

АННОТАЦИЯ

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

Амир Жанибека Амирулы на тему «Пиротехнические составы для газогенераторов разрушающего воздействия на бетонные конструкции».

Общая характеристика работы. Диссертация посвящена разработке новых газогенераторных пиротехнических составов на основе нитрата аммония (НА) и перхлората аммония (ПХА) с добавками горючих отработанных полиэтилена, полиэтилентерефталата, с дальнейшей модификацией полученных пиросоставов путем добавления металлического горючего в виде магния МПФ-1, и экспериментальному исследованию их физико-химических свойств с целью применения энергоемких систем в качестве рабочего тела для разрушения бетонных конструкций.

Актуальность темы диссертации. Бетон и железобетон широко применяют во всех странах для возведения самых разнообразных объектов. В ближайшее время эти материалы останутся наиболее используемыми во всех областях строительства. Достаточно часто появляется необходимость демонтажа железобетонных конструкций. На данный момент наиболее распространенным методом разрушения железобетонных конструкций является дробление при помощи отбойных молотков и гидромолотов. Существуют также и альтернативные способы разрушения – это подрыв заряда взрывчатого вещества, электроимпульсное разрушение, ударное разрушение и ряд других. Но бывают случаи, когда традиционные технологии разрушения бетона неприменимы или слишком трудоемки. Например, работы в помещении действующего производства, в районе плотной застройки, в подвальных и заглубленных помещениях, при соседстве кабелей, водопроводов, теплосетей и иных коммуникаций, в связи с этим разработка новых, безопасных и эффективных газогенераторных составов является актуальной задачей.

В последнее время при разрушении бетона или добыче блочного камня используются газогенерирующие заряды, создающие давление в полости зарядной камеры за счет реакции горения состава. Альтернативой технологии осторожного взрывания (щадящее взрывание) может стать разрушение бетонных конструкций с помощью газогенераторных пиротехнических составов, которые обеспечивают квазистатический характер нагружения. Щадящее взрывание может быть осуществлено путем применения низкоплотных ВВ или пиротехнических газогенераторных составов, которые исключают вредные действия взрыва, проявляющегося в виде ударных воздушных волн (УВВ), сейсмозврывных волн (СВВ) и в виде разлета мелких фрагментов. При применении низкоплотных газогенерирующих составов полностью исключается образование вредных, ядовитых газов, бризантное действие взрыва, выражающееся в образовании сейсмо, ударных воздушных

волн и разлет отдельных фрагментов. В связи с этим в данной работе были разработаны газогенераторные составы на основе нитрата аммония и перхлората аммония, работающие в режиме горения и исключают бризантное действие взрыва, проявляющегося в виде СВВ и УВВ, а также в виде разлета мелких фрагментов.

Анализ и обобщение литературных данных позволили оценить ныне существующие газогенераторные составы ($\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-Al-C}$, $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al-ЖНС}$, $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-C-nAl}$), выявлен ряд неизученных параметров, таких как чувствительность на прямой и скользящий удар, проверка сохранности нормируемых характеристик для пиросоставов в интервале эксплуатационных температур. В связи с этим разработка безопасных составов, работающих при низких температурах до -40°C , обеспечивающих минимальные эксплуатационные затраты, является актуальной научно-технической задачей.

В результате выполненных исследований полученные газогенераторные составы на основе НА, ПХА могут эффективно использоваться в качестве рабочего тела при разрушении искусственных бетонных объектов. Создание новых типов газогенераторных составов с низкой стоимостью и улучшенными характеристиками является актуальным направлением в области пиротехники и взрывчатых веществ.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является разработка и исследование новых, эффективных газогенераторных пиротехнических составов на основе разных окислителей, работающих в критических климатических условиях, которые могут быть применены при разрушении бетонных конструкций с минимизацией удельных затрат и повышением безопасности труда.

Задачи работы. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- термодинамическое моделирование параметров горения газогенераторных составов для определения оптимального содержания исходных компонентов с применением компьютерного кода TDS;
- проведение экспериментальных исследований процессов горения газогенераторных составов на основе НА и ПХА с дозвуковой скоростью горения;
- исследование физико-механических характеристик пиротехнических систем на основе НА, ПХА;
- апробация разработанных газогенераторных составов на эффективность в испытательном полигоне «ЭСЦВМ».

Методы исследования. При решении задач, необходимых для достижения поставленной цели, использовались следующие методы исследования: термодинамический расчет с использованием программы TDS, термогравиметрический анализ, методы определения чувствительности на прямой и скользящий удары, дифференциальная сканирующая калориметрия, линейный метод определения скорости горения, метод определения времени задержки зажигания, рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, метод определения температуры горения, полигонные

исследования, хроматографический анализ.

Основные положения, выносимые на защиту:

– энергоёмкий состав на основе нитрата аммония (NH_4NO_3) с добавками (ПЭ-20%, Mg-10%) со стехиометрическим соотношением окислитель/горючее 70/30 по массе, выявленный на основе моделирования с использованием программы TDS, обеспечивает большую эффективность разрушающего воздействия за счет высокого выхода газов $0,129 \text{ кг/м}^3$, температуры и скорости горения (1890°C , $1,4 \text{ мм/с}$) и работоспособности 660 кДж/кг , чем составы, описанные в литературе;

– новый газогенерирующий состав на основе перхлората аммония ПХА (NH_4ClO_4 -85%) и добавок (ПЭ-10%, Mg-5%) со стехиометрическим соотношением окислитель/горючее 85/15 по массе, с коэффициентом избытка горючего ($\beta=1,004$) и кислородным балансом ($\text{КБ}=-0,23\%$), обладает более высокими энергетическими характеристиками (T , ρ , RT) по сравнению с известными составами, что достигается экзотермической реакцией между сильным окислителем ПХА и порошком магния МПФ-1;

– составы на основе НА (NH_4NO_3 -70%, ПЭ-20%, Mg-10%) и ПХА (NH_4ClO_4 -85%, ПЭ-10%, Mg-5%), с добавками крупнодисперсного магния (250-400 мкм), характеризуется существенно меньшей чувствительностью к прямому и скользящему удару и термической стабильностью в диапазоне температур от $+40^\circ\text{C}$ до -40°C ;

– составы на основе НА (NH_4NO_3 -70%, ПЭ-20%, Mg-10%) и ПХА (NH_4ClO_4 -85%, ПЭ-10%, Mg-5%), обладают низкой скоростью горения ($1,40 \text{ мм/с}$; $1,61 \text{ мм/с}$), что обеспечивает разрушение бетонных конструкций с минимальным нарушением контурного массива.

Объекты исследования – пиротехнические системы, состоящие из нитрата аммония, перхлората аммония с применением в качестве горючих магния, полиэтилена, полиэтилентерефталата.

Предмет исследований – основные закономерности горения газогенераторных составов на основе нитрата аммония, перхлората аммония и их возможность использования для разрушения искусственных объектов и блочного камня.

Новизна и важность полученных результатов. В работе были получены следующие результаты:

– впервые показано, что создание эффективных газогенерирующих составов разрушающего воздействия на основе НА, ПХА с добавлением ПЭ и магния МПФ-1 может быть осуществлено при помощи моделирования с помощью программы TDS;

– показано, что для получения состава с высокими энергетическими характеристиками на основе ПХА (NH_4ClO_4 -85%) и добавок (ПЭ-10%, Mg-5%), необходимо учитывать, как кислородный баланс, так и возможность реализации экзотермической реакции между сильным окислителем ПХА и порошком магния МПФ-1;

– установлено, что добавление магния с дисперсностью 250-400 мкм

(МПФ-1) к составам на основе НА и ПХА, помимо существенного повышения их энергетических характеристик, приводит к уменьшению чувствительности к прямому и скользящему удару, что обеспечивается ингибиторными свойствами магния МПФ-1.

Теоретическая значимость. Представлены научно-обоснованные критерии, определяющие выбор технологических процессов и оптимальных условий для разрушения искусственных объектов и при добыче блочного камня в условиях с высокой лабильностью физико-химических параметров в зависимости от состава исходных компонентов, стадии метаморфизма, методов хранения и т.д.

Практическая значимость.

Предложены новые рецептуры газогенераторных составов на основе НА, ПХА, обладающие высокими энергетическими характеристиками, позволяющие минимизировать удельные затраты и повысить безопасность труда.

Впервые разработаны газогенерирующие составы, где в качестве горючего использовались отработанные ПЭ и ПЭТФ, которые являются связующими и газообразующими агентами.

Впервые проведена проверка сохранности нормируемых характеристик для пиросоставов на основе НА, ПХА в интервале эксплуатационных температур от +40°C до -40°C.

Основные результаты исследования, **полученные и установленные в ходе выполнения диссертационной работы:**

1. Решены TV, НР - задачи методом экстремума характеристических функций, заложенным в программный комплекс TDS для определения оптимального количества исходных компонентов состава. Разработан новый состав на основе нитрата аммония, разрушающий бетонные блоки средней прочности. Состав №1: NH_4NO_3 -70%, ПЭ-20%, Mg-10%, характеризующийся температурой горения 1890°C, скоростью горения 1,40 мм/с, работоспособностью 660 кДж/кг, газовым выходом 0,129 м³/кг;

2. Установлено, что при 5%-ом добавлении магния в состав №2: NH_4ClO_4 -85%, ПЭ-10%, Mg-5%, характеризуется температурой горения 2425°C, скоростью горения 1,61 мм/с, работоспособностью 1024 кДж/кг, газовым выходом 0,131 м³/кг. Методом ТГ-ДСК показано, что при температуре 279,9°C, 372,3°C НА и ПХА хорошо окисляют ПЭ, что говорит о возможности их использования в паре;

3. При проведении физико-механических исследований для составов на основе НА (NH_4NO_3 -70%, ПЭ-20%, Mg-10%), ПХА (NH_4ClO_4 -85%, ПЭ-10%, Mg-5%), было установлено, что при прямом и скользящем ударах по испытуемым образцам, температура их нагрева не достигает температуры воспламенения, расчетная безопасная энергия удара для наших систем составила, не менее 9,8 Дж, что подтверждает недостаточность энергии удара равной 49 Дж (начальный импульс) для возбуждения взрывчатого превращения. Все образцы на основе НА, ПХА после выдержки под воздействием в течение двух часов температур от +40 до -40°C сработали

безотказно;

4. Составы на основе НА, ПХА апробированы на эффективность в полигоне ЭСЦВМ (г. Усть-Каменогорск). Доказано, что данные составы могут быть применены для направленного раскола с минимальным нарушением контурного массива бетонных конструкции разной прочности в суровых климатических условиях до -40°C . Теоретически и экспериментально было подтверждено, что ядовитые газы такие как монооксид углерода, окислы азота имеют концентрацию до 5 мг/м^3 , не превышающие предельно допустимые значения.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на различных международных, республиканских конференциях и симпозиумах: V международная научная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз 2019» (Москва, Россия, 12-15 февраля, 2019); IV международная научная конференция «Химическая физика и наноматериалы» (Алматы, Казахстан, 19 апреля, 2019); IV международная научная конференция «Химические проблемы современности» (Донецк, Украина, 19-21 мая 2020); VI международная научная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз 2020» (Москва, Россия, 11-14 февраля, 2020); VII международная научная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз 2021» (Москва, Россия, 23-26 марта, 2021); V международная научная конференция «Химические проблемы современности» (Донецк, Украина, 18-20 мая, 2021); XIII Международный Симпозиум «Химическая физика, материаловедение, наноматериалы» (20-21 декабря, 2022 г. Алматы, Казахстан).

Личный вклад докторанта в подготовку каждой публикации. Личный вклад автора заключается в постановке задач исследования, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обсуждении и обобщении полученных результатов, написании тезисов докладов и статей. По результатам исследований опубликовано 10 тезисов докладов на конференциях и симпозиумах, 5 статей в журналах, рекомендованных КОКСОН, 8 статей в журналах, индексируемых базами данных Scopus и (или) Web of Science. Получено 1 авторское свидетельство № 17250. Исследование термодинамических характеристик газогенерирующего состава на основе перхлората аммония / Акназаров С.Х., Амир Ж.А., Кудьярова Ж.Б., Головченко О.Ю., Аллан И.Қ. – Опубл. 30.04.2021. В большинстве статей Амир Ж.А. является первым автором или автором-корреспондентом, таким образом внес основной вклад при подготовке всех указанных научных трудов.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованных источников, содержащего 108 наименований. Общий объем диссертации составляет 107 страниц машинописного текста, включая 57 рисунков, 23 таблицы и 2 приложения.