



Юргинский технологический институт
 Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность
 Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
 Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Обоснование способов локализации взрывов на предприятиях

УДК 614.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г11	Булеков Руслан Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. БЖДЭиФВ	Портола В.А.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭиАСУ	Нестерук Д.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Луговцова Н.Ю.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер каф. БЖДЭиФВ	Романенко В.О.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 280700 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.



Юргинский технологический институт
 Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность
 Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
 Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой БЖДЭиФВ
 _____ С.А. Солодский
 «__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г11	Булекову Руслану Андреевичу

Тема работы:

Обоснование способов локализации взрывов на предприятиях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2016 г. № 26/с

Срок сдачи студентами выполненной работы:	14.06.2016 г.
-------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Нормативные документы, литературные источники, материалы преддипломной практики.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Изучить особенности функционирования водяных, сланцевых и автоматических заслонов. 2 Рассмотреть характеристики угольных пластов. 3 Исследовать опасность образования скоплений горючих газов и взрывов скопления метана. 4 Разработать мероприятия по локализации взрывов на предприятии.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Нестерук Дмитрий Николаевич
Социальная ответственность	Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Романенко Василий Олегович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016 г.
------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. БЖДЭиФВ	Портола В.А.	д.т.н., профессор		10.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г11	Булеков Руслан Андреевич		10.02.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР) содержит 107 с, 16 рис., 7 табл., 63 источника.

Ключевые слова: ВЗРЫВ, УДАРНАЯ ВОЛНА, ФРОНТ ПЛАМЕНИ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВОВ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, МЕТАН, УГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ, ВЗРЫВО-ЛОКАЛИЗУЮЩИЙ ЗАСЛОН.

Объектом выпускной квалификационной работы является ООО «Кокс – Майнинг» Шахта «Бутовская».

Цель выпускной квалификационной работы: провести анализ существующих способов предупреждения и локализации взрывов на шахте .

В результате выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ водяных, сланцевых и автоматических заслонов, была рассмотрена характеристика пластов по метану, опасность образования скоплений горючих газов и взрывов скопления метана.

Abstract

Final qualifying work (WRC) contains 107, 16 fig., 7 tab., 63 sources.

Tags: EXPLOSIONS, SHOCK WAVES, THE FLAME FRONT, EXPLOSION LOCALIZATION, MINING, METHANE, COAL DUST EXPLOSION-LOCALIZED BARRIER.

The object of final qualifying work is LLC «Cox-Mining» Mine «Butovskaya».

The purpose of final qualifying work: an analysis of the existing methods of prevention and localization of explosions at the mine.

As a result of final qualifying work the analysis of water, shale and automatic barriers, characteristic layers of methane, a risk of accumulations of combustible gases and methane concentrations of explosions has been considered.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

СП 2.2.4.548 – 96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

СН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

СП 2.5.1336 – 03 Санитарные правила по проектированию, изготовлению и реконструкции локомотивов и специального подвижного состава железнодорожного транспорта

СП 23–05–95 Естественное и искусственное освещение

СН 3223 – 85 Санитарные нормы уровней шума на рабочих местах

ГОСТ 12.0.002 – 80 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы

ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.012 – 90 Вибрационная безопасность. Общие требования

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

взвешиваемость (инертной пыли) – плотность пылевого облака инертной пыли через определенный промежуток времени после распыления.

Взвешиваемость инертной пыли измеряется в процентах по отношению к эталонной угольной пыли. Плотность пылевого облака инертной пыли в зависимости от взвешиваемости подразделяют следующим образом: удовлетворительная (при взвешиваемости 70 % и более); средняя (при взвешиваемости от 50 до 70 %); неудовлетворительная (при взвешиваемости менее 50 %);

взрыв – процесс выделения энергии за короткий промежуток времени,

связанный с мгновенным физико-химическим изменением состояния вещества, приводящим к возникновению скачка давления или ударно-воздушной волны, сопровождающийся излучением и образованием сжатых газов или паров, способных производить работу;

взрыволокализирующий заслон – средство локализации взрывов, предназначенное для локализации (предотвращения распространения) взрывов пылегазовоздушных смесей в горных выработках угольных шахт;

взрывоподавление – принудительное предотвращение распространения пламени и высокотемпературных продуктов горения. Взрывоподавление обеспечивается автоматическими системами;

водяная завеса – водовоздушная среда длительного действия, создаваемая с помощью форсунок для обеспыливания вентиляционной струи и снижения пылеотложения в вентиляционных штреках;

вспышка – кратковременное и интенсивное сгорание ограниченных объемов горючих рудничных газов и угольной пыли, не сопровождающееся образованием ударно-воздушной волны и разрушением горных выработок;

гидропылевзрывозащита – мероприятия по предотвращению возникновения взрывчатых пылегазовоздушных смесей в атмосфере угольных шахт с применением воды или воды со связующими составами.

Для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей применяют водяные или автоматические взрыволокализирующие заслоны;

инерционность срабатывания (взрыволокализирующего заслона) – время с момента получения исполняющего импульса на срабатывающее (пусковое) устройство заслона до момента начала выброса огнетушащего вещества в атмосферу горной выработки;

комбинированная пылевзрывозащита - мероприятия по предотвращению возникновения взрывчатых пылегазовоздушных смесей в атмосфере угольных шахт с применением инертной пыли и воды или воды со связующими составами и уборки пыли (смывка пыли, пылеулавливание). Для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей применяют сланцевые, водяные или автоматические взрыволокализирующие заслоны;

локализация взрыва – предотвращение распространения пламени и высокотемпературных продуктов горения посредством специальных технических устройств;

локализация взрывов пылегазовоздушных смесей в угольной шахте – предотвращение возможности дальнейшего распространения по горным выработкам фронта пламени, образованного в результате взрыва пылегазовоздушной смеси;

облако – дисперсия в атмосфере какого-либо вещества в любом из возможных фазовых состояний. Выделяют твердые, жидкие и (или) газообразные фазовые состояния дисперсии;

огнетушащий порошок – вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для предотвращения горения, вспышек и распространения по горным выработкам фронта пламени, образованного в результате взрыва пылеметановоздушной смеси;

пассивный взрыволокализирующий заслон – средство локализации взрыва, представляющее собой сланцевый или водяной заслон, в виде полок или емкостей с запасом огнетушащего вещества (инертной пыли или воды), который переводится во взвешенное состояние энергией ударно-воздушной волны, образованной в результате взрыва пылегазовоздушной смеси;

пассивный способ локализации взрыва – способ, при котором облако огнетушащего вещества на пути распространения фронта пламени взрыва пылегазовоздушной смеси создается за счет внешней (по отношению к взрыволокализирующему заслону) энергии (например, за счет энергии ударно-воздушной волны);

пламя – зона горения в газовой фазе с видимым излучением;

пылевзрывозащита шахты – комплекс мероприятий, направленный на предотвращение возникновения взрывчатых пылевоздушных смесей в атмосфере угольных шахт и локализацию взрывов пылегазовоздушных смесей.

Различают сланцевую пылевзрывозащиту, гидропылевзрывозащиту и комбинированную пылевзрывозащиту;

пылегазовоздушная смесь – распределение угольной пыли в воздухе в

концентрации, способной взрываться, и взрывоопасная концентрация горючего газа (метана) в воздухе;

сланцевая пылевзрывозащита – мероприятия по предотвращению возникновения взрывчатых пылегазовоздушных смесей в атмосфере угольных шахт с применением инертной пыли. Для локализации взрывов пылегазовоздушных смесей применяют сланцевые или автоматические взрыволокализирующие заслоны;

скорость распространения ударно-воздушной волны – расстояние, пройденное фронтом ударно-воздушной волны в единицу времени; скорость распространения фронта пламени – расстояние, пройденное фронтом пламени в единицу времени;

способ локализации взрывов пылегазовоздушных смесей в угольной шахте – действие или совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели. Различают пассивный и автоматический способы локализации взрывов;

средство локализации взрывов – техническое устройство, предназначенное для локализации в ограниченном пространстве и предотвращения дальнейшего распространения взрыва пылегазовоздушной смеси, срабатывающее от ударно-воздушной волны или излучения фронта пламени, внезапно возникшего взрыва пылегазовоздушной смеси с быстроедействием, достаточным для формирования облака огнетушащего вещества до прихода фронта пламени;

средства предупреждения взрыва – технические устройства, предназначенные для инертизации шахтной атмосферы и отложившейся угольной пыли с целью предотвращения возникновения взрывчатых пылевоздушных смесей в атмосфере угольных шахт и для устранения источников воспламенения;

ударно-воздушная волна – однократный скачок уплотнения, распространяющийся по горной выработке со сверхзвуковой скоростью;

фронт пламени – движущаяся по горной выработке зона химической реакции и нагретых газов;

фронт ударно-воздушной волны – движущаяся по горной выработке

зона мгновенного изменения (увеличения) давления, плотности и температуры среды.

В данной ВКР применены следующие обозначения и сокращения:

ВМП – вентилятор местного проветривания

ВПВ – верхний предел взрываемости

ВШ – вентиляционный штрек

ИТР – инженерно-технические работники

КШ – конвейерный штрек

МВС – метановоздушная смесь

МОТ – Международной организации труда

НПВ – нижний предел взрываемости

ОВК – оптимальная взрывчатая концентрация

ПБ – правила безопасности

ПЛА – план ликвидации аварии

РУ – рельсовый уклон

УВВ – Ударная воздушная волна

УЛВ – устройство локализации взрыва

ФП – фронт пламени

Оглавление

	С.
Введение	13
1 Обзор литературы	16
1.1 Поражающие факторы от взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах и оценка степени их опасности	16
1.1.1 Изменения в составе шахтной атмосферы	20
1.2 Метан угольных пластов	22
1.3 Аварии на российских и зарубежных шахтах	23
2 Объект и методы исследования	29
2.1 Общая характеристика ООО «Кокс-Майнинг»Шахта Бутовская	29
2.2 Методы исследования	30
3 Расчеты и аналитика	31
3.1 Взаимодействие пламени с ударной волной при взрыве угольной пыли	32
3.2 Влияние летучих веществ	38
3.3 Влияние негорючих веществ и влаги	40
4 Результаты проведенного исследования	42
4.1 Средства предупреждения взрывов метана	42
4.1.1 Система предупреждения взрывов «СТАРТ»	42
4.1.2. Автоматическая система «СЛВА»	43
4.2 Средства локализации взрывов метана и(или)угольной пыли	45
4.2.1. Сланцевые заслоны	45
4.2.2 Водяные заслоны	48
4.2.3 Автоматические системы взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М)	50
4.3 Неприменяемые типы заслонов: рассредоточенные, вспомогательные, заслоны с неполной нагрузкой	54

4.4	Анализ эффективности средств локализации взрывов в угольных шахтах	55
4.4.1	Авария, произошедшая 19.03.2007 в филиале «Шахта «Ульяновская»	56
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	60
5. 1.	Расчет эколого-экономических затрат на установку СЦВ-7	63
5. 2.	Расчет дополнительных затрат	66
6	Социальная ответственность	69
6.1	Анализ выявленных основных вредных факторов, влияющих на деятельность шахтера	69
6.1.1	Воздух и климатические условия	69
6.1.2	Запылённость воздуха, как причина профзаболеваний.	
	Меры борьбы с пылью	70
6.1.3	Защита от производственного шума и вибрации	72
6.1.4	Освещение	73
6.2.	Анализ выявленных опасных производственных факторов	74
6.2.1	Виды аварий в шахтах	74
6.2.2	Особенности взрыва пылегазовых смесей в шахте	75
6.2.3	Газовый и пылевой режимы	77
6.2.4	Методы и средства контроля пылегазового режима	81
6.2.5	Внезапные выбросы угля и газа	85
6.2. 6	Рудничные пожары	87
6.2.7	Горные удары	89
6.3	Охрана окружающей среды	90
6.3.1	Воздействие на атмосферу	90
6.3.2	Воздействие на гидросферу	91
6.3.3	Воздействие на литосферу	91
6.4	Защита в чрезвычайных ситуациях	92

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
Заключение	98
Список используемых источников	101
CD-R диск	

Введение

В настоящее время борьба со взрывами метана и угольной пыли – одна из актуальнейших проблем обеспечения безопасных условий труда горнорабочих в шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли. При неудовлетворительном состоянии средств пылевзрывозащиты даже локальные взрывы метана или взвешенной угольной пыли, возникшие в каком-либо месте горных выработок, способны распространиться на значительное расстояние.

В последние годы в результате интенсификации угледобычи за счет технического перевооружения угольной промышленности и внедрения высокопроизводительных горных машин при всех усложняющихся горно-геологических и горнотехнических условиях резко увеличились пылеобразование и газообильность шахт, что привело к повышенной опасности взрывов.

Ведение проходческих и очистных работ в опасных по выделениям метана и образованиям витающих и отлагающихся на поверхностях тонкодисперсных угольных пылей может привести к воспламенению метановоздушных смесей и взрывам газа и угольной пыли. Особенностью взрывов является неограниченное самораспространение реакции взрывчатого превращения. Все случаи горения в угольных шахтах, начиная от медленных процессов (низкотемпературное окисление и нагревание угля в разрушенных трещинами под воздействием горного давления угольных целиках и в скоплениях угля в выработанном пространстве и т.п.) и кончая быстропротекающими процессами взрывного или детонационного горения метана, обусловлены экзотермическими реакциями окисления органических веществ кислородом воздуха. То есть газовая среда, способная к горению или к распространению взрывного процесса, состоит из горючего компонента и окислителя, которые в процессе горения или взрыва тесно взаимодействуют друг с другом.

Детонационная волна при взрывах – это перманентно подпитываемая

энергией взрыва незатухающая ударная волна, которая представляет собой распространяющуюся поверхность детонации, на которой происходит резкий, скачкообразный рост давления, сопровождающийся сжатием, нагревом и изменением скорости движения потока. Таким образом, ударная волна является зоной сжатия, распространяющаяся по среде со скоростью, превышающей скорость звука.

В зависимости от наличия взрывчатой смеси выделяют три вида взрывов (не принимая во внимание выгорание и вспышку метана без последствий и травмирования людей): взрыв метана, взрыв угольной пыли, взрыв метана и угольной пыли. В плане ликвидации аварий на газовой шахте, отрабатывающей пласты, пыль которых опасна по взрывчатости, в ПЛА обычно включают одну позицию «Взрыв метана и угольной пыли», но для каждой выработки (группы выработок) и технологического комплекса по приему угля на поверхности. С целью сокращения числа позиций в ПЛА «Взрыв метана и угольной пыли» объединяют с мероприятиями для «Пожара» в одну позицию. На негазовых шахтах совместно расписывают меры для «Взрыва пыли» и «Пожара». Исходя из мощности источника и количества взорвавшегося метана и угольной пыли, взрывы условно разделяют на три категории:

а) слабые взрывы, которые происходят при незначительном местном скоплении метана. В этом случае срываются вентиляционные трубы, выбивается только что поставленная крепь (без разрушения целостности ее элементов). Работающие в выработке люди получают ожоги средней или легкой тяжести и отравление, но остаются живыми. При ведении горных работ и нарушении проветривания бывают выгорание метана, вспышки-хлопки без явных видимых разрушений. При загорании метана, особенно после производства взрывных работ, положение часто усугубляется в результате неправильных действий рабочих и ИТР, которые, обнаружив загорание, отключают электроэнергию и останавливают ВМП;

б) взрывы средней величины, которые обычно возникают при наличии в выработках значительных объемов метана в куполах и слоевых скоплениях. Такой взрыв, например, происшедший в забое проводимой выработки,

распространяется на всю выработку, разрушает сланцевые заслоны, крепление, находящиеся в забое люди погибают или получают тяжелые ожоги и отравления;

в) взрывы большой разрушительной силы с катастрофическими последствиями, которые происходят в основном по схеме, аналогичной протеканию взрывов средней величины, с разницей в том, что начальный взрыв метана в данном случае поднимает в воздух большое количество угольной пыли, находящейся на почве, бортах выработок, в пустотах закрепленного пространства, и взрывает ее. По мере распространения взрыва – ударной волны по выработке она поднимает все новые порции пыли, и взрыв иногда распространяется на 5 - 7 км. Взрывы большой силы и с тяжелыми последствиями также происходят в результате выдувания-вытеснения первичным взрывом больших объемов метана из необрушившегося выработанного пространства лавы (купола обрушения), особенно при труднообрушаемых породах кровли. В рассматриваемом случае первоначальный взрыв метана (возможно, даже вспышка) является своеобразным электродетонатором для находящейся в выработке угольной пыли.

1 Обзор литературы

1.1 Поражающие факторы от взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах и оценка степени их опасности

Поражающие факторы взрыва – факторы, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели людей, занятых на подземных работах, а также к внезапному нарушению нормального состояния горных выработок, изменению состава рудничной атмосферы, повреждению оборудования, механизмов, различных устройств и сооружений при наличии избыточного давления или разрежения, а также высокой температуре; зона поражения при взрывах (вспышках) газа и пыли в угольных шахтах – это совокупность горных выработок, на которые воздействовал хотя бы один поражающий фактор взрыва.

К поражающим факторам относятся фронт пламени, ударная волна и изменения состава шахтной атмосферы [1].

Фронт пламени представляет собой движущиеся по выработке зону химической реакции и нагретые газы. Скорость распространения фронта пламени может изменяться в широких пределах, начиная от скорости нормального горения, составляющей от 1 до 2,5 м/с, до максимальной экспериментально установленной скорости распространения детонационного взрыва, составляющей 2500 м/с.

Фронт пламени может двигаться по выработке наподобие поршня, по мере движения собирая (за счет вовлечения в совместное с ним движение новых количеств смеси) все большее количество воздуха и горючих компонентов. Протяженность такого поршня может быть различной — от десятых долей метра для наиболее медленного распространения фронта пламени до нескольких десятков для детонационных взрывов.

При прохождении фронта пламени:

- люди получают термические ожоги; в результате высокой скорости движения фронта пламени одежда с человека может быть сорвана, что увеличивает поверхность ожогов, вследствие чего возникают обширные и глубокие термические ожоги, причем не только кожи, но и слизистых

оболочек органов дыхания и даже органов пищеварения (пищевода и желудка);

- повреждаются электрическое оборудование и, в особенности, кабели (в частности, разрушается изоляция токоведущих жил), при этом возможно образование вторичных источников воспламенения, представляющее особую опасность;

- в шахтах могут возникнуть пожары, тушение которых осложняется необходимостью подачи большого количества воздуха для разбавления продуктов взрыва и предотвращения вторичных взрывов; практически все наиболее мощные взрывы сопровождались возникновением рудничных пожаров.

Ударная волна представляет собой распространяющийся со сверхзвуковой скоростью скачок давления. Если выделить определенное сечение выработки на пути следования ударной волны, то перед ее прохождением давление равно атмосферному, а с ее приходом оно скачкообразно повышается до максимума и затем снижается, причем в процессе этого снижения оно может оказаться и ниже атмосферного.

При распространении прямой ударной волны избыточные давления на ее фронте могут изменяться от нескольких сот кПа до 2 МПа; при наложении и отражении прямых ударных волн могут создаваться давления до 10 МПа.

Скорость распространения ударной волны не может быть менее скорости звука, составляющей 340 м/с, а для наиболее сильных взрывов (детонационного типа) лишь незначительно превышает скорость распространения фронта пламени или равна ей. По мере ослабления ударная волна превращается в звуковую.

Прохождения прямой, отраженной и косых ударных волн вызывают:

- механические травмы людей, которые в большинстве случаев имеют комбинированный и множественный характер; сочетание механических травм с термическими ожогами затрудняет оказание первой помощи пострадавшим и требует очень осторожного обращения с последними;

- перемещения и повреждения электрического и механического оборудования, в результате чего в выработках, по которым проследовала ударная волна, могут возникать источники вторичного воспламенения;

- разрушения горной крепи, а нередко и сплошные завалы выработок на большом протяжении, вследствие чего нарушаются пути проветривания,

сильно осложняются мероприятия по ликвидации аварии и спасению пострадавших. [2]

В таблице 1 приведены сравнительные данные, полученные в работе [4] по действию избыточных давлений на фронте ударных волн, образующихся при взрывах метана и угольной пыли в шахтах.

Таблица 1 – Сравнительные данные по действию избыточного давления на фронте ударной волны

Избыточное давление, МПа	Действие давления на различные объекты и оснащение горных выработок		Характер действия (степень тяжести механических травм)
	наименование объекта или оснащения	характер действия давления на данные объекты или вид оснащения	
1	2	3	4
0,003-0,01	Крепь и оборудование	Отсутствие заметных механических повреждений	Отсутствие травм
0,011-0,02	Деревянная крепь	Частичное разрушение (наклонение кругов, выбивание отдельных стоек или верхняков), особенно при недостаточном расклинивании	Головокружение, легкие травмы (ушибы)
	Вентиляционные сооружения (перемычки)	Нарушение герметичности (в случае недостаточного их закрепления)	
0,021-0,06	Деревянная крепь Вентиляционные сооружения	Значительные разрушения (полное выбивание кругов на расстоянии нескольких метров). Образование куполов	Травмы средней тяжести при давлении до 0,04МПа: контузии, потеря сознания, вывихи конечностей, переломы
	Вентиляционные трубопроводы	Полное обрушение, иногда с образованием куполов Обрываются с крепи, деформируются с нарушением целостности	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
0,021-0,06	Кабели и электросети	Обрываются с нарушением целостности изоляции	Тяжелые травмы при давлении до 0,06МПа: повреждения внутренних органов, тяжелые сотрясения мозга, вывихи и переломы
	Оборудование массой до 1 т (лебедки, ВМП, пускатели и т. П.)	Смещение с фундаментов, опрокидывание, поломки, деформации рамы	
0,061-0,3	Шахтные вагонетки порожние	Деформация боковых стенок кузова	Крайне тяжелые травмы, вплоть до нарушения целостности организма — при давлениях до 0,15 МПа
	Деревянная крепь	Полное разрушение с образованием сплошных завалов	
	Сборный железобетон	Значительные разрушения с образованием куполов	
	Металлическая крепь и бетонная крепь	Частичное разрушение с образованием трещин, выведением крепи из рабочего положения и деформацией	
	Монолитный железобетон	Незначительные повреждения (трещины) и отслаивания	Значительная вероятность смертельного поражения (примерно 75 %) — при давлениях до 0,3 МПа
	Железнодорожные пути шахтного транспорта	Отрыв рельсов от шпал, деформация рельсов	
	Оборудование массой до 1 т	Нарушение целостности, деформации, перемещения	
	Шахтные вагонетки (груженые)	Сбрасывание с рельсов Общая деформация кузова и рамы	
Оборудование массой более 1 т (комбайны, электровозы)	Опрокидывание, смещения, деформация частей и деталей		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
0,31-0,65	Сборный железобетон и металлическая крепь	Полное разрушение на всем протяжении выработки с образованием сплошного завала	Уже при давлениях 0,4 МПа 100 %-ная вероятность смертельного поражения людей
	Бетонная крепь	Значительные повреждения с образованием куполов	
	Монолитный железобетон	Частичные разрушения с образованием глубоких трещин и нарушением целостности бетона	
	Оборудование и оснащение	Полное разрушение	
0,66-1,7	Бетонная крепь	Полное разрушение с образованием сплошных завалов Значительные разрушения с повреждением арматуры и образованием куполов	
	Монолитный железобетон		
>1,7	Монолитный железобетон	Полное разрушение с образованием сплошных завалов	

1.1.1 Изменения в составе шахтной атмосферы

При взрывах метана и угольной пыли происходят следующие изменения в составе шахтной атмосферы: поглощается кислород при окислительных реакциях; выделяются ядовитые и вредные для здоровья человека газы; образуются взрывчатые газы.

Количественно эти изменения зависят от участвующих во взрыве горючих компонентов (метан, угольная пыль или их смесь), а также от концентрации этих компонентов.

Так как метан представляет собой газ постоянных физических и химических свойств, каждой его концентрации соответствует однозначная концентрация определенного газового продукта его взрыва. [3]

Напротив, физические и химические свойства угольных пылей в зависимости от их дисперсности и состава весьма различны. В связи с этим одной и той же концентрации угольной пыли могут соответствовать различные концентрации конечных газовых продуктов взрыва.

Выделение, ядовитых и вредных для здоровья человека газов зависит от полноты сгорания горючих компонентов. При полном сгорании образуются двуокись углерода (углекислота) и водяные пары.

Известно, что при высоких концентрациях двуокиси углерода (более 5 %) она действует как ядовитый газ, растворяясь в плазме крови, и может вызвать смертельное отравление даже при концентрации кислорода, достаточной для дыхания.

Высокие концентрации водяного пара опасны тем, что благодаря высокой их теплоемкости они несут большой запас тепла. К тому же при конденсации водяных паров на слизистой оболочке органов дыхания выделяется скрытая теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Поэтому вдыхание нагретых водяных паров связано с глубокими ожогами внутренних органов.

Окись углерода представляет собой продукт неполного сгорания, в связи с этим при взрывах метана ее выделение максимально при ВПВ. При взрывах угольной пыли максимальное выделение окиси углерода имеет место при ОВК; напротив, при ВПВ ее выделение уменьшается, так как полнота сгорания увеличивается в результате участия кислорода, адсорбированного на поверхности угольной пыли. Выделение взрывчатых газов происходит только при неполном сгорании, поэтому при взрывах метана и угольной пыли максимальное выделение водорода происходит при ВПВ.

При взрывах угольной пыли в значительных количествах выделяется метан в смеси с его гомологами, образующимися при термической ее деструкции.

В сумме горючие газы (окись углерода, водород, метан и его гомологи) могут загазировать по НПВ 6,3 объема чистого воздуха по отношению к объему распространения фронта пламени. [4]

Сравнительная степень опасности рассматриваемых трех поражающих факторов в первую очередь связана с объемом их распространения: наименьший имеет фронт пламени, который обычно распространяется на десятки и сотни метров и только в исключительно редких случаях на километры; больший имеет ударная волна, которая, как правило, распространяется на километры и нередко выбрасывается на поверхность на расстояние до 2-4 км; еще больший объем распространения имеют продукты взрыва, что обусловливается наличием деятельного проветривания и возникновением после взрыва новых аэродинамических связей.

Однако, необходимо заметить, что локализация взрыва – подавление его в ограниченной области шахтных выработок, значительно минимизирует все поражающие факторы, несмотря на то, что борьба ведется только с фронтом пламени. Это связано с тем, что слабо резвившийся взрыв не производит критического количества вредных продуктов относительно объема шахтного воздуха, а ударная волна от него не вызывает разрушения уже на относительно малом расстоянии от эпицентра, поскольку ликвидирована энергетическая подпитка от новых взрывов невозможных из-за остановки фронта пламени.

Поэтому остановка фронта пламени – основного фактора, вызывающего дальнейшие более мощные взрывы – является первичной задачей взрыволокализирующего заслона.

1.2. Метан угольных пластов

Метан угольных пластов представляет собой форму природного газа, содержащегося в пластах угля. О наличии газа в угольных залежах известно давно. Это один из существенных факторов риска в процессе эксплуатации шахт. Как правило, содержание метана растет с увеличением глубины залегания угля. Именно поэтому риск аварий, связанных со взрывами на шахтах, будет нарастать по мере выработки пластов угля нижнего залегания. Не случайно параллельно с разработкой шахт продолжался постоянный поиск путей дегазации угля до его добычи. На сегодняшний день основным способом остается принудительная вентиляция шахт. Этот способ широко распространен и является обязательным для применения. Некоторые компании улавливают метан на поверхности и затем используют его для своих нужд. Тот способ, о котором речь пойдет дальше, заключается в предварительном

бурении скважин до начала разработки пластов угля. В результате происходит понижение уровня содержания метана, что приводит к значительному сокращению рисков аварий. Однако до начала 1970-х годов, несмотря на многочисленные исследования и эксперименты, этот способ удаления метана считался неэффективным, а потому не получил широкого распространения. Связано это с тем, что сам по себе процесс извлечения метана больше напоминает добычу нефти: необходимо применять насосы для откачки воды из пластов. В результате давление в пластах снижается, что приводит к высвобождению газа из пор угля.

Метан угольных пластов — метан, содержащийся в сорбированном (связанном) состоянии в системе естественных трещин угля. При бурении скважин давление в устье скважины становится ниже, чем давление в пласте за счет чего происходит приток находящейся в трещинах жидкости, а в дальнейшем и метана. Для добычи угольного метана обычно бурятся вертикальные скважины на глубину значительно превышающую залегание водоносных горизонтов. Наиболее популярные методы интенсификации добычи — гидроразрыв пласта, бурение горизонтально-направленных скважин и, в некоторых случаях, кавитация.

Не имеет никакого отношения к дегазации угольных шахт.

Промышленная добыча метана угольных пластов началась в США в начале 1980-х годов. В 2000 году в США было добыто 40 млрд м³ метана угольных пластов, что составляло 7 % суммарной добычи газа в стране.

В результате добычи угля в Китае выбросы метана в атмосферу составляют 6—19 млрд м³ в год. В 1996 году была учреждена Китайская Объединенная Корпорация по метану из угольных пластов (CUCBM). К 2009 году добыча газа выросла до 700 миллионов м³. В 2009 году началось строительство более 3600 буровых скважин для его добычи.

В России принята программа «Метан Кузбасса». Кузбасс может производить около 20 млрд м³ метана ежегодно. Запасы метана в Кузбассе оцениваются в 13 трлн м³[3][4]. Программа «Метан-Кузбасс» реализуется в три этапа: поисково-оценочные и геологоразведочные работы (2008—2009),

опытно-промышленная эксплуатация и наращивание объёмов добычи (с 2010), выход на проектную промышленную добычу. В 2010 году на Талдинской площади пущен первый промысел по добыче газа метана из угольных пластов Кузнецкого бассейна[5].

Проект по добыче в Нарыкско-Осташкинском требует инвестиций в 5,3 млрд руб, 20 скважин добыли 20 млн м³ газа за 4 года.

Общие ресурсы метана в угольных пластах России составляют по различным источникам 100-120 млрд куб. м/год с учетом восточных и северо-восточных бассейнов. Сегодня газообильность выработок составляет около 30-40 куб. м метана на тонну добываемого угля.

На территории России наиболее газоносными являются пласты угля Воркутинского месторождения и Кузнецкого бассейна.

Несмотря на очевидную перспективность, практика использования шахтного метана как энергетического топлива в России находится на уровне 5-10% от общего объема дегазации, хотя ежегодно в странах СНГ дегазационными установками из угольных шахт извлекается и выбрасывается в атмосферу около 3 млрд куб. м метана, в том числе в России - более 1 млрд куб. м.

Ранее в России шахтный метан в незначительных объемах (47 млн куб. м/год) использовался только в Печорском бассейне, хотя ресурсы метана в угольных бассейнах оцениваются в десятки триллионов кубометров.

Многие районы, в которых находятся угольные бассейны, расположены на значительном расстоянии от месторождений природного газа. Поэтому представляет интерес оценка ресурсов шахтного метана в пластах угольных бассейнов России и начало его промышленной добычи.

Наиболее перспективным в отношении добычи и использования метана в промышленных целях является Кузнецкий угольный бассейн.

1. 3 Аварии на российских и зарубежных угольных шахтах

Добыча угля во всех странах мира сопровождалась авариями и катастрофами, в результате которых пострадали миллионы горнорабочих. Перечень только наиболее крупных аварий и катастроф, происшедших в XX-XXI веке на зарубежных шахтах, представлены в таблице 2 свидетельствует о большом количестве человеческих жертв на угольных предприятиях [1].

Таблица 2 – Наиболее крупные катастрофы, происшедшие на Российских и зарубежных угольных шахтах в XX-XXI веках.

Год	Страна	Наименование шахты (фирмы, компании, города, штата, бассейна)	Вид аварии	Число смертельно пострадавших человек
1	2	3	4	5
1900	США	Унтер-Кортерс-Софилд	Взрыв	200
1902	США	Фретервилль, штат Тенесси	Взрыв	201
1906	Франция	Шахта Кюрьер	Взрыв	1230
1906	Япония	Шахта в г. Нагассаки	Взрыв	250
1907	США	Дермайн, г. Питсбург	Взрыв	250
1907	США	Иоленд, г. Питсбург	Взрыв	500
1907	США	Дарр Джекобе Крук	Взрыв	239
1907	США	Шахты компании Фермонт	Взрыв	400
1907	Япония	Тогоока, провинц. Бунго	Взрыв	471
1908	Германия	Радбод, Вестфалия	Взрыв	335
1908	США	Мариани, г. Питсбург	Взрыв	300
1908	США	Ш. Общества св. Павла Черри	Взрыв	260
1909	США	Черри	Пожар	267
1910	Мексика	Паоло	Пожар	200
1910	Англия	Ш. № 3, Халтон	Пожар	344
1911	США	Ш. Никевилле, штат Тенеси	Пожар	202

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
1911	США	Претория	Пожар	341
1912	Япония	Юбари, остров Иессо	Взрыв	283
1913	Англия	Сенгенгенидд	Взрыв	439
1913	Англия	Юниверсал, Кардифф	Взрыв	427
1913	США	Каусон, Нью-Мексико	Взрыв	325
1914	Колумбия	Хильрест, Кельгтон	Взрыв	206
1942	Япония	Хонкейко, Маньчжурия	Взрыв	1527
1946	Германия	Гимберг	Взрыв	404
1958	Индия	Анансоль	Взрыв	218
1962	Германия	Луизенталь	Взрыв	299
1963	Япония	Микава	Взрыв	457
1965	Индия	Бохори	Взрыв	375
1965	Югославия	Добрня	Взрыв	375
1965	Япония	Яmano	Взрыв	331
1969	Мексика	Барратерано	Взрыв	300
1969	США	Консол № 9, Консолидейшн Коул	Взрыв	78
1972	Родезия	Банки	Взрыв	400
1975	Польша	Силезия	Взрыв	34
1975	Индия	Часнала	Взрыв	431
1975	Индия	Дханабад штат Бихар	Взрыв	272
1982	Англия	Кардован	Взрыв	40
1983	ЮАР	Хлобейн	Взрыв	64
1985	Франция	Симон	Взрыв	22
1988	ЮАР	Видпнатерсранд	Взрыв	32
1988	Япония	Минами Юбара	Взрыв	61
1989	Перу	Наска	Взрыв	205
1989	Югославия	Скотка	Взрыв	90
1990	Югославия	Добрня	Взрыв	178
1992	Россия	Им. Шевякова ПО Юкузбассуголь	Взрыв	25

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
1992	Турция	Казлу	Взрыв	201
1993	Россия	ш.Центральная, Челябинскуголь	Взрыв	26
1995	Россия	ш.Первомайская, Северокузбасуголь	Взрыв	45
1997	Россия	ш.Заряновская ПО Южкузбасу-голь	Взрыв	67
1997	Россия	ш.Центральная ПО Воркутауголь	Взрыв	62
1997	Россия	Баренцбург, Шпицберген	Взрыв	23
1997	Турция	Армушкук	Взрыв	217
1998	Китай	Ляонинь	Взрыв	77
1999	Китай	Северо-восточный бассейн	Взрыв	48
1999	Украина	им.А.Ф.Засядько	Взрыв	39
2000	Китай	Мучунгун	Взрыв	118
2000	Украина	им.Н.П.Баранова	Взрыв	80
2007	Украина	им.А.Ф.Засядько	Взрыв	104
2007	Россия	Ульяновская	Взрыв	111
2007	Россия	Юбилейная	Взрыв	39
2008	Казахстан	Абайская	Взрыв	39
2010	Россия	Распадская	Взрыв	93

Примечание: В таблице нет данных по СССР из-за закрытости информации

В мире ежегодно травмируются до 200 тыс. шахтеров в том числе 6-10 тыс. чел. со смертельным исходом. Наибольшее число травм происходит на шахтах Китайской народной республики (КНР), где ежедневно в результате несчастных случаев на угольных шахтах гибнет более 1000 шахтеров, а в 1995 году число погибших в этой стране превысило 10 тыс. 400 горняков. Только в период с 1990 по 2000 г. в КНР произошло 27 мощных взрывов газа и пыли, в результате которых погибло 1908 человек [1].

За последние 30 лет даже на относительно мало аварийных польских шахтах произошло 15 взрывов метановоздушной смеси, при этом пострадало 426 человек, в т. ч. 219-смертельно [1]. В этот период имели место 17 катастрофических взрывов газа и пыли на шахтах Российской Федерации, Югославии, Японии, а также в ФРГ, Турции, Перу, Тайване, Мозамбике и др.

Вместе с тем, в ведущих угледобывающих странах в послевоенные годы и особенно в последние 10 лет число аварий и катастроф с групповым травматизмом и количество единичных смертельных несчастных случаев значительно снизилось. Об этом свидетельствуют материалы Международной организации труда (МОТ), иностранных литературных источников и отдельных специалистов.

Наибольшее число смертельно пострадавших в целом и на 1 млн. тон добычи угля среди ведущих угледобывающих стран приходится на Китай и Украину.

В других же странах, кроме КНР, при значительном росте добычи угля число смертельных случаев снизилось в полтора - два и более раз. Особенно характерен низкий уровень травматизма с тяжкими последствиями на угольных предприятиях Австралии, США и Германии. Резко уменьшился такой травматизм на 1 млн. т добычи в ЮАР, где достаточно сложные горно-геологические условия в угольных шахтах.[6]

2 Объект и методы исследования

2.1 Общая характеристика ООО «Кокс - Майнинг» Шахта «Бутовская»

Шахта «Бутовская» - угледобывающее предприятие в п. Боровой (г. Кемерово, РФ). Закрыта в 1998 году. На момент закрытия входила в ОАО УК «Северокузбассуголь». Новая шахта «Бутовская» пущена в эксплуатацию в 2013 году. Принадлежит ООО «Кокс-Майнинг».

Шахта «Бутовская» сдана в эксплуатацию в 1942 году с проектной мощностью 175 тыс. тонн в год. Названа в честь геолога П. И. Бутова. В 1946 году шахта вышла на проектную мощность — 486 тонн в сутки. За последующие годы на шахте было два коренных преобразования: реконструкция, которая позволила увеличить добычу до 700 тыс. т. (1974 г.); организационно-техническое переустройство, в результате которого в 1988 году шахта достигла миллионной добычи. Так шахта «Северный уклон» (первоначальное название) из маленькой шахты, постепенно преобразилась в одно из лучших предприятий «Северокузбассугля» к концу 80-х годов.

В 1949 году шахта выдала на гора 308 тысяч тонн угля, в 1950-м — 316 тысяч тонн. В 1960-х годов объем добычи составлял почти миллион тонн угля. В 1998 году шахта по всем показателям была лучшей в объединении «Северокузбассуголь».

Шахта ликвидирована методом полного затопления, а все вскрывающие выработки погашены. На момент закрытия шахты балансовые запасы составляли около 1,0 млн т, а промышленные, находящиеся на действующем горизонте –130 м, — 0,1 млн т, то есть отработаны практически полностью.

Угленосные отложения включают 9 рабочих угольных пластов: Проводник, Надартельный II, Артельный, Абрамовский, Лыжинский, Конгломератовый, Кумпановский, Верхний, Двойной-Промежуточный.

Участок открытых работ шахты «Бутовская» стал разрезом «Кедровский».

Первая очередь новой «Бутовской» пущена в мае 2013 года на Чесноковском участке прежней «Бутовской», подготовка которого началась

еще в 1990 году. Строительство шахты велось более 5 лет. Проектная производственная мощность шахты «Бутовская» после пуска в эксплуатацию второй очереди достигнет 1,5 млн т. В 2013 г. планируется добыть порядка 500 тыс. т угля.[1]

Шахтное поле вскрыто тремя наклонными стволами. Добыча угля будет осуществляться современным высокопроизводительным механизированным комплексом. Марка угля КО и К.

2. 2 Методы исследования

Предметом исследования в дипломной работе являются способы локализации взрывов на ООО «Кокс - Майнинг» Шахта «Бутовская».

В результате исследования данной темы применялись следующие методы:

- аналитический обзор литературы;
- изучение имеющейся на предприятии документации по данной теме исследования;
- теоретический анализ имеющейся документации.

На основе изложенных методов были произведены расчеты и анализ взрывов и предложены средства предупреждения и локализации взрывов.

3 Расчеты и аналитика

При разработке различных средств локализации взрывов (сланцевых и водяных заслонов, различных автоматических средств взрывоподавления) одной из основных задач является своевременное создание в зоне очага или на пути распространяющегося по выработке взрыва взрывогасящей среды. Исходя из этого, для определения основных временных параметров средств локализации взрывов, а также установления оптимальных расстояний их от потенциальных очагов, при которых обеспечивается устойчивое гашение пламени, был исследован процесс возникновения и распространения по выработкам взрывов, и, в частности, определены скорости перемещения фронта пламени при различных источниках воспламенения пылегазовых взрывчатых смесей.

В результате проведенных экспериментов установлено, что распространение фронта пламени при взрывах метановоздушной и пылеметановоздушной смесей носит нестационарный, пульсационный характер (рисунок 1. а, б и в). Горение бедной метановоздушной смеси также имеет неустойчивый характер, и в ряде случаев она гаснет в пределах загазированной зоны (рисунок 1. г).

Проведенные опыты показывают, что на участке выработки длиной до 30 м от очага скорость распространения пламени может изменяться от нескольких единиц до нескольких сотен метров в секунду.

Ввиду того, что скорость распространения пламени при взрыве метано-и пылеметановоздушных сред носит пульсационный характер и не подчиняется какой-либо закономерности, в металлической штольне был изучен процесс возникновения и распространения пламени взрыва (горения) во времени.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены уравнения для определения скорости распространения пламени (U , м/с) в зависимости от относительного изменения выхода летучих веществ (V_c^{daf} , %) и относительного изменения концентрации угольной пыли (k):

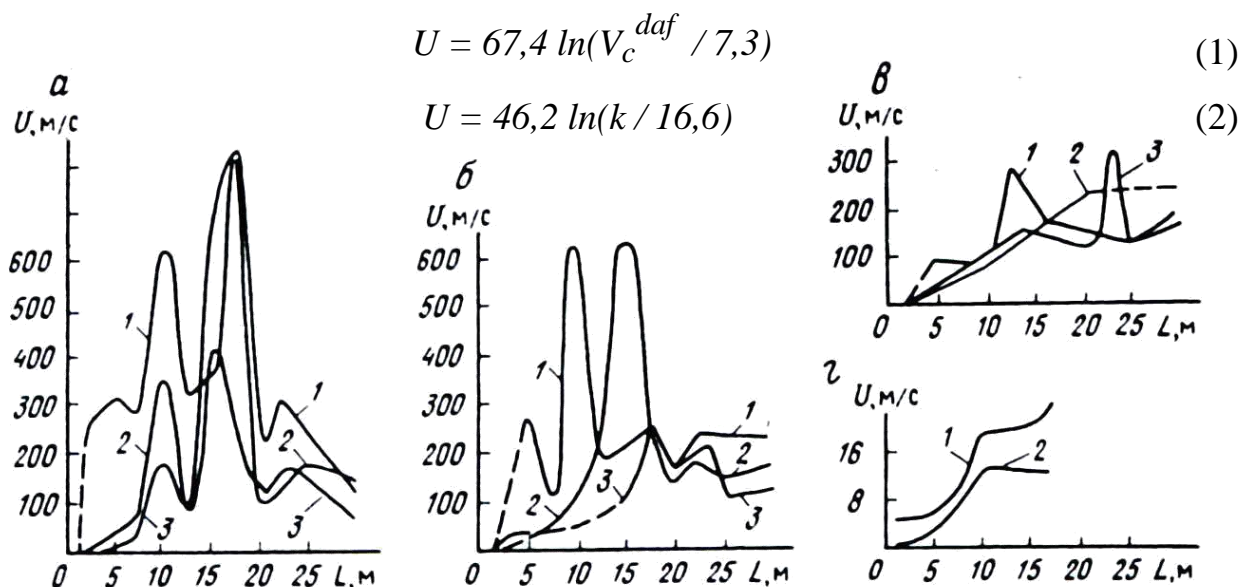


Рисунок 1 - Характер изменения скорости пламени взрыва метана и пылеметано-воздушной смеси при различных инициаторах:

а – 9,5 % по объему CH_4 ; б – 9,5 % по объему CH_4 и взвешенная угольная пыль;
 в – 9,5 % по объему и взвешенная и отложившаяся угольная пыль (инициаторы взрыва: заряд ВВ (1), специальный электродетонатор (2), алюминиево-бариевый зажигатель (3)); г – 16 % по объему CH_4 (1) и 21 % по объему CH_4 (2) (инициатор взрыва – алюминиево-бариевый зажигатель)

Однако, уравнения (1) и (2) справедливы лишь для средних значений скорости распространения пламени на некотором участке выработки, так как они не учитывают влияние теплопроводности и шероховатости стенок, неравномерность концентрации пылевого облака в выработке и др.

На большой протяженности выработки следует ожидать иной характер распространения пламени. Неравномерность концентрации угольной пыли приводит к неравномерному распространению пламени. Его скорость будет то возрастать в зоне оптимальной концентрации угольной пыли, то снижаться до минимальной в зоне концентраций, близких к нижнему пределу ее взрываемости. [7]

3.1. Взаимодействие пламени с ударной волной при взрыве угольной пыли

В практике борьбы со взрывами угольной пыли наибольший интерес представляет взаимосвязь между пламенем и ударной волной при распространении взрыва по выработке.

Вследствие интенсивного горения газообразных продуктов пиролиза угольной пыли и поршневого действия распространяющегося пламени на фронте ударной волны поддерживается определенное давление. Параметры ударной волны и скорость распространения пламени взаимосвязаны. С возрастанием скорости распространения пламени давление на фронте ударной волны увеличивается, а следовательно, растет и ее скорость.

Обработка многочисленных результатов экспериментальных взрывов угольной пыли, произведенных в опытной шахте МакНИИ, а так же некоторых соответствующих экспериментов опытной шахты «Барбара» (Польша) позволили получить эмпирическое уравнение, которое с высокой точностью ($\pm 12\%$) описывает изменение давления на фронте ударной волны в зависимости от скорости распространения пламени

$$P_{\phi} = 10^5 (U - 56,3)/65,3 \quad (3)$$

Решая это уравнение относительно скорости пламени, имеем

$$U = 0,65 \cdot 10^{-3} P_{\phi} + 56,3 \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что при скорости распространения пламени по пылевому облаку около 60 м/с давление на фронте ударной волны менее $0,02 \cdot 10^5$ Па. При меньшем давлении происходит затухание взрыва, так как энергии ударной волны в этом случае недостаточно для перехода угольной пыли во взвешенное состояние.

Взаимосвязь между скоростью распространения ударной волны и давлением выражается уравнением (3). Анализ уравнений (3) и (4) показывает, что при увеличении давления на фронте ударной волны скорость распространения пламени растет быстрее, чем скорость ударной волны, в силу чего при определенном значении P_{ϕ} они могут быть равными, т.е. отношение $U/v_y = 1$.

Подставив вместо U значения из уравнения (4) и обозначив это отношение через M_B , получим

$$M_B = \frac{v_y}{U_0} \sqrt{\frac{P_0 + 0,86 P_\phi}{P_0}} \quad (5)$$

$$= \frac{0,65 \cdot 10^3 P_\phi + 56,3}{U_0} \sqrt{\frac{P_0 + 0,86 P_\phi}{P_0}}$$

Данное уравнение описывает процесс протекающего взрыва, согласно которому при $M_B = 1$ взрыв угольной пыли должен носить детонационный характер. В соответствии с произведенными расчетами давление на фронте ударной волны при этом должно быть $22,5 \cdot 10^5$ Па, скорость распространения детонации – 1500 м/с.

В настоящее время наиболее распространенный и достоверный способ установления взрывоопасности угольной пыли любого пласта – непосредственное испытание ее на взрываемость в лабораторных приборах, штольнях или опытных шахтах. Эффективность способов и средств борьбы со взрывами в шахтах, как правило, определяется также экспериментальным путем.

Экспериментальные взрывы проводят:

- в опытных шахтах и штольнях, в которых можно создать условия наиболее близкие, а в ряде случаев одинаковые с условиями взрыва в шахтах;
- в лабораторных штольнях и с помощью приборов – устанавливают относительные показатели взрываемости угольной пыли, а также относительную эффективность взрывозащитных мероприятий.

Опытные шахты и штольни имеются почти во всех угледобывающих странах. В СССР опыты большого масштаба проводились в металлической штольне и опытной шахте.

Опыты по исследованию взрываемости пыли пластов угля различной стадии метаморфизма ($V_c^{daf} = 9,8 - 30,6$ %) проводились в рабочей выработке опытной шахты, которая запылялась искусственно приготовленной угольной пылью из расчета $0,350 \text{ кг/м}^3$. Инициирование взрывов угольной пыли осуществлялось принятым источником воспламенения.

На рисунке 2 показана зависимость скорости распространения пламени при взрыве пыли различных шахтопластов угля от длины запыленного участка,

причем на первых 40 м выработки характер изменения скорости в рассматриваемых опытах практически одинаков. Анализ результатов проводился по двум зонам: I – на участке выработки длиной 40 м, где заканчивается влияние источника воспламенения, II – остальном участке, где взрыв распространяется только за счет отложившейся угольной пыли. Примечательно, что скорость пламени взрыва как в I, так и во II зонах изменяется пульсационно, что объясняется нестационарностью процесса протекания взрыва аэродисперсных систем. При этом наиболее представительным показателем, характеризующим в общих чертах закономерности; изменения скорости распространения пламени в зависимости от стадии метаморфизма угля, может быть среднее ее значение как в конкретном опыте, так и для шахтопласта в целом. Скорости распространения пламени взрыва пыли различных шахтопластов угля изменяются в довольно широких пределах.

Так, в общем объеме полученных данных скорость распространения пламени взрыва изменяется от 5 до 500 м/с. Наблюдаются также значительные ее колебания в опытах с пылью одного и того же шахтопласта.

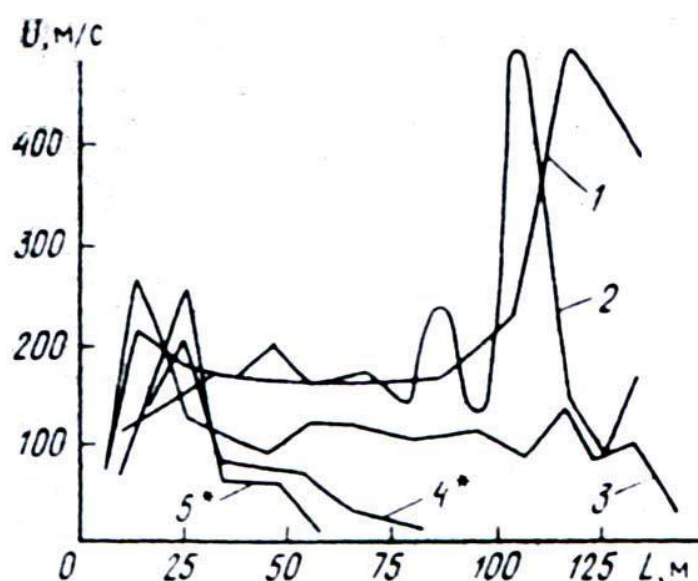


Рисунок 2 - Зависимость скорости распространения пламени U от длины запыленного участка выработки L при взрыве пыли на различных пластах угля:

1 – пл. l₃; $V_c^{daf} = 2$
 3,5 %; 2 – пл. мз, $V_c^{daf} = 30,6$ %; 3 – пл. k₄^{2H}, $V_c^{daf} = 18,1$ %; 4* – пл. мз,
 $V_c^{daf} = 9,8$ %; 5* – пл. h₁₀^B, $V_c^{daf} = 11,3$ %
 (* – взрыв не распространился по запыленному участку выработки)

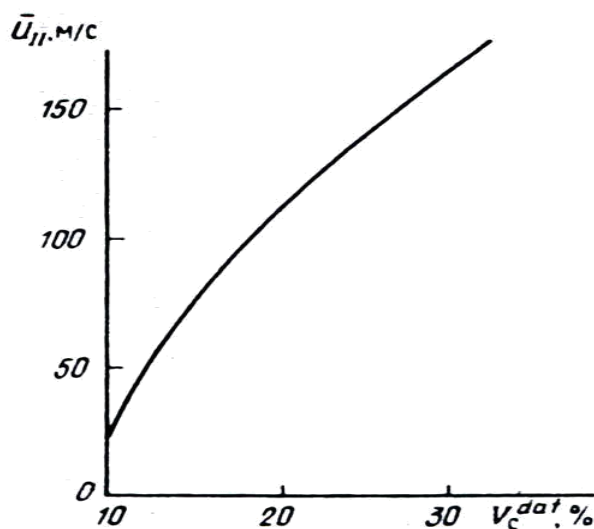


Рисунок 3 - Зависимость средней скорости распространения пламени взрывов угольной пыли от выхода летучих веществ V_c^{daf}

Анализ результатов экспериментов позволил установить, что в зоне действия источника воспламенения средняя скорость распространения пламени взрыва пылегазовоздушной среды в основном не зависит от выхода летучих веществ из пыли, определяется условиями инициирования взрыва и составляет 144 м/с с коэффициентом вариации 13,5 %.

Средние значения скорости распространения пламени взрыва угольной пыли во II зоне, где исключено влияние источника воспламенения, зависит от выхода летучих веществ (рисунок 3). Следует отметить, что значения скорости распространения пламени, измеренные во II зоне, колеблются около среднего ее значения в большей степени, чем в I зоне.

Значительный интерес представляет процесс распространения пламени взрыва угольной пыли на криволинейном участке горной выработки. В некоторых экспериментах при проведении такого участка в опытной шахте пламя взрыва ускоряется. При этом максимальное ускорение наблюдалось в опыте с пылью пласта k₄^{2H} когда на криволинейном участке скорость пламени возросла со 192 до 1650 м/с, т.е. в 8,6 раза.

В других опытах скорость распространения пламени на криволинейном участке составляла 149-1250 м/с. После выхода на прямую часть выработки скорость, как правило, снижалась, но в отдельных опытах с использованием пыли пластов k_4^{2H} и l_3 она все же оставалась достаточно высокой и составляла 400-667 м/с.

Взрыв пылевого аэрозоля в свете современной теории горения можно представить следующим образом: за счет энергии источника воспламенения угольные частицы прогреваются и выделяют продукты пиролиза, которые образуют вокруг них газовую оболочку. При соответствующих температурных условиях и взрывчатой концентрации происходит воспламенение газовой оболочки. Тепловой импульс от горящей частицы за счет излучения и теплопроводности передается к негорящим, которые, воспламеняясь, являются источником воспламенения других. При этом происходит нарастание температуры и создаются условия для развития быстрого лавинообразного процесса горения. Так как одновременно воспламеняется огромное количество угольных частиц, образуется непрерывный фронт пламени, структура которого в системе координат «температура – расстояние» показана на рисунок 4.

Взрываемость угольной пыли определяется физико-химическими свойствами разрабатываемого шахтопласта и горнотехническими условиями, при которых возможно протекание взрыва.

К физико-химическим свойствам относятся: стадия метаморфизма угля, количественно выражаемая выходом летучих веществ, содержание золы и влаги в угле, дисперсность витающей и отложившейся угольной пыли.

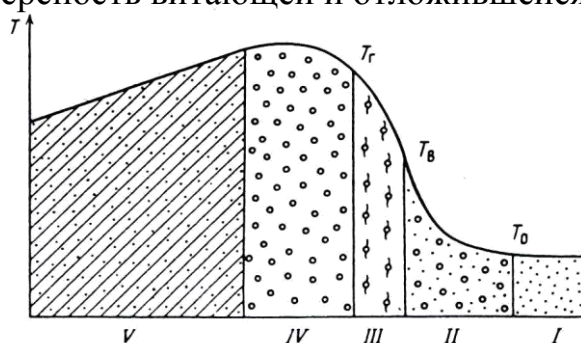


Рисунок 4 - Зоны непрерывного фронта пламени в облаке угольной пыли: T_0 , T_B , T_G – абсолютные температуры, соответственно, начальная, воспламенения и горения; I – исходная пылевоздушная смесь; II – зона подогрева смеси; III – зона кинетического горения; IV – зона горения коксового остатка; V – продукты взрыва

К горнотехническим условиям относятся: концентрация взвешенной и отложившейся угольной пыли в горной выработке, источник воспламенения, содержание метана в атмосфере.

Степень влияния перечисленных факторов на взрываемость угольной пыли различна.

3.2 Влияние летучих веществ

Связь между выходом летучих веществ и взрываемостью угольной пыли установлена давно и в настоящее время ни у кого не вызывает сомнений. Однако на характер этой связи нет единой точки зрения. В особенности это относится к роли отдельных составляющих продуктов пиролиза. Тем не менее общепризнано, что с ростом летучих веществ взрываемость угольной пыли возрастает, и существует предельное значение выхода летучих, при котором пыль перестает взрываться. В качестве таких граничных пределов взрываемости угольной пыли в отдельных странах приняты различные значения выхода летучих веществ.

В действующих в угольных и сланцевых шахтах Правилам безопасности к опасным по взрыву пыли относятся пласты угля с выходом летучих веществ 15 % и более, а также пласты угля (кроме антрацитов) с меньшим выходом летучих, взрываемость пыли которых установлена лабораторными испытаниями.

Это обосновано систематическим анализом данных испытаний пыли на взрываемость, при $V_c^{daf} \leq 6\%$ все испытанные пробы угольной пыли невзрывчатые. При увеличении выхода летучих веществ частота появления невзрывчатых проб снижается, а при $V_c^{daf} = 15\%$ и более все испытанные пробы угольной пыли оказались взрывчатыми.

Значительные отклонения в граничных пределах взрываемости угольной пыли объясняются различием методик определения выхода летучих веществ и взрываемости пыли. Вместе с тем следует отметить, что угольная пыль шахтопластов с выходом летучих веществ 6 % и менее согласно принятым как у нас, так и за рубежом методикам испытаний является невзрывчатой.

Исследования химического состава продуктов термического разложения угля показали, что основными компонентами летучих веществ, обуславливающими взрываемость угольной пыли, являются смолистые вещества и непредельные углеводороды на том основании, что смолы

начинают выделяться при более низких температурах, а непредельные углеводороды имеют низкий концентрационный предел взрываемости. Влияние остальных компонентов летучих веществ имеет второстепенное значение. Однако какая-либо количественная зависимость взрываемости пыли от выхода этих компонентов не установлена и не дано объяснение факту взрываемости угольной пыли с выходом летучих веществ менее 10 %, которые практически не содержат смолистых веществ.

Исходя из представлений о структуре угольного вещества, при термическом воздействии на пылеугольные частицы в первую очередь открываются наиболее удаленные от центрального ядра цепи боковых групп молекул. При этом из продуктов термического пиролиза, синтеза и остатков боковых групп

образуются газообразные, жидкие и твердые вещества. Газообразные продукты представляют собой смесь газов, состоящую из CO_2 ; CO ; H_2 ; CH_4 ; C_2H_6 и др. Учитывая то, что процесс взрыва угольной пыли протекает быстро, за время подготовки к нему частицы пылевого облака прогреваются до температуры значительно меньшей, чем температура источника воспламенения (фронта пламени). Пиролиз пыли происходит в низкотемпературном режиме, а газообразные продукты характеризуются высоким содержанием метана, его гомологов и непредельных углеводородов. Последнее дает возможность считать, что основной компонент газообразных продуктов пиролиза, определяющий взрываемость угольной пыли, – метан.

Для углей с выходом летучих веществ до 30 % прослеживается строгая закономерность между содержанием метана в продуктах пиролиза и степенью взрываемости пыли, что используется для соответствующей классификации угольных пластов.

Поскольку процесс горения при взрыве аэрозвеси происходит в потоке, то при столкновении пылинок их жидкие пленки могут сливаться, при остывании образуя сплошную массу, заполненную газообразными и твердыми продуктами пиролиза. Такие образования называются «коксыком» и служат одним из признаков, по которому судят об участии угольной пыли во взрыве при расследовании аварий в шахтах. Образование «коксыков» присуще только пыли спекающихся углей (Г, Ж, К, ОС). При взрыве пыли неспекающихся углей (Б, Д, Т) «коксыков» не образуется и ее участие во взрыве можно установить только по убыли летучих веществ.

3.3 Влияние негорючих веществ и влаги

Минеральные негорючие вещества являются составляющими углей и по своему происхождению могут быть разделены на две группы, одна из которых представляет золу внутреннюю, или конституционную, и вторая – внешнюю. Конституционная зола характеризуется тем, что негорючие вещества химически связаны с угольным веществом, равномерно распределены в угле, а следовательно, и в пыли. Ее содержание невелико и обычно не превышает 2 %. Содержание внешней золы в основном определяется технологией добычи угля.

Зола как инертная добавка снижает взрываемость угольной пыли из-за экранирующего действия и затрат тепла на ее нагрев, тем самым уменьшая тепловой баланс системы. Кроме того, негорючие твердые вещества в смеси с угольной-пылью, находясь в состоянии аэрозоля, разжижают концентрацию взрывчатых частиц и на стадии термического пиролиза способствуют обрыву реакционных цепей по принципу «стенки».

Указанные свойства негорючих веществ обусловили применение инертной, пыли для предупреждения и локализации взрывов угольной пыли.

На взрываемость угольной пыли оказывает влияние и вещественный состав негорючих компонентов. Например, если они представлены карбонатами, то при нагревании до 1073К и более из них выделяется значительное количество (12-15 % об.) углекислого газа, примесь которого в продуктах пиролиза повышает концентрационный предел взрываемости горючих газов.

Влияние содержания негорючих веществ на взрываемость пыли пластов различной стадии метаморфизма сказывается неодинаково. Для угольной пыли с выходом летучих веществ менее 15 % влияние содержания негорючих компонентов сказывается значительнее, чем это имеет место при большем выходе летучих веществ. Исследованиями установлено, что взрываемость угольной пыли с выходом летучих веществ менее 15 % существенно снижается при содержании золы 20-30 %. В ряде случаев такого содержания золы бывает достаточно, чтобы полностью нейтрализовать взрываемость пыли. С увеличением выхода летучих веществ более 15 % степень влияния естественной зольности уменьшается. При выходе летучих веществ более 30 % естественная зольность не оказывает влияния на взрываемость угольной пыли.

Присутствующая в угле влага проявляет себя двояко. С одной стороны, она действует как инертная добавка, с другой – как фактор, способствующий аутогезии мелких частиц, ведущей к уменьшению удельной поверхности пыли и, следовательно, к снижению ее взрываемости. В силу большой удельной теплоемкости и теплоты испарения она при равной массе поглощает в 4,5-5 раз больше тепла, чем инертная пыль. Содержание естественной влаги в угле незначительно и не оказывает заметного влияния на взрываемость угольной пыли. Но если отложившаяся пыль увлажнена до 12 % и более, то она не способна переходить во взвешенное состояние и создавать взрывоопасные концентрации.[8]

4

4 Результаты проведенного исследования

4.1 Средства предупреждения взрывов метана

4.1.1 Система предупреждения взрывов «СТАРТ»

Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-производственным предприятием «Шахтпожсервис» (ООО «НПП «Шахтпожсервис») разработано устройство ВЗЛ(У) «СТАРТ».

Данное оборудование представляет собой автоматическую водяную завесу (АВЗ), укомплектованную дополнительными сетчатыми преградами, призванными уменьшить давление на фронте ударной воздушной волны от возможного взрыва метана или угольной пыли (см.рис.3.1).

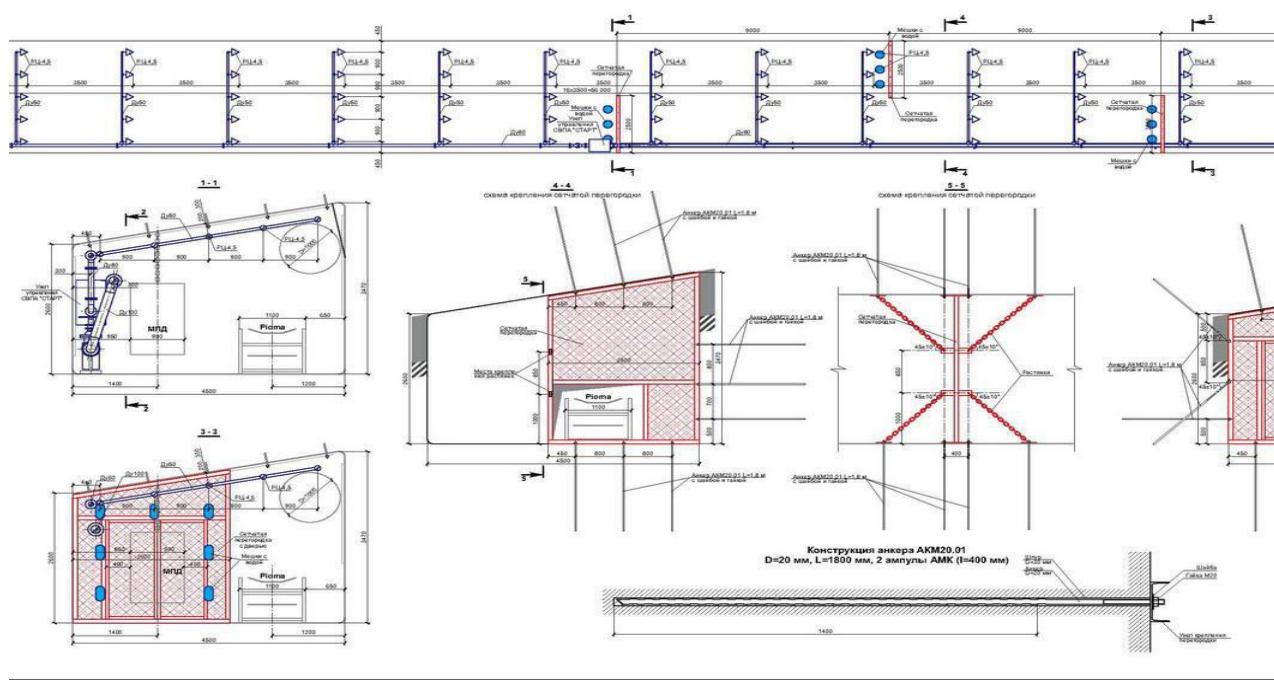


Рисунок 5 - Схема автоматической водяной завесы ВЗЛ(У) «СТАРТ»

Данное устройство ошибочно называют устройством локализации взрывов, т.к. согласно своим конструктивным особенностям оно относится к средствам предупреждения взрыва (см. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах» [9], ГОСТ Р 54777-2011 «Автоматические системы взрывоподавления —

локализации взрывов метанопылевоздушных смесей в угольных шахтах. Общие технические требования. Методы испытаний») [10].

Устройство монтируется в горной выработке, и срабатывает от сигнала датчика по превышения концентрации метана, реагируя на угрозу взрыва. При этом происходит подача воды через форсунки орошения в пространство горной выработки. Реагировать на собственно взрыв устройство не может хотя бы по причине инерционности конструкции. На заполнение водой трубопроводной сети и выхода на рабочий режим потребуется несколько секунд, что при высоких скоростях распространения взрыва неприменимо.

По данным разработчика, устройство сохраняет работоспособность при возникновении взрыва – после прохождения ударной воздушной волны. Данное заявление не подкреплено испытаниями и находится в противоречии с очевидными физическими явлениями. Давление ударной волны при взрыве угольной пыли может достигать 1,7 МПа, при этом конструкция будет разрушена[38]

Дополнительные сетчатые преграды, призванные уменьшить давление на фронте распространяющейся ударной волны, зачастую могут иметь эффект. Однако, снижение давления ударной волны целесообразно только после локализации взрыва, когда тот не имеет подпитки от взрывающихся новых объёмов метана и угольной пыли. Поэтому целесообразно сетчатые перегородки ВЗЛ(У) «СТАРТ» использовать совместно с альтернативными взрыволокализирующими заслонами, а саму систему рекомендовать к испытанию в качестве средства предупреждения взрыва. [39]

Дополнительно следует заметить, что нет сведений об эксплуатации данного устройства в условиях действующей угольной шахты и его реальной эффективности, поэтому можно считать целесообразным продолжать работы над устройством, но в настоящее время не рассматривать его в качестве защитного средства для шахт.

4.1.2. Автоматическая система «СЛВА»

Автоматическая система СЛВА разработана на Украине, однако поставлялась на угольные шахты России. Она предназначена для подавления воспламенения метана для предотвращения взрыва метана и (или) угольной пыли в начальной стадии его развития в горных выработках угольных шахт

путем принудительной подачи огнетушащего порошка в зону очага воспламенения. Системы СЛВА состоят из двух или трёх, в зависимости от сечения выработки, взрывоподавляющих устройств (рисунок 6), датчиков пламени с фотоприемником излучения, блока обработки информации, служащего для преобразования сигнала от датчиков пламени, выдачи импульса тока на электровоспламенители газогенерирующих зарядов взрывоподавляющих устройств, контроля и сигнализации состояния электронной части системы и сетевого источника питания.

Внешний вид системы показан на рисунке 7.

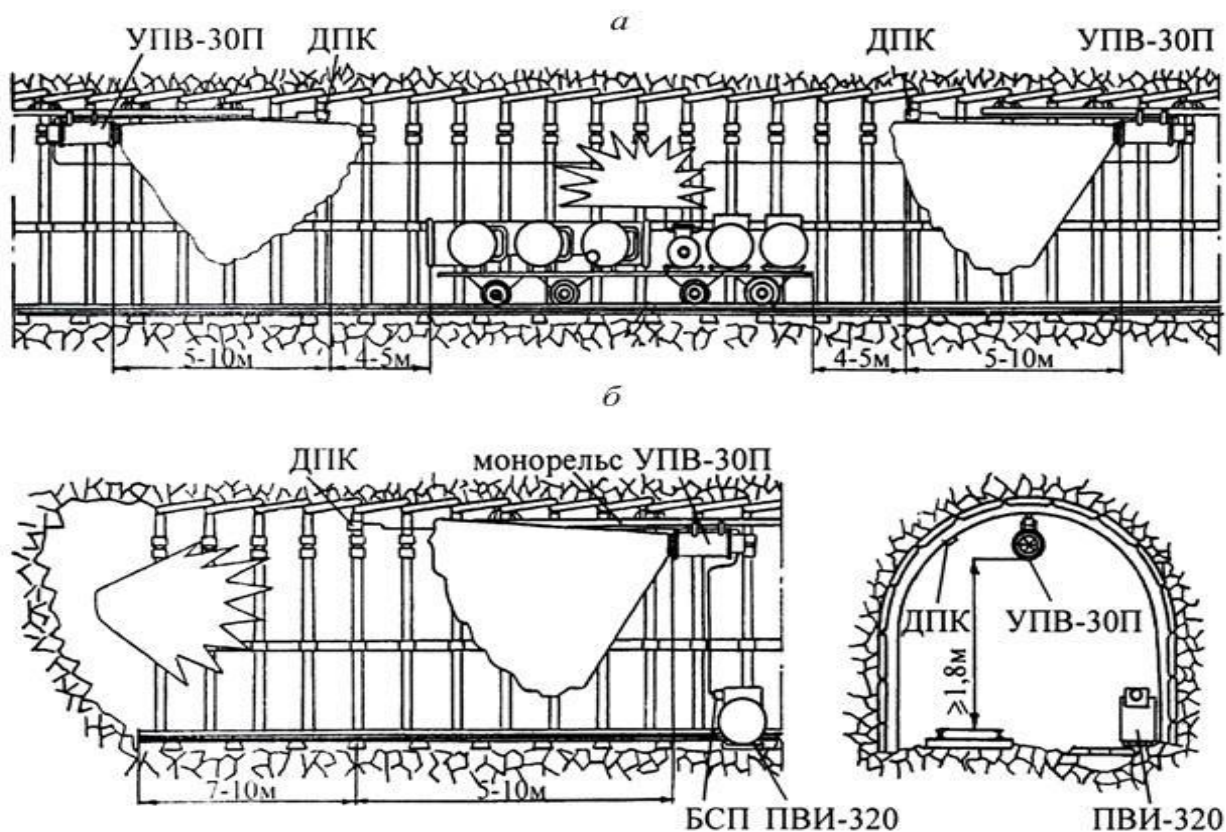


Рисунок 6 - Автоматическая система СЛВА в горной выработке

К недостаткам этой системы можно отнести наличие автономного блока питания, а также то, что при работе в режиме «ожидания» на поверхность стекла датчиков осаждается слой пыли, что снижает надежность действия всей системы. Исследованиями установлено, что угольная и инертная пыль даже при незначительном отложении ее на стекле сильно задерживает ультрафиолетовое излучение. [40]

Также, наличие в системе газогенератора взрывного действия влечет за собой требования по строгому контролю и учету данного узла – в связи с возможностью его использования в преступных целях.



Рисунок 7 - Внешний вид автоматической системы СЛВА

Однако, локализация вспышек метана, еще не перешедших во взрыв, является актуальной задачей. Помимо установки взрыволокализирующих заслонов в сети горных выработок, дополнительное применение систем типа СЛВА может быть эффективным. При этом обязательно должно быть обеспечено постоянное техническое обслуживание и контроль датчиков, а также строгий учет применяемого газогенератора взрывного действия. [41]

4.2 Средства локализации взрывов метана и(или)угольной пыли

4.2.1. Сланцевые заслоны

Сланцевый пассивный заслон начал применяться в конце 19 века, и в настоящее время продолжает находить широкое применение на угольных шахтах.

Сланцевые заслоны (рисунок 8) монтируется длиной не менее 20 м из ряда устанавливаемых под кровлей поперек выработок полок с инертной

пылью. Полки сланцевого заслона выполняются жесткой конструкции или свободнолежащим настилом.

Ширина полок сланцевого заслона жесткой конструкции находится в пределах 250–500 мм, полки сланцевого заслона жесткой конструкции устанавливаются в выработках площадью сечения до 10 м^2 .

Ширина полок сланцевого заслона при свободнолежащем настиле – 600–800 мм, полки со свободнолежащим настилом устанавливаются в выработках сечением более 7 м^2 . [42]

Полки сланцевого заслона устанавливаются на расстоянии:

- от кровли выработки до верхней части полки не менее 200 мм и не более 300 мм;
- между полками не менее их ширины.

В выработках, оборудованных вентиляционным ставом, полки сланцевого заслона устанавливаются не более чем на 100 мм от вентиляционного става.

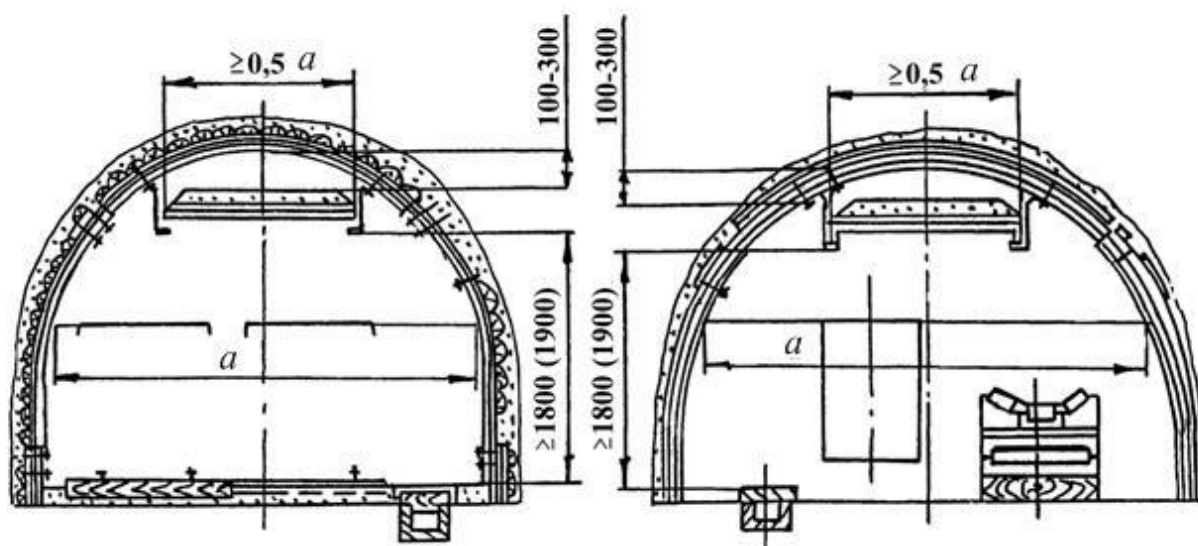


Рисунок 8 - Схема установки сланцевых заслонов

Количество инертной пыли в сланцевых заслонах определяется из расчета 400 кг на 1 м² сечения горной выработки в свету в месте установки заслона, и может достигать нескольких тонн. [43]

При возникновении взрыва, ударная воздушная волна подходит к заслону и разрушает его, формируя облако инертной пыли на пути следующего за ударной волной фронта пламени. Для формирования облака инертной пыли требуется более 200-400 мс - в силу значительной инертности тяжелых конструкций заслона и огромной массы инертной пыли. Это не позволяет подавлять взрывы с большими скоростями распространения фронта пламени – т.к. к моменту прихода фронта пламени огнетушащее облако еще не сформировано. Также сланцевая пыль быстро оседает на почву выработки, не локализуя медленно подходящий фронт пламени от самых слабых балансирующих взрывов. Поэтому сланцевый заслон может показать свою эффективность только на развившемся балансирующем взрыве и при начале слабого взрыва, и принципиально не в состоянии подавить начальные балансирующие, развившиеся слабые или сильные взрывы. [13]

Кроме того, в установленном в шахте сланцевом заслоне должна применяться инертная пыль, отвечающая показателям качества ГОСТ Р 51569-2000 «Пыль инертная. Технические условия». Однако, при нахождении в шахтной атмосфере, открытая к атмосферным воздействиям инертная пыль в сланцевом заслоне проявляет тенденцию к слеживаемости и накоплению влаги. Тяжелая, слежавшаяся и слипшаяся масса инертной пыли в таком заслоне просто уже не удовлетворяет требованиям стандарта, не поднимется в воздух при воздействии на нее ударной волны от взрыва, и заслон либо не сформируется, либо область локализации возможных взрывов уменьшится еще больше.

Для того, чтобы гарантировать качество инертной пыли в сланцевом заслоне, ее состояние необходимо контролировать, согласно ГОСТ Р 51063-97 «Пыль инертная. Методы испытаний», и постоянно заменять на свежую. Однако, шахты зачастую не выполняют, или не полностью выполняют подобные работы в связи с их трудоемкостью, и сланцевые заслоны находятся в неудовлетворительном состоянии. Данная практика приводит к серьезным последствиям. [44]

4.2.2 Водяные заслоны

Водяной заслон начал применяться в 50-х годах 20 века. Он состоит из рядов, монтируемых под кровлей поперек выработки полков с размещенными на них жесткими сосудами или из пленочных сосудов, изготовленных из полимерных материалов (рис.9, 10).

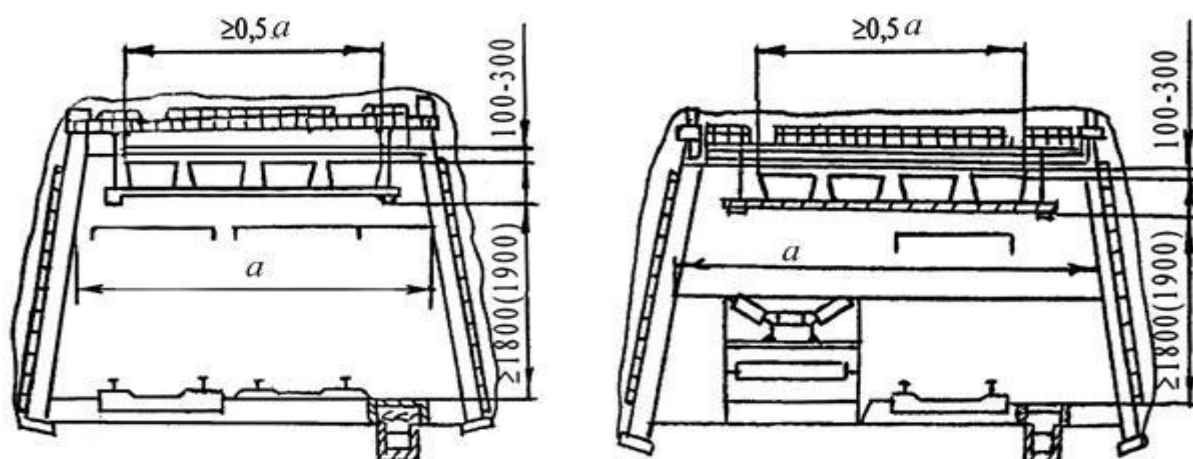


Рисунок 9 - Схема установки водяных заслонов

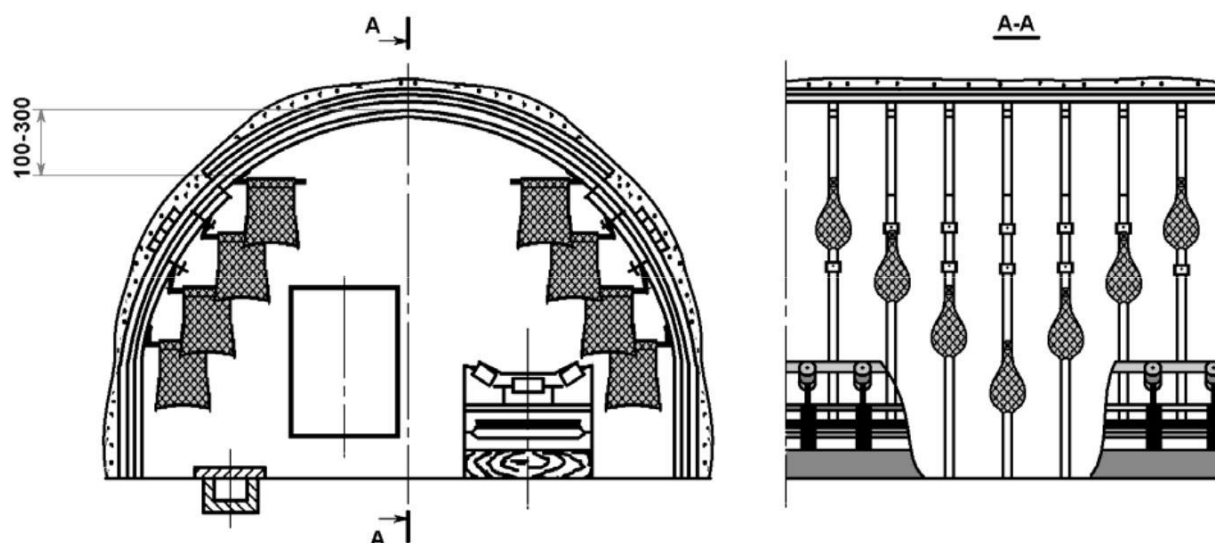


Рисунок 10 - Схема установки водяного заслона из водяных карманов

Полки водяного заслона устанавливаются таким образом, чтобы расстояние от кровли выработки до верха, размещенного на них жесткого сосуда, было не менее 100 мм и не более 300 мм. Полки для размещения сосудов устанавливаются шириной не менее 150 мм. Сосуды и водяные карманы имеют объем не более 80 л.[45]

В сосуды водяного заслона и водяные карманы заливается вода, водные растворы, или другие огнетушащие жидкости. Количество огнетушащей

жидкости в водяных заслонах определяется из расчета 440 л на 1 м² поперечного сечения горной выработки в свету в месте установки заслона.

Сосуды на полках устанавливаются в два и более ряда. Сосуды на соседних полках устанавливаются таким образом, чтобы промежутки между сосудами, установленными на одной полке, были перекрыты сосудами, установленными на соседней полке. При этом сосудами, установленными на каждой полке, должно быть перекрыто не менее 50 % ширины горной выработки.

Водяные карманы под кровлей выработки монтируются на расстоянии 100–300 мм от кровли горной выработки.

Для формирования взвешенного водяного аэрозоля в атмосфере горной выработки требуется не менее 150 мс. Высокая инерционность не позволяет подавлять взрывы с большими скоростями распространения фронта пламени. Также водяная аэрозоль быстро (примерно через 0,25 с) оседает на почву выработки, не локализуя медленно подходящий фронт пламени от балансирующих взрывов. Поэтому водяной заслон может показать свою эффективность только на слабых взрывах, и не в состоянии подавить балансирующие или сильные взрывы.

Кроме того, воду сложно перевести в мелкодисперсную аэрозоль (особенно, при низком давлении на фронте ударной волны) и часто при взрывах она распыляется только на крупные капли, что уменьшает область локализации возможных взрывов. [46]

Испытания, проведенные, в опытных штреках показали, что водяные заслоны с сосудами из различных пластмасс эффективно гасят пламя взрывов угольной пыли, распространяющихся со скоростью 85-285 м/с.

Исследованиями также установлено, что водяные заслоны эффективно гасят взрывы угольной пыли, если сосудами перекрыто не менее 50% ширины выработки. При этом расстояние между кровлей и верхней кромкой сосуда должно быть не менее 100 и не более 600 мм.

Испытания, проведенные в подземной штольне опытной шахты «Барбара» (Польша), водяных карманов (водяных мешков) показали, что они эффективно гасили взрывы при скорости фронта пламени 110÷140 м/с.

4.2.3 Автоматические системы взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М)

Автоматические системы взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М) представляют собой автономное устройство (см.рис.3.7-3.8). Система в горной выработке крепятся к анкерам и (или) к элементам крепи, снаряжается огнетушащим порошком массой 25 кг и имеет емкость со сжатым воздухом высокого давления. Система полностью автономна и не требует подачи внешнего электропитания, не имеет в составе пиротехнического заряда. [47]

АСВП-ЛВ(.1М) компактны, легко крепятся к специально установленным анкерам или к элементам крепи.

На одном участке выработки устанавливается одна или несколько АСВП-ЛВ(.1М). Установленные АСВП-ЛВ(.1М) обеспечивают необходимую концентрацию огнетушащего вещества на участке их установки.

Технические характеристики системы приведены в таблице 3

Таблица 3. – Технические характеристики системы АСВП-ЛВ.1М

Параметр	Значение
Длина создаваемого взрыволокализующего заслона (облака огнетушащего порошка)	не менее 30 м
Минимальная чувствительность срабатывания системы (давление на фронте ударно-воздушной волны)	0,02 МПа
Инерционность срабатывания системы	15-20 мс
Масса огнетушащего порошка	Не менее 25 кг
Объем рабочей полости	3290 см ³
Рабочее давление сжатого воздуха в рабочей полости	9.8-13.8 МПа (100-140 кгс/см ²)
Масса системы	не более 89 кг



Рисунок 11 - Внешний вид автоматической системы взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М)

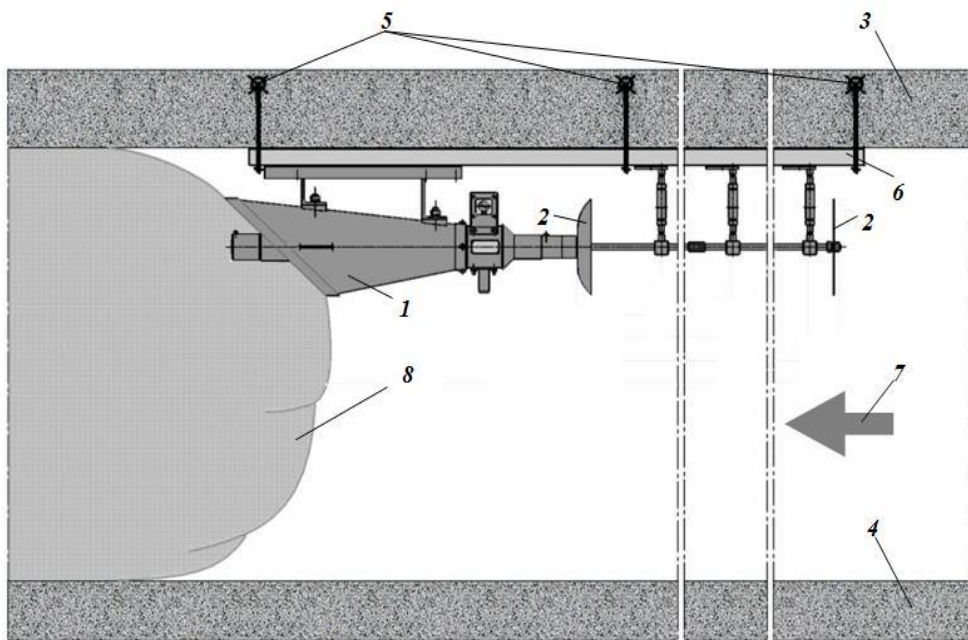


Рисунок 12 - Автоматическая система взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М), смонтированная в горной выработке

1 – АСВП-ЛВ(.1М); 2 – приемные щиты; 3 – кровля выработки; 4 – почва выработки; 5 – анкерная крепь; 6 – крепежная конструкция; 7 – направление распространения фронтов ударно-воздушной волны и пламени, образованных в результате взрыва метановоздушной смеси и (или) угольной пыли; 8 – облако из огнетушащего порошка во взвешенном состоянии

Системы АСВП-ЛВ(.1М) устанавливаются в направлении распространения возможного взрыва, приемными щитами в сторону прихода ударной воздушной волны. При вероятном приходе взрыва с любой стороны выработки, устанавливают две разнонаправленные системы АСВП-ЛВ(.1М).

В случае, если взрыв пришел с противоположной от направления установки системы стороны, она, согласно своим конструктивным особенностям, может сработать и сформировать облако огнетушащего порошка на пути подходящего фронта пламени, локализуя взрыв, однако такой режим работы будет нештатным.

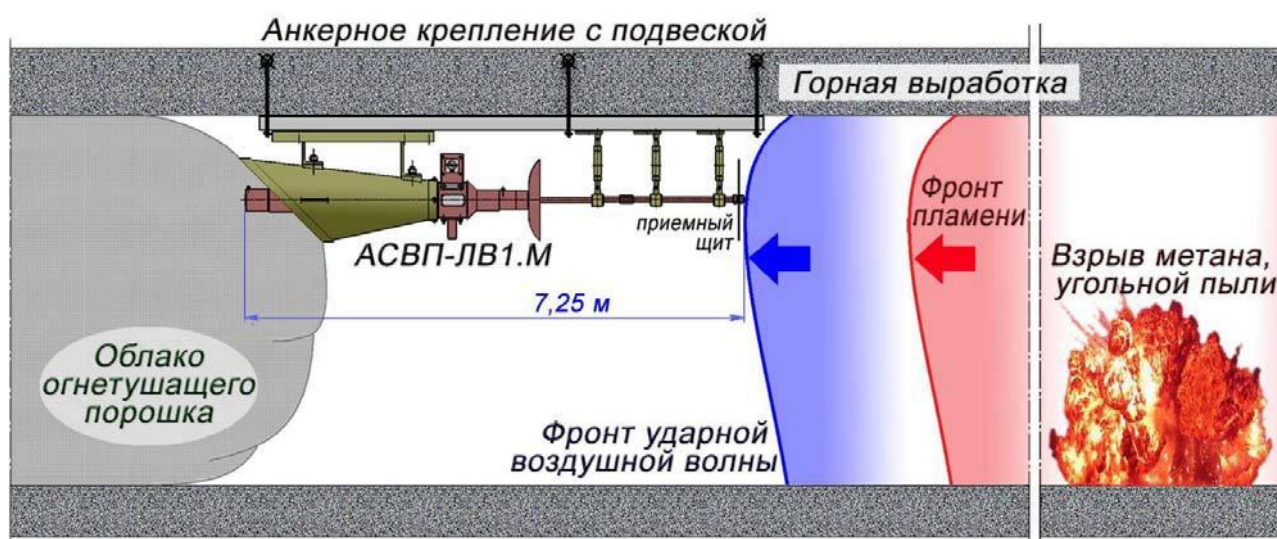


Рисунок 13 - Принцип действия автоматической системы взрывоподавления-локализации взрывов типа АСВП-ЛВ(.1М)

Система АСВП-ЛВ.1М работает в ждущем режиме и приводится в действие ударной воздушной волной (УВВ), образованной в результате взрыва метанопылевоздушной смеси. От воздействия УВВ на приёмный щит АСВП-ЛВ.1М происходит динамическое выбрасывание в пространство горной выработки огнетушащего порошка энергией сжатого воздуха, находящегося под высоким давлением в рабочей полости системы (см.рис.3.9). Система спроектирована таким образом, что данный процесс происходит за очень короткое время - порядка 20 мс, в результате чего в объёме горной выработки по всему её сечению на пути распространения фронта пламени формируется надежный заслон в виде долгоживущего облака огнетушащего порошка во взвешенном состоянии. Свойства применяемого огнетушащего порошка таковы, что для прекращения распространения взрыва достаточная

концентрация – от 10 г/м^3 [48, 49]. По исследованиям при развитии взрыва в динамике достаточная концентрация может увеличиться до 3 раз. Это учтено в системе АСВП-ЛВ(.1М), она спроектирована таким образом, что имеющийся в ее бункере порошок формирует облако с концентрацией не менее чем в 5 раз больше достаточной на протяжении 30 метров. Отметим, что длина облака в 30 м – это тоже с двойным запасом.

Этот заслон в виде облака огнетушащего порошка, выброшенного в горную выработку сработавшей автоматической системой, ликвидирует подошедший фронт пламени (гасит его) и прекращает (локализует) процесс распространения взрывов по сети горных выработок.

Эффективность систем АСВП-ЛВ(.1М) подтверждена многочисленными испытаниями в России, Украине и Китае на стендах, и опытных штольнях в условиях, максимально приближенным к реальным.

Системы АСВП-ЛВ(.1М) имеют разрешение на применение в России, Украине и Китае на угольных шахтах в качестве взрыволокализирующих заслонов.

Системы АСВП-ЛВ(.1М) соответствуют требованиям нормативных документов

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах» (утверждена приказом по Ростехнадзору №634 от 06 ноября 2012г., зарегистрирована в Минюсте 25 декабря 2012г, рег.№ 26359) [50];

- Правила безопасности в угольных шахтах ПБ 05-618-03 [51];

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (2014г., утверждены приказом по Ростехнадзору №550 от 19 ноября 2013г., зарегистрированы в Минюсте 31 декабря 2013г, рег.№ 30961);

- ГОСТ Р 54777-2011 «Автоматические системы взрывоподавления - локализации взрывов метанопылевоздушных смесей в угольных шахтах. Общие технические требования. Методы испытаний» (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011г. № 989-СТ, дата введения — 01.01.2013) [36].

Системы АСВП-ЛВ, (АСВП-ЛВ.1М) доказали свою работоспособность и эффективность в реальных условиях действующих шахт России и Украины. Эффективность же пассивных заслонов (сланцевых или водяных) не отмечена ни при одной аварии за всю историю их применения.

4.3 Неприменяемые типы заслонов: рассредоточенные, вспомогательные, заслоны с неполной нагрузкой

Согласно требованиям Правил безопасности, в угольных шахтах ПБ-05-618-03 [17], п.297: «до внедрения автоматических систем локализации взрывов метана и (или) угольной пыли защита забоев и горных выработок должна осуществляться рассредоточенными сланцевыми или водяными заслонами».

Данное требование было обусловлено тем, что зачастую в выработках (например, в дренажных и поддерживаемых выработках) невозможно разместить сланцевый или водяной заслон с полной нагрузкой – в связи с его значительными габаритами. Для выхода из этой ситуации было разрешено применять заслоны с пониженной нагрузкой, или рассредоточенные заслоны – поскольку в то время автоматические системы взрывоподавления только разрабатывались и не были внедрены на шахты.

В новых «Правилах безопасности в угольных шахтах» (2014г., Утверждены приказом по Ростехнадзору №550 от 19 ноября 2013г., зарегистрированы в Минюсте 31 декабря 2013г, рег.№ 30961) и действующих Федеральных норм и правилах в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах» [18] нет допуска к применению рассредоточенных заслонов, заслонов с неполной нагрузкой, а также изъят термин «вспомогательные» заслоны. Согласно требованиям нормативных документов «В горных выработках шахты устанавливают средства взрывозащиты, обеспечивающие локализацию взрывов [согласно их технических характеристик]».

Следовательно, разрешено применять любые допущенные средства локализации взрывов, в соответствии с их техническими характеристиками.

Если топология горных выработок не позволяет установить сланцевый или водяной заслон с необходимой нормой огнетушащего вещества, следует использовать автоматические системы взрывоподавления-локализации взрывов, которые имеют подходящие габариты.

4.4 Анализ эффективности средств локализации взрывов в угольных шахтах

Анализ эффективности пассивных заслонов за период их эксплуатации в СССР и России – более 100 лет для сланцевых и более 50 лет для водяных заслонов – показал, что если происходит взрыв метана с участием во взрыве угольно пыли, или взрыв угольной пыли, то, как правило, эти взрывы не локализуются и выходят на дневную поверхность. По экспертным оценкам (т.к. все аварии в СССР засекречивались) в этих авариях погибло более 1000 человек, на угольных шахтах мира погибло несколько десятков тысяч человек.

Перечислим наиболее крупные аварии, произошедших на шахтах современной России, где взрывозащита осуществлялась только пассивными взрыволокализирующими заслонами – сланцевыми и водяными (таблица 4):

Таблица 4 – Аварии на шахтах современной России, где взрывозащита осуществлялась только пассивными взрыволокализирующими заслонами

Шахта	Дата аварии	Авария	Погибло, чел	Тип взрывозащиты
Шевякова, г. Междуреченск	1.12.1992	взрыв метана и угольной пыли	25	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные заслоны
Первомайская, г. Березовский	4.9.1995	выброс метана и взрыв МВС	15	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные сланцевые заслоны
Зыряновская, г. Новокузнецк	2.12.1997	взрыв метана с участием угольной пыли	67	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные заслоны
Тайжина, г. Осинники	10.4.2004	взрыв метана с участием угольной пыли	47	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные заслоны

Продолжение таблицы 4

Листвяжная, г. Белово	28.10.2004	взрыв метано-воздушной смеси	13	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные заслоны
Есаульская, г. Новокузнецк	9.2.2005	взрыв метано-воздушной смеси	25	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные заслоны
Распадская, г. Междуреченск	8-9.5.2010	взрыв метана с участием угольной пыли	91	Применялась сланцевая пылевзрывозащита и только пассивные водяные заслоны

Остановимся более подробно на аварии в угольной шахте, где применялись не только пассивные взрыволокализирующие заслоны, но и автоматические системы типа АСВП-ЛВ(.1М).

4.4.1 Авария, произошедшая 19.03.2007 в филиале «Шахта «Ульяновская»

Авария произошла 19.03.2007 г., произошел взрыв МВС с участием угольной пыли, при этом погибло 110 человек. На шахте применялась сланцевая пылевзрывозащита, и, наряду с более чем 15-ю сланцевыми заслонами были установлены системы взрывоподавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ.

Схема аварийного участка представлена на рисунке 14.

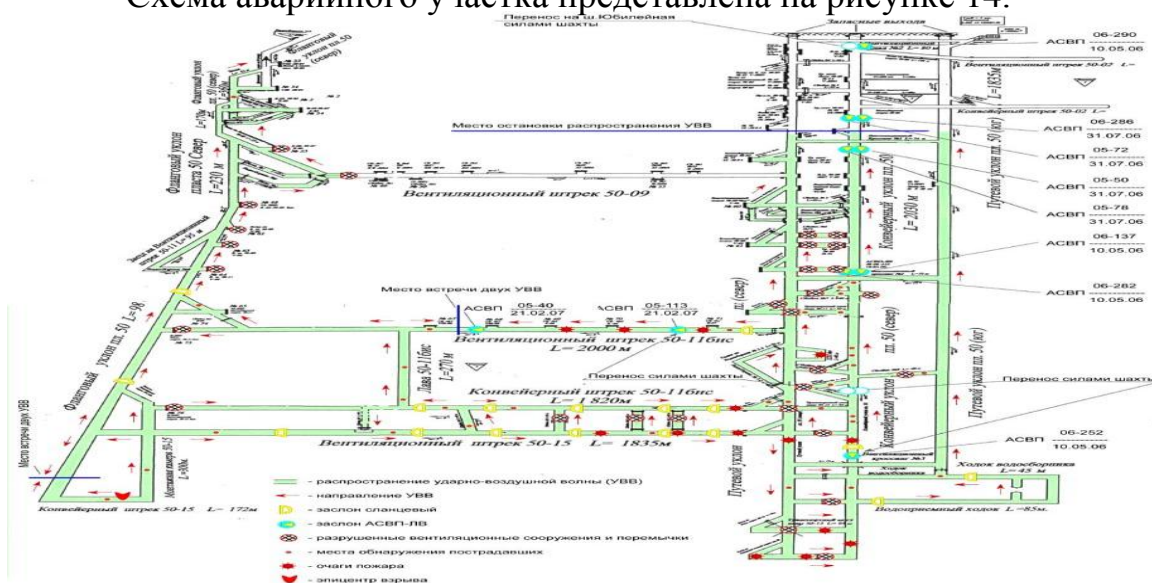


Рисунок -14 Схема аварийного участка

В результате взрыва угольной пыли сланцевые заслоны были разбиты, сланцевая пыль рассыпана по почве выработок. Однако взрыв угольной пыли не только не был локализован, но и продолжал развиваться, т.е. основную функцию по локализации взрывов угольной пыли сланцевые заслоны не выполнили. Остановка фронта пламени (и гашение ударно-воздушной волны) произошло только за сработавшими системами АСВП-ЛВ.[19]

Две системы АСВП-ЛВ №05-40 и 05-113 были установлены в вентиляционном штреке 50-11бис длиной порядка 2 км, при этом АСВП-ЛВ №05-40 защищала сопряжение штрека с лавой 50-11бис, а АСВП-ЛВ №05-113 – сопряжение штрека с путевым уклоном; там же, в районе этого сопряжения был установлен сланцевый заслон. Следует обратить внимание на тот факт, что системы АСВП-ЛВ были установлены таким образом, что защищали только от взрыва, который мог выйти только из очистного забоя. Шахта на рекомендации разработчика об установке двух разнонаправленных систем АСВП-ЛВ для защиты и от взрыва, который мог прийти со стороны путевого уклона не отреагировала, посчитав, что в этом случае будет достаточно одного пассивного сланцевого заслона. Кроме того, нужно отметить, что перенос системы АСВП-ЛВ №05-113 был произведен силами шахты, без привлечения авторизованных сотрудников сервисного центра, что является нарушением эксплуатации системы, и, зачастую, может повлечь за собой неисправность в ее работе.

В результате чего, в вентиляционном штреке 50-11бис в районе сбоек №3 и №4 погибло 4 человека, т.к. взрыв в штрек зашел со стороны путевого уклона, а сланцевый заслон не локализовал взрыв.

Кроме того, в конвейерном уклоне пл.50 (север) было установлено 8 систем АСВП-ЛВ парами по 2 штуки через 300 м. Из Акта комиссии по расследованию [20] 2 пары систем АСВП-ЛВ, к которым подошел взрыв, сработали, последние к выходу нет. Но и не было следов разрушений, т.е. и не было ударно-воздушной волны с давлением выше порога срабатывания – поэтому они и не должны были сработать. Таки образом, сработавшими автоматическими системами был произведен выброс огнетушащего порошка в количестве, достаточном для локализации взрыва. Системы АСВП-ЛВ выполнили основную свою функцию – локализовали взрыв угольной пыли.

В заключении «Комиссионной комплексной горнотехнической судебной экспертизы, по аварии, произошедшей филиале «Шахта «Ульяновская» ОАО «Объединенная угольная компания «Южжубассуголь» 19 марта 2007г» [37] в

рамках уголовного дела, возбужденного Главным следственным управлением Следственного комитета при прокуратуре РФ, было установлено, что все 110 человек погибли в сети горных выработок, которые защищались пассивными сланцевыми заслонами. В выводах было отмечено:

1. Характер аварии представляет собой взрыв метанопылевоздушной смеси.
2. Наиболее вероятным местом возникновения аварии является район сопряжения монтажной камеры 50-15 и конвейерного штрека 50-15.
3. Причиной возникновения аварии явилось формирование взрывоопасной метановоздушной смеси, как в самой монтажной камере 50-15, так и на сопряжении с конвейерным штреком 50-15 при работе комбайна 12ВМ15 проводившего расширение выработки.
4. Механизм аварии. Сначала произошел взрыв метановоздушной смеси, затем с вовлечением в процесс угольной пыли он развился до взрыва метанопылевоздушной смеси. Развитию взрыва и его дальнейшего распространения по сети горных выработок способствовала отложившаяся угольная пыль в этих выработках с превышением нижнего концентрационного предела ее взрываемости.
5. Огромный ущерб от аварии связан с широким применением для обеспечения безопасности технически неэффективных средств локализации взрывов – сланцевых взрыволокализирующих заслонов, которые в очередной раз оказались бесполезными при защите выработок от распространения по ним взрывов метанопылевоздушной смеси. Внедрение современных более эффективных средств локализации взрывов – автоматических систем ограничивается устаревшими Правилами безопасности в угольных шахтах.
6. При расследовании аварии не было объективной оценки работы технических средств локализации взрывов метана и угольной пыли:
 - не проводился сравнительный анализ динамики распространения взрыва в районе расположения средств локализации взрывов: автоматических систем АСВП-ЛВ и сланцевых заслонов.
 - выводы об эффективности автоматических систем делались по второстепенным факторам – частичному остатку огнетушащего порошка в бункере без определения его количества.
 - не проводилась проверка записей в рабочих журналах по обслуживанию автоматических систем АСВП-ЛВ;

7. Применение автоматической системы АСВП-ЛВ №05-40 позволило локализовать взрыв в 150-200м от сопряжения лавы 50-11 «бис» с вентиляционным штреком 50-11 «бис»; также применение спаренных автоматических систем АСВП-ЛВ №06-137 и №06-282 позволило локализовать взрыв пылевоздушной смеси в конвейерном уклоне пласта 50 выше сбойки №7 на расстоянии 400-450м после прохождения ударной воздушной волны. [21]

Дефицит нефти и природного газа, являющихся основными энергоресурсами в мире, неизбежен в ближайшее десятилетие, что приведет к необходимости использования других энергоносителей, к числу которых следует отнести, в первую очередь, уголь, а также метан угольных месторождений, главным образом, метан угольных шахт, попутно добываемый с углем средствами дегазации¹. Метан может быть использован взамен природного газа, прежде всего, теми потребителями, которые расположены в угледобывающих регионах, это позволит существенно уменьшить расходы на доставку газа, снизить за счет использования каптируемого метана себестоимость подземного производства угля и объемы вредных выбросов в атмосферу. Газоносные угольные месторождения считаются нетрадиционными источниками углеводородных газов. Угольный метан в пересчете на условное топливо занимает 3 – 4 место в мире после угля, нефти и природного газа.

Угольный метан во многих странах мира, в том числе и в России, рассматривают в качестве компонента топливно-энергетической сырьевой базы. Предполагаемые ресурсы метана угольных пластов во всем мире достигают 260 трлн. м³. В России прогнозные ресурсы метана угольных месторождений оценивают по различным источникам в пределах 50 – 80 трлн. м³, что близко к запасам традиционных газовых месторождений страны.

Проблема безопасного и эффективного ведения горных работ на газоносных угольных шахтах сформировалась много десятилетий назад, но особенно обострилась в последнее время в связи с углублением шахт и интенсификацией производственных процессов, при этом резко возросла природная газоносность разрабатываемых угольных пластов и вмещающих пород и соответственно газообильность шахт.

В настоящее время технико-экономические показатели работы газовых

шахт на 35 – 50% ниже, чем не газовых шахт в аналогичных горно-геологических условиях. Доля затрат на управление газовыделением (вентиляция и дегазация) в себестоимости добычи угля достигает 25%.

Метан угольных бассейнов как полезное ископаемое в настоящее время оценивают с двух принципиально различных позиций, отражающих его двойственную геолого-экономическую сущность:

- метан как самостоятельное полезное ископаемое, добыча которого может осуществляться самостоятельно газовым промыслом (независимо от добычи угля) по принципу экономической целесообразности (рентабельности) и потребности в газе;

- метан как попутное полезное ископаемое, извлечение которого осуществляется средствами шахтной дегазации при добыче основного полезного ископаемого – угля, при технологически необходимой дегазации пластов для обеспечения газобезопасности.

В условиях углепромышленных районов при обосновании целесообразности оценки ресурсов метана основным критерием определения его промышленного назначения как попутно добываемого топлива является технологическая необходимость (для снижения выбросоопасности и обеспечения газобезопасности) и возможность дегазации скважинами, пробуренными с поверхности или из подземных выработок. Необходимость дегазации высокогазоносных угольных пластов и скоплений свободных газов в породах предопределяется также рентабельностью извлечения из них метана и его использования. В этом заключается принципиальное отличие попутно извлекаемого метана от других попутных (и сопутствующих) полезных ископаемых, добыча которых должна быть экономически оправданна.

Критериями промышленной значимости ресурсов метана угольных пластов для самостоятельной коммерческой добычи (не зависимой от добычи угля) является рентабельность добычи, которая предопределяется глубинами освоения, газоносностью и фильтрационными свойствами пластов, а главное технологией добычи.

Метан угольных пластов как самостоятельное полезное ископаемое

может добываться наземными скважинами независимо от добычи угля на площадях, где пока не ведется и не планируется угледобыча:

- на разведанных и пока не разрабатываемых площадях, смежных с действующими шахтами;

- на нижних горизонтах бассейнов, не доступных в настоящее время угледобыче;

- на новых разведанных газоносных угольных месторождениях, не подлежащих освоению угольной промышленностью в ближайшей перспективе;

- на разведываемых и поисково-оценочных площадях.

Определение перспектив, эффективности и рентабельности самостоятельной коммерческой добычи метана из угольных пластов углегазовым промыслом должно базироваться на всестороннем учете совокупного воздействия всех региональных и локальных геологических факторов и свойств углей.

Для освоения зарубежного опыта, создания и испытания технологий промысловой добычи метана из угольных пластов в России начаты работы по проекту «Углеметан»(в составе государственной научно-технической программы «Недра России»). В соответствии с этой программой в Кузбассе на Талдинской площади пробурена структурная керновая скважина глубиной 1,4 км. В ней проведен комплекс геолого-промысловых исследований, подтвердивших высокую перспективность Талдинской площади для освоения углегазовым промыслом. Рядом с этой скважиной забурена газопромысловая скважина глубиной 1,8 км., в которой намечено провести испытания существующих технологий промысловой добычи метана.

Анализ проводимых работ по промысловой добыче угольного метана показывает, что одной из причин, препятствующих развитию углегазового промысла в России, является отсутствие механизма экономического обоснования эффективности добычи и использования угольного метана. И, как следствие, отсутствие инвестиций в подобные проекты.

В нашей стране добычей шахтного метана на промышленном уровне занимается «Газпром». Среди угольных бассейнов России особое место принадлежит Кузбассу, который по праву можно считать крупнейшим метаноугольным бассейном мира, обладающим большими реальными возможностями широкомасштабной добычи метана. Прогнозные извлекаемые ресурсы метана в бассейне оцениваются в 13 трлн. куб. м. Данная оценка ресурсов углей и метана соответствует глубине 1800-2000 м. Большие глубины угольного бассейна сохраняют на отдаленную перспективу огромное количество метана, которое оценивается в 20 трлн. куб. м.

Такая сырьевая база Кузбасса обеспечивает возможность крупномасштабной добычи метана (вне шахтных полей) как самостоятельного полезного ископаемого (скважинный способ). Приобретение «Газпромом» в июне 2007 года контрольного пакета в уставном капитале ООО «Геологопромысловая Компания Кузнецк» (владеет лицензией на поиск, разведку и добычу метана угольных пластов в пределах Южно-Кузбасской группы угольных месторождений с ресурсами 6,1 трлн. куб. м газа) позволяет приступить к созданию в России новой отрасли ТЭК по добыче метана угольных пластов, расширить собственную ресурсную базу углеводородного сырья и рынки сбыта, организовать широкомасштабную газификацию Кемеровской области и южных районов Сибири.

Однако наше внимание сосредоточено на шахтном методе добычи метана. Шахтный способ обеспечивает получение метана в небольших количествах, в основном, для собственных нужд угледобывающих предприятий. Использование данного способа затруднено из-за значительных колебаний объемов поступающей газозоудушной смеси и концентрации в ней метана. Однако, это действенный способ охраны БЖД шахтеров.

5. 1. Расчет эколого-экономических затрат на установку СЦВ-7

В данном случае в шахте «Бутовская» предлагаем установить сепаратор СЦВ-7, изготовленный конструкторским бюро Кочубея «НПО

Конструкторское бюро «Кочубея» для сепарации шахтного газа, непосредственно на глубине. Сепаратор имеет высоту ~1,7 м. при том, что известные модели сепараторов, имея тот же диаметр корпуса, производительность и потерю напора, имеют высоту 6 м. Минимальные габариты позволяют транспортировать и устанавливать сепаратор непосредственно в шахтных проходах ограниченной высоты. Сепараторы СЦВ-7 работают в непрерывном режиме слива отсепарированной жидкости, работая в условиях вакуума (ранее в этом случае трубопровод перекрывался на технологическую остановку для слива конденсата). Для транспортировки сепаратора в проходках предусмотрена его разборка, сборка на месте не превышает 1-2 часов. Сепаратор необходимо устанавливать на выходе вентиляционной шахты, для очистки выходящего воздуха от угольной пыли, что предотвращает загрязнение окружающей среды.

Рассчитаем стоимость работ по установке сепаратора СЦВ в количестве 1 шт. на близлежащую шахту, расположенную в 100 км от поставщика в составе сметной документации может рассчитываться в двух уровнях цен:

- в ценах базисного уровня, определяемых на основе действующих сметных норм и цен, установленных по состоянию на 01.05.2016 г.;
- в текущих (прогнозных) ценах, определяемых на основе цен, сложившихся к моменту составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

Предположим, местный офис «Газпрома» приобрел один сепаратор СЦВ-7 с максимальной мощностью и собирается установить его на близлежащей шахте, расположенной в 100 км от подрядчика. Тогда полная стоимость объекта включает затраты на строительные-монтажные работы, затраты на приобретение и монтаж оборудования и прочие затраты:

$$C_n = C_{смп} + C_{об} + C_{пр}, \quad (6)$$

где $C_{смп}$ – затраты на монтажные работы данного оборудования, руб.;

$C_{об}$ – затраты на приобретение, доставку и эксплуатацию данного оборудования: Стоимость оборудования примерно составляет 140 тысяч

рублей. стоимость доставки будет стоить 4 тысячи рублей, гарантийный срок эксплуатации и отсутствие сменных фильтрующих элементов, трущихся и вращающихся частей позволяют снизить расходы на эксплуатацию данного оборудования.

C_{np} – прочие и лимитированные затраты, включающие научно-исследовательские работы; авторский надзор, подготовку кадров, дополнительные расходы, вызванные местными условиями установки объекта и др., руб. Для нашего случая на первом этапе данных затрат не будет, так как оборудование новое, надзора не требует и новых разработок со стороны «Газпрома» тоже.

Стоимость строительно-монтажных работ в локальной смете включает прямые затраты, накладные расходы и сметную прибыль:

$$C_{смр} = C_{нз} + C_n + P_{см}, \quad (7)$$

где $C_{нз}$ – прямые затраты, включающие стоимость материалов, изделий, конструкций, оплату труда, руб.;

C_n – накладные расходы, охватывающие затраты строительно-монтажных организаций, связанных с созданием общих условий производства, его обслуживанием, организацией и управлением, руб.; в нашем случае равны нулю, так как оборудование может быть установлено работниками самой шахты.

$P_{см}$ – сметная прибыль, представляющая собой сумму средств, необходимых для покрытия расходов монтажной организации на развитие производства, социальной сферы и материальное стимулирование работников, руб, соответственно равна нулю.

Прямые затраты на строительно-монтажные работы включают:

$$C_{нз} = C_{зн} + C_{эм} + C_{мат}, \quad (8)$$

где $C_{зн}$ – сдельная и повременная оплата труда рабочих, занятых непосредственно на строительно-монтажных работах, руб.; могут быть привлечены работники шахты, так как монтаж не вызывает трудностей.

$C_{эм}$ – расходы по эксплуатации строительных машин и оборудования, руб.; особых машин и оборудования не требуется

$C_{мат}$ – расходы на материалы, необходимые для выполнения строительного-монтажных работ, руб. также равны 0

Прямые затраты на строительного-монтажные работы иначе определяются исходя из объемов работ и согласованных единичных расценок:

$$C_{нз} = \sum_{i=1}^I W_i P_{ci} \quad (9)$$

где W_i – объем строительного-монтажных работ i -го вида в натуральных измерителях;

P_{ci} – цена (расценка) за единицу строительного-монтажной работы, руб./нат. ед.;

$i=1 \dots I$ – число работ на объекте строительства.

Так как данная конструкция легка в монтаже и не требует специального профессионально обученного человека для монтажа, то мы можем воспользоваться трудом людей, работающих на шахте - монтажников и инженера подразделения - для управления вовремя монтажа, таким образом данный вид расходов сводится к нулю.

5. 2. Расчет дополнительных затрат

При составлении локальных смет на приобретаемое оборудование учитываем дополнительные затраты на тару и упаковку, транспортные расходы, заготовительно-складские расходы и наценка торговых организаций:

$$C_{доп} = C_{зч} + C_{ту} + C_{тр} + C_{сб} + C_{ком} + C_{зс}, \quad (10)$$

где $C_{зч}$ – стоимость запасных частей, руб.;

$C_{ту}$ – расходы на тару и упаковку, руб.

$C_{тр}$ – транспортные расходы, руб.

$C_{то}$ – стоимость услуг посреднических и сбытовых организаций, руб.;

$C_{сб}$ – расходы на комплектацию, руб.;

$C_{зс}$ – заготовительно-складские расходы, руб.

Все составляющие дополнительных расходов, связанных с приобретением оборудования, в соответствии с нормативными документами определяем как долю от сметной стоимости оборудования:

– стоимость запасных частей

$$C_{зч} = k_{зч} \cdot C_o \quad (11)$$

– расходы на тару и упаковку

$$C_{ту} = k_{ту} \cdot C_o \quad (12)$$

- транспортные расходы

$$C_{тр} = k_{тр} \cdot C_o \quad (13)$$

- стоимость услуг посреднических и сбытовых организаций

$$C_{сб} = k_{сб} \cdot C_o \quad (14)$$

- расходы на комплектацию

$$C_{ком} = k_{ком} \cdot C_o \quad (15)$$

- заготовительно-складские расходы

$$C_{зс} = k_{зс} \cdot C_o, \quad (16)$$

где $k_{зч} = 0,0200$ - коэффициент, учитывающий стоимость запасных частей, отн. ед.;

$k_{ту} = 0,0150$ - коэффициент, учитывающий расходы на тару и упаковку, принимается равным (отн. ед.);

$k_{тр} = 0,0300$ - транспортные расходы, отн. ед.;

$k_{сб} = 0,0500$ - снабженческо-сбытовая наценка, отн. ед.

$k_{ком} = 0,0050$ - коэффициент, учитывающий расходы на комплектацию, отн. ед.;

$k_{\text{сн}}=0,0120$ - коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы, отн. ед.;

C_o - сметная стоимость основного технологического оборудования, руб
 C расходы на обор. = $C_{\text{доп}} + C_o$, (17)

Сметная стоимость материалов, изделий и конструкций определяем следующим образом:

$$C_{\text{мат}} = C_{\text{отп}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{ту}} + C_{\text{зср}} \quad (18)$$

где $C_{\text{отп}}$ - отпускная цена поставщика на материалы, изделия или конструкции, руб.;

$C_{\text{тр}}$ - транспортные расходы, руб.;

$C_{\text{ту}}$ - расходы на тару и упаковку, руб.;

$C_{\text{зср}}$ - заготовительно-складские расходы, руб.

Из дополнительной стоимости рассчитываем лишь стоимость на тару, которая составит 2100 (учитывая показатель). Расходы на транспорт рассчитали раньше.

Зная все экономические показатели и стоимость самого сепаратора можно рассчитать полную стоимость объекта:

$$C_n = C_{\text{смп}} + C_{\text{об}} + C_{\text{пр}} \quad (19)$$

Таким образом, полная стоимость равна = $140\ 000 + 4\ 000 + 2100 = 146\ 100$ рублей.

При этом нужно отметить, что зависимость изменения себестоимости 1 м³ газа от его объема описывается уравнением: $y = 2E-12x^2 - 1E-06x + 0,3694$, то есть, чем выше выработка, тем ниже себестоимость.

Таким образом, проведенный в главе анализ по основным показателям по добыче шахтного метана, показал выгодность данного мероприятия..

6 Социальная ответственность

6.1 Анализ выявленных основных вредных факторов, влияющих на деятельность шахтера

6.1.1 Воздух и климатические условия

Проходя по горным выработкам, атмосферный воздух изменяет свой состав:

- Уменьшается содержание кислорода (O_2).
- Увеличивается содержание азота N_2 и Углекислого газа (CO_2).
- Выделяются другие вредные и ядовитые газы (угарный газ, окислы азота, сероводород и др.).

В соответствии с ПБ в угольных шахтах должны быть соблюдены следующие нормы чистоты воздуха:

- Кислорода - не менее 20%;
- Оксида углерода (CO) - не более 0,0017% (1%-смерть!, взрывается при 13,5-70%);
- Окислов азота - не более 0,00025%;
- Двуокись углерода (CO_2);
- Сероводород (H_2S) - не более 0,00071%, образуется при разложении органических веществ и горении угля, имеет запах тухлых яиц;
- Сернистый газ (SO) - не более 0,00038%, сильный раздражающий запах, тяжелее воздуха, образуется при взрывных работах, пожарах, ядовит (0,05 - !);
- Окислы азота (NO_2) - не более 0,0026, тёмно-бурый цвет и резкий запах, тяжелее воздуха;
- Аммиак - до 0,002, ядовит, резкий запах;
- Водород (H_2) - горит и взрывается при концентрации 4-96%.
Температура воспламенения на 100-200 градусов ниже, чем у метана;

- Компрессорные газы - продукты разложения смазочных масел компрессоров. Для предотвращения их образования необходимо устанавливать фильтры и маслоотстойники.

- Охлаждающее действие воздушной среды представляет собой совокупное воздействие на человеческий организм температуры, скорости воздуха, влажности. Для определения пользуются кататермометром, который представляет собой спиртовой термометр с уширением в верхней части и спиртовым резервуаром в нижней.[52]

6.1.2 Запылённость воздуха, как причина профзаболеваний. Меры борьбы с пылью

Вдыхаемые с воздухом мелкие частички пыли могут вызвать заболевание лёгких - пневмокониоз (угольный - антракоз, породный - силикоз). При нормальном состоянии носоглотки и дыхательных путей, до 90% вдыхаемой пыли задерживается, но крупные пылевые частицы сильно травмируют слизистую оболочку.[53]

Под влиянием пыли происходит перерождение лёгочной ткани. При попадании в лёгкие породной пыли, содержащей SiO_2 , образуется кремниевая кислота H_2SiO_3 , ускоряющая разрушение.

Пневмокониоз развивается достаточно медленно (до 10-15 лет). Возможность возникновения заболевания зависит от массы вдыхаемой пыли и содержания в ней SiO_2 . Наиболее опасна пыль 0,1-0,2 мкм.

ПДК для пыли, при содержании в ней SiO_2 :

- $\text{SiO}_2 > 70\%$ - 1 мг/м³;
- $\text{SiO}_2 = (10-70)\%$ - 2 мг/м³;
- $\text{SiO}_2 = (5-10)\%$ - 4 мг/м³;
- SiO_2 до 5% - 10 мг/м³ (6 мг/м³ - антрацитовая пыль)

Активных средств лечения пневмокониоза не существует, поэтому основная работа ведётся в направлении профилактики и ранней диагностики.

Меры профилактики пневмокониоза

- медосмотры;
- лечебно-профилактические мероприятия;
- уменьшение пылеобразования, пылеподавление (инженерно-технические мероприятия);
- противопылевые респираторы.

Согласно ПБ, на каждой шахте должен быть проект комплексного обеспыливания, утверждённый техническим директором.[54]

Инженерно-технические мероприятия делятся на три группы:

1. Снижение или устранение пылеобразования;
2. Подавление и улавливание пыли;
3. Вынос летучей пыли из выработок и обеспыливание воздушного потока.

- запрещается подача свежей струи воздуха по стволам, оборудованными скипами, опрокидными клетями;

- не допускается подача свежего воздуха по наклонным стволам и выработкам оборудованным ленточными конвейерами за пределами выемочного участка;

- при прочих равных условиях следует отдавать предпочтение технологиям, уменьшающим пылеобразование;

- разработка и применение технологий ведения очистных работ без постоянного присутствия людей в лаве;

- предварительное увлажнение угля в массиве;

- орошение: очистные и проходческие комбайны, места перегрузки, погрузки, разгрузки;

- пневмогидроорошение: применение водовоздушной смеси (туманообразователи - могут образовывать облако длиной до 50-70 метров);

- подавление пыли пеной;

- воздушные эжекторы: водяной факел, вырываясь из форсунки создаёт тягу воздуха (эжекцию), образуется тонкодисперсионная смесь;

- пылеулавливание: на очистных и проходческих комбайнах и бурении скважин;

- обеспыливающее проветривание: при скорости струи, достаточной для выноса пыли от места образования, но при этом осевшая пыль не взмётывается. Оптимальная по пылевому фактору скорость струи в подготовительных забоях 0,4-0,6 м/с, в очистных 1,5-3 м/с (max 4 м/с min 0,25 м/с).[56]

6.1.3 Защита от производственного шума и вибрации

Таблица 7 Уровни шума на рабочих местах и в рабочих зонах не должны превышать предельно-допустимых значений

Рабочие места (зоны и виды работ)	Предельно допустимые уровни шума, дБ
Горные выработки, производственные помещения, территория поверхности	80
Кабины наблюдений и дистанционного управления: - без резервной связи по телефону - с резервной связью по телефону	80 65
Высококвалифицированные работы, требующие внимания и сосредоточенности	60

Оборудование с повышенным уровнем шума должно устанавливаться в местах, где шум не мешает производственному процессу.[57]

$$L = 10 \log (I / I_0) = 20 \log (P / P_0), \text{ дБ} \quad (20)$$

где: I - интенсивность шума, I_0 - интенсивность звука на пороге слышимости (10^{-12}), Вт/м²

Болевой порог $L_6 = 140$ дБ;

Вибрация

$$L_1 = 20 \log (V / V_0), \text{ dB}, ;$$

$$V_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с} - \text{виброскорость, соответствующая давлению } P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$$

Па;

$$L_2 = 20 \log (a / a_0), \text{ dB}, a_0 = 3 \cdot 10^{-4} - \text{виброускорение} . [58]$$

6.2.5 Освещение

Для освещения применяют:

- сетевое освещение:
- стационарное действует в течении всего срока службы выработки;
- полустационарное переносится по мере продвижения забоя;
- местное освещение применяется на передвижных машинах.
- аккумуляторные переносные светильники:
- ручные - аккумулятор составляет единое целое с лампой;
- головные (СГГ1К, "Кузбасс", СГВ-2, "Украина").

В шахте применяются светильники РН, РП и РВ исполнения. Для питания электросветильников, применяемых в очистных забоях и ламп, встроенных в машины используется напряжение не более 127В, остальных выработок - 220В. ПБ §531 Светильниками, питаемыми от электросети в подземных условиях должны освещаться:

- электромашинные, лебёдочные и диспетчерские камеры, ЦПП, локомотивные гаражи, здравпункты, раздаточные камеры ВМ, подземные ремонтные мастерские;
- транспортные выработки в пределах ОД.;
- приёмные площадки уклонов и бремсбергов, разминовки в околоствольных и участковых откаточных выработках, участки выработок, где производится перегрузка угля, пункты посадки людей в транспортные средства и подходы к ним;
- призабойное пространство стволов, сопряжений и камер при проходке и проходческие подвесные балки;

- очистные выработки на пологих и наклонных пластах, оборудованные механизированными комплексами и струговыми установками;
- постоянно обслуживаемые электромашинные установки, передвижные подстанции и распределительные пункты, вне пределов спец. камер;
- выработки оборудованные ленточными конвейерами и подвесными канатно-кресельными дорогами, предназначенные для перевозки людей; людские ходки, оборудованные механизированной перевозкой людей;
- призабойное пространство подготовительных выработок, проводимых с применением проходческих комплексов или комбайнов, должно освещаться встроенными в комплекс или комбайн светильниками.[59]

Освещение способствует снижению травматизма и повышению производительности труда (до 25%).

Нормы освещённости в основных горных выработках:

- очистной комплексно-механизированный забой, $E = 5$ лк;
- проходческий забой, $E = 10$ лк;
- откаточные и вентиляционные штреки, $E = 1$ лк;
- стрелочные переводы, $E = 2-5$ лк;
- машинные камеры (ЦПП, РПП, водоотлив), $E = 10$ лк.

6.2. Анализ выявленных опасных производственных факторов

6.2.1 Виды аварий в шахтах

Подземные аварии - внезапное нарушение нормального состояния выработок, механизмов и состава рудничной атмосферы, в результате которого создаётся угроза жизни людей, занятых на подземных работах. Виды аварий (по масштабу):

1. Аварии, которые отражаются на работе предприятия в целом или его отдельных производств: взрывы газа и пыли; внезапные выбросы угля и газа; внезапные выделения газа; прорывы воды или обводнённой горной массы; прорывы газа из пожарных участков; взрывы на складах ВМ; пожары в

подземных выработках, надшахтных зданиях, сооружениях и складах ВМ; аварии на подъёмных установках, центральных водоотливах и компрессорных установках, вызвавшие достаточно длинные простои предприятия; аварии вентиляторов главного проветривания; обрушения в стволах шахт, вызвавшие остановку подъёма. [60]

2. Аварии, которые отражаются на работе отдельного участка (цеха): обрушение очистных и подготовительных выработок; завалы главных вентиляционных и откаточных выработок; горение и вспышки газа в подземных выработках, не вызвавшие взрыва и пожара; аварии участковых подъёмных и вентиляционных установок; загорание крепи, кабелей и пр. материалов; обрушение или разрушение зданий и сооружений в результате ведения взрывных работ или подработки горными выработками.

3. Наиболее опасные аварии: взрывы метана и угольной пыли, пожары, внезапные выбросы и суфлярные выделения метана.

6.2.2 Особенности взрыва пылегазовых смесей в шахте

Виды воспламенения:

1. Медленное горение (0,3-0,6 м/с)
2. Вспышка (до 10 м/с)
3. Взрывное горение (до сотен метров)
4. Детонация (километры в секунду)

Вспышка переходит во взрыв постепенно, скорость фронта пламени и давление ударной волны нарастает постоянно. Взрыв - воспламенение, сопровождающееся ударной волной. Взрывы газа в шахте сопровождаются прямым и обратным ударами. Различают первичное (взрыв) и вторичное (досжигание) пламя. [61]

Взрыв газоздушных смесей

- Метановоздушная смесь при $t \sim 600^{\circ}\text{C}$ воспламеняется через 10 секунд;
- при $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ - через доли секунд;
- при $t \sim 1300^{\circ}\text{C}$ - практически мгновенно взрывается.

Пределы взрываемости смеси горючих газов характеризуются треугольником взрываемости.

- H = 4-74% - водород (400 °С);
- CO = 12,5-75% - угарный газ;
- CH₄ = 5-15% - метан (600 -650°С);
- CH₄ = 6% - наиболее взрывоопасная концентрация;
- CH₄ = 9,5% - максимальный взрыв.

Степень взрываемости пылевоздушной смеси зависит от:

- размеров пылинок (дисперсность);
- химического и минерального состава пыли (пыль, при содержании в ней негорючих компонентов от 60-70% не взрывчата);
- выхода летучих при нагреве ($V^{daf} > 5-7\%$, при $V^{daf} = 15\%$ - пласт опасен по пыли);
- количества летающей пыли (10-600 гр/м³);
- наличия в атмосфере горючих газов (например, при CH₄=0, нижний предел взрываемости пыли 40 гр/м³; при CH₄=0,5% - 30 гр/м³; при CH₄=2% - 10 гр/м³);
- влажности пыли (при влажности 20-25%, пыль, как правило, не взрывается).

6.2.3 Газовый и пылевой режимы

Газовый режим

Основным мероприятием против скопления метана является вентиляция, которая считается эффективной, если во всех действующих выработках будет допустимая концентрация метана.

В зависимости от взаимного расположения стволов различают секционную и единую схемы проветривания. При единой схеме - воздухоподающий ствол связан со всеми вент. стволами, вскрывающими поле.

Секционную схему применяют на крупных шахтах, с выделением метана более $10 \text{ м}^3/\text{т}$, суточной производительностью более 6-и тыс. тонн и простиранием шахтного поля более 6 км. В пределах единой и секционной схем различают центральную, фланговую и комбинированную схемы проветривания.

- Центральная схема проветривания шахты характеризуется расположением воздухоподающего и воздухоотводящего стволов в центре шахтного поля. Схему целесообразно применять при разработке относительно небольших шахтных полей (не более 4-х км по простиранию) и не выше третьей категории по газу;

- Недостатками схемы являются: двойной путь движения воздуха, что приводит к необходимости повышения депрессии; переменная величина депрессии; большие утечки воздуха через выработанное пространство.

- Достоинствами схемы являются: меньшие капитальные затраты, быстрый ввод в эксплуатацию; концентрация всех сооружений поверхности в одном месте.

- Фланговая схема проветривания

- Комбинированная схема проветривания

1. Способ проветривания шахты - совокупность средств, создающих разницу давления воздушного потока, необходимую для движения воздуха по горным выработкам в заданном направлении и с требуемым расходом. Во всех шахтах в соответствии с ПБ, применяется искусственное проветривание, с учётом величины и направления естественной тяги (депрессии).

2. Всасывающий способ проветривания шахты – депрессии определяется, как разность между атмосферным давлением и разреженным воздухом в устье ствола;

- Нагнетательное проветривание - применяют при разработке месторождений, склонных к самовозгоранию, на шахтах опасных по углекислоте;

- Комбинированный способ - участки, расположенные около центральных стволов проветриваются по центральной схеме, а участки у

границ шахтного поля - по фланговой. Рекомендуется применять на крупных предприятиях, разрабатывающих пласты на нескольких горизонтах. Для отдельного проветривания используются подготовительные выработки первого горизонта и очистные второго.

- Обеспечение восходящего направления движения воздуха во всех исходящих струях (ПБ допускает исключение для угла наклона до 10 градусов и выработок протяжённостью до 30-и метров). Допускается нисходящее проветривание очистных забоев при угле наклона более 10 градусов, но при скорости воздуха не менее 1 м/с;

- Применение прямоточной с подсвежением схемы проветривания выемочных участков с выдачей исходящей вентиляционной струи из лавы на выработанное пространство;

- Изоляция остановленных выработок и отработанных участков (для снижения газовыделения из отработанных полей);

- Применение эффективных способов борьбы с внешними и внутренними утечками воздуха (для обеспечения максимального количества воздуха потребителю);

- Управление метановыделением в выработках (за счёт влияния горнотехнических факторов); Обеспечение распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети в соответствии с фактическим газовыделением в горной выработке (для недопущения превышения ПДК);

- Систематический контроль за состоянием проветривания (воздухораспределения, аэродинамическое качество крепи, депрессия вентиляционной струи шахты).

- Сокращение метановыделения в горной выработке достигается:

- путём применения дегазации под- и надрабатываемых пластов - спутников, а также разрабатываемых пластов;

- применяют так же отвод метана из полостей, суфляров и выработанного пространства;

- метановыделение, имеющее внезапный характер, из трещин, а также шпуров скважин, вскрывших газопроводящие трещины.

- Предотвращение возможности воспламенения и взрывов метана достигается:

- исключением открытого огня в горных выработках (ПБ §57);
- соблюдением мер использования электроэнергии (оборудование в специальном исполнении, отключение энергии АГЗ при превышении ПДК);
- соблюдением мер по технике безопасности при взрывных работах (комплекс проветривания, применение предохранительных ВВ и электровзрывания, соблюдение ПДК метана - не более 1%, выполнение требований пылевого режима);
- пылевой режим.

1. Локализация взрывов газо-воздушной среды.

Дегазация горных выработок включает в себя мероприятия уменьшающие газоносность пород и мероприятия по консервации газа в пласте. Эффективность дегазации оценивается коэффициентом дегазации.

Пылевой режим

Пыль - это аэрозоль двухфазной системы (твёрдое тело - газ), если степень измельчения твёрдого тела настолько велика, что в неподвижном воздухе, при давлении 700 мм ртутного столба и температуре 20 градусов, частички твёрдого тела, на которое действует только сила тяжести, будут опадать с постоянной скоростью менее 500 мм/сек, или совершать броуновское движение. Удельный выход пыли - количество пыли поступающей в воздух на единицу массы отбитой или погруженной горной массы. Этот показатель зависит от прочности, влажности, действия оросительных устройств, характера режущего и отбойного инструмента. Интенсивность пылеобразования - количество пыли, поступающей в воздух в единицу времени. В определённых условиях (содержание свыше 15% летучих веществ, крупности пылинок 0,01-0,1мм и концентрации 16-2000г/м³), угольная пыль, во взвешенном состоянии, взрывается от источника тепла и поддерживает взрыв метано-воздушной смеси.

Мероприятия пылевого режима делятся на четыре группы:

1. Мероприятия препятствующие образованию пыли и снижающие запылённость воздуха. К ним относятся все меры инженерно-технического характера по борьбе с пылью, как с профвредностью (§2.2). Удельное пылеобразование в шахте достигает 1000 г/т и более, санитарная норма 1-10 мг/м³.

2. Мероприятия направленные на нейтрализацию взрывчатой способности осевшей пыли в выработках (побелка, обмывка, связывание). Периодичность обмывки и связывания угольной пыли определяется расчётным путём и зависит:

- от нижнего предела взрываемости данной пыли;
- интенсивности пылеобразования; концентрации метана в выработке;
- вида мероприятий (вода, раствор ПАВ и т.п.ю).

3. Мероприятия, предотвращающие появление источника воспламенения (те же, что для газового режима, пункт 5).

4. Мероприятия, приводящие к локализации возникших взрывов пыли: осланцевание выработок, применение водяных или сланцевых заслонов. Смысл применения заслонов состоит в мгновенном увеличении зольности (влажности) и охлаждения газопылевого облака. Заслонами изолируют (ПБ §266) очистные забои, забои подготовительных выработок, проводимых по углю или углю и породе; крылья шахтного поля, пожарные участки, конвейерные выработки.

6.2.4 Методы и средства контроля пылегазового режима

Виды контроля воздуха:

- Отбор проб воздуха для газоаналитических лабораторий ВГСЧ.

Согласно ПБ для негазовых шахт, шахт I и II категорий, пробы воздуха отбираются не реже одного раза в месяц. На шахтах III категории и сверхкатегорных - два раза в месяц.

- Выполняемый надзором ВТБ и эксплуатационных участков;
- При помощи аппаратуры АГЗ.

Контроль вентиляции в горных выработках предусматривает:

- Проверку количества воздуха поступающего в г.в., его распределения по участкам и подготовительным забоям.
- Определение скоростей движения воздуха и соответствия их требованиям безопасности.
- Проверку качественного состава воздуха для обеспечения санитарно - гигиенических требований и безопасного ведения работ.
- Проведение депрессионных съёмов.

Расход воздуха может быть измерен расходомерами различных конструкций, которые позволяют определить количество воздуха либо сразу, либо косвенно с помощью анемометров. На шахте применяются расходомеры типа "ДК" (Днепропетровск).

Прибор представляет собой кольцевые весы: полое кольцо с перегородкой, разделяющей на две сообщающиеся между собой части, заполненные дистиллированной водой или ртутью. В нижней части кольца закреплён уравновешивающий груз, которым устанавливается необходимый предел измерений. К левой и правой частям кольца по трубкам передаётся статическое и полное давление воздуха от трубки Пито, установленной в канале вентилятора. В результате разности, подводимых к частям кольца давлений, происходит перемещение жидкости в полость кольца с меньшим давлением, кольцо поворачивается до установления равновесия. Угол поворота отмечается на шкале прибора и одновременно на бумажной ленте (у диспетчера). Трубка Пито имеет наконечник, державку, центральный канал соединённый с "+"-м концом и кольцевую прорезь, соединённую с "-"-м концом. Через концевую прорезь передаётся статическое давление, а через центральный канал полное.

Соответственно скоростной напор $H_{ск} = H_{полн} - H_{ст}$, скорость движения $V = (2H_{ск} / \rho)^{1/2}$

Косвенный способ определения расхода воздуха (анемометры). Контроль осуществляется в исходящих струях очистных и подготовительных выработок, крыльев пластов, горизонтов и шахт в целом. В поступающих главных воздушных струях шахт, местах разветвлений, у забоев подготовительных выработок, у ВМП, у поступающих и исходящих струй камер. Расход воздуха в шахтах до 2-й категории должен осуществляться не реже одного раза в месяц, 3-й категории - два раза, в сверхкатегорийных - три раза. Расход у ВМП - не реже одного раза в месяц.

Определение расхода воздуха заключается в измерении средней по сечению выработки скорости расхода воздуха $Q = VS$. Применяется анемометр АСО-3 (крыльчатый), с диапазоном измерений 0,3-5 м/с (погрешность 0,1-0,06 м/с) и МС-13 (чашечный) с диапазоном 1-20 м/с (погрешность 0,2).

АСО-3 состоит из крыльчатки, обечайки, счётного механизма, ориетира, рукоятки. Давление воздуха приводит крыльчатку во вращение, которое передаётся через счётный механизм на стрелки прибора. Включение и выключение счётного механизма производится ориетиром. При определении скорости движения воздуха следует записать показания до измерения и поместить таким образом, чтобы его колесо было обращено навстречу потоку воздуха. Убедившись, что крыльчатка (чашечки) преодолели инерцию прибора (около 30 сек) и вращается с установленной скоростью, включить счётчик прибора и секундомер. Через 100 секунд одновременно выключить, записать показания. Находим количество делений в единицу времени ($n = (П_2 - П_1) / t$). Для пересчёта числа делений в фактическую скорость, к каждому анемометру прилагается тарифовочное удостоверение, графически показывающее зависимость скорости от числа делений $V_t = f(n)$. Для получения средней скорости движения воздуха по сечению выработки, вводится поправка на способ замера: $k = 1,14$ (при способе "перед собой" - замерщик, стоя посреди выработки, обводит на вытянутой руке анемометр по сечению) и $k = (S-0,4)/S$ (при замере "в сечении" - замерщик спиной к стенке выработки). В Германии разработаны анемометры, с помощью которых можно сразу определить расход

воздуха: LCA-600 (0,25-30 м/с), AV (определяет также и расход воздуха 0,002-3000 м³/с).

Общие правила замера анемометрами:

- выбираются прямые, незагромождённые участки;
- для более точного замера расхода воздуха устраивают замерные станции (участки выработки длиной более 4-х метров, обшитые досками)
- на каждой станции устанавливаются доски, на которые заносятся результаты измерений.

Запылённость воздуха характеризуется массой пыли, взвешенной в единице объёма воздуха. Для оценки условий работы, степень запылённости воздуха определяют следующими методами:

- весовой;
- счётный;
- седиментационный;
- электрический.

Для весового определения концентрации пыли, находящегося в воздухе, необходимо осадить пыль из некоторого объёма воздуха на фильтры и определить её массу.

$$M = (n_2 - n_1)/Q \text{ (мг/л);}$$

$$M = (n_2 - n_1)*1000/Q \text{ (мг/м}^3\text{);}$$

где: M - массовая концентрация; n - масса фильтра до и после отбора проб; Q - количество воздуха протянутого через фильтр.

Прибор АЭР-4 (АЭР-4м, АЭА)

Сжатый воздух из баллона, через штуцер, поступает в редуктор, где давление снижается до 7-и атмосфер. Редуктор имеет предохранительный клапан, отрегулированный на 10-12 атмосфер. Из редуктора, воздух, через перекрывной клапан поступает в эжектор, который осуществляет протягивание запылённого воздуха через фильтр и автоматический регулятор потока. Одновременно с подачей воздуха включается секундомер. Счётный (косиметрический). Приборы, работающие на использовании

инерционности пылинок, составляют самую многочисленную группу приборов для измерения запылённости воздуха.

Струя запылённого воздуха, всасываемая в сопла, ускоряется и на выходе имеет скорость до 300м/с. По выходе из сопла, струя воздуха ударяется в стеклянную пластинку, расположенную перпендикулярно её направлению, изменяет направление (на 90 или 180 градусов), одновременно значительно уменьшая скорость движения. Вследствие этого, пылевые частицы, обладающие большей инертностью, чем воздух, оседают на стеклянной пластинке, покрытой клеящим составом. Запылённость оценивается подсчётом под микроскопом числа пылинок к объёму протянутого воздуха.

Концентрация метана контролируется во всех выработках, где он может выделяться или скапливаться. Сменный ИТР участка замеряет концентрацию метана у забоев действующих тупиковых выработок, в исходящих струях подготовительных и очистных выработок шахт III категории, сверхкатегорийных, опасных по внезапным выбросам угля и газа - не менее трёх раз в смену. (сначала меряется метан, затем СО).

Шахтный интерферометр типа ШИ основан на принципе смещения интерференционной картины с разностью показателей преломления когерентных лучей света, пропускаемых через чистый (эталонный) воздух и воздух с определённой примесью метана.

6.2.5 Внезапные выбросы угля и газа

Внезапные выбросы - это быстропротекающий процесс разрушения горного массива, сопровождающийся отбросом угля и усиленным газовыделением. Обычно внезапные выбросы появляются при глубине разработки 200-300 метров, с ростом интенсивности с увеличением глубины разработки, мощности и угла падения пласта. Воркутинское месторождение считается опасным по выбросам при давлении в скважинах не менее 10 атмосфер. Пласты подразделяются на:

- выбрасоопасные;

- угрожаемые;
- не выбрасоопасные.

К выбрасоопасным относят пласты в пределах шахтного поля ниже вентштрека того горизонта, на котором имели место случаи выброса. При системе отработки длинными столбами по восстанию (падению), пласт считается опасным до 100 метров выше отметки места выброса. Угрожаемый - пласт имеющий общую границу с опасным пластом по простиранию

Признаки внезапного выброса:

- уменьшение прочности угля;
- выдавливание угля из забоя;
- отскакивание кусков угля, шелушение забоя;
- появление пылевого облака;
- резкое повышение газовыделения;
- усиление давления на крепь;
- зажим буровых штанг;
- выброс штыба и газа при бурении скважин;
- гул в массиве.

Прогнозы:

1.Региональный. Основан на определении свойств керновых образцов угля. Определяется выбрасоопасность месторождений и пластов на стадии геологоразведочных работ. Необходим для составления проектов новых шахт.

2.Локальный. Определяется выбрасоопасность в пределах шахтного поля для установления критических глубин с которых происходят выбросы. Проводятся перед вскрытием пластов стволами, квершлагами и другими выработками.

3. Текущий. Для выявления выбрасоопасных зон в очистных, подготовительных и нарезных выработках. Основан на изучении скорости газовыделения из шпуров, крепости угля в массиве, давления газа, сейсмоакустических свойств пласта.

В результате прогноза выделяются опасные и угрожаемые зоны, наносятся на планы работ, что позволяет разработать планы предупреждения, организовать контроль. При подходе забоя к предполагаемому нарушению на расстояние не менее 25-и метров прогноз ведётся через каждые 4-5 метров. По максимальным значениям замера, по номограмме данного бассейна оценивается опасность пласта. Если забой вошёл в опасную зону, то необходимо применение специальных профилактических мер. При выходе из опасной зоны и отходе на 25 метров, прогноз прекращается. В лаве контрольные шпуры бурят через каждые 10 метров и зона считается опасной, если хотя бы в одном из них скорость газовыделения достигает 5-и л/мин, а размер опасной зоны ограничивается соседними шпурами, где скорость менее 5-и л/мин.

Содержание спецпроекта на отработку выбросоопасных пластов

1. прогноз выбросоопасности пластов;
2. предусмотрена опережающая отработка защитного пласта;
3. порядок вскрытия и отработки;
4. способы предотвращения выбросов и контроль их применения;
5. мероприятия обеспечения безопасности рабочих.

Требования к технологии ведения подготовительных и очистных работ

- должен быть составлен комплекс мер по борьбе с выбросами;
- разработка незащищённых пластов - столбовыми системами;
- предусматривает заложение полевых выработок не менее 5-и метров от пласта;
- должны выделяться спец. смены для выполнения подготовительных работ;
- при угле падения более 10-и градусов - выработки проводятся сверху вниз, с применением всех противовыбросовых мероприятий;
- в защищённых зонах допускается проведение выработок снизу вверх, с соблюдением всех правил;
- выемка угля - узкозахватными комбайнами;

- управление кровлей - полным обрушением или полной закладкой (допускаются другие способы по спец.согласованию).

Способы борьбы с выбросами:

- опережающая отработка защитных пластов (несклонных к выбросам);
- межпластовая дегазация;
- бурение опережающих скважин;
- гидровывыв;
- торпедирование;
- выбуривание щелей.

Наиболее безопасной по внезапным выбросам являются системы разработки длинными столбами, которые обеспечивают:

- заблаговременное обнаружение нарушений;
- дегазация краевых частей лавы;
- рассредоточение рабочих в очистных и подготовительных выработках;
- при отработке пластов от границ число выбросов уменьшается.

6.2.6 Рудничные пожары

Рудничные пожары - пожары возникающие непосредственно в горных выработках, массиве полезных ископаемых и отработанном пространстве. К рудничным пожарам относятся и пожары в надшахтных зданиях, на складах, которые могут распространиться на выработки, или отравить в них атмосферу газообразными продуктами горения.

По причинам возникновения, рудничные пожары подразделяются:эндогенные (самовозгорание);

- экзогенные (от внешнего источника).

В зависимости от места возникновения рудничные пожары бывают:

- поверхностные;
- подземные.

Подземные рудничные пожары являются одной из наиболее опасных аварий в шахте. Их особенностью является плохая доступность для активного тушения непосредственным воздействием. Наличие за очагами пожаров, по ходу вентиляционной струи, высокой температуры, дыма и других продуктов горения не позволяет организовать тушение горящей выработки с двух сторон. Под действием огня выходит из строя и теряет свою несущую способность крепь горной выработки, что приводит к обрушению пород кровли, ещё больше осложняющему аварию. Пожары в шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли, могут привести к взрыву газопылевой смеси в ходе ведения аварийно-спасательных работ. Особенной опасностью рудничных пожаров является распространение по горным выработкам продуктов горения. Наиболее опасны экзогенные пожары. Они быстро активизируются и за короткое время могут отравить атмосферу горных выработок на большом протяжении.

Подземный пожар в своём развитии проходит три стадии:

1. Возгоранию свойственно нарастание количество сгорающего в единицу времени материала, расхода на горение кислорода, повышение концентрации углеродосодержащих газов (CO , CO_2), увеличение температуры продуктов горения.

2. Развившийся пожар характеризуется полным расходом кислорода на горение и максимальной концентрацией углеродосодержащих газов, при постоянном расходе воздуха, сгоранием в единицу времени постоянного (максимального) горючего материала и постоянством температуры продуктов горения.

3. В стадии затухания наблюдается увеличение в продуктах горения концентрации кислорода, снижение содержания углеродосодержащих газов и уменьшение температуры пожарных газов.

Развитие пожара зависит от мощности и длительности действия начального теплового импульса, количества и характера расположения горючего материала и скорости воздушного потока у очага. По мере увеличения площади горения наблюдается повышение температуры продуктов

горения, нарастание содержания оксида и диоксида углерода, метана и водорода. По достижении температуры пожарных газов 500-550 градусов, пожар стабилизируется. При этом, концентрация кислорода в продуктах горения, как правило не превышает 15-16%, тогда как содержание диоксида достигает 5-6%.

Тушение подземных пожаров осуществляется следующими способами:

1. Активный - непосредственное воздействие на очаг пожара огнегасительными средствами (водой, пеной, песком и т.п.), или разборкой очагов с заливкой горячей массы водой. Этот способ обычно применяют при всех пожарах, в начале их возникновения. Тушение пожара активным способом производят, как правило, со стороны свежей струи воздуха, одновременно принимают меры по преграждению распространения огня по исходящей струе (водяной завесы, удаление крепи, устройство завалов и т.п.).

6.2.7 Горные удары

Горный удар - явление скачкообразного перехода упругой энергии предельно-напряжённого массива вокруг горных выработок и силы тяжести в работу сдвигения и разрушения горных пород, энергию линейного и волнообразного движения горных пород в следствии нарушения неустойчивого равновесия продуктивной толщи (пласта) внешней или (и) внутренней силами обусловленными ведением горных работ. Быстропротекающее разрушение целиков или призабойной части пласта сопровождается воздушной волной, разрушением крепи и оборудования, выделением газа.

По силе проявления горные удары делятся на:

- собственно горные удары;
- толчки;
- стреляния;
- микроудары.

Признаки горного удара:

- усиление давления на крепь;
- гул в массиве;
- сотрясение почвы;
- повышенное выделение газа;
- выдавливание целиков в выработку

Предупреждение горных ударов:

- опережающая обработка защитных пластов;
- полевая подготовка;
- обработка одинарными выработками;
- бурение разгрузочных скважин;
- проведение штреков широким забоем;
- "торпедирование" кровли.

6.3 Охрана окружающей среды

6.3.1 Воздействие на атмосферу

Нарушение почв и связанных с работой шахты виды воздействия способствуют эрозии. Удаление почвенного покрова из такого района изменяет или уничтожает множество природных почвенных свойств, а также может снизить его производительность в сельском хозяйстве. Почвенная структура также может быть разрушена пульверизацией или различными видами взрывов.

Удаление растительного покрова, проведение мероприятий, связанных со строительством дорог, перевозкой, хранением верхнего слоя почвы приводят к увеличению большого количества пыли вокруг горных работ. Пыль ухудшает качество воздуха в непосредственной близости, может оказать неблагоприятное воздействие на растительный и животный мир, и может представлять угрозу здоровью и безопасности для работников и жителей близлежащих районов. Когда планируется начало добычи угля

население вблизи данной территории должно быть расселено, а также должны пересаживаться на иные лекарственные растения.

6.3.2 Воздействие на гидросферу

Добыча угля негативно сказывается на гидрологии. Ухудшение качества вод связано с проникновением токсичных микроэлементов, повышением содержаний растворенных твердых веществ в подземных водах, а также с увеличением количества насосов, разгружаемых в водные потоки и к выщелачиванию воды из этих отвалов, содержащей большое количество микроэлементов. Поверхностные воды могут стать непригодными для сельского хозяйства, потребления человеком, купания домашнего или иного использования. Контроль этих последствий требует тщательного управления и анализа качества поверхностных вод.

6.3.3 Влияние на литосферу

Ухудшается состояние ручьев, озер, прудов, осушаются болота, гибнут рыба, водные беспозвоночные и земноводные.

Удаление грунта и перемещение верхнего слоя почвы создают обширные неплодотворные территории. Нарушение земной структуры не может обеспечить укрытие для большинства живых существ. Без восстановления, эти районы должны пройти через период выветривания, который может занять несколько лет или несколько десятилетий пока растительность не восстановится и эти земли не станут подходящими для мест обитания. Но человек не может сразу же восстановить природу, однако природе может быть оказана помощь в виде рекультивации земель и восстановления усилиями, направленными на обеспечение потребностей диких животных. Реабилитация не приспособлена к нуждам живой природы, а некорректное управление ресурсами после утилизации отходов горного

производства может препятствовать развитию многих видов первоначальной фауны.

6.4. Защита в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных ЧС на шахте «Бутовская», а также выбор наиболее подходящего способа локализации взрыва рассмотрены в основной части диплома.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В 2013 г. предприятиями угольной промышленности было выброшено в атмосферу 620,8 тыс. т. вредных веществ, в том числе 443,5 тыс. т. метана. В 2014 г. число выброшенных вредных веществ в воздушный бассейн достигло 757,3 тыс. т.

Научные исследования по экологизации горного производства должны быть направлены на создание замкнутых технологических схем с наиболее полным извлечением полезного ископаемого и сопутствующего минерального сырья, экологически чистых технологий, технологических процессов и оборудования.

Одним из главных направлений снижения отрицательного воздействия угольной промышленности на атмосферный воздух и повышения уровня природопользования является утилизация сопутствующего минерального сырья (шахтного метана), дающая как экономический, так и экологический эффект.

Вихревой газожидкостной сепаратор предназначен для глубокой очистки газового потока от капельной, мелкодисперсной, аэрозольной жидкости, масла и твердых примесей. При сепарации бинарной смеси (газ - жидкость) одновременно осуществляется и процесс разгазирования жидкой фазы. Используются на предприятиях нефтегазовой, химической, металлургической, машиностроительной, легкой промышленности.

Основные достоинства сепаратора:

- Высокая эффективность сепарации на всем диапазоне нагрузок по жидкой и газовой фазам.
- Отсутствие сменных фильтрующих элементов, трущихся и вращающихся частей.
- Рабочая среда – воздух, газ, газожидкостная смесь, насыщенный пар.
- Содержание жидкости на выходе $\sim 0 \text{ г/м}^3$.
- Содержание взвешенных частиц на выходе соответствует нормам «воздух кл.1» ГОСТ 17433-80.
- Потеря напора МПа (мм. вод. ст.) – не выше 0,003 (300).
- Не требуется освидетельствование Госгортехнадзором (постановление Госгортехнадзора РФ от 11.06.03 № 91), так как $P \cdot V \leq 200$.
- Малые размеры, вес.
- Устойчивая работа в пробковом режиме.
- Возможность эксплуатации сепаратора без паровых подушек или электрообогрева.
 - Удаления взвеси через сливной вентиль вручную или автоматически.
 - Гарантийный срок эксплуатации 15 лет.

Высокая эффективность сепарации (99,9%) на всем диапазоне нагрузок по жидкой и газовой фазам, устойчивая работа в пробковом режиме с сохранением указанной степени сепарации достигается за счет наличия последовательно работающих, по ходу вращения газового потока, нескольких ступеней сепарации.

Новая конструкция сепаратора СЦВ-7 позволила увеличить производительность и снизить потерю давления, за счет особой конструкции сердцевины сепарационного пакета, благодаря чему в сепарационной области проходят аэродинамические процессы подобные тем, которые происходят в смерче.

Увеличилась вертикальная составляющая скорости стекания жидкости со стенок корпуса в объем накопительной емкости. При наличии песка и других твердых примесей за счет касательной составляющей наблюдается

интенсивный износ внутренней поверхности корпуса сепаратора, а в нашем случае касательная составляющая скорости резко снижена.

Претерпели изменения практически все узлы сепарационной установки, что привело к упрощению конструкции сепаратора и улучшению эффективности его работы. При прочих равных условиях высота сепарационной области сократилась на 30-40%, что повлекло уменьшение высоты сепаратора в целом.

Направленное термодинамическое движение газожидкостных потоков из сепарационной области в накопительную емкость позволяет, при отрицательной наружной температуре воздуха, поддерживать положительную температуру обечайки накопительной емкости, не прибегая к применению паровых рубашек, электрообогреву.

Принцип работы сепаратора

Газожидкостная смесь, подводится в аппарат через вводной патрубок (5), распложенный в верхней его части. Установка входного патрубка, смещенного по горизонтам относительно осевой линии корпуса на $1/2$ его диаметра позволяет решить задачу сохранения величины центробежного эффекта на входе газожидкостной смеси в аппарат, практически не ослабив надежности корпуса сепаратора. Дефлектор (6) препятствует поступлению газа в осевую зону сепарационного пакета (8) без предварительного разделения газозвеси.

Использование дефлектора с изменяющимся данным сечением (в начале увеличивает свое сечение до максимально допустимой величины, после чего сужается по горизонтали и возрастает по высоте, сохраняя при этом площадь поперечного сечения в максимально широком участке) позволяет удалить по горизонтали на выходе из дефлектора газожидкостный поток от щелевых отверстий сепарационного пакета (8), а по высоте равномерно рассредоточить и в тоже время за счёт минимальной щели «придавить» жидкую фазу к внутренней поверхности сепаратора, что в конечном счете, улучшает процесс сепарации.

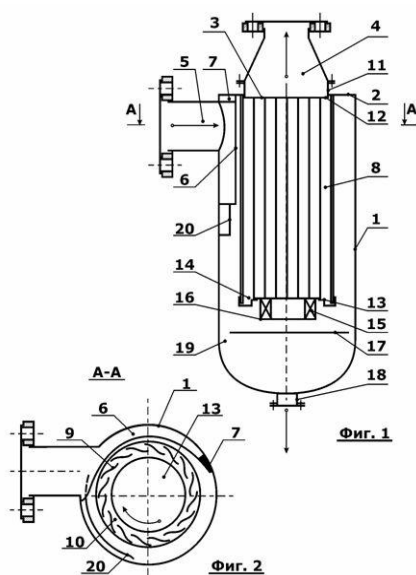


Рисунок 15 - Сепаратор СЦВ-7 (схематический рисунок)

В пространстве, образованном стенкой корпуса (1) и пластинами (9) из газового потока выделяется основная масса жидкости. Капли жидкости отбрасываются центробежной силой на стенки корпуса (1) сепаратора и под действием гравитационных сил, по ходу газового потока, нисходящей спирали транспортируются через кольцевой зазор (19) к сливному патрубку (18).

Исполнение дефлектора с узкой щелью удаленного от направляющих щелевых сепарационного пакета создает значительный зазор между вращающейся по внутренней поверхности корпуса жидкостной пленке и щелевыми каналами, засасывающими газовый поток в направляющие пакета, при этом условия сепарации отделенной жидкой фазы идеальные.

Из-за того, что по ходу движения жидкостного потока установлена карман-ловушка, состоящая из боковых направляющих корпуса (1) и изогнутой пластины (20), а также крышки, составляющей часть перегородки (2), условия для удаления жидкой фазы идеальные, в этом конструктивном исполнении дефлектор полностью изолирует наличие жидкой фазы вблизи вертикальных лопастей. Направляемая жидкость сливается через открытую нижнюю часть ловушки-кармана.

Мелкодисперсная капельная жидкость, не осевшая на корпусе (1) попадает на наружную поверхность пластин (9) и транспортируется газовым потоком через входные тангенциальные щели, попадая на их внутреннюю

поверхность.

В конце верхней суженой части дефлектора (6) установлена дугообразная пластина (7) нисходящая по ходу газожидкостного потока и направленная по отношению к горизонтальной прямой под углом 25° , такое инженерное решение позволило вращающийся между корпусом и сепарационным пакетом вектор газожидкостного потока направить по нисходящей кривой, в результате чего газовый слой, вращающийся непосредственно по внутренней поверхности сепарационного пакета разделится на три слоя со своими векторами осевых скоростей: непосредственно у стенки направлен вниз, далее незначительный слой «неподвижный» и следующий третий основной слой направлен вверх.

Наличие первого слоя с направлением вектора осевой скорости вниз позволило сгонять (в зависимости от режима - росу, капли, пленку) вниз избегав дополнительных направляющих, удаляющих по спирали вниз, частицы жидкой фазы. Опускаясь по внутренней поверхности пластин (9) частицы жидкости, приблизившись к нижней кромке, соскальзывают и попадают на поверхность шайбы (17), откуда через кольцевой зазор (19) транспортируются в направлении сливного патрубка (18).

Модификации

Малогобаритные сепараторы СЦВ-7 имеют незначительный объем и вписываются в соотношение $P \times V \leq 200$, не подлежат освидетельствованию в органах Госгортехнадзора. Большинство этих сепараторов эксплуатируются при давлении 8 атм. и ниже, имеют производительность по воздуху 2-150 н.м³/мин., имеют диаметр корпуса не более 273 мм.

Сепаратор СЦВ-7 может комплектоваться двумя накопительными емкостями. При работе воздуховода в режиме вакуума наличие двух накопительных емкостей позволяет производить автоматический слив конденсата из сепарационной установки в непрерывном режиме.

Сепараторы СЦВ-7 могут устанавливаться внутри шахты. Минимальные габариты и вес позволяют транспортировать его по шахтным штрекам. В особо трудных случаях, предоставляется возможность транспортировать

отдельно накопительные емкости и сепаратор, разборка и сборка их не превышает 2–3 часов.

Сепаратор (диаметр корпуса 1200 мм) успешно прошел промышленные испытания на шахте им. А.Ф. Засядько (Украина) и показал следующие результаты: расход по воздуху 230 н.м³/мин., расход по жидкой фазе 400 г/н.м³, результат на выходе по всем фракциям ~0 г/н.м³.

Сепаратор СЦВ может иметь как вертикальный, так и горизонтальный выходной патрубок.

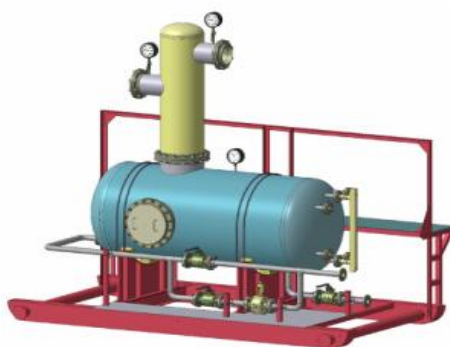


Рисунок 16 - Схема установки сепаратора СЦВ-7

«НПО КБ Кочубея» разрабатывает и выпускает малогабаритные сепараторы СЦВ-7, а также сепараторы работающие под большим давлением, большой производительности, по индивидуальным техническим заданиям.

Таким образом, для проведения работ по дегазации шахт нами выбран метод использования сепаратора СЦВ-7. Его характеристики позволяют утверждать, что данное оборудование является качественным и экономичным

Заключение

Объектом исследования ВКР являлась шахта «Бутовская» и способы локализации взрывов на ней.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены следующие способы локализации взрывов: водяные, сланцевые и автоматические заслоны. Было установлено, что распространение фронта пламени при взрывах метановоздушной и пылеметановоздушной смесей носит нестационарный, пульсационный характер, не подчиняясь строгой закономерности.

Значительный интерес представляет процесс распространения пламени взрыва угольной пыли на криволинейном участке горной выработки. В некоторых экспериментах при прохождении такого участка в опытной шахте пламя взрыва ускоряется. При этом максимальное ускорение наблюдалось в опыте с пылью пласта k_4^{2H} , когда на криволинейном участке скорость пламени возросла со 192 до 1650 м/с, т.е. в 8,6 раза.

После выхода на прямую часть выработки скорость, как правило, снижалась, но в отдельных опытах она все же оставалась достаточно высокой и составляла 400-667 м/с.

Вышеизложенные факты необходимо учитывать при выборе средств локализации взрывов метана и угольной пыли.

Установлено, что средство локализации может выполнять свое назначение только при соблюдении двух условий: огнетушащее облако должно перекрыть сечение выработки на участке заданной длины к моменту подхода фронта пламени; в выработке должна быть создана и поддерживаться в течении заданного времени концентрация гасящего вещества не ниже флегматизирующей.

Для автоматических заслонов типа АСВП-ЛВ концентрация огнетушащего вещества в заслоне C_{II} , в зависимости от сечения выработки, в 80-200 раз меньше, чем у пассивных заслонов, при этом время формирования огнетушащего вещества в заслоне t_{Φ} меньше в 30 раз, а время его жизни больше чем в 300 раз.

Для повышения эффективности взрывозащиты горных выработок технологические схемы расстановки и выбор средств локализации взрывов метана и угольной пыли должны базироваться на оценке их технических характеристик в зависимости от скорости распространения фронта пламени по сети горных выработок.

Технические характеристики автоматической системы взрывоподавления локализации взрывов (АСВП-ЛВ) обеспечивают локализацию взрыва метана и угольной пыли, фронт пламени которого распространяется со скоростью 40-660 м/с, в то время как пассивные сланцевые заслоны локализуют взрыв, фронт пламени которого распространяется со скоростью 80-235 м/с, а водяные заслоны – 100-285 м/с.

Проведенный анализ аварий на угольных шахтах России и ближнего зарубежья, позволяет сделать следующие выводы:

- применяемые пассивные средства локализации взрывов – сланцевые и водяные заслоны не в состоянии локализовать взрыв метана и угольной пыли. За последние годы на шахтах, защищенных только сланцевыми и водяными заслонами погибло более 300 человек.

- в авариях на шахтах, оснащенных как автоматическими системами взрывоподавления, так и пассивными сланцевыми и водяными заслонами, пострадавшие от взрыва шахтеры находились в выработках, защищенных пассивными сланцевыми и водяными заслонами, а также в областях, не защищенных заслонами. В авариях на шахтах, защищаемых только автоматическими системами взрыв не выходил за пределы аварийного участка и соседние выработки не пострадали. Это позволяет констатировать, что взрывозащита, основанная на устаревшем подходе применять пассивные сланцевые и водяные заслоны, неэффективна.

- в авариях на шахтах, защищённых автоматическими системами, взрыв не развился и не выходил на значительное расстояние от эпицентра в протяженную сеть горных выработок. Это подтверждает эффективность применения автоматических систем локализации взрывов.

Согласно действующим нормативным документам, на угольных шахтах нет допуска к применению рассредоточенных заслонов, заслонов с неполной нагрузкой, а также изъят термин «вспомогательные» заслоны. В настоящее время в горных выработках шахты устанавливают средства взрывозащиты, обеспечивающие локализацию взрывов согласно их техническим характеристикам. Таким образом, действующая нормативная документация

регламентирует применять любые допущенные в установленном порядке средства локализации взрывов, в соответствии с их техническими характеристиками.

Если топология горных выработок не позволяет установить сланцевый или водяной заслон с необходимой нормой огнетушащего вещества, следует использовать автоматические системы взрывоподавления-локализации взрывов, которые имеют подходящие габариты.

При этом все обязательные к защите горные выработки обязаны быть защищены взрыволокализирующими заслонами.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены следующие вопросы: рабочее место шахтера, опасные и вредные факторы, влияющие на его здоровье, влияние работы шахты на окружающую среду, защита от взрывов на шахте. В качестве дегазации воздуха был предложен сепаратор СЦВ- 7, который предотвратит повышение концентрации метана в рабочей среде воздуха, а следовательно и сам взрыв.

В экономической части ВКР были рассмотрены затраты на установку СЦВ-7, они составили 146 000 рублей.

Список используемых источников

1. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. – Донецк: Донбасс. 2002. – 392с.
2. Гражданкин А.И., Печеркин А.С., Иофис М.А. Угольные катастрофы в исторической России и мире // Безопасность труда в промышленности № 11, 2011 – С.56-65.
3. Борьба со взрывами угольной пыли в шахтах / М.И.Нецепляев, А.И.Любимова, П.М.Петрухин и др. – М.: Недра, 1992 – 298 с.
4. А.А.Мясников, С.П.Стариков, В.И.Чикунов. Предупреждении взрывов газа и пыли в угольных шахтах. – М.: Недра, 1985. – 205 с.
5. Lebecki K/ Zagorenia pulowe w gornictwie – Katowice: CYG, 2004 – 486 с.
6. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва. М.: Из-во МГУ, 1987 – 442с.
7. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.Н. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Физматгиз, 1963 – 632с.
8. Физический энциклопедический словарь. Том.5. Из-во «Советская энциклопедия», 1980 – С.228-234
9. Смирнов Н.Н. Зверев И.Н. Гетерогенное горение. М.: изд-во Моск.Универ. 1992.
10. Г.Гефнер, Справочная книга по горному делу, Берлин, 1921, 622 с.
11. Долгов Б.Е., Левицкий Д.Г. Взрывчатость угольной пыли. Харьков, «Уголь и руда», 1933, 203 с.
12. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизм в угольных шахтах Украины. – Донецк: Донбасс. 2002. – 392 с.
13. Мясников А.А., Старков С.П., Чикунов В.И. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах. – М.: Недра, 1985. – 205с.
14. Лавцевич В.П. Исследование и оценка метановзрывоопасности шахтных технологических систем. Автореф. докт. дис. Новосибирск, ИГД СО АН СССР, 1974.
15. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах / П.М. Петрухин, М.И. Нецепляев, В.Н. Качан и др. М.: Недра, 1974.
16. К вопросу опасности вспышек метана и угольной пыли при работе выемочных и проходческих комбайнов // П.М. Петрухин, М.И. Нецепляев, П.Ф. Погорелов и др. – В кн.: Безопасность взрывных работ в угольных шахтах. Макеевка, 1975, вып. 6, С. 80-82.

17. Щетинков Е.С. Физика горения газов. М.: Наука, 1965.
18. Powell F. Billing K. The Use of Water in the Prevention of ignitions cause
19. Furno A.L., Sapko M.J., Lusik S.I., Watson R.W. An ignition suppression device for coal cutting equipment. - Proceedings of the 21 International conference of safety in mines research institutes. - Sydney, 1985, p. 661-668.
20. Coal dust explosion characteristics under atmosphere with methane gas coexistence / Т.Томинэга, S.Matsuura, Т.Комэи and of hers. Proceedings of the XXII International Conference of the Research Institutes for Safety in mining China, Beijing, 1987. P.
21. Зенин В.И., Манжос Ю.В. Исследование воспламенения мета-воздушной смеси выгорающим зарядом. – В кн.: Безопасность взрывных работ в угольных шахтах. Макеевка, 1979. вып. 10. С. 3-6.
22. Кочерга Н.Г., Пилипенко В.В. О параметрах взрывозащитного орошения горных машин. - В кн.: Безопасная эксплуатация электромеханического оборудования в шахтах. Макеевка, изд. МакНИИ, 1983, с. 24-30.
23. Джигрин А.В., Горлов Ю.В., Измалков А.В., Ткаченко С.В. Риск-анализ чрезвычайных ситуаций, связанных со взрывом метана и угольной пыли в шахтах. – М., ИГД им.А.А.Скочинского, 2002. – 38с.
24. Джигрин А.В., Исаев И.Р., Мясников С.В. Прогнозирование взрывов газа и пыли в угольных шахтах // Безопасность труда в промышленности №4, 2010. – С.38-42.
25. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах / П.М. Петрухин, М.И. Нецепляев, В.Н. Качан и др. М.: Недра, 1974. 304 с.
26. Правила безопасности в угольных шахтах ПБ 05-618-03.
27. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах».
28. Отчет НИР «Разработать автоматическую систему локализации взрывов метана и угольной пыли по сети горных выработок» // МакНИИ, 1986, № гос.регистрации 0184.0049634.
29. Мешман Л.М., Груненко В.С. Взрывоподавляющие устройства. Обзорная информация. – М.: ЦНИИЭУголь, 1980.
30. Джигрин А.В., Горлов Ю.В., Чигрин В.Д. Автоматическая система взрывоподавления-локализации взрывов метановоздушной смеси и угольной

пыли в подземных горных выработках угольных шахт // Безопасность труда в промышленности №8, 2003 – С.22-26.

31. Джигрин А.В., Горлов Ю.В., Горлов К.В., Чигрин В.Д. Автоматическая система взрывоподавления-локализации взрывов метановоздушной смеси и угольной пыли // Безопасность труда в промышленности №10, 2004 – С.13-15.

32. Заключение экспертизы МакНИИ №232.09.00.010.09 по автоматической системе взрывоподавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ.

33. Петрухин П.М., Качан В.Н. Теоретические основы пылевывозащиты способами, основанными на применении воды // Труды МакНИИ «Безопасность труда в угольных шахтах». Т. XXII. М.: Недра, 1972. С. 89-104.

34. Савенко С.К., Гурин А.А., Малый П.С. Ударные воздушные волны в горных выработках. М.: Недра, 1983. 198 с.

35. Смирнов Н.Н., Никитин В.Ф., Антоньев А.В., Исаев И.Р. Параметры распространения в выработках ударных и детонационных волн, образующихся при взрыве пылеметановоздушной смеси // Сб. «Взрывное дело» № 109/66. М.: ЗАО «МВК по ВД при АГН», 2013. – С.229-238.

36. ГОСТ Р 54777-2011 «Автоматические системы взрывоподавления - локализации взрывов метанопылевоздушных смесей в угольных шахтах. Общие технические требования. Методы испытаний»

37. Заключение комиссионной комплексной горнотехнической судебной экспертизы по аварии, произошедшей в филиале «Шахта «Ульяновская» ОАО «Объединенная угольная компания «Южкузбассуголь» 19 марта 2007 года, 248 с.

38. Акт технического расследования причин аварии, происшедшей 19.03.2007 года на филиале «Шахта Ульяновская» ОАО «Объединенная угольная компания «Южкузбассуголь», 85 с.

39. Актом комиссионного осмотра установок автоматических систем взрывоподавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ и АСВП-ЛВ.1М, эксплуатируемых на аварийном участке лавы 832-ю пл. Тройного СП «Шахта Воркутинская», 18 февраля 2013 г., С.4.

40. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №4(67), 2013г., С.28-36.

41. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 11 февраля 2013 года на выемочном участке лавы 832-ю пл. Тройного структурного подразделения ОАО «Воркутауголь» «Шахта Воркутинская», 120 с.

42. Протокол экспертизы системы подавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ, МакНИИ, 2007г., С.2

43. Акт ревизии в процессе разборки системы АСВП-ЛВ серийный заводской номер 06-591, которая была установлена на участке 13 восточной лавы пласта L₁ в 13 восточном конвейерном штреке пл. L₁ ПК 70 на АП «Шахта им. А.Ф. Засядько», ФГУП ННЦ ГП-ИГД им.А.А.Скочинского, 2007г. – С.2.

44. Заключение экспертизы МакНИИ № 232.09.00.010.09 о соответствии оборудования повышенной опасности требованиям нормативных правовых актов по охране труда и промышленной безопасности и возможности его эксплуатации наугольных шахтах, опасных по газу и (или) пыли - Автоматическая система взрывоподавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ (код КПП 770801001). Макеевка, 2009г .5 с.

45. Акт-отчет исследовательских испытаний по определению взрывоподавляющей способности огнетушащих порошков марок «ИСТО-1», «П-АГС», сланцевой пыли и ингибитора «ПВХ-1», ФГУП НМЗ «Искра», 2005г. - С.5.

46. Заключение НЦ ВостНИИ о возможности применения огнетушащего порошка ИСТО-1 для снаряжения автоматических систем взрывоподавления-локализации взрывов (АСВП-ЛВ). НЦ ВостНИИ, 2006г. – С.5.

47. Айруни А.Т., Матвиенко Н.Г. Определение пределов взрывчатости сложных газовых смесей. ЦИТИ угля, «Технология и экономика угледобычи». М., 1962. № 8. С. 54-59.

48. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М., Наука, 1987

49. Корольченко А.Я. Пожаровзрывобезопасность промышленной пыли. М., Химия, 1986

50. Мясников А.А. Предупреждение взрывов газа в угольных шахтах. М.: ЦНИИЭуголь, 1972.

51. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. Санкт-Петербург: «Наука», 1997, 247 с.

52. СН 3223 – 85 Санитарные нормы уровней шума на рабочих местах

53. ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

54. ГОСТ 12.1.012 – 90 Вибрационная безопасность. Общие требования
55. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий
56. СП 2.2.4.548 – 96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
57. СП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
58. ГОСТ 12.0.002 – 80 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы
59. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования
60. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
61. СП 2.5.1336-03 Санитарные правила по проектированию, изготовлению и реконструкции локомотивов и специального подвижного состава железнодорожного транспорта