выражения:

$$K = K_0/\beta [e^\beta - 1], \quad (5.8)$$

где K_0 - начальная кратность пены;

β - коэффициент, учитывающий синерезис жидкости из пены, движущейся в обрушенных породах (для ПО-1Д и НП-3 $\beta = 2,7$).

Удельное аэродинамическое сопротивление выработанного пространства определяется из выражения:

$$\tau(x) = 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot x^{2,9}, \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^3), \quad (5.9)$$

где x - расстояние от места выпуска вены до линии забоя, м.

Среднее значение удельного аэродинамического сопротивления определяется из зависимости:

$$\tau(x) = 0,5[\tau(A_1) + \tau(A_2)], \quad (5.10)$$

где значение A_1 и A_2 взяты из формулы (5.4).

Если величина L , определенная по формуле (5.6), больше размера выработанного пространства по падению L_3 , L принимается равной значению L_3 .

Если $L_3/L = N$, то пена подается со стороны забоя с помощью пики, при этом количество точек додачи дефы равно $(N - 1)$, При $N \geq 6$ применение пен для борьбы с эндогенными пожарами в выработанном пространстве без точной локации очага неэффективно.

Пример. Определить дальность продвижения пены, полученной на основе пенообразователя ПО-1Д, в обрушенных породах при обработке активной зоны самонагревания угля в выработанном пространстве пласта I_в, производимой установкой УИП с вентиляционного штрека. Начальная кратность пены $K_0 = 20$,

Вязкость пены на основе пенообразователя ПО-1Д

$$\mu_0 = 2,0 (\text{Н} \cdot \text{с})/\text{м}^2$$

Величина H для установки УИП равна $0,5 \cdot 10^6$ Па,

Стойкость пены $T_{ж} = 6$ ч.

Среднеинтегральные значения вязкости и кратности пены равны :

$$\mu_{п} = 0,36; \quad K = 100.$$

Место выпуска пены в выработанное пространство удалено от линии забоя на 30 м. Удельное аэродинамическое сопротивление подсчитано по формуле (5.10)

$$\tau(x) = 31,9 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^3).$$

Дальность подачи пены рассчитана по формуле (5.6)

$$L = 7,01 \cdot 10^{-3} \sqrt{(0,5 \cdot 10^6 \cdot 2,16 \cdot 10^4 \cdot 100 \cdot K_{\phi})}$$

$$K_{\phi} = 2,3 \cdot 10^{-4} / 0,36 \cdot 31,9$$

$$\text{Тогда } L = 7,01 \cdot 10^{-3} \sqrt{(1,08 \cdot 10^{12} \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} / 0,36 \cdot 31,9)} = 70,1 \sqrt{0,216} = 32,8 \text{ м.}$$

5.3.3. Продолжительность подачи пены в выработанное пространство для охлаждения очага самонагрева определяется из выражения

$$t_{п} = \left| 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left(\frac{(\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3) T_{оч} + \alpha_2 T_0}{(\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3) T_k + \alpha_2 T_0} \right) / (\alpha_3 - \alpha_2 - \alpha_1) \right| + 1,5 \quad (5.11)$$

где $T_{оч}$ - температура в очаге самовозгорания перед запуском пены, °С;

T_0 - средняя температура воздуха в лаве, °С;

T_k - температура в очаге, которую намечают достичь, охлаждая очаг пеной, °С.

Коэффициенты α_1, α_2 , рассчитываются по формулам:

$$\alpha_1 = 4u(C_0 - C_{исх}) / (\ln C_0 - \ln C_{исх})(0,06 + W');$$

где u - среднее значение удельной скорости сорбции кислорода углем в интервале $T_0 \dots T_{кр}$ м³/(с · кг), определяется ВНИИГД по пробам угля;

C_0 - содержание кислорода в поступающей в лаву струе воздуха, %;

$C_{исх}$ - содержание кислорода в исходящей из выработанного пространства струе воздуха, %;

W' - рабочая влажность угля, %;

h - мощность пласта, м.

Значения коэффициента α_3 при различной кратности (K) движущейся в выработанном пространстве дэвы приведены ниже

| | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| K | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| $\alpha_3 \cdot 10^{-4}$ | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 0,8 | 0,6 |

Например, при $K = 60$ $\alpha_3 = 1,7 \cdot 10^{-4}$ (1/с).

Величина $T_{кр}$ определяется соотношением этилена к ацетилену.

Объем подаваемой лавы определяется по формуле:

$$V_{п} = t_{п} q_{уст}, \quad (5.13)$$

где $q_{уст}$ - производительность установки, м³/ч.

Объем заполненного пеной выработанного пространства выражается через A_1, A_2 и L

$$V_{пр} = (A_1 - A_2)h \cdot \varepsilon \cdot L, \quad (5.14)$$

где ε - коэффициент пористости обрушенных пород.

Пример. Определить продолжительность подачи пени в выработанное пространство для охлаждения очага самонагревания угля, расположенном на расстоянии приблизительно равном 30 м от забоя лавы в верхней части выработанного пространства. Зона активного самонагревания определяется по формуле (5.4) в диапазоне 14...43,5 м.

На вентиляционном штреке возводятся две изолирующие перемычки. Одна - на расстоянии 20 м от линии забоя, а вторая - на расстоянии 40 м.

В образовавшуюся камеру между перемычками по трубам подается инертная пена.

Предварительно по методу непредельных углеводородов определяется температура очага $T_{оч}$. Предположим, $T_{оч} = 180$ °С. Результаты проб рудничной атмосферы на поступающей в лаву и исходящей из лавы струе воздуха показали, что содержание кислорода составляет:

$$C_{O} = 0,20; \quad C_{исх} = 0,08.$$

Рабочая влажность угля $W' = 7\%$, Температура воздуха в лаве $T_0 = 30\text{ }^\circ\text{C}$, Очаг самонагрева решено охладить до $T_k = 40\text{ }^\circ\text{C}$.

Интенсивность подачи пены рассмотрена в предыдущем примере. Решено подавать низкократную пену ($K_0 = 20$) установкой УИП.

Тогда значение $K = 100$.

Среднее значение удельной скорости сорбции кислорода углем в интервале

$T_0 \dots T_k$;

$$u = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}).$$

По исходным данным определяем значения коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$;

$$\alpha_1 = 40,3 \cdot 0,12 \cdot 10^{-6} / (0,13(-1,61) - (-8,53)) = 1,22 \cdot 10^{-6} / 0,92 = 1,33 \cdot 10^{-6};$$

$$\alpha_2 = 1,25 \cdot 10^{-7} / (1,4 \cdot 0,13) = 6,87 \cdot 10^{-7} = 0,89 \cdot 10^{-6};$$

$$\alpha_3 = 1,2 \cdot 10^{-4} = 120 \cdot 10^{-6}.$$

Продолжительность подачи пены для подавления очага самонагрева :

$$t_{\text{п}} = (2,8 \cdot 10^{-4} / 119,04 \cdot 10^{-6}) \cdot \ln [(119,64 \cdot 180 - 0,89 \cdot 30) / (119,64 \cdot 40 - 0,69 \cdot 30)] + 1,5$$

Объем подаваемой пены равен :

$$V_{\text{п}} = 5\text{ч} \cdot 10 \text{ м}^3/\text{мин} = 60 \cdot 5 \cdot 10 \text{ м}^3 = 3000 \text{ м}^3.$$

Объем заполненного пеной выработанного пространства при величине пористости выработанного пространства $\varepsilon = 0,5$ составит :

$$V_{\text{пр}} = (43,5 - 14) \cdot 0,5 \cdot 1,4 \cdot 32,8 = 677 \text{ м}^3.$$

5.3.4. Расчет дальности подачи азота и пены по трубам

Подача газообразного азота с поверхности осуществляется по шахтным трубопроводам: пожарно-оросительным, сжатого воздуха и дегазационным. Интенсивность подачи газообразного азота во многом зависит от пропускной способности шахтных трубопроводов.

При подаче газообразного азота с поверхности к месту установки пеногенератора могут применяться трубопроводы различных диаметров поэтому в процессе расчета их фактическая длина на участках с одинаковым диаметром заменяется трубопроводом диаметром 150 мм, который обладает такой же пропускной способностью, как и рассматриваемый трубопровод переменного сечения.

Приведенная длина трубопровода определяется по формуле

$$L_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n k_i l_{\text{ф}i} , \quad (5.15)$$

где k_i - коэффициент приведения для i -го участка трубопровода одного диаметра;
 $l_{\text{ф}i}$ - фактическая длина i -го участка трубопровода одного диаметра, м.

Для наиболее часто встречающихся в горных выработках трубопроводов различных диаметров величина коэффициента K_i приведена ниже.

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|----|-----|-----|------|------|------|
| Диаметр трубопровода, мм | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Значение коэффициента K_i | 320 | 38 | 8,5 | 1,0 | 0,22 | 0,07 | 0,03 |

Число одновременно работающих пеногенераторов зависит от количества скважин, пробуренных к предполагаемым очагам горения. Возможный объем пространства, заполняемого одним пеногенератором составляет около 2000 м³,

Обеспечение необходимого для тушения дебита газообразного азота перед пеногенератором и последующая подача инертной пены В очаг пожара требует соответствующего давления в начальном сечении азотоподающего трубопровода (в месте его подсоединения к газификационной установке или к емкости с жидким азотом). Его величина определяется по формуле

$$P_a = P_{\text{тр}} + \Delta P , \quad (5.16)$$

где $P_{\text{тр}}$ - давление, необходимое для подачи газообразного азота от газификационной установки к пеногенератору, МПа (кгс/см²);

ΔP - давление, необходимое для подачи инертной пены в очаг пожара по пожарным рукавам, металлическому трубопроводу или скважине, МПа (кгс/см²).

Пропускная способность азотоподающего трубопровода определяется величиной приведенной длины $L_{\text{пр}}$ и предельного значения давления, зависящего от «ила применяемого для подачи азота трубопровода (пожарно-оросительный, воздушный или дегазационный).

Зная общий объем заработанного пространства, в котором расположен очаг V_0 , и производительность одного пеногенератора по газообразному азоту определяют

общее количество пеногенераторов для одновременной работы и, следовательно, необходимый дебит газообразного азота.

Если для получения инертной пены используется подаваемый с поверхности по трубопроводам газообразный азот, то величина давления $P_{\text{тр}}$ определяется по графику (рис.5.27), а давления ΔP - по формуле:

$$\Delta P = b' L'_{\text{тр}}, \quad (5.17)$$

где $L'_{\text{тр}}$ - длина рукавного или металлического (с учетом длины скважины) трубопровода от устройства УИП до очага пожара, м;

b' - коэффициент, учитывающий потери давления на 1 м длины пеноподающего трубопровода $(\text{кгс}/\text{см}^2)\text{м}^{-1}$ (для прорезиненных пожарных рукавов диаметром 77 мм $b' = 0,019$, для металлического трубопровода диаметром 100 мм $b' = 0,016$ $(\text{кгс}/\text{см}^2)\text{м}^{-1}$).

Подача пен в выработанное пространство, купола горных выработок и другие труднодоступные места для профилактики, локализации и тушения эндогенных пожаров осуществляется, как правило, по j трубопроводам или скважинам малого сечения, имеющим любые углы наклона и множество поворотов, представляющих местные сопротивления.

В результате проведенных исследований, на трубах диаметром 100 мм установлено, что потери давления на местные сопротивления не превышают 5 % от общих потерь, поэтому ими можно пренебречь.

В наклонных и вертикальных трубопроводах увеличение и/или уменьшение потерь давления (в зависимости от направления подачи пены) рассчитывается по формуле

$$\Delta P_{\text{г}} = \rho_{\text{ср}} g h_{\text{г}} = \rho_{\text{п}} P_{\text{ср}} h_{\text{г}} / P_0 10^4, \quad (5.18)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ - средняя плотность пены в вертикальном (наклоном) участке пенопровода, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Рис. 5.27. График зависимости давления от приведенной длины трубопровода при дебите азота, $\text{м}^3/\text{ч}$:

1-1500; 2-3000; 3-4500; 4-6000; 5-7500; 6-9000; 7-10500 ; 8-12000

g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

$h_{\text{г}}$ - разность геодезических высот между началом и концом

участка пенопровода, м

$\rho_{\text{п}}$ - плотность пены, приведенная к нормальным условиям,

$$(\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{в}} + \rho_{\text{р}}/K_{\text{о}});$$

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воздуха, равная 1,2 кг/м³;

$\rho_{\text{р}}$ - плотность раствора пенообразователя, равная 1000 кг/м³;

$K_{\text{о}}$ - кратность даны, приведенная к нормальным условиям;

$P_{\text{ср}}$ - среднее давление в вертикальном (наклонном) участке пенопровода, кгс/см².

Для определения потерь давления при движении пен по трубопроводам можно пользоваться формулой

$$\Delta P = \lambda_{\text{п}} \rho_{\text{п}} |Q_{\text{п}}^2 / \pi^2 d^2, \text{ Па} \quad (5.19)$$

где $\lambda_{\text{п}}$ - коэффициент сопротивления лены;

l - длина пенопровода, м;

$Q_{\text{п}}$ - производительность по пене, м³/с;

d - диаметр трубопровода, м.

Зависимость коэффициента сопротивления пены от кратности при ее подаче по трубопроводу диаметром 100 мм и производительностью 0,083 м³/с показана на рис.5.28.

Исследованиями доказано, что произведение коэффициента сопротивления и плотности пены в любой точке пенопровода остается постоянной. Поэтому при определении потерь давления необходимо учитывать приведенную к нормальным условиям кратность и коэффициент сопротивления пены для этой кратности.

Ввиду того, что по пожарным рукавам пена подается на небольшие расстояния (до 200 м), то потери напора определяются из формулы

$$P = \Delta P l, \quad (5.20)$$

где P - потери давления в пожарных рукавах, кгс/см²;

ΔP - удельные потери на 1 п.м., кгс/см²;

($\Delta P = 0,019$ кгс/(см² · м) для рукавов диаметром 77 мм и производительности $Q_{\text{п}} = 5$ м³/мин);

l - длина пожарных рукавов, м.

Рис. 5.28. Зависимость коэффициента гидравлического
Сопротивления пены от кратности

Пример расчета. Определить, какое давление необходимо создать в начале трубопровода диаметром 100 мм для подачи пены производительностью 0,083 м³/с и кратностью 100. Схема трубопровода показана на рис.5.29.

Рис.5.29. Схема трубопровода

Расчет потерь давления в трубопроводе при движении пены необходимо вести поэтапно, начиная с конца трубопровода. При истечении из нее пены избыточное давление принимаем равным 0. По рис.5.28 определяем коэффициент сопротивления пены кратностью 100, $\lambda_{\text{п}} = 0.19$.

1. Определяем давление в точке 2, которое необходимо создать для подачи пены к точке 1 по формуле (5.19), а $\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{в}} + 1000/100 = 11,2 \text{ кг/м}^3$, тогда

$$\Delta P_2 = 8 \cdot 0,19 \cdot 11,2 \cdot 500 \cdot (8,3 \cdot 10^{-2})^2 / 9,88 \cdot 10^{-3} = 594720 \text{ Па} = 5,95 \text{ кгс/см}^2$$

2. Давление в точке 3 без учета геодезической высоты

$$\Delta P_3 = 8 \cdot 0,19 \cdot 11,2 \cdot 700 (8,3 \cdot 10^{-2})^2 / 9,86 \cdot 10^{-3} = 833000 \text{ Па} = 8,33 \text{ кгс/см}^2$$

Для учета влияния геодезической высоты определяем среднее давление между точками 2 и 3

$$\Delta P_{\text{ср}} = (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 = (5,95 + 8,33) / 2 = 7,14 \text{ кгс/см}^2$$

$$\text{тогда } \Delta P_{\text{г}} = \rho_{\text{п}} \Delta P_{\text{ср}} h_{\text{г}} / 10^4 = 11,2 \cdot 7,14 \cdot 100 / 10^4 = 0,8 \text{ кгс/см}^2.$$

Так как пена подается сверху вниз, то давление в точке 3 будет равно

$$\Delta P'_3 = \Delta P_3 - \Delta P_{\text{г}} = 8,33 - 0,8 = 7,53 \text{ кгс/см}^2$$

3. Давление в точке 4

$$\Delta P_4 = 8 \cdot 0,19 \cdot 11,2 \cdot 400 (8,3 \cdot 10^{-2})^2 / 9,86 \cdot 10^{-3} + \Delta P_3 = 476000 \text{ Па} + 7,53 \text{ кгс/см}^2 = 12,29 \text{ кгс/см}^2$$

4. Давление в точке 5 без учета геодезической высоты

$$\Delta P_5 = 8 \cdot 0,19 \cdot 11,2 \cdot 300 (8,3 \cdot 10^{-2})^2 / 9,86 \cdot 10^{-3} + \Delta P_4 = 357000 \text{ Па} + 12,29 \text{ кгс/см}^2 = 15,86 \text{ кгс/см}^2.$$

5. Определяем влияние геодезической высоты

$$\Delta P_{\text{ср}} = (\Delta P_4 + \Delta P_5) / 2 = (12,29 + 15,86) / 2 = 14,07 \text{ кгс/см}^2$$

$$\Delta P_{\text{г}} = 11,2 \cdot 14,07 \cdot 500 / 10^4 = 4,72 \text{ кгс/см}^2$$

тогда давление в точке 5

$$\Delta P_5 = 15,86 - 4,72 = 11,14 \text{ кгс/см}^2.$$

5.3.5. Определение времени тушения эндогенного пожара инертной пеной

Время тушения пожара инертной пеной зависит от следующих факторов: температуры газов в очаге пожара и температуры боковых пород, объема выработанного пространства, купола или пустот, размера обрушенных кусков породы, количества одновременно работающие пеногенераторов.

Температура газов в очаге пожара определяется по результатам анализов проб воздуха с аварийного участка на непредельные углеводороды. Даяние об объемах выработанного пространства, куполов и пустот за крепью, размерах кусков пород представляет служба главного геолога шахты.

Общее время тушения очага и охлаждения боковых пород инертной пеной определяется по формуле

$$\tau_T = \tau_{CH} + \tau_{OHL}, \quad (5.20)$$

Время, необходимое для уменьшения в выработанном пространстве или в куполе содержания кислорода, при котором прекращается пламенное горение (τ_{CH}), определяется во формуле

$$\tau_{CH} = (V_o u_V - a_{\Pi}) \ln(C_o/C) / (Q_{\Pi} + a + K_V) u_V, \quad (5.21)$$

где V_o - объем выработанного пространства, пустот или куполов, m^3 ;

u_V -устойчивость пена, 1/с (для инертной пены, подаваемой устройством УИП, $u_V = 1/3600$ 1/с);

Q_{Π} - производительность установки по инертной пене, m^3/c (для устройства УИП

$Q_{\Pi} = 10...12$ $m^3/мин$);

a - абсолютная метанообильность аварийного участка, m^3/c ;

K_V - константа скорости сгорания (для инертной пены $K_V = 0,15$ m^3/c);

C_o - начальное содержание кислорода в зоне очага пожара, %;

C - содержание кислорода, при котором прекращается горение материалов, % (для практических расчетов $C = 4...5$ %).

Значения натурального логарифма $\ln(C_o/C)$ приведены ниже.

| (C_o/C) | $\ln(C_o/C)$ | (C_o/C) | $\ln(C_o/C)$ | (C_o/C) | $\ln(C_o/C)$ | (C_o/C) | $\ln(C_o/C)$ |
|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| 10,0 | 2,3026 | 7,5 | 2,0149 | 5,5 | 1,7047 | 3,5 | 1,2528 |
| 9,5 | 2,2513 | 7,0 | 1,9459 | 5,0 | 1,6094 | 3,0 | 1,0986 |
| 9,0 | 2,1972 | 6,5 | 1,8718 | 4,5 | 1,5041 | 2,6 | 0,9163 |
| 8,5 | 2,1401 | 6,0 | 1,7918 | 4,0 | 1,3863 | 2,0 | 0,6931 |

| | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| 8,0 | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|

Время, необходимое для охлаждения инертной пеной нагретых пород до температуры, исключающей повторное загорание, определяется в последовательности, приведенной ниже.

Вначале рассчитывается безразмерная величина θ по формуле

$$\theta = (t - t_{п}) / (t_{о} - t_{п}), \quad (5.22)$$

где t - температура, до которой необходимо охладить породы, нагретые инертной пеной, °С (соответствует температуре боковых пород в нормальных условиях, но не выше 60 °С);

$t_{п}$ - температура инертной пены, °С (при расчетах принимается 5 °С);

$t_{о}$ - температура кусков обрушенной породы (принимается при расчетах в среднем 200 °С).

По номограмме (рис.5.30) в соответствии с величиной θ и максимальным радиусом кусков насыпных пород в выработанном пространстве определяется время их охлаждения.

После расчета величины θ по номограмме откладывается ее значение на горизонтальной оси и от нее восстанавливается перпендикуляр до пересечения с наклонной линией, соответствующей максимальному радиусу кусков нагретых обрушенных пород в выработанном пространстве (см. точку F). От точки пересечения параллельно оси абсцисс проводится линия до встречи с вертикальной осью номограммы (ось ординат), показывающей время охлаждения нагретых боковых пород (в часах).

По формулам (6.23), (5.24), соответственно, рассчитываются количество пенообразователя и жидкого азота, необходимых для полного тушения пожара инертной пеной (м³);

$$V_{по} = 3Q_{п} \tau_{п} / K, \quad (5.23)$$

$$V_{а} = 0,08Q_{п} \tau_{т}, \quad (5.24)$$

где $Q_{п}$ - производительность установки по инертной пене, м³/мин;

K - кратность инертной пены;

$$K = 8t_{ж}$$

Рис. 5.30. Номограмма для определения времени охлаждения пеной насыпных пород с радиусом кусков от 0,1 до 0,64 м

Расход жидкого азота, который можно подать в водный раствор пенообразователя, чтобы исключить его замерзание, определяется из уравнения

$$q_a = q_{ж} t_{ж} / 10^8 \quad (5.25)$$

где $q_{ж}$ - количество подаваемого водного раствора пенообразователя, м³/ч (для устройства УИП $q_{ж}$ в 6 м³/ч);

$t_{ж}$ - температура водного раствора пенообразователя, °С.

Пример. Рассчитать параметры тушения инертной пеной подземного пожара, возникшего в выработанном пространстве действующего очистного забоя. По данным маркшейдерской службы шахты объем выработанного пространства составляет $V = 6000 \text{ м}^3$.

Для получения инертной пены используется жидкий азот, подаваемый от доставленных в шахту транспортных азотных емкостей.

От пенообразующих устройств к очагу пожара пена подается вначале по рукавной линии диаметром 77 мм и длиной 80 м, а затем по скважинам длиной 50 м каждая, обсаженным металлическими трубами диаметром 100 мм. Температура воды в пожарно-оросительном трубопроводе равна 20 °С, Абсолютная газообильность аварийного участка составляет 5 м³/мин. Температура, до которой необходимо охладить нагретые породы инертной пеной, равна 40 °С. Максимальный радиус кусков, обрушенных в выработанное пространство пород, составляет по данным геологической службы шахты 0,5 м.

Для получения инертной пены и ее подачи к очагу пожара применяем устройство УИП, По величине объема выработанного пространства определяем число одновременно работающих устройств УИП.

$$n = V_0 / V_{уип} = 6000 / 2000 = 3 ,$$

По формуле (5.25) определяем расход жидкого азота, который можно подать в водный раствор пенообразователя, чтобы исключить его замерзание:

$$q_a = 6 \cdot 20 / 108 = 1.1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В соответствии с технической характеристикой расход жидкого азота для устройства УИП не превышает 0,9 м³/ч. Следовательно, при температуре воды 20 °С, используемой для получения инертной пены, замерзание водного раствора пенообразователя исключается.

По формуле (5.17) определяем давление, которое должен иметь поступающий к устройству УИП жидкий азот для обеспечения подачи инертной пены по рукавам и

скважине к очагу пожара:

$$\Delta P = 0,019 \cdot 80 + 0,016 \cdot 50 = 2,3 \text{ кгс/см}^2.$$

Следовательно, давление жидкого азота, создаваемое транспортной емкостью (2,5 кгс/см²), обеспечивает подачу инертной пены от устройства УИП к очагу пожара.

По формуле (5.21) определяем время, необходимое для уменьшения концентрации кислорода в выработанном пространстве, при которой прекращается пламенное горение:

$$\tau_{\text{сн}} = (6000 \cdot 1/60 - 3 \cdot 10) \ln(20,5/5) / (3 \cdot 10 + 5 + 9) 1/60 = 135 \text{ мин} \approx 2,2 \text{ ч}$$

Для определения времени охлаждения инертной пеной нагретых пород по формуле (5.22) рассчитываем величину

$$\theta = 40 \cdot 5 / (200 - 5) = 0,1795.$$

В соответствии с данной величиной и радиусом обрушенных в выработанном пространстве кусков пород по номограмме (см.рис.5.30) определяем время их охлаждения

$$\tau_{\text{охл}} = 11,2 \text{ ч.}$$

Общее время тушения очага и охлаждения боковых пород инертной пеной .

$$\tau_{\text{т}} = 2,2 + 11,2 = 13,4 \text{ ч.}$$

По формуле (5.23) прочитываем количество пенообразователя, необходимое для полного тушения пожара и охлаждения нагретых пород:

$$V_{\text{по}} = 3 \cdot 30 \cdot 13,4 / 160 = 7,5 \text{ м}^3 \text{ (8,3 т).}$$

По формуле (5.24) рассчитываем необходимое количество жидкого азота для полного тушения пожара

$$V_{\text{а}} = 0,08 \cdot 30 \cdot 13,4 = 32,3 \text{ м}^3$$

Емкости, применяемые для транспортирования жидкого азота по горным выработкам, вмещают от 0,5 до 1,5 т. Для снижения частоты их замены в процессе тушения инертной пеной целесообразно каждое устройство УИП подсоединять к отдельной емкости.

Пример. Для условий предыдущего примера рассчитать параметры тушения инертной пеной, если к устройству УИП подается газообразный азот с поверхности по пожарно-оросительному трубопроводу, отдельные участки которого имеют длину 300, 500 и 1000, а диаметры соответственно 200, 150 и 100 мм.

По формуле (5.15) определяем приведенную длину трубопровода

$$L_{\text{пр}} = 300 \cdot 0,22 + 500 \cdot 1,0 + 1000 \cdot 8,5 = 9,1 \text{ км.}$$

С учетом $L_{\text{пр}}$ и суммарного расхода газообразного азота для трех устройств УИП ($30 \text{ м}^3/\text{мин}$) по графику (см.рис.5.30) определяем величину давления для транспортирования азота от газификационной установки до устройства УИП ($P_{\text{тр}}$).

Для условий данной задачи $P_{\text{тр}} = 6,5 \text{ кгс/см}^2$. По формуле (5.16) определяем общее давление газообразного азота в начальном сечении азотоподающего трубопровода

$$P_a = 6,5 + 2,3 = 8,8 \text{ кгс/см}^2.$$

Для обеспечения требуемого объемного расхода ($30 \text{ м}^3/\text{мин}$) и давления ($8,8 \text{ кгс/см}^2$) газообразного азота при его подаче от газификационной установки до устройства УИП и инертной пены в очаг пожара необходимо к подающему трубопроводу подсоединить три установки АГУ-2м и АГУ-8к или одну высокопроизводительную передвижную газификационную азотную станцию, которая обеспечивает расход газообразного азота до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$ при максимальном давлении в начале подающего трубопровода 20 кгс/см^2 .

Остальные параметры тушения инертной пеной соответствует их значениям, приведенным в вышеописанном примере.

5.4. Технология инертизации выработанного пространства для предупреждения и локализации эндогенного пожара.

Технология предупреждения и локализации эндогенных пожаров с помощью азота основана на создании в выработанных пространствах действующих очистных забоев инертной среда, при которой процесс окисления угля замедляется или вообще прекращается.

Инертизация выработанных пространств действующих очистных забоев рекомендуется:

для локализации эндогенных пожаров при явных признаках самовозгорания в сочетании с повышением скорости подвигания очистного забоя;

для предупреждения эндогенных пожаров в очистных забоях с высокой степенью пожароопасности при оставлении пачек угля у кровли, наличии геологических нарушений и при подработке сближенных нерабочих пластов;

в высокопроизводительных очистных забоях, оснащенных дорогостоящим оборудованием.

Во всех случаях в этих очистных забоях необходимо снижать утечки воздуха через выработанное пространство с помощью установки перемычек и сооружения изоляционных полос вдоль штреков.

Газификация жидкого азота производится на поверхности. Подача газообразного азота в выработанное пространство осуществляется по пожарным рукавам и трубам, заведенным через изоляционные полосы под давлением 0,6...0,7 МПа по ходу преобладающих утечек (рис.5.31).

В первоначальный момент времени силами подразделений ВГСЧ с выводом горнорабочих с участка производится массивный выпуск азота с производительностью не менее 100 м³/мин до создания в выработанном пространстве содержания кислорода менее 10 %, и на исходящей струе - ниже санитарных норм оксида углерода.

После этого подачу азота уменьшают до величины, зависящей от величины утечек воздуха (q_b) через выработанное пространство, и вычисляемой по формуле:

$$q_{N_2} > q_b \cdot (-C_{N_2}^H) / (1 - C_{N_2}^{\max}) \quad (5.26)$$

где q_{N_2} - дебит азота, м³/мин;

$C_{N_2}^H$ - содержание азота в поступающем в выработанное пространство воздухе, %

$C_{N_2}^{\max}$ - содержание азота в выработанном пространстве, %.

Рис. 5.31. Технологические схемы инертизации выработанного пространства с помощью азота.

Для контроля за составом атмосферы в выработанном пространстве через каждые 50 м подвигания забоя в лаве монтируется перфорированный трубопровод диаметром 50 мм, в котором размещается гибкий шланг для отбора проб газа.

5.5. Технология предупреждения, локализации и тушения эндогенных пожаров в действующих выемочных полях и участках с помощью инертной пены

Технология предупреждения и локализаций эндогенных пожаров а действующих выемочных полях с помощью инертной пены и вспененной суспензии основана на создания в выработанном пространстве воздухо непроницаемой "пенной завесы", обладающей следующими основными свойствами:

плотность пены в K раз меньше воды (K - кратность пены);

вязкость пены на два порядка больше вязкости воды ($\mu_{\text{воды}} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$, μ пены с кратностью 80 равна $4,2 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$);

химическая активность углей, обработанных пенообразующей жидкостью в 5...7 раз ниже, чем у естественного угля, за счет лучшей смачиваемости угля; эффект

дезактивации от применения пен на 20...30 % выше) чем у других антипирогенов на жидкой основе;

"пенная завеса" перекрывает зону фильтрации воздуха в обрушенных породах выработанного пространства и изолирует очистной забой от проникновения в него ядовитых газов и тепла, герметизирует полости выработанного пространства.

При тушении эндогенных пожаров наряду с перечисленными свойствами инертная пена интенсивно охлаждает нагретые массы угля и порода за счет отбора тепла на испарение. Пар раствора пенообразователя и азот, выделившийся из газовой фазы пены, инертизируют выработанное пространство.

5.5.1. Типовые технологические схемы для тонких пластов пологого и крутого падения

Схема 1 (рис.5.32). Крутое падение пласта, лава оборудована щитовым агрегатом, отсутствует возможность подачи газообразного азота с поверхности, а жидкого - в сосудах ЦТК по вентиляционному штреку. С вентиляционного штрека бурятся скважины диаметром 77...100 мм в выработанное пространство обрабатываемого щитовым агрегатом столба. С откаточного горизонта на вентиляционный штрек бурится скважина, по которой прокладывается трубопровод. На груп-

Рис. 5.32. Технологическая схема 1:

1- трубопровод сжатого воздуха ; 2- ЦТК (цистерна транспортная криогенная) ; 3- ГЖА (газификатор жидкого азота) ; 4- трубопровод газообразного азота ; 5- УИП (устройство инертной пены) ; 6- РТ-80 (разветвление трехходовое) ; 7- гибкие рукава ; 8- скважины; 9- ПС-1 (пеносмеситель) ; 10 - емкость с пенообразователем; 11- водопровод; 12- вентилятор

повом штреке откаточного горизонта проходится камера, в которой устанавливается криогенное оборудование.

Жидкий азот доставляется на шахту установкой УПА-8/0,25. На аварийный участок азот в жидком виде транспортируется в специальных сосудах типа ЦТК-1/0,25, установленных на платформе шахтной вагонетки. В камере откаточного горизонта устанавливается цистерна транспортная криогенная 2, из которой жидкий азот подается в газификатор 3. Из газификатора по трубопроводу 4, проложенному в скважине, газообразный азот поступает в устройство инертной пены. Для получения инертной пены в пеногенераторе из пеносмесителя 9 подается водный раствор пенообразователя, который эжектируется из емкости 10. Инертная пена из пеногенератора нагнетается через разветвление трехходовое 6 по гибким рукавам 7 в скважины 8, из которых она поступает в выработанное пространство обрабатываемого щитовым агрегатом столба. Для одного щитового столба бурятся

3...4 скважины. Буровой станок располагается непосредственно в штреке или специальной нише. Для предотвращения прорыва пены в штрек скважины обсаживаются металлическими трубами, а затрубное пространство тампонируется.

Схема 2 (рис.5.33). Крутое падение пласта, лава оборудована щитовым агрегатом, газообразный азот подается к пеногенератору по трубопроводу с поверхности. По этой схеме жидкий азот доставляется на шахту установками АГУ-8к или АГУ-2м. В остальной схеме идентична схеме 1.

Схема 3 (рис.5.34) применяется в тех случаях, когда выемка угля щитовым агрегатом начинается с монтажной камеры, пройденной непосредственно под вентиляционным штреком. Подача газообразного азота к устройству инертной пены 2 может осуществляться, как это предусмотрено в схемах 1, 2, в зависимости от конкретных условий и возможностей шахты. Отличительной особенностью этой схемы является то, что инертная пена подается в выработанное пространство по перфорированным трубам 8 непосредственно под подошву вентиляционного штрека.

Схема 4 (рис.5.35). Крутое падение пласта, потолкоуступная лава с бутовой полосой под вентиляционным штреком. Наличие закладки в верхней части выработанного пространства обуславливает необходимость подачи пены ниже бутовой полосы.

Поэтому скважины следует бурить о группового (полевого) штрека под бутовую полосу, с тем чтобы обработать выработанное пространство на всю высоту этажа. В случае

Рис. 5.33. Технологическая схема 2 :

1- УПА (установка для перевозки азота) ; 2- трубопровод подачи газообразного азота ; 3- пеносмеситель ПС-1; 4- водопровод; 5- емкость с пенообразователем; 6- УИП (устройство инертной пены) ; 7- РТ-80 (разветвление трехходовое) ; 8- гибкие рукава ; 9- скважины; 10 - манометр

Рис.5.34. Технологическая схема 3:

1- трубопровод подачи газообразного азота; 2- УИП (устройство инертной пены); 3- пеносмеситель ПС-1; 4- емкость с пенообразователем ; 5 - водопровод; 6- РТ-80 (разветвление трехходовое) ; 7- гибкие рукава ; 8- перфорированные трубы.

Рис. 5.35. Технологическая схема 4:

1- скважины для нагнетания пены; 2- трубопровод газообразного азота ; 3- УИП (устройство инертной пены) ; 4- РТ-80 (разветвление трехходовое) ; 5- гибкие рукава; 6- ПС-1 (пеносмеситель) ; 7- емкость с пенообразователем; 8- водопровод

мелкослоистых, легкообрушающихся вмещающих пород, которые легко уплотняются и затрудняют фильтрацию пены, рекомендуется нижние часть лавы

обрабатывать через скважины, пробуренные с группового (полевого) штрека откаточного горизонта. Количество скважин и их длина выбираются для конкретной обстановки: местонахождения очага самовозгорания, его размеров, интенсивности, расстояния между групповым и пластовым штреками и др.

Схема 5 (рис.5.36). Пологое залегание пласта; комплексно-механизованная лава, обрабатываемая обратным ходом по простиранию; проветривание возвратноточное.

Для формирования в выработанном пространстве данного потока необходимой ширины на вентиляционном штреке возводятся пеноупорные перемычки 1 из пенопласта, брусьев, чураков и других материалов. Расстояние между перемычками устанавливается по результатам локализации очага (очагов) самовозгорания или определяется с помощью ЭВМ по имеющимся аэрологическим и геологическим данным. Аналогичным путем определяется и расстояние между перемычками по падению, на которое необходимо добавить дену. Один из этих параметров (L) при известном другом (a) ориентировочно можно определить из выражения

$$L = 1.6 \cdot 10^{-3} h d_k a m / Q_{п} \mu, \quad (5.27)$$

где L - расстояние по падению, на которое необходимо» подать

пену, м;

h - давление в пенопроводе перед перемычкой, кгс/см²;

d_к - средний диаметр кусков обрушенных пород, м;

a - расстояние между пеноупорными перемычками, м;

m - вынимаемая мощность пласта, м;

Q_п - производительность пеногенератора, м³/с;

γ - удельный вес пены, кг/м³;

μ - динамическая вязкость пены, Па · с.

Инертная пена из пеногенератора 4 подается по пожарному рукаву 3, металлической трубе 2 за перемычку 1. Пеноупорные перемычки 1 обеспечивают формирование равномерного по простиранию потока пены, накрывающего зону повышенных температур, а также предотвращающих притечки воздуха к вышележащему целику угля.

Рис. 5.36. Технологическая схема 5.

1 - пеноупорные перемычки ; 2- металлическая труба ; 3- гибкий рукав; 4- УИП (устройство для получения инертной пены) ; 5- трубопровод газообразного азота ;

6- пеносмеситель ; 7 - емкость с пенообразователем: 8- водопровод; 9- пики ; 10- эластичное ограждение

Если очаг самовозгорания находится в нижней части выработанного пространства и обработать его с вентиляционного штрека невозможно, пену подают из лавы через пику 9. В тех случаях, когда пику не удастся протолкнуть на необходимое расстояние, для предотвращения выноса пены в призабойное пространство, последнее ограждается от выработанного пространства полиэтиленовым или другим эластичным ограждением (парусом) 10.

Схема подачи газообразного азота к пеногенератору выбирается в соответствии с конкретными возможностями: наличия трубопроводов по стволам и горным выработкам, которые могут быть использованы для подачи газообразного азота; состояния и протяженности горных выработок и др.

Схема 6 (рис.5.37). Пологое залегание пласта, комплексно-механизированная лава отрабатывается обратным ходом по восстанию, проветривание возвратноточное с подсыжением. Подачу пены в очаг самовозгорания производят в зависимости от места его расположения, через пики 3, забиваемые в обрушенные породы выработанного пространства или через скважины 12, которые бурят с конвейерного ходка 13. Герметизация выработанного пространства со стороны конвейерного ходка обеспечивается путем возведения изолирующей полосы 2 из твердеющей пены. Возводить изолирующую полосу необходимо вслед за подвиганием очистного забоя участками длиной 8... 10 м.

5.5.3. Таловые технологические схемы для мощных пластов пологого и крутого падения

Схема 1. Применяется для обработки монтажных, демонтажных камер и зон геологических нарушений (рис.5.38). Обработка производится вспененной глинистой пульпой с использованием в качестве газовой фазы атмосферного воздуха или азота.

Приготовление вспененной глинистой пульпы (ВГП) осуществляется на поверхностном комплексе, а подача - по групповой скважине (шурфу, стволу) до выработок вентиляционного горизонта и далее по сети подземных трубопроводов 1. Доставка ВГП до места обработки ведется по трубопроводам 2, проложенным в вентиляционных выработках данного выемочного поля, монтажных (демонтажных) камерах 3, рабочем пространстве очистного забоя 5. Подача ВГП может осуществляться по скважинам с поверхности 4, расстояние между которыми 30 м. Магистральные трубопроводы имеют диаметр 100 мм, а прокладываются в монтажных камерах - не менее 80 мм.

Рис. 5.37. Технологическая схема 6:

1- вентиляционный ходок; 2- изолирующая полоса из твердевшей пены; 3- пики; 4- разветвление трехходовое; 5- пеносмеситель (ПС-1) ; 6- водопровод; 7- трубопровод

газообразного азота ; 8- УИП (устройство инертной пены) ; 9- емкость с пенообразователем; 10- бетонные перемычки; 11- твердеющая пена; 12- скважины; 13- конвейерный ходок; 14- эластичное ограждение; 15- органная крепь.

Рис. 5.38. Технологическая схема 1 профилактики эндогенных пожаров на пластах пологого падения (обработка монтажных, демонтажных камер и зон геологических нарушений):

1- подземный магистральный трубопровод; 2- трубопровод, проложенный по вентиляционному штреку; 3- перфорированный трубопровод для обработки монтажных, демонтажных камер; 4- скважины с поверхности; 5- забойный трубопровод; 6- линия геологического нарушения; 7- перфорация; 8- пики

Обработка камеры производится после отхода комплекса на 20 и из расчета полного заражения пустот в обрушенных породах. Для этого трубопровод 3 имеет перфорацию 7 (2...3 отверстия диаметром 30 мм по периметру трубы, через каждые 30...40 см ее длины). Трубопровод 3 прокладывается на 2/3 длины лавы.

Потребный объем ВГП, глинистой пульпы, пенообразователя и время обработки определяется по формулам:

$$\tau = C_v \ln(QC_v / QC_v - v); \quad (5.28)$$

$$v = 0.5L_m l_m; \quad (5.29)$$

$$V_p = Q\tau; \quad (5.30)$$

$$V_p = V_p K^{-1}; \quad (5.31)$$

$$V_{по} = CV_p / 100; \quad (5.32)$$

где τ - время заполнения зоны обработки, ч;

C_v - стойкость ВГП, ч;

Q - производительность пеногенераторов, м³/ч;

V - объем пустот в обрабатываемой зоне, м³;

0,5- пустотность обрушенных пород;

L_m - длина монтажной камеры м;

l - ширина обрабатываемой зоны, м;

m - мощность пласта, м;

V_p - объем глинистой пульпы, м³;

K - кратность ВГП ;

$V_{\text{по}}$ - объем пенообразователя, м³;

C - концентрация пенообразователя.

В связи с тем, что производительность пеногенератора, установленного на поверхностном комплексе, превышает производительность газификатора, в расчет принимается последняя. При подаче ВГП по скважинам с поверхности в случае вспенивания атмосферным воздухом учитывается производительность устройства УВП 1. Стойкость ВГП принимается равной 24 ч, кратность при вспенивании атмосферным воздухом - 10, газообразный азотом - 60...150. Концентрация пенообразователя колеблется в пределах от 0,5 до 2 %, Ширина обрабатываемой зоны принимается не менее мощности пласта, но не более 15 м. Соотношение твердого (глина) к жидкому (вода) в пульпе должно быть равным 1:4 - 1:5 (по весу), тогда расход глины определяется как V_p : (5-6). При использовании в качестве газообразной фазы азота его расход определяется по формуле

$$V_a = (V_n - V_p)/854, \quad (5.33)$$

где V_a - расход жидкого азота, т;

854 - коэффициент газификации.

Для обработки демонтажной камеры перфорированный трубопровод прокладывается вдоль очистного забоя после доработки выемочного поля, а обработка вспененной глинистой пульпой - по окончании демонтажа комплекса. ВГП может подаваться по скважинам с поверхности. Определение расхода компонентов ВГП и времени обработки производится по формулам (5.28)-(5.33).

Зона геологического нарушения обрабатывается вспененной глинистой пульпой, подаваемой по той же сети трубопроводов (или скважинам с поверхности), которые служат для обработки монтажных (демонтажных) камер. Для этого на трубопроводе устанавливаются переключающие задвижки. Прокладывается дополнительный трубопровод 5 вдоль очистного забоя до зоны геологического нарушения 6 и от него заводятся за секции крепи перфорированные отрезки трубопровода или пики 8. Расстояние между пиками не должно превышать 20 м. Ширина обрабатываемой зоны, а, следовательно, и число пик определяется углом встречи нарушения с линией забоя. Она будет минимальной при угле встречи 90° и равна длине забоя при угле встречи 0°.

При больших углах встречи процесс перехода нарушения растягивается во времени и пространстве. Это требует перемонтажа забойного трубопровода по мере подавания очистного забоя, если такой трубопровод не заложен в конструкцию механизированной крепи комплекса. Трубопровод, проложенный по вентиляционному штреку, при этом сокращается и его отрезки извлекаются.

Потребный объем ВГП и ее компонентов для обработки зоны геологического нарушения определяется необходимостью разовой обработки обрушенных пород и угля из треугольника подрывки по кровле пласта. В этом случае в формуле (5.29), L

- длина обрабатываемой зоны по восстания пласта; l - Ширина обрабатываемой зоны по простиранию.

С учетом этих величин определяется необходимое количество ВГП на всю зону перехода нарушения. Объем и время разовой подачи ВГП рассчитываются исходя из подвигания комплекса в период между ремонтами забойного трубопровода, которое не должно превышать 20 м. ВГП подается до получения ее расчетного объема или до выхода пены в рабочей пространство через зазоры в секциях крепи.

Посад перехода геологического нарушения трубопровод демонтируется.

Схема 2. Применяется для обработки обрушенных в выработанное пространство пачек угля и пластов-спутников, а также бортов угольных целиков. Вспененная глинистая пульпа подается в зоны, т.е. вдоль конвейерного и вентиляционного штреков в течение всего периода отработки блока из расчета разового заполнения пеной обрушенных пород и угля. Ширина воздухопроницаемой зоны принимается равной $0,1L$, где L - длина лавы.

Для подачи ВГП в зоны обработки по конвейерному и вентиляционному штрекам прокладываются трубопроводы, соединенные через распределительные задвижки с магистральным трубопроводом от групповой скважины (рис.5.39),

Концевые части трубопроводов на длине 1,5...2,0 м имеют перфорацию, что позволяет производить обработку вдоль завалов штреков. Кроме того, по лаве в верхней и нижней ее частях прокладываются перфорированные отрезки трубопроводов δ , длиной 10...15 м, заглубленные в почву и соединенные с трубопроводами, проложенными по вентиляционному и конвейерному штрекам 3.

Через каждые 20...30 м отхода забоя штрековые трубопровода рассоединяются, на их концы устанавливаются перфорированные патрубки, присоединяются забойные отрезки трубопровода и производится одновременная подача ВГП вдоль завала штрека и в прилегающую к нему зону, В каждый последующий участок забойного трубопровода ВГП подается после перехода через него комплекса и отхода на расстояние 20 м. Используемые отрезки трубопроводов не извлекаются. Подача ВГП может осуществляться о поверхности червя скважина 4, пробуренные в выработанное пространство через каждые. 30 м по простиранию. Количество ВГП и ее компонентов, необходимых на период обработки выемочного поля без учета стойкости ВГП, определяется по формулам (5.29), (5.32), (5.33), где L - длина лавы;

l - ширина обрабатываемой зоны. Полученный результат удваивается в связи с наличием двух зон обработки. Время работы пено-

Рис. 5.39. Технологическая схема входа 2 профилактики эндогенных пожаров на пластах пологого падения (обработка обрушенных пачек угля и пластов-спутников):

1 - магистральный трубопровод; 2 - задвижки; 3 - трубопроводы, проложенные по вентиляционному и конвейерному штрекам; 4 - скважины с поверхности; 5 - пласт-спутник; 6 - забойные участки трубопровода; 7 - перфорация

генератора рассчитывается, исходя из необходимого объема подачи ВГП на величину подвижки комплекса в период между обработками.

Данная технологическая схема обеспечивает одновременную обработку борта целика вдоль вентиляционного штрека. В случае отсутствия обрушенных пачек угля и пластов-спутников обрабатывается лить борт целика. Трубопровод прокладывается по вентиляционному штреку (уклону, для системы разработки длинными столбами по падению), соединяется через каждые 30 м и на его конец устанавливается перфорированный патрубок. При обработке с поверхности скважины бурят через каждые 30 м по простиранию. Вспененной глинистой пульпой обрабатывается весь борт целика. Расчет необходимого количества ВГП и ее компонентов на обработку борта целика вдоль всего выемочного поля без учета стойкости определяется по формулам (5.29), (5.31), (5.32), (5.33), где L - длина выемочного участка по простиранию (или высота столба во восстанию), м; l - ширина обрабатываемой зоны (принимается не менее мощности пласта или слоя), м; m - мощность пласта (слоя), м. ,

При расчете объема разовой обработки во внимание принимается подвигание комплекса между подачами.

Схема 3. Применяется для профилактической обработки технологических или аварийных целиков угля водовоздушной пеной или вспененной глинистой пульпой (рис.5.40). Приготовление и подача вспененной глинистой пульпы осуществляется по схемам 1 и 2. Для подачи водовоздушной пены необходимо иметь установку УЛЭП-2 или "Экран". Трубопровод 1 для подачи пены (ВГП) прокладывается вдоль бортов межгоризонтного и профилактического целиков, закрепляется анкерами к почве пласта и имеет на конке перфорацию. Закрепление анкерами 2 и хомутаю 3 производится при необходимости перед обрушением кровли.

Пена (ВГП) подается после обрушения кровля, тот этом максимальное удаление линии обрушения от точка ее выхода не должно превышать 20 м. Обработка производится из расчета заполнения объема выработанного пространства на контакте с целиками, определяемого по формулам (5.29), (5.32), где L - длина обрабатываемого целика, м; l - ширина вонии обработки (принимается равной мощности пласта), м.

Схема 4. Применяется при отработке мощных пластов горизонтальными слоями с обрушением кровли. Обработка ведется водовоздушной или инертной пеной (рис.5.41), нагнетаемой в отработанную

Рис. 5.40. Технологическая схема 3 профилактики

самовозгорания целиков угля:

1 - трубопровод; 2 - анкер; 3 - хомут

Рис. 5.41. Технологическая схема 4 профилактики

эндогенных пожаров в апофемах горизонтальных

слоев на пластах крутого падения:

1 - слоевые штреки; 2 - секции комплекса;

3 - трубопроводы; 4 - гибкое металлическое перекрытие

часть пласта по трубопроводам 3, проложенным по слоевым штрекам и оканчивавшимся двухметровыми перфорированными отрезками. При мощности пласта более 20 м трубопроводы укладываются по обоим слоевым штрекам у почвы и кровли пласта. Первый слой выработанного пространства обрабатывается по скважинам с полевой выработки.

Для приготовления водовоздушной пены используются установки УЛЭП-2 ("Экран"), для инертной пены - генератор ГПУ (ГПА-1). В первом случае необходимо иметь трубопровод сжатого воздуха от стационарного или передвижного компрессора, во втором - генерировать пену на поверхностном комплексе ила доставлять жидкий азот на вентиляционный штрек в установке УТЖА-2.

Обработка ведется из расчета полного заполнения пустот в выработанном пространстве. Время работы пеногенератора, объем пены, воды, пенообразователя и азота определяется по уравнениям (5.28)-(5.33), где l - ширина отработанной части выемочного участка по простиранию, м; L - длина очистного забоя (горизонтальная мощность пласта), м; m - высота горизонтального слоя, м; C_v - для водовоздушной и инертной пены принимается равным 6 часов.

В случае одновременной работы двух генераторов в уравнения (5.28), (5.30) подставляется удвоенная производительность генератора. Пена подается до получения ее расчетного объема или до выхода в рабочее пространство.

Схема 5. Применяется для локализации очага эндогенного пожара (самонагревания) в ранее отработанном выемочном поле. Локализация производится инертной пеной или инертной вспененной глинистой пульпой. При восходящем порядке отработки пенные завесы создаются в обрушенных породах верхнего борта нижележащей лавы и у конвейерного и вентиляционных штреков действующей лавы (рис.5.42). При нисходящем порядке пенные завесы создаются у нижнего борта ранее отработанной лавы и у верхнего - действующей.

Вспененная глинистая пульпа подается по сети подземных трубопроводов от поверхностного комплекса, а инертная пена - как от поверхностного комплекса, так и от передвижного подземного. Обработка может производиться также по скважинам 3 с поверхности от передвижного комплекса. Трубопроводы 1 прокладываются по вентиляционному и откаточному штрекам, на их концы устанавливаются колена и перфорированные отрезки труб длиной 10... 15 м, заведенные в выработанное пространство лав. В дальнейшем эти отрезки трубопроводов 2 укладываются в действующей лаве в канаву на почве,

Рис. 5.42. Технологическая схема 5 локализации эндогенного пожара в отработанном выемочном поле на пластах пологого падения: 1 - трубопроводы, проложенные по конвейерному и вентиляционному штрекам; 2 - забойные участки трубопровода; 3 - скважины с поверхности; 4 - пики; 6 - очаг самонагрева

а пена подается по ним после перехода комплекса. В комплексах, оборудованных средствами для борьбы с эндогенными пожарами, подача пены осуществляется по специальному трубопроводу и пикам, внедряемым в выработанное пространство через отверстия в секциях крепи.

В отработанную лаву, где обнаружен очаг пожара 5, забиваются пики 4 на длину 10...15 м с расстоянием между ними 20...30 м. Пена подается в пики по тем же трубопроводам, по которым она поступает в действующую лаву. Для равномерного распространения пены в разные зоны обработки на отводах устанавливаются задвижки. Инертная пена (ВГП) подается в объеме, необходимом для заполнения всех пустот в районе пенных завес. При обработке с поверхности по скважинам расстояние между ними равно 30 м.

Время заполнения, требуемый объем пены и ее компонентов определяется по формулам (5.28)-(5.33) отдельно для каждой пенной завесы. Величина C_v в формуле (5.28) для инертной пены равна 6 ч; для вспененной глинистой пульпы - 24 ч; кратность - 30...60.

В данном расчете L - длина обрабатываемой зоны обрушенных пород по простиранию между отводами, скважинами или пиками (20...30 м); l - ширина пенной завесы 15 м; m - мощность пласта (слоя), м.

Режим подачи пены определяется по результатам газового анализа и при необходимости может меняться от периодического (1...2 раза в неделю) до постоянного поддержания полного объема пены в пределах обрабатываемых зон. Подача пены прекращается при любом режиме в случае ее выхода в рабочее пространство.

Схема 6. Применяется для локализации очага эндогенного пожара (самонагревания) в действующем выемочном поле при бесцеликовой выемке угля с сохранением конвейерного штрека. Пенные завесы создаются при подаче

инертной пены за комплекс в зону повышенной воздухопроницаемости у вентиляционного и конвейерного штреков (рис.5.43). Ширина пенных завес определяется величиной зоны фильтрации пожарных газов и может колебаться от 10...15 м до создания завесы вдоль всей лавы. Пенные завесы целесообразно создавать подачей ВГП, если нет опасности подтопления забоя глинистой пульпой, выделяющейся при распаде пены.

Вспененная глинистая пульпа и инертная пена готовятся на поверхностном комплексе и подаются подземным способом от групповой скважины по трубопроводам. Инертная пена может подаваться и от передвижного комплекса, В случае одновременной подачи пены с двух точек необходимо иметь два комплекса, установленных на

Рис. 5.43. Технологическая схема 6 локализации эндогенного пожара в отработанном выемочном поле на пластах пологого падения:

1 - перфорированный отрезок трубопровода; 2 - перфорированный трубопровод вдоль очистного забоя; 3 - очаг самонагревания; 4 - механизированный комплекс; 5 - трубопровод; 6 - скважины с поверхности

вентиляционном и откаточном штреках, с доставкой к ним жидкого азота, пенообразователя и подводом воды.

Нагнетание пены в обрушенные породы производится по трубопроводу 5, укладываемому по почве пласта вдоль верхнего и нижнего бортов лавы. На конце трубопровода закрепляем перфорированный отрезок 1. Расстояние между такими отрезками равно 30 м, при установке каждого следующего происходит сокращение трубопровода. Если фильтрация пожарных газов происходит не только на уровне вентиляционного штрека, то производится подача инертной пены (ВГП) по дополнительному трубопроводу 2, проложенному вдоль лавы. Длина этого трубопровода определяется зоной фильтрации пожарных газов.

Дополнительный трубопровод по лаве укладывается перед обрушением кровли или в канаву перед комплексом. Пена подается после перехода комплекса через трубопровод. Нагнетание пены осуществляется из расчета полного заполнения пустот в обрушенных породах в объеме обрабатываемых зон.

Время заполнения, необходимый объем пены и ее компонентов, а также режим подача определяется аналогично схеме 5. Если невозможно быстро подать пену для локализации очага эндогенного пожара подземным способом, то ее подают через скважины 6, пробуренные о поверхности в обрушенные порода на уровне вентиляционного штрека и вдоль лавы. Расстояние между скважинами не должно превышать 30 м. Следующий ряд скважин бурится идентично предыдущему.

Схема 7. Применяется для локализации очага эндогенного пожара (самонагревания), расположенного на ранее отработанном вышележащем горизонте). При отработке выемочного поля столбами по падению

воздухонепроницаемая завеса создается в отработанной части действующего щитового столба путем подачи инертной пены (ВПГ) по скважинам с поверхности, из полевых выработок или из выработок сближенных пластов (рис.5.44). Скважины на всю длину обсаживаются трубами диаметром 80...100 мм. На каждый отработываемый столб бурится по две скважины 1. Подача инертной пены может производиться только в одну скважину, вторая при этом является резервной. При подземном способе обработки инертная пена (ВПГ) подается от поверхностного комплекса по групповой скважине и трубопроводам до скважин 2 на отработываемый столб. Если обработка ведется по скважинам с поверхности, то приготовление пены осуществляется от передвижного комплекса на базе установки АГУ-8К (рис.5.45).

Рис. 5.44. Технологическая схема 7 локализации эндогенного пожара на пластах крутого падения:

1- скважины с поверхности;

2- подземные скважины

Рис. 5.45. Принципиальная схема передвижного поверхностного комплекса по приготовлению инертной вспененной глинистой пульпы:

1 - установка АГУ-8К; 2 - пульповод; 3 - задвижка; 4 - промежуточная емкость; 5 - трубопровод подачи глинистой пульпы; 6 - вентиль; 7 - емкость с пенообразователем; 8 - трубопровод подачи пенообразователя; 9 - насос; 10 - трубопровод подачи пенообразующей смеси; 11 - генератор; 12 - вентиль контроля качества пены; 13 - скважина.

В этом случае к установке 1 необходимо подвести электроэнергию напряжением 380 В и мощностью 100 кВт, Глинистая пульпа (вода) подводятся по пульповоду 2, Вода может доставляться пожарной машиной. Подача пенообразующей жидкости осуществляется насосом 9. Пенообразователь доставляется и хранится в бочках, закрытых шахтных вагонах 7 или установках "Зонд". Газообразный азот вводится в пенообразующую смесь через генератор 11.

Пена подается в объеме, необходимом для родного заполнения пустот в обрушенных породах действующего столба. Требуемый объем пены, ее компонентов и времени разовой обработки рассчитываются по формулам (5.28)-(6.33). При этом L - расстояние от линий забоя до выхода скважины в обрушенные породы, м; l - ширина вынимаемого столба, м. Подача пены ведется до получения заданного объема, но, во избежание нарушения проветривания поля, прекращается после выхода пены в рабочее пространство. Полный расход

компонентов пены на все выемочное поле зависит от его размеров, скорости подвигания очистного забоя и режима подачи. Аналогичным образом ведется локализация при возникновении очага самонагревания в действующем столбе. Режим обработки принимается прерывистый - два раза в неделю и уточняется по результатам газового контроля.

Схема 8. Применяется для локализаций очага пожара, расположенного в ранее отработанном соседнем выемочном столбе. Подача инертной пены или вспененной глинистой пульпы осуществляется как и в схеме 7 по скважинам с поверхности или со сближенных выработок. Обработке подвергаются обрушенные породы соседнего и действующего выемочных столбов. Пена подается из расчета полного заполнения пустот в обрушенных породах. При подаче пены с поверхности целесообразно запутывать одновременно две скважины с вводом на каждой передвижного комплекса на базе установок АГУ-8К. Одна установка не может обеспечить заполнение пустот в обрушенных породах одновременно в действующем и отработанном столбах, а при значительной мощности пласта и в одном столбе из-за распада пены. В этом случае необходимо применять вспененную глинистую пульпу ($C_v = 24$ ч) или добавлять стабилизаторы стойкости.

При подаче пены от поверхностного комплекса целесообразно использовать вспененную глинистую пульпу и чередовать обработку действующего и отработанного столбов. Расчет необходимого количества пены и ее компонентов ведется по формулам (5.28)-(5.33) отдельно для действующего и отработанного столбов. Пульпа подается в каждый столб не менее двух раз в неделю. Обработка ведется до подачи заданного объема или до шкода пены в рабочее пространство действующего столба. Технологическая схема подачи аналогична схеме 7 (см.рис.5.44, 5.45).

Схема 9. Применяется для тушения эндогенного пожара в выработанном пространстве на пластах пологого и наклонного падения. Для тушения попользуется инертная пена или вспененная глинистая пульпа. Газообразной фазой ВГП в этом случае должен быть инертный газ. Скважины бурятся в выработанное пространство с поверхности или из выработок сближенного пласта. Первый ряд скважин (рис.5.46) располагается в 30 м от линии забоя (целика), каждый последующий ряд - в 30 м от предыдущего. Расстояние между скважинами в ряду - 30 м. Подача пены производится до полного заполнения пустот в выработанном пространстве в районе очага пожара. При значительных размерах обрабатываемого пространства невозможно заполнить пустоты одновременно (из-за распада пены), поэтому выработанное пространство разбивается на зоны (пояса). Определяется очередность обработки зон. Ведется постоянный контроль за газовым составом атмосферы выработанного пространства, а обработка инертной пеной (ВГП) повторяется до получения положительного эффекта. Необходимое количество инертной пены (ВГП) и ее компонентов на разовую обработку зоны рассчитывается по формулам (5.28)-(5.33). Кратность пены в этом случае принимается равной 10...30. Это количество распределяется равномерно по скважинам.

Если обработка ведется с поверхности, то пену целесообразно подавать одновременно в две скважины с установкой на каждую отдельного передвижного комплекса. При перебоях в доставке жидкого азота в качестве газообразной фазы может использоваться шахтный воздух из соседней выдающей скважины с малым содержанием кислорода (рис.5.47). Для этого на обсадную трубу выдающей скважины 5 устанавливается фланец с патрубком, который гибким шлангом 4 соединяется с пеногенератором 2. Подача газовой фазы в этом случае осуществляется за счет эжекций пеногенератора.

При подаче пены подземным способом от поверхностного комплекса целесообразно также подключать одновременно две скважины, а для того, чтобы обеспечивать полное заполнение пустот в обрабатываемой зоне, применяя вспененную глинистую пульпу или добавлять в инертную пену стабилизаторы стойкости.

Рис. 5.46. Расположение скважин при тушении пожаров на местах полого и наклонного падения: 1 - скважина; 2 - очаг пожара (условно); 3 - граница пожарного участка по простирацию.

Рис. 5.47. Технологическая схема 9 приготовления

вспененной глинистой пульпы с использованием шахтного воздуха:

1 - установка "Зонд"; 2 - пеногенератор; 3 - пульпопровод; 4 - гибкий шланг; 5 - обсадная труба скважины

Схема 10. Применяется для тушения эндогенных пожаров в выработанном пространстве действующего или отработанного горизонта. Тушение осуществляется вспененной глинистой пульпой или инертной пеной по скважинам с поверхности, с полевых выработок или выработок сближенного пласта от групповой скважины (рис.5.48). Скважины с поверхности 1 обсаживаются трубами диаметром 80... 100 мм на величину наносов горелых пород и перебуриваемых пластов. Скважины из подземных выработок 4 обсаживаются на всю длину. В выработанное пространство они должны выходить на 15...20 м выше основного штрека отработанного горизонта, расположенного выше очага пожара б. Расстояние между соседними скважинами не должно превышать 30 м.

Подача инертной пены (ВГП) осуществляется из расчета полного заполнения пустот в обрушенных породах в районе очага эндогенного пожара по формулам (5.28)-(5.33). Объемная обработка выработанного пространства обусловлена отсутствием точных данных с местонахождении очага эндогенного пожара. На рис.5.48 очаг 5 показал условно.

Целесообразно записывать одновременно 2...3 скважины и при подаче пены с поверхности на каждую из них ставить передвижной комплекс. При обработке по скважинам с выработок сближенного пласта подача пены может вестись от

поверхностного комплекса через групповую скважину 2 или от подземных передвижных. В последнем случае запитка каждой скважины ведется от отдельного комплекса. При значительных объемах выработанного пространства и невозможности одновременного заполнения пустот пеной, необходимо разделить его на зоны и обработку вести в определенной последовательности, начиная со стороны притечек воздуха и из расчета полного заполнения зовы»

Как и в схеме 9 при обработке по скважинам с поверхности можно в качестве газообразной фазы использовать воздух с малым содержанием кислорода из соседней выдающей скважины.

Обработка выработанного пространства инертной пеной (ВГП) повторяется до получения положительного эффекта.

5.6. Изоляционные сооружений из твердеющей пены Перемычки из твердеющей пены представляют собой эластичную и податливую конструкцию, состоящую из ограждающих поверхностей, пространство между которыми заполнено твердеющей пеной.

Рис. 5.43. Технологическая схема 10 тушения эндогенного пожара на пластах крутого падения:

1 - скважина; 2 - групповая скважина; 3 - подземный трубопровод; 4 - подземная скважина; 5 - очаг пожара (условно)

При возведении перемычки на участке выработки длиной 2,0 м удаляются затяжки, выбираются отслоившиеся куски породы (угля). Крепление с места установки перемычки не извлекается. По обе стороны подготовленного участка закрепное пространство на 2,5 м заполняется твердеющей пеной. После этого устанавливаются опалубку из деревянных или металлических щитов, стальной (с ячейками 1х1 мм) или капроновой (№ 9, № 15) сетки. Можно использовать также мешковину (ГОСТ 30096/40).

В зависимости от площади поперечного сечения выработки и состояния боковых пород толщина перемычки принимается 0,6...1,4м. Они рекомендуются как временные перемычки для быстрой изоляции выработок.

Двойная перемычка с заполнением пенопластом (рис.5.49) представляет собой камеру длиной 5 м, ограниченную с торцов двумя бетонитовыми перемычками, пространство между которыми заполнено твердеющей пеной под избыточным давлением.

При возведении перемычек в них устанавливаются трубы для нагнетания в пространство между перемычками воздуха, твердеющей пены, измерения перепада давления, контроля, состояния атмосферы в изолируемом пространстве и дренажа воды аз изолируемого пространства

Конструкция перемычек аналогична конструкции вышеописанных бетонитовых перемычек. Производство вруба целесообразно только при наличии в выработке свода отслоившихся пород. В остальных случаях в местах возведения перемычек удаляются отслоившиеся куски породы и угля.

Заполнение пространства между перемычками производится в такой последовательности. Нагнетая в камеру между перемычками воздух, создают в ней избыточное давление, которое равно максимальной депрессии изолируемого участка. Затем включают пеногенератор и подают в камеру твердеющую пену. По мере заполнения пространства между перемычками пеной регулируют расход подаваемого воздуха, поддерживая таким образом давление на заданном уровне. Подаваемая в пространство между перемычками твердеющая пена потоками фильтрующегося воздуха увлекается в трещины боковых пород и тело перегородок и в течение 1...15 мин отверждается, создавая хорошую герметизацию трещин.

Для определения максимальной Депрессии изолируемого участка, по мере возведения перемычек (рис.5.50), необходимо измерить ве-

Рис. 5.49. Схема двойной перемычки с заполнением твердеющей пеной:

1- опорные перемычки; 2- твердеющая пена; 3- труба для подачи сжатого воздуха ; 4- труба для подачи твердейшей пены; 5- труба для измерения перепада давления; 6- труба для контроля атмосферы в изолированном пространстве; 7- труба для дренажа воды

Рис. 5.50. Расходно-напорная характеристика изолируемого участка

личину депрессии участка при расходе воздуха, составляющего 0,7; 0,5; 0,3 нормального; нанести на миллиметровую бумагу в координатах Q, h значения расхода воздуха (Q) и соответствующие им значения депрессии изолируемого участка h ; соединить полученные точки прямой линией и продолжить ее до пересечения с осью ординат (ось h), на которой отсчитывается значение депрессии участка при его изоляции.

Технологические схемы возведения изолирующих полос из карбамидного пенопласта для сокращения утечек воздуха через выработанное пространство

Схема 1 (рис.5.51). Для предотвращения притока воздуха в выработанное пространство отработываемого столба одновременно с возведением крепи вентиляционной печи (на расстоянии 0,5 м от стенки печи) устанавливается органная крепь. Образовавшаяся со стороны выработанного пространства камера П заполняется твердеющей пеной по мере опускания дата. При опускании актового агрегата на 10...12 м это пространство снизу перекрывается герметичным полком.

Воду из пожарного трубопровода по пожарному рукаву 1 через фильтр 2 и РТ-70 3 подают на инжекторы 4. Один инжектор всасывает из емкости 5 смолу с пенообразователем; другой - кислотный отвердитель из емкости 6. Полученные водные растворы компонентов поступают в струйный пеногенератор 7, куда из трубопровода 8 подают сжатый воздух под давлением 0,3...0,4 МПа. В пеногенераторе растворы кислоты и смолы смешиваются и вспениваются сжатым воздухом. Полученная пена в пожарном рукаве структурируется и поступает на инжектор 10 к месту укладки.

Пеномасса в течение 2...5 мин теряет текучесть, образуя твердеющую пену (пенопласт).

Схема 2 (рис.5.52). Рекомендуется для предотвращения самовозгорания угля в целиках, оставляемых над монтажной камерой. Пена из струйного пеногенератора 7 по пожарному рукаву 9 нагнетается поочередно по скважинам 10 в монтажную камеру 11. Заполнение камеры твердеющей пеной осуществляется непосредственно после монтажа щитового агрегата, то есть до начала выемки угля щитом. Завершив работы по установке щитового агрегата, укладке проволочной сетки, прорезиненной ленты, трехрядного накатника и концевых фартуков, производят подачу твердеющей пены с целью наполнения свободного пространства между целиком угля и накатником.

Рис. 5.51. Технологическая схема 1:

1- пожарный рукав (водопровод) ; 2- фильтр; 3- РТ-70; 4- инжекторы; 5,6 - емкости со смолой, с пенообразователем и кислотой; 7- струйный пеногенератор ; 8- трубопровод сжатого воздуха ; 9- пожарный рукав; 10 - инжектор; 11- изолирующая полоса

Рис. 5.52. Технологическая схема 2:

1-пожарный рукав (водопровод); 2- фильтр; 3- РТ-70; 4- инжекторы; 5-6 - емкости со смолой, с пенообразователем и кислотой; 7- струйный пеногенератор; 8- трубопровод сжатого воздуха; 9- пожарный рукав; 10- скважины; 11- монтажная камера, заполненная твердеющей пеной

В случае необходимости подача пены в выработанное пространство может осуществляться повторно в процессе выемки угля.

Схема 3 (рис.5.53). Для предотвращения прососов воздуха из очистного забоя на вентиляционный штрек, выработанное пространство от подошвы вентиляционного штрека до накатника щитового агрегата, находящегося в монтажной камере, заполняется твердеющей пеной. Пену нагнетают поочередно через перфорированные металлические трубы 8 диаметром 76 мм с отверстием 5...10 мм. Все операции по нагнетанию пены рекомендуется производить до начала выемки угля щитовым агрегатом.

Схема 4 (рис.5.54). Для предотвращения прососов воздуха в выработанное пространство выемочного участка вдоль конвейерного штрека выкладывается чураковая стенка 9, на которую путем набрызгивания наносится слой пенопласта 11. Затем со стороны костров стенка обшивается эластичным материалом 10. Пространство между чураковой стенкой и обшивкой заполняется твердеющей пеной, т.е. возводится изолирующая полоса 8. В конкретных случаях вместо костров может быть органная крепь или бутовая полоса.

Схема 5 (рис.5.55). Наличие целиков, непосредственно примыкающих к выработанному пространству, предопределяет высокую эндогенную пожароопасность угля. Для предотвращения его самовозгорания рекомендуется по мере подвигания очистного забоя заполнять твердеющей пеной вентиляционный и конвейерный штреки, оконтуривающие выработанное пространство. Твердеющей пеной необходимо также заполнять печи между целиками. Для этого изолирующая перемотка 9 возводится в нижней части целика.

Схема 6 (рис.5.56). При системе разработки длинными столбами по восстанию одинарными лавами с поддержанием сзади лавы конвейерного хода для предотвращения прососов воздуха в выработанное пространство параллельно конвейерному ходу возводится изолирующая полоса 1 из твердеющей пены участками по 8...10 м. Для предотвращения вытекания пеномассы в конвейерный ходок устанавливается ограждение, состоящее из деревянных стоек 13, на которых крепится эластичная обшивка 12.

Схема 7 (рис.5.57). Она отличается от схемы 6 лишь тем, что перед укладкой пеномассы в изолирующую полосу последняя ограждается со стороны очистного забоя пеноудерживающей перемычкой, предотвращающей вытекание пены в призабойное пространство. Пеноудерживающая перемычка состоит из деревянного щита 14, покрытого

Рис. 5.53. Технологическая схема 3:

1 - пожарный рукав; 2 - инжекторы; 3- струйный пеногенератор; 4- емкость со смолой и пенообразователем; 5 - емкость с кислотным отвердителем; 6 - трубопровод сжатого воздуха; 7- пожарный рукав; 8 - перфорированные трубы

Рис. 5.54. Технологическая схема 4:

1- трубопровод сжатого воздуха; 2- водопровод; 3- емкости с пенообразователем, смолой и кислотой; 4- фильтр; 5- инжекторы; 6- струйный пеногенератор; 7- пожарный рукав; 8- изолирующая полоса; 9- чураковая стенка; 10- обшивка из эластичного материала; 11- нанесенный слой пенопласта

Рис. 5.55. Технологическая схема 5:

1- водопровод; 2- трубопровод сжатого воздуха ; 3- емкости для смолы с пенообразователем и кислотой; 4 - фильтр; 5- инжекторы ; 6- струйный пеногенератор; 7- пожарный рукав; 8- твердеющая пена ; 9- изолирующая перемычка

Рис. 5.56. Технологическая схема 6:

1- изолирующая полоса из твердеющей пены; 2- инжектор; 3- пожарный рукав; 4- пеногенератор струйный; 5- инжектор кислотный; 6- инжектор для подачи раствора смолы с пенообразователем; 7- фильтр; 6- водопровод; 9- емкость с кислотой; 10- емкость с раствором смолы с пенообразователем; 11- трубопровод сжатого воздуха; 12- эластичное ограждение; 13- стойка деревянная

Рис. 5.57. Технологическая схема 7:

1- инжектор ; 2- пожарный рукав; 3- пеногенератор струйный; 4- изолирующая полоса из твердеющей пены; 5- трубопровод сжатого воздуха ; 6- водопровод; 7- фильтр; 8- инжектор кислотный; 9- инжектор для подачи смолы с пенообразователем; 10- емкость со смолой и пенообразователем;

11- емкость с кислотой; 12- эластичное ограждение; 13- стойка деревянная; 14- деревянный щит ; 15- эластичная ткань

эластичной тканью 15. Деревянный щит с эластичной тканью крепится к стойкам 13.

Схема 8 (рис.5.56). Рекомендуется при наличии в обрабатываемом столбе геологических нарушений или изменений мощности пласта, что обуславливает потерю угля в выработанном пространстве и его высокую эндогенную пожароопасное». Для возведения изолирующих полос в выработанном пространстве со стороны оконтуривающих его подготовительных наработок устанавливается органная крепь 15, на которую навешивается эластичное ограждение. Пространство между возведенным ограничением и бутовой полосой заполняется твердеющей пеной. С целью исключения притока воздуха в выработанное пространство со стороны очистного забоя устанавливается изолирующая надувная стенка 12, Она представляет собой рукав шириной 0,20..0,25 м из эластичного воздухонепроницаемого материала с поперечным сечением, близким к прямоугольному. Крепится он к стойкам крепи. Длина изолирующей стенки принимается больше длины лавы для того, чтобы не нарушалась герметичность выработанного пространства при ее перемещении, по мере подвигания очистного забоя.

Схема 9 (рис.5.59). Для возведения изолирующей стенки со стороны угольного целика в разрезной печи столба, подготавливаемого к выемке щитовым агрегатом, одновременно с возведением крепи в печи на расстоянии 0,6 м от целика устанавливается органная крепь. Образовавшаяся со стороны оставляемого целика камера 12 заполняется твердеющей пеной. Возведение изолирующей

стенки 11 должно быть закончено до начала выемки подготовленного столба. Во избежание переуплотнения и, как следствие нарушения структуры пены, стенка должна возводиться снизу вверх участками не длиннее 40 м. Для предотвращения утечки пеномассы и людское отделение и уменьшения загазованности последнее обшивается пленкой 13.

Схема 10 (рис.5.60). При отходе очистного забоя от разрезной печи происходит разрушение кромки так называемого заднего целика. Для предотвращения самовозгорания угля на расстоянии 1,0..1,20 м от целика устанавливается двухрядная органная крепь из деревянных стоек, между рядами которой навешивается эластичное ограждение. Пространство между целиком и возведенным ограждением заполняется твердеющей пеной. Подача пены производится участками длиной 10...12 м по мере возведения органной крепи.

Рис. 5.53. Технологическая схема 8:

1- вентиляционный штрек; 2- водопровод; 3- трубопровод сжатого воздуха ; 4- фильтр; 5- емкость с кислотой; 6- инжектор кислотный; 7- емкость со смолой и пенообразователем; 8- инжектор для подачи смолы с пенообразователем; 9- пеногенератор струйный; 10- пожарный рукав; 11- инжектор; 12-изолирующая стенка надувная; 13- изолирующая полоса из твердеющей пены; 14- эластичное ограждение; 15- органная крепь

Рис. 5.59. Технологическая схема 9:

1- пожарный рукав (водопровод) ; 2- фильтр ; 3- РТ-70 ; 4- инжекторы; 5,6 - емкости со смолой, с пенообразователем и кислотой, 7- струйный пеногенератор ; 8- трубопровод сжатого воздуха ; 9- пожарный рукав; 10- инжектор ; 11- изолирующая стенка (полоса) ; 12- полость, заполненная пеной; 13- пленка

Рис. 5.60. Технологическая схема 10:

1- инжектор; 2- пожарный рукав; 3- твердеющая пена ; 4- органные деревянные стойки; 5- эластичное ограждение, 6- пеногенератор струйный; 7- инжектор кислотный; 8- инжектор для смолы с пенообразователем; 9- емкость с раствором смолы и пенообразователя; 10- емкость с кислотой ; 11- фильтр ; 12- трубопровод сжатого воздуха; 13 - водопровод

5.7. Меры безопасности

1. Обслуживание оборудования, используемого для борьбы с эндогенными пожарами при помощи инертных и твердеющих пен и вспененных суспензий, должно производиться лицами, обученными по специальной программе, учитывающей специфику работ с криогенной техникой, пенообразователями,

карбамидными смолами и кислотами. Программа обучения утверждается техническим директором объединения.

2. Лица, непосредственно участвующие в запуске жидкого азота, должны работать в спецодежде, защитите очках, перчатках.

3. При работе с пенообразователями, карбамидными смолами и кислотами и их рабочими растворами необходимо обеспечивать защиту кожных покровов и органов зрения. При попадании пенообразователей и их растворов на слизистую оболочку глаз необходимо промыть их физиологическим раствором или чистой водой. Загрязненные пенообразователем кожные покровы обмывают чистой водой.

4. При монтаже к эксплуатации оборудования для подачи пены запрещается курение и применение открытого огня вблизи скважины.

5. Сварочные работы на поверхности в районе скважин выполнять только с разрешения главного инженера шахты не ближе 20 м от них при постоянном замере газа метана.

6. Профилактику эндогенных пожаров инертной пеной, вспененной суспензией или азотом производить согласно разделу профилактики "Проекта подготовки и отработки выемочного поля". Если предусмотренный в проекте способ заменяется на новый, в котором используется пена или вспененная пульпа, то его реализация регламентируется дополнением к проекту. Дополнение утверждается техническим директором производственного объединения и согласовывается с ВНИИГД.

7. Оперативную локализацию эндогенных пожаров в действующих выемочных полях вести соответственно мероприятиям, утвержденным техническим директором объединения и согласованным с ВНИИГД. Если локализация ведется силами ВГСЧ, то мероприятия утверждаются и командиром отряда.

8. В мероприятиях по локализации эндогенных пожаров должны быть отражены:

технологические схемы и параметра подачи пены;

границы зоны, в которую могут попасть вытесняемые газообразные продукты горения;

места установки постов контроля за составом воздуха, периодичность контроля;

места хранения резервных респираторов;

порядок допуска рабочих в пределы опасной зоны;

осуществление постоянного контроля со стороны ИТР шахты за приготовлением и подачей пены.

9. Локализацию эндогенных пожаров в действующих выемочных полях допускается производить при отсутствии угрозы взрыва, подтвержденной результатами газового анализа.

10. Локализацию эндогенных пожаров силами шахты производить при содержании оксида углерода в пределах санитарных норм. В случае повышенного содержания оксида углерода или угрозы превышения санитарной нормы работы осуществляются силами ВГСЧ. Работниками шахты выполняются при этом работы только в выработках со свежей струей.

11. Локализация с прямой подачей газообразного азота в выработанное пространство производится только в нерабочие смены и дни. На пути движения газообразного азота по подземным трубопроводам необходимо контролировать его утечки.

12. Тушение эндогенных пожаров пенами, вспененной глинистой пульпой и азотом производить по специальным проектам, утвержденным техническим директором объединения и согласованным с ВНИИГД.

13. При тушении эндогенных пожаров с неизвестным местонахождением очагов в выработанном пространстве с продувкой их инертным газом допускается использование азота первого и второго сорта (содержание азота не менее 99 %).

14. Азот третьего сорта, содержащий до 3 % кислорода, можно использовать для профилактики эндогенных пожаров и для выноса остаточных пожарных газов после тушения. Локализацию и тушение пожаров с использованием азота третьего сорта следует вести с предварительным связыванием его в пену.

15. Необходимо осуществлять контроль за качеством поступающего на шахту азота. При содержании кислорода более 3 % азот не должен применяться для борьбы с эндогенными пожарами.

16. При подаче инертной пены, вспененной глинистой пульпы и азота в изолированный пожарный участок необходимо учитывать возможное увеличение содержания газов по фронту распространения пены или азота. В местах аэродинамической связи аварийного участка с действующими выработками должен осуществляться контроль за газовой обстановкой экспресс-методом из расчета не реже одного определения в течение часа и с помощью лабораторного анализа - не реже одного раза в смену.

17. Площадка, приготовленная на поверхности у скважины для размещения передвижного комплекса по приготовлению и подаче инертной паны или вспененной глинистой пульпы, должна обеспечивать устойчивое положение цистерн в газификационных установках. Наклон цистерн не должен превышать в продольном направлении 30° , в поперечном - 45° .

18. Устранение течи жидкого азота производится только после сброса давления в цистерне и трубопроводах.

19. При использовании для борьбы с эндогенными пожарами стационарного поверхностного комплекса соблюдаются меры безопасности, предусмотренные инструкцией до его эксплуатации.

Общие положения

1. Общие сведения об эндогенных пожарах

1.1. Краткое описание физико-химических процессов самовозгорания угля

1.2. Характерные места и причины возникновения

эндогенных пожаров

2. Прогноз эндогенной пожароопасности выемочных полей и участков

2.1. Задачи прогноза

2.2. Определение склонности угля к самовозгоранию

2.3. Прогноз эндогенной пожароопасности выемочных полей шахт

2.4. Группирование шахтопластов (выемочных полей, участков) по степени их эндогенной пожароопасности

3. Профилактика эндогенных пожаров

3.1. Предупреждение эндогенных пожаров с помощью антипирогенов

9.2. Заиливание выработанных пространств глинистой пульпой

3.3. Способы сокращения утечек воздуха через выработанное пространство

3.4. Изоляция отработанных полей и участков

3.5. Изоляция выработанного пространства от поверхности

4. Обнаружение эндогенных пожаров, контроль

эффективности, локализация и тушения эндогенных пожаров

4.1. Контроль за ранними признакам»: самовозгорания угля

4.2. Определение стадий эндогенного пожара по отношению оксида углерода и водорода

4.3. Определение стадий развития и затухания эндогенных пожаров по соотношению непредельных углеводородов

4.4. Локация очагов эндогенных пожаров (нагреваний) по приповерхностному составу горючих газов

5. Предупреждение, локализация и тушение эндогенных пожаров

с применением пен и азота

5.1. Основные свойства пен. Исходные компоненты

5.2. Применяемое оборудование и устройства

5.3. Расчет параметров денного способа борьбы о эндогенными пожарами

5.4. Технология инертизации выработанного пространства для предупреждения и локализации эндогенного пожара

5.5. Технология предупреждения, локализации и тушения эндогенных пожаров в действующих выемочных полях и участках с помощью инертной пены

5.6. Изоляционные сооружения из твердеющей пены

5.7. Меры безопасности