

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы докторанта PhD
специальности 6D073400 – «Химическая технология взрывчатых веществ и
пиротехнических средств»

Абдраковой Федосьи Юрьевны на тему «Разработка составов для поглощения ударной волны при аварийных взрывах».

Диссертация посвящена разработке и исследованию новых пламегасящих составов на основе систем хлористого и углекислого аммония, кристаллогидрата сульфата натрия, нитратов натрия и калия с добавками горючих компонентов магния и алюминия, также используемых в качестве добавок газообразующих агентов в виде активированного углерода различной морфологии и природы происхождения.

Определены расчетные показатели процессов горения энергоемких систем с газофизическими добавками. Проведены экспериментальные исследования процессов горения газогенерирующих картриджей пламегасителей с добавками нанокремнеземных горючих добавок.

Определены параметры энергии, приходящейся на единицу объема продуктов взрыва для получения условия предотвращения воспламенения метановоздушной смеси. Оптимизированы составы эффективных пламегасителей с низкоскоростной детонацией на разложении.

Определены критические значения тепловых характеристик взрыва от взаимодействия продуктов взрыва (ударно-воздушных волн) со средой (ВВ, заряда) и от условий взрывания зарядов, вызывающих воспламенение шахтной среды. Исследованы линейная скорость горения предохранительных взрывчатых веществ в пламегасящей среде в камере дозвукового горения в метановоздушной среде.

Первая глава посвящена литературному обзору, где рассмотрены условия возникновения подземных газовых и пылевых взрывов в шахтной атмосфере горных выработок, механизмы взрыва газовых и пылевых взрывов рудничных газов, взрывчатость и воспламеняемость угольной пыли. Проведен анализ по системам взрывоподавления пассивными заслонами и использования предохранительных взрывчатых веществ в горючих шахтных средах. Приведен анализ проводимых аналогичных работ в России, Украине и Китае, где используются автоматические системы взрывоподавления и локализации взрывов

Постановка задач и методы исследования обусловлены потребностью в защите подземных горных выработок от взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах Республики Казахстан. Такие взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжелыми последствиями в социальном и экономическом плане. Нередко они сопровождаются групповыми несчастными случаями, в отдельных случаях уносят сотни человеческих жизней.

В второй главе работе приведены методологии исследования, включающие использование программ «Тетра» для расчетов, физико-химические и технические методы исследования, методики определения температур, давления и скорости.

В третьей главе приведены исследования энергоемких составов с газообразующими компонентами. Установлено, что с увеличением в энергоемком составе количества $C_3H_6N_6$, $(C_2H_4O)_x$, $(NH_2)_2C=N-C=N$ увеличивается температура горения T до 2924 К при соотношении компонентов $NH_4NO_3/Mg/C$: 65/20/1. Теплота взрывчатого превращения достигает $Q_{взр} = 314.43$ Дж/кгК при увеличениях газообразующих компонентов. В результате исследования получен газогенерирующий состав с наноглеродом (300 нм) и наноалюминием (30-80 нм). Скорость горения, которого 1,25 мм/с., температура вспышки пламегасителя составила $430^{\circ}C$ и минимальная чувствительность вспышки при ударе в 0,02 МПа.

В четвертой главе разработан химический газогенераторный состав: бездымный порох – Mg – коллоксилин- KNO_3 , обладающий с низкоскоростной детонацией мощностью, которой достаточно для взрывопоглощения до 30 МПа. Исследованы модельные пиротехнические композиции на основе различных окислителей (хлористый и углекислый аммоний, нитраты натрия и калия и кристаллогидрат сульфата натрия) с низкоскоростной детонацией на разложении

В пятой главе в пилотном режиме исследован импульс взрыва в угольных шахтах и процесс его затухания при взаимодействии с водным туманом. Результаты испытаний показали, что средние значения избыточного давления в трех секциях снижены на 38,8%, 26,67% и на 19,2% соответственно, исследованы линейная скорость горения предохранительных взрывчатых веществ в пламегасящей среде в камере дозвукового горения в метановоздушной среде

В шестой главе определены закономерности воспламеняющего действия пламегасителей с теплотой взрыва 1200-1500 кДж/кг относительно горючих шахтных сред. Установлены критические условия снижения ударных волн в модельной камере сгорания. Определены критические значения тепловых характеристик взрыва от взаимодействия продуктов взрыва (ударно-воздушных волн) со средой (парафин) с пробиванием мишени на глубину от 3 до 6,5 мм, при толщине водного заслона до 50 мм и от условий взрывания зарядов, вызывающих воспламенение шахтной среды.

Актуальность темы исследования. Развитие угольной промышленности сопряжено с разработкой более глубоких пластов, применением более производительных технологий и механизмов с увеличивающейся их энерговооруженностью, что приводит к повышению интенсивности газо- и пылевыведения в шахтах, а также к росту вероятности появления различных источников воспламенения, т.е. к усилению факторов, способствующих возникновению взрывов.

Защита подземных горных выработок от взрывов метана и угольной пыли продолжает оставаться наиболее важной задачей в комплексе мероприятий по обеспечению безопасности работ горнорабочих при подземной добыче полезных

ископаемых. Крупные техногенные катастрофы, произошедшие в последние годы на угольных шахтах угледобывающих стран тому подтверждение.

Эти обстоятельства вызывают необходимость совершенствовать весь комплекс взрывозащиты угольных шахт, в том числе и средств локализации взрывов (вспышек) метана и угольной пыли, в направлении резкого снижения количества развитых взрывов газа и угольной пыли в выработках, что позволило бы исключить сопряженные с ними травматизм горнорабочих и материальный ущерб.

Защита подземных горных выработок от взрывов метана и угольной пыли продолжает оставаться наиболее важной задачей в комплексе мероприятий по обеспечению безопасности работ горнорабочих при подземной добыче полезных ископаемых.

Целью исследования: Разработка энергоёмких составов для взрывозащиты угольных шахт с локализацией вероятных взрывов газа и угольной пыли.

Задачи исследования:

1 Теоретическое и экспериментальное определение пределов возгорания, концентрации горючих, окислителя, объема выделяющихся газов и теплот взрывчатых превращений энергоёмких составов с газообразующими компонентами. Определение оптимальных составов пламегасителей с добавками наноалюминия и углерода с высокой удельной газопроизводительностью

2 Оптимизация модельного состава эффективных пламегасителей способных охлаждать продукты взрыва за счет поглощения тепла на испарении, разложение, дегидратацию: хлористый и углекислый аммоний, нитраты натрия и калия и кристаллогидрат сульфата натрия.

3 Перспектива использования искусственного водного барьера высокого давления, как способа локализации импульса взрыва в замкнутом пространстве тоннелей и шахт. Определение импульса взрыва и процесс его затухания при взаимодействии с водным туманом.

4 Определение оптимального энергоёмкого состава, позволяющий локализовать распространение фронта пламени в шахтах при взаимодействии продуктов взрыва (ударно-воздушных волн) и водного заслона с метаном и угольной пылью.

Методы исследования

При решении задач, необходимых для достижения поставленных целей, использовались следующие методы исследования: термодинамический расчет с использованием программы Terra, термогравиметрический анализ, метод определения скорости горения, рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, метод определения температуры горения, полигонные исследования, хроматографический анализ для определения состава газообразных продуктов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

• Энергоёмкие составы $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{Mg}/\text{C}$: 65/20/1, где С - $(\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6, (\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_x, (\text{NH}_2)_2\text{C}=\text{N}-\text{C}=\text{N})$, с теплотой взрывчатого превращения $Q_{\text{взр}} = 314.43$

Дж/кгК, температурой горения $T = 2924$ К, составы характеризуются повышенной газопроизводительностью; Газогенерирующий состав НА – 80; Нано Al -5; Нано С -15 с размерностью (С -80-100 нм, Al- 30-80 нм), характеризующийся температурой вспышки пламегасителя – 430 °С, минимальной чувствительностью вспышки при ударе до 0,02 МПа

- Газогенераторный состав: бездымный порох – Mg – коллоксилин- KNO_3 мощность детонации, которой достаточно для взрывопоглощения до 30 МПа. Газогенерирующие пламегасители с неорганическими составляющими (1 – хлористый аммония, 2 – углекислый аммония, 3 – нитрат натрия, 4 – нитрат калия, 5 – кристаллогидрат сульфата натрия) с низкоскоростной детонацией на разложении и ингибированием горения до 1,25 мм/сек

- Пилотные испытания локализация импульсов взрыва водным заслоном в замкнутом пространстве в шахтах по добыче угля со снижением среднего значения избыточного давления в трех секциях на 38,8%, 26,67% и на 19,2% соответственно Закономерности воспламеняющего действия пламегасителей с теплотой взрыва 1200-1500 кДж/кг относительно горючих шахтных сред

- Закономерности технологии снижения ударных волн в модельной камере сгорания через определение критических значений тепловых характеристик взрыва от взаимодействия продуктов взрыва (ударно-воздушных волн) со средой (парафин) с пробиванием мишени на глубину от 3 до 6,5 мм, при толщине водного заслона до 50 мм и от условий взрывания зарядов, вызывающих воспламенение шахтной среды.

Научная новизна полученных результатов данной работы состоит в разработке нового энергоемкого состава, обладающего пламегасящим действием, который характеризуется следующими аспектами:

1. Разработкой рецептуры энергоемких составов пламегасителей на основе газогенерирующих составов хлористого и углекислого аммония с высокой скоростью горения;

2. Модифицирования классических энергоемких пламегасителей наноалюминием Alex, с исследованием влияния рецептурных факторов в присутствии газообразующих агентов в виде активированного углерода различной морфологии и природы происхождения;

3. Определение закономерности воспламеняющего действия взрыва относительно горючих шахтных сред через определение коэффициента избыточного давления ударной волны

Эти энергоемкие составы, могут быть использованы не только для локализации ударной волны но и в качестве средств для пожаротушения энергоемкими составами.

Практическая значимость полученных результатов

В создании предохранительной пламегасящей среды не в очаге воспламенения, а на пути распространения фронта пламени, чтобы не допустить развития взрыва метана во взрыв угольной пыли. Поскольку вовлечение в процесс большого количества горючей пыли, если его не остановить, может лавинообразно переходить во все более мощные взрывы пыле-метановоздушной

смеси переходящие в конечном итоге в детонационный взрыв с огромной разрушающей силой, ведущие за собой не только огромные экономические потери но и человеческие ресурсы.

Настоящая работа относится к развитию науки и технологии в области производства газогенераторов применяемых для взрывозащиты в шахтах опасных по газу и пыли, исследования направлены на поиск химических составов для подавления очагов возгорания в закрытых помещениях (подземных угольных шахтах, приборных отсеках, электрошкафах, складских и производственных помещениях, в железнодорожных вагонах и т.п.)

Для социально-экономического развития Республики Казахстан, в настоящее время очевидной становится необходимость разработки научных основ и создания новых технологий в горнодобывающей промышленности и разработке карьеров.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на различных международных симпозиумах и зарубежных конференциях:

Матер. VIII междунар. симп. «Горения и плазмохимия» и Международная научно-техническая конференция «Энергоэффективность-2015» (Алматы, Казахстан, 2015); IX Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов/Наноинженерия» и Международной конференции «Нанозергетические материалы и нанозергетика» (Алматы, 12-14 сентября, 2016); Тезисы докл. X Международного симпозиума «Физика и химия углеродных и нанозергетических материалов» Алматы, -2018; Carbon July 15-19, 2019. Lexington, USA; 3rd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship (WOCTINE) June 21-23, 2019. Istanbul, Turkey; Proceeding of the 10 th International Beremzhanov congress on chemistry and chemical technology. – Almaty, 2019; III Международная научно-практическая конференция «Science and business -2021" - Алматы, - 2021 ; XII International Symposium Combustion and plasmochimistry. Physics and chemistry of material science " - Almaty, - 2021.

Публикации. Результаты диссертационной работы были опубликованы в 24 печатных работах, из них 4 статьи, входящей в базу данных Scopus, 4 публикации были опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки РК, 16 – в сборниках международных симпозиумов и зарубежных конференции.

Связь с научно-исследовательскими работами и государственными программами

Тема представленной к защите диссертации «Разработка составов для поглощения ударной волны при аварийных взрывах», выполнена в рамках международного проекта МНТЦ INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CENTER Project No. #G-2209 Automated System for Protection from Accidental Explosions in Underground Structures, 2016-2019 гг и программы фундаментальных исследований: «Грантовое финансирование» по теме: «Получение жидкого топлива из угля и твердых органических отходов в присутствии пастообразователей».

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 101 страницах и включает 60 рисунков и 17 таблиц. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов и их обсуждения, заключения и списка использованных источников из 96 наименований.

Личный вклад автора заключается в постановке и проведении экспериментов, определении методов анализа и путей решения поставленных практических и теоретических задач, обобщении и интерпретации полученных результатов, написании статей и отчетов.