

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
Региональная общественная организация
«Выпускники Казанского национального исследовательского
технологического университета»
Республиканское химическое общество им. Д.И. Менделеева

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Материалы Всероссийской научно-методической
конференции

25-27 ноября 2019 года

Казань
КНИТУ
2019

УДК 662.1:662.2:662.3

Современные проблемы специальной технической химии: Материалы всероссийской научно-метод. конференции – Казань: Изво Каз. нац. исслед. технол. ун-та, 2019. – 156 с.

Представлены материалы Всероссийской научно-методической конференции «Современные проблемы специальной технической химии», проведенной Казанским национальным исследовательским технологическим университетом, Региональной общественной организацией «Выпускники Казанского национального исследовательского технологического университета», Республиканским химическим обществом им. Д.И. Менделеева 25-27 ноября 2019 года.

В материалах отражены результаты экспериментальных и теоретических исследований в области специальной технической химии и конверсии, а также вопросы подготовки инженерных кадров в современных условиях.

Конференция приурочена к юбилейным датам: 110-летию со дня рождения М. М. Арша, 90-летию со дня рождения Ф. П. Мадякина, 110-летию со дня рождения В.М. Бочкова и 80 лет со дня образования кафедры ТТХВ.

Полученная информация, знания, приобретенные контакты во время работы конференции и научной школы позволят участникам совершенствовать учебные планы, рабочие программы перспективных учебных дисциплин в учебном процессе при подготовке бакалавров, специалистов и магистрантов в данной области, развивать перспективные научные работы, а также повысить эффективность коммерциализации университетских инноваций.

Программный комитет

Сопредседатель - **Михайлов Ю. М.** – академик РАН,
Председатель НТС ВПК РФ – заместитель председателя коллегии ВПК РФ –
Председатель президиума Совета Попечителей КНИТУ

Сопредседатель – **Юшко С. В.** – Ректор КНИТУ, Член-
корреспондент АН РТ, д.т.н., профессор;

Члены программного комитета (по согласованию):

Афиатуллоев Э. Х. – заместитель исполнительного директора по
научной работе АО «НИИПМ»;

Вареных Н. М. – управляющий директор АО «ФНПЦ «НИИПХ»;

Гатина Р. Ф. – директор ФКП «Казанский ГосНИИХП»;

Злотин С. Г. – заведующий лабораторией тонкого органического
синтеза им. И.Н. Назарова ФГБУН ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН;

Керов А. В. – декан ИТФ СамГТУ;

Кливлеев В. М. – генеральный директор ООО «Экспотехвзрыв»;

Лепин В. Н. – генеральный директор АО «НПК «Техмаш», член-
корреспондент РАН;

Лившиц А. Б. – генеральный директор ФКП «КГ КПЗ»;

Милехин Ю. М. – генеральный директор ФЦДТ «Союз», Академик
РАН;

Меркин А. А. – исполнительный директор АО «ГосНИИ «Кристалл»;

Мазур А. С. – декан ИТФ СПбГТИ (ТУ);

Михайлов А. Л. – заместитель научного руководителя ФГУП «РФЯЦ-
ВНИИЭФ», советник директора по газодинамическим исследованиям;

Певченко Б. В. – генеральный директор АО «ФНПЦ «Алтай»;

Петров Е. А. – декан инженерного спецфакультета БТИ АлтГТУ;

Резников М. С. – исполнительный директор АО «ЧПО им. В. И.
Чапаева»;

Сакович Г. В. – научный руководитель ИПХЭТ СО РАН, Академик
РАН;

Семененко Н. П. – управляющий директор АО «НИМИ им. В. В.
Бахирева»;

Стрельников В. Н. – Директор «ИТХ УрО РАН» – филиала ФГБУН
Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, член-
корреспондент РАН;

Сысолятин С. В. – директор ИПХЭТ СО РАН;

Синдицкий В. П. – декан ИХТФ РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Конференцию поддерживают:



АО Федеральный научно-производственный центр «НИИ прикладной химии»



АО «Муромский приборостроительный завод»



АО «Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева»



АО «Красноармейский НИИ механизации»



Региональная общественная организация «Выпускники КНИТУ»



Государственная корпорация «Росатом»



ФКП «Казанский завод точного машиностроения»



Холдинговая компания АО «НПК «Техмаш»



ФКП «Алексинский химический комбинат»



АО «ГосНИИ «Кристалл»



ФКП «Казанский государственный пороховой завод»



ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова»



АО «Новосибирский завод искусственного волокна»



АО «Научно-производственное объединение «Базальт»

Ф.П. Мадякин – ученый, педагог, руководитель



*Воспоминания о профессоре
Мадякине Федоре Павловиче
(1929 – 2012)*

к 90-летию со Дня рождения

*Белобородова О.И.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Инженерный химико-технологический
институт*

Федор Павлович Мадякин - доктор технических наук, Заслуженный изобретатель и лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ и РТ, член-корреспондент академии наук РТ - являлся выдающимся ученым в области специальной технической химии, талантливым организатором и неугомонным борцом – энтузиастом своего дела, патриотом своего вуза, своей родины.

Выпускник Казанского химико-технологического института, он посвятил своей alma mater всю свою активную научно-педагогическую и общественную деятельность, пройдя путь от ассистента до ведущего ученого, известного в России.

Активная жизненная позиция, лидерские качества и организаторские способности Федора Павловича проявились еще в юношеские годы. Будучи студентом, он стал председателем студенческого совета общежития, членом комитета ВЛКСМ, руководителем агитколлектива. Спустя три года после окончания вуза он осваивал целину во главе первого сводного целинного отряда Татарской АССР, который работал в казахских степях.

А впоследствии стал покорять целину в науке, создавая свои сказочные «мерцающие звезды», разрабатывая высокоэффективные пиропороховые составы различного назначения на основе утилизируемых порохов, осваивая принципиально новые для отрасли технологии и изделия.

Первое публичное сообщение о закономерностях горения составов с периодическим излучением Федор Павлович сделал на XXI Международном семинаре по пиротехнике. А в 1967 году группа советских ученых-пиротехников, включающих и представителей казанской школы, получила Госпремию СССР за то, что первыми в мире разработали мерцающие фейерверочные огни, без которых не обходится сегодня ни один высотный салют. В 1985 году, к Международному фестивалю молодежи и студентов в Москве, под руководством Федора Павловича Мадякина был создан уникальный состав на термопластичной основе для «пироромашки», которая светилась на специальном панно. Мир тогда снова удивился.

К основным научным достижениям Федора Павловича и его учеников относятся:

- открытие и всестороннее изучение горения гетерогенных горючих систем с периодическим излучением. Разработка пульсирующих составов белого и цветных пламен;

- разработка пиротехнических составов различного назначения на основе эластомеров и пластизольных систем, обработка технологии их изготовления;

- разработка пиротехнических составов цветных огней, искристо- пламенных, аэрозолеобразующих, газогенерирующих на основе нитратов целлюлозы и утилизируемых порохов.

Новизна проведенных исследований реализована в более чем 200 патентах и внедрениях высокопроизводительных технологий и новых рецептур составов. Общее количество печатных изданий, автором которых является Федор Павлович Мадякин, превышает 1000.

Одновременно с разработкой составов и изделий для оборонной промышленности Федор Павлович интенсивно занимался вопросами конверсии в поисках новых областей приложения сил коллектива инженерного химико-технологического факультета, деканом которого он являлся в 1976-1985 и 1990-1992 гг. Проблемные вопросы по организации и обеспечению развития науки и учебного процесса он поднимал на всех уровнях – на конференциях, лекциях, в кабинетах различных Министерств и ведомств. Он был единственным в институте деканом, который параллельно с плодотворной научно-

педагогической работой на энтузиазме души строил на окраине города учебный городок инженерного химико-технологического факультета, занимался оснащением строящихся корпусов оборудованием и приборами. Сейчас мы с удовольствием работаем и учим студентов в этом городке, которому Федор Павлович отдал столько сил и здоровья.

Федор Павлович уделял большое внимание методической работе; сам участвовал в составлении учебных планов специальностей, подготовил целый ряд учебных пособий, по которым студенты занимаются и по сей день: двухтомник «Компоненты и продукты сгорания пиротехнических составов», «Сигнальные и фейерверочные составы и изделия», «Краткая энциклопедия по пиротехнике» и др.

На всех этапах своей деятельности Ф.П. Мадякин отличался внутренней целеустремленностью и удивительным неиссякаемым трудолюбием. Талантливого ученого, руководителя, организатора, общественного деятеля Федора Павловича Мадякина узнавали, принимали, почитали в самых высших эшелонах власти. С 1977 г. в течение более десяти лет он возглавлял Координационный совет при Минвузе и Минмаше СССР по подготовке инженерных кадров для оборонной промышленности; являлся членом Научного Совета РАН, а также членом НТС при Управлении начальника вооружения ВС РФ, являлся членом научно-редакционной коллегии Татарской энциклопедии по разделу «Химия».

Не напрасно на один из его юбилеев коллеги – сотрудники кафедры ХТГС, которой он руководил 14 лет (1985 – 1999 гг.) - посвятили Федору Павловичу следующие строки:

Да, по правде сказать, - не хочу

Я по жизни брести, я лечу.

Что задумал – мне все по плечу,

Если трудно, то я хохочу.

Федор Павлович никогда не давал возможности отсидеться в тиши ни себе, ни своим ученикам, ни коллегам по работе. Так, именно он является родоначальником конференции «Современные проблемы технической химии», проводимой с определенной периодичностью в

ИХТИ. Всего же под его руководством подготовлено и проведено 14 Международных и Всероссийских научно-технических и методических конференций по вопросам специальной технической химии. На подобные конференции съезжались коллеги, соратники, друзья и ученики Федора Павловича из различных организаций отрасли со всех уголков нашей необъятной родины. И нет ничего удивительного в том, что некоторые масштабные конференции совпадали с Днем рождения «патриарха российской пиротехники», как его назвали в одном из периодических изданий. Ударным трудом своего научного руководителя стремились поздравить и его благодарные ученики. Так, один из его любимых учеников, Ильнур Абдуллоевич Абдуллин, приурочил защиты кандидатской и докторской диссертаций (25 декабря 1981 и 2000 гг. соответственно) ко Дню рождения Учителя.

Заслуги Федора Павловича Мадыкина по достоинству оценены и руководством страны: он - кавалер ордена Дружбы; награжден медалями, знаками отличия и грамотами различного уровня.

Федора Павловича отличали мощное магнетическое влияние на окружающих, стремление к независимости, честолюбивое желание во всем превзойти окружающих. Порой удивляло, откуда можно черпать столько неистощимой энергии и оптимизма! Подобную активность он проявлял не только в отношении работы. Заядлый грибник, цветовод, огородник, любитель лыжных прогулок – без дела он не мыслил себя.

Большой, шумный, неугомонный, с громким задорным смехом, с хитринкой в глазах – именно таким помним его мы, коллеги и ученики. Проведение на базе ИХТИ юбилейной конференции с обсуждением проблем в области специальной технической химии и вопросов подготовки кадров для ОПК является достойной данью памяти нашего Учителя.

УДК 548.55

**В.М. Бочков - создатель научного направления
по выращиванию и изучению свойств монокристаллов
энергонасыщенных материалов**

Хайруллина Н.С., Ахмедшина В.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Инженерный химико-технологический институт, Ttxb@kstu.ru



В. М. Бочков из неполных 85 лет своей жизни 60 посвятил нашему вузу. Студент, аспирант, ассистент, доцент, профессор, 25 лет заведовал кафедрой технологии твердых химических веществ. Он участник Великой Отечественной войны, в составе стрелковой дивизии В.М. Бочков прошел боевой путь от Подмосквья до Праги.

У Василия Михайловича имеется несколько наград — это два ордена Красной Звезды, медаль «За боевые заслуги». В 1946–1948 гг. он продолжил учебу в аспирантуре, которую закончил с защитой диссертации.

В эти годы им были заложены основы нового научного направления, превратившегося впоследствии в известную в стране научную школу по выращиванию и изучению свойств кристаллов энергонасыщенных материалов (ЭНМ). Этому детищу он посвятил свою творческую деятельность. Особенно уникальными являются его исследования в области зарождения и роста кристаллов ЭНМ, а также выявление дефектов кристаллической структуры и изучение свойств поверхности монокристаллов. Наиболее важным свойством реальной поверхности, является ее электрический микрорельеф, обусловленный заряженными структурными дефектами. Обладая ориентирующим эффектом и сферой дальнего действия электрический микрорельеф

является активным элементом в формировании структуры и свойств граничных слоев, а через них и свойств гетерогенных систем, к которым относятся различные энергонасыщенные композиции.

Процесс роста кристаллов достаточно сложен и получение монокристалльных образцов должного качества требует знаний особенностей кристаллизации ВВ из растворов в органических растворителях и в первую очередь необходим правильный выбор органического растворителя, в котором исследуемое вещество должно достаточно хорошо растворяться и вырастать из растворов в желаемой кристаллической форме [1]. Выбранный растворитель должен обладать физической и химической стабильностью – не разлагаться, не окисляться, не взаимодействовать с кристаллизуемым веществом и материалом кристаллизатора, не образовывать комплексные соединения. Затем необходимо изучить растворимость ЭНМ в выбранном растворителе в широком интервале температур и построить фазовые диаграммы. Полученные данные в совокупности и позволят обоснованно подойти к выбору метода выращивания кристаллов ЭНМ. Именно такому подходу к выращиванию монокристаллов ЭНМ В.М.Бочков учил своих учеников, которых он удивлял своей увлеченностью и неподдельной любовью к науке о кристаллах.

Василия Михайловича отличала высокая интеллигентность, уважительное и мягкое отношение ко всем членам кафедры в различных ситуациях, трудолюбие и энергичность в работе.

Сохраняя память о любимых учителях, мы отдаем дань прошлому, а без прошлого нет настоящего. Делается это и ради подрастающего поколения

Литература

1.Хамский, Е.В. Кристаллизация и физико-химические свойства кристаллических веществ. – Л.: Наука, 1971. – 36с.

СЕКЦИЯ 1

Синтез, свойства и технология высокоэффективных энергетических конденсированных систем

УДК 66.661.74

ТЕРМО-ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНАЯ (ТВИ) ТЕХНОЛОГИЯ НИТРАЦИИ КОНОПЛЯНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Алимов А.Р., Косточко А.В., Мадякин В.Ф., Лившиц А.Б.
ФКП «КГ КПЗ», e-mail:alimov.artur.91@mail.ru

Спроектирована лабораторная установка термо-вакуум-импульсной нитрации. Проведена нитрация конопляной целлюлозы, полученной из лубяных культур. В качестве нитрующего средства использовали кислотную смесь (азотная кислота, серная кислота и вода). Конопляную целлюлозу в количестве 10 г. помещали в реактор объемом 2000 мл., после чего крышку реактора герметично закрывали, реакционную зону вакуумировали до остаточного давления 6700 Па. Далее в реактор подавали нитрующую кислотную смесь (НКС) температурой $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в количестве соответствующему модулю нитрации данного эксперимента. При вводе НКС в реакционной зоне наблюдалось повышение температуры. Реакцию нитрации в данных условиях проводили в течении 2 мин., принятый период обусловлен вакуум-импульсным воздействием на целлюлозный материал, в результате которого происходит впитывание нитрующей кислотной смеси и вследствие чего скорость реакции значительно увеличивается. По истечению нитрации производили слив отработанной кислотной смеси при помощи импульс-вакуумного отжима, а полученные нитраты целлюлозы после стабилизации отправляли на анализ. Модуль нитрации изменяли от 1:50 до 1:5. Анализ полученных нитратов целлюлозы позволил определить минимальный модуль нитрации в данных условиях (1:10), при котором физико-химические характеристики полученных НЦ соответствовали коллоксилину ПСВ. Степень нитрации полученных образцов 190,1-191,8 мл NO/г. Вывод: ТВИ-нитрация позволяет существенно сократить время нитрации и снизить кислотооборот.

Литература

1. В.Ф. Мадякин, А.Б. Лившиц, С.Ю. Федорова, М.В. Лузянина // Вестник Казан. технол. ун-та, 22, 80-83 (2019).

2. С.Ю. Игнатьева, В.Ф. Мадякин, Р.Ф. Гатина, А.Ю. Осипова // Вестник Казан. технол. ун-та, 17, 144-146 (2014).

3. ГОСТ Р 50461-92. Коллоксилин лаковый и лакомастичный.

4. В.И. Гиндич. Технология пироксилиновых порохов. Т.1. Производство нитратов целлюлоз и регенерация кислот. Казань, 1995. 562 с.

5. М.А. Фиошина, Д.Л. Русин. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив. Москва. 2001. 207 с.

УДК 66.662.22

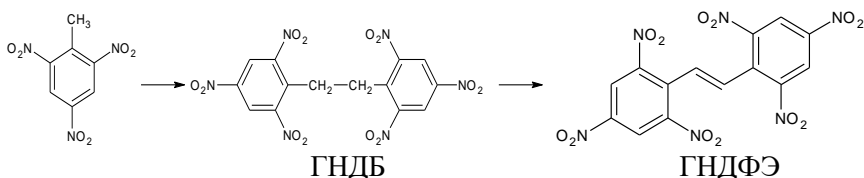
**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОЛУЧЕНИЕ
ГЕКСАНИТРОДИБЕНЗИЛА – ПРОМЕЖУТОЧНОГО
ПРОДУКТА ПРИ СИНТЕЗЕ
ГЕКСАНИТРОДИФЕНИЛЭТИЛЕНА**

Андреева Г.В., Гильманов Р.З., Юсупова Л.М., Мухаметзянова А.А.,
Шиченков Р.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: galiya1105@mail.ru

Гексанитродифенилэтилен (ГНДФЭ) – соединение, сочетающее такие важные свойства как термостабильность и высокие энергетические характеристики. Разработаны и совершенствуются доступные экологически безопасные методы получения его из тринитротолуола. Актуальной остается задача по разработке методов синтеза гексанитродифенилэтилена с целью увеличения выхода и качества.

Образование ГНДФЭ может быть представлено в виде схемы:



Промежуточным продуктом при получении гексанитродифенилэтилена является гексанитродибензил (ГНДБ). Учитывая, что глубина прохождения процесса окисления тринитротолуола до гексанитродифенилэтилена зависит от полноты образования промежуточного гексанитродибензила, настоящее

исследование направлено на выявление условий, благоприятствующих процессу получения ГНДБ.

В результате проведенных исследований были установлены и оптимизированы факторы, влияющие на эффективность и полноту окисления тринитротолуола до гексанитродибензила [1,3].

Литература

1. Жилин В.Ф. Малочувствительные взрывчатые вещества / В.Ф. Жилин, В.Л. Збарский, Н.В. Юдин // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. С.172

2. Окисление метильной группы полинитрозамещенных ароматических соединений в щелочной среде / Г. В. Андреева, Р.З. Гильманов, Л.М. Юсупова, Т.Н. Собачкина, А.В. Корнилов, О.А. Нагорнова, Е.Н. Антошкина // Вестник КТУ.-2018.-т.21.-В.10 .С.15-18.

УДК 666

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ПЛАСТИФИКАТОРА В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ

Балыбердин А. С^{1.}, Репин В. Б., Шарафисламов Ф. Ш.,

Махоткин А. Ф., Ляпин Н. М.²

¹ФГБОУ ВО «КНИТУ», ²ФКП «ГосНИИХП»

e-mail: alexbalyberdin@rambler.ru

Приводится описание экспериментального определения коэффициента диффузии в системе жидкость - твердое. Существует несколько методов измерения эффективного значения коэффициента диффузии низкомолекулярной фракции из твердого тела. Наиболее перспективными, на наш взгляд, являются оптические методы, поскольку они безинерционны и, как правило, бесконтактны.

В качестве метода исследования изменения показателя преломления применяется интерферометрические методы. Применение данного метода позволяет измерять диапазон изменения концентрации с точностью $1 \cdot 10^{-3}\%$.

По результатам экспериментальных данных получен ряд закономерностей эффективного коэффициента диффузии от концентрации, температуры, пористости и т. д.

Предварительные результаты изложены в работах [1-3]

Литература

1. Ахметова, Г.В. Влияние усадки полимерного зерна на основные показатели процесса экстракции трудноудаляемого растворителя. / Г.В. Ахметова, А.С. Балыбердин, В.И. Коновалов [и др.] // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2010. - №10. – С.199÷204.

2. Репин, В.Б. Методика измерения коэффициента диффузии при экстракции пластификатора из полимерного зерна / В.Б. Репин, А.С. Балыбердин, Ф.Ш. Шарафисламов [и др.] // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т.15. - №6. – С. 117÷120.

3. Репина, А. В. Влияние усадки полимерного зерна на коэффициент диффузии пластификатора при его экстракции/ А. В. Репина, А. С. Балыбердин, Ф.Ш. Шарафисламов [и др.] // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т. 15. - №11. – С. 106÷110.

УДК 541.64:532.6

ВЗАИМОСВЯЗЬ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ И АДГЕЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМЕ КАУЧУКОВОЕ ПОКРЫТИЕ – ЦИКЛИЧЕСКИЙ НИТРАМИН

Баранова Н.В., Пашина Л.А., Косточко А.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail:baranova-htvms@mail.ru

При изготовлении энергоемких композиций, наполненных циклическими нитраминами, актуальной является проблема обеспечения адгезионной прочности на межфазных границах, являющаяся необходимым условием достижения оптимальных прочностных свойств. С точки зрения молекулярной теории адгезии прочность адгезионного соединения определяется числом связей между контактирующими поверхностями и их энергией.

В работе представлены результаты исследования адгезионной прочности неполярных каучуков (бутилкаучука (БК 1675), изопренового каучука (СКИ-3)) к поверхности кристаллов циклотетраметилтетранитра-мина (НА) методом «одногогрибкового» отрыва. Структурно-химические особенности контактирующих поверхностей компонентов наполненных композиций изучались методом НПВО ИК-спектроскопии.

Установлено, что наиболее высокие значения адгезионной прочности характерны для системы СКИ-3 – НА ($A_{\text{СКИ-3} - \text{НА}} = 0,42$ МПа, $A_{\text{БК 1675} - \text{НА}} = 0,27$ МПа). Анализ полученных данных проводился с точки

зрения концепции кислотно-основных взаимодействий молекулярной теории адгезии. Высказано предположение о возможности образования адгезионного контакта на границе неполярный каучук – НА за счет кислотно-основных взаимодействий, реализуемых по донорно-акцепторному механизму между активными центрами контактирующих поверхностей. Обнаружено, что на поверхности наполнителя центрами адгезионного взаимодействия являются кислотные центры Бренстеда ($-CH$), а на поверхности каучуков – основные центры Бренстеда (двойные связи). Увеличение адгезионной прочности на границе раздела каучук – НА коррелирует с ростом основных центров Бренстеда – двойных связей – на поверхности в ряду БК 1675, СКИ-3.

Разработаны рецептурно-технологические параметры модификации поверхности НА исследуемыми каучуками. Установлено оптимальное количество слоев каучукового покрытия с точки зрения повышения количества активных центров в поверхностном слое модифицированного наполнителя.

Выявленные закономерности формирования межфазных взаимодействий необходимы для создания энергоемких композиций с улучшенным комплексом эксплуатационных свойств.

УДК 661.179

СМЕШЕНИЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СМЕСИТЕЛЕ ВЕРНЕР – ПФЛЕЙДЕРЕР

Бахтиаров Л.И., Косточко А.В., Мадякин В.Ф.,
Лившиц А.Б., Поваров С.А.
ФКП «КТ КПЗ», e-mail:linar-rubin@mail.ru

Проведена опытная работа смешения двух модельных термопластичных энергонасыщенных композиций: нитрата стронция, порошка магниевого МПФ-4, трибутилфосфата, сополимера ВЛ-15 и хлорпарафина ХП-1100 в смесителе Вернер - Пфлейдерер. Перед загрузкой прошла обкатка на холостом ходу. Нагрузка на двигатель составила 15 а. Композиции отличаются по содержанию компонентов. Загрузка компонентов осуществлялась вручную. Загрузка смесителя состав А: нитрат стронция 72,5 кг, МПФ-4 23,75 кг, трибутилфосфат 8,75 кг, ВА-15 17,5 кг, ХП-1100 2,5 кг. Загрузка смесителя состав Б: нитрат стронция 72,5 кг, МПФ-4 23,75 кг, трибутилфосфат 6,25 кг, ВА-15 17,5 кг, ХП-1100 5 кг. Величина навесок нитрата стронция, МПФ-4, трибутилфосфата, ВА-15, ХП-1100 равны 18,125 кг, 11,875 кг,

8,75/6,25 кг, 17,5 кг, 2,5/5 кг соответственно. Изучено влияние температуры на технологические свойства полученных композитов. Сначала смешиваем состав А. Образовались непромеси и налипание массы на стенки и корпус аппарата. При загрузке ВА-15 масса стала резиноподобной и произошла остановка аппарата. Нагрузка на двигатель составила 30 а. Температура была 80 °С. Для исключения ускоренной пластификации массы при смешении следующую мешку состава Б проводим без подвода тепла, при комнатной температуре. Исключили налипание на корпус и мешалки оборудования при смешении. Масса получилась рассыпчатая. Технология смешения энергонасыщенных материалов такого состава проводить при комнатной температуре. При смешении температура изменяется от комнатной до 44 °С.

Литература

1. А.Г. Касаткин, Основные процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Механические процессы. 2-е изд., исправ. и доп., ГОНТИ НКТП, Москва, 1938. 508 с.

2. М.А. Фиошина, Д.Л. Русин, Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив. Учеб. Пособие, им. Д.И. Менделеева, Москва, 2001. 207 с.

3. А.А. Фрейман, Краткий курс пиротехники: Государственное издание оборонной промышленности, Москва, 1940. 149 с.

УДК 547.458.82:532.73

ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ НИТРАТА 4,4-ДИНИТРОПЕНТАНОЛА-1 И СМЕСЕВЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Галеева Е.Ю., Данилова Н.О., Никитина Н.Н., Никитин В.Г.,
Мингазова В.К., Косточко А.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: nikitinann@mail.ru

При создании энергоемких материалов, содержащих активные пластификаторы, большое практическое значение имеет информация о термическом поведении последних в широком температурном интервале, а также их химическая и термодинамическая совместимость с другими компонентами.

Целью данной работы является определение физико-химических свойств и термического поведения пластификатора ряда нитратов

нитроспиртов: нитрата 4,4-динитропентанола-1 и смесевых пластификаторов на его основе, а также оценка возможности их применения для получения энергоемких нитратцеллюлозных материалов.

В ходе выполнения работы методом дифференциальной сканирующей калориметрии исследовано термическое поведение нитрата 4,4-динитропентанола-1 в температурном интервале от -70 до 350 °С и выявлены недостатки пластификатора в качестве потенциального компонента энергоемких материалов; получены смесевые пластификаторы на основе нитрата 4,4-динитропентанола-1 и изучено их термическое поведение.

Выполнена оценка растворяющей способности исходного и смесевых пластификаторов по отношению к нитрату целлюлозы при нормальной и повышенной температурах. Получены образцы нитрата целлюлозы, пластифицированного нитратом 4,4-динитропентанола-1 и смесевыми пластификаторами на его основе; определены количественные характеристики их термического разложения и проведена оценка химической совместимости компонентов.

УДК 541.11; 547.23

ИНДУКЦИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИТРОГРУПП В ПОЛИНИТРОПАРАФИНАХ

Гафаров А.Н., Садыков Л.Н.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail:lainer92@yandex.ru

Анализ экспериментально установленных значений энтальпии образования моно- и поли-нитроалканов на основе принципов ЛСЭ и закономерностей индукционных взаимодействий позволил установить эмпирическую зависимость энергии индукционного взаимодействия (E_i) двух нитрогрупп в виде функциональной зависимости от количества углеродных атомов (n), отделяющих нитрогруппы. $E_i = E_0Kn$, где E_0 - термохимическая константа, отражающая энергию индукционного взаимодействия нитрогрупп, K – коэффициент снижения энергии индукционного взаимодействия двух нитрогрупп в алифатических полинитросоединениях при увеличении величины n на одну единицу. Общий энергетический вклад индукционных взаимодействий нитрогрупп в энтальпию образования полинитроалканов равен сумме энергий всех независимых

индукционных взаимодействий двух нитрогрупп. Энтальпия образования полинитропарафинов равна алгебраической сумме аддитивных термодимических вкладов структурных фрагментов и энергий индукционных взаимодействий в соответствии с общей формулой:

$\Delta H_0f(\text{ж}) = a(-48,1) + b(-25,5) + c(-5,4) + d(+14,6) + e(-69,1) + 114,1 \cdot \sum f \cdot 0,43n$ (кДж/моль), где a, b, c, d – соответственно количество в молекуле группировок $-\text{CH}_3, >\text{CH}_2, \equiv\text{CH}, >\text{C}<$; e – количество нитрогрупп; f – количество индукционных взаимодействий с одинаковым значением n . На примере семи полинитроалканов сложной структуры выявлено удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных значений энтальпий образования, что позволяет рекомендовать разработанную методику при решении прикладных задач по синтезу и применению полинитропарафинов.

Литература

1. Ю.А. Лебедев, Е.А. Мирошниченко, Ю.К. Кнобель. Термохимия нитросоединений. Наука, М., 1970, 168 с
2. С.С. Новиков, Г.А. Швейхгеймер, В.В. Севостьянова, В.А. Шляпочников. Химия алифатических и алициклических нитросоединений. Химия, М., 1974, 416 с
3. Н.Д. Лебедева, В.А. Пальм, П.М. Гутнер. Реакционная способность органических соединений. 6, 1, 84-113
4. А.Н. Гафаров, Л.Н. Садыков. Вестник Технологического университета, 2018, 3, 5-7.

УДК 547.427.1

НИТРОВАНИЕ ПЕНТАЭРИТРИТА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ В СРЕДЕ ХЛОРОФОРМА

Гафаров А.Н., Садыков Л.Н., Хусаинова А.А.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lainer92@yandex.ru

Реакция пентаэритрита с азотной кислотой протекает в 4 стадии последовательным замещением гидроксильных групп субстрата нитратными группировками. Синтез тетранитрата пентаэритрита (далее эринит) происходит очень быстро. Вследствие обратимости реакции для достижения высокого выхода эринита на 1 моль пентаэритрита расходуется 12 молей 98% азотной кислоты.

Отработанная кислота содержит 86-87% азотной кислоты. При концентрации азотной кислоты ниже 80% этерификация гидроксильных групп прекращается. Предварительные эксперименты показали, что при дозировке пентаэритрита в 95% азотную кислоты, независимо от снижения её количества основным продуктом реакции является эринит. Уменьшение количества азотной кислоты приводит к снижению выхода эринита, но не к образованию промежуточных продуктов. В связи с этим было принято решение о необходимости изменения порядка смешения реагентов, реакцию проводят в инертной среде с уменьшенным количеством азотной кислоты. С целью повышения выхода тринитрата и снижения выхода эринита изменяли количество азотной кислоты, температуру и продолжительность выдержки, а также добавляли в реакционную систему серную кислоту и уксусный ангидрид. Существенное влияние на результаты нитрования оказало добавление в реакционную массу уксусного ангидрида при снижении расхода азотной кислоты. В оптимальных условиях достигается выход тринитрата пентаэритрита 30% при минимальном выходе эринита (0-2%).

Литература

1. Howe, V.B., Winbury, M.M, Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. Volume 187, Issue 3, 1973, Pages 465-474.
2. Сугак, Н.Ю. Пентаэритрит: методические рекомендации к лабораторному практикуму для студентов специальностей. Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, Бийск, 2013, 33 с
3. David E. Chavez, Susan K. Hanson, Jacqueline M. Veauthier, Damon A. Parrish *Angewandte Chemie is a journal of the German Chemical Society*. Volume 52, Issue 27, 2013, Pages 6876-6879.
4. Гафаров, А.Н. Теоретические основы фармацевтической химии: тексты лекций. Изд-во Казан. Гос. технол. ун-та. Казань, 2007, 140с.
5. Орлова, Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Химия Л., 1973, 649с.

РЕАКЦИЯ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ С N-(2-НИТРОСИЭТИЛ)-НИТРАМИНАМИ

Гафаров А.Н., Шакирова Г.Т., Садыков Л.Н., Шарипова Р.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lainer92@yandex.ru

Общим недостатком методов синтеза 1-хлор-3-нитро-3-азаалканов нитрованием N-(2-хлорэтил)алкиламинов или хлорированием тионилхлоридом 3-нитро-3-азаалкан-1-олов и их нитратов является применение в качестве реагентов токсичных хлорэтиламинов и тионилхлорида. Экологически менее опасными являются способы получения 1-хлор-3-нитро-3-азаалканов, основанные на нуклеофильном замещении нитратной группы в 1-нитрокси-3-нитро-3-азаалканах на хлор при действии хлоридов лития, кальция или тетраэтиламония. Установлено, что равновесие смещается в сторону образования 1-хлор-3-нитро-3-азаалканов при избытке хлорирующего агента, повышения температуры и увеличения количества растворителя. При двукратном избытке хлорирующего агента и температуре 110-130 °С замещение нитратных групп на хлор достигает 97 %. Замещение нитратных групп на хлор в 1-нитрокси-3-нитро-3-азаалканах при использовании в качестве хлорирующего агента хлорида кальция протекает быстрее, чем при реакции с хлоридом натрия, что объясняется лучшей растворимостью хлорида кальция в биполярных апротонных растворителях. Применение в качестве растворителей гликолей, хорошо растворяющих хлориды натрия и кальция не целесообразно из-за их реакции с 1-хлор-3-нитро-3-азаалканами с замещением атома хлора на алкоксильную группу. Оптимальными условиями реакции 1-нитрокси-3-нитро-3-азаалканов с хлоридом натрия и кальция являются двойной избыток хлорида кальция, температура реакции 110-120 °С, продолжительность процесса 5-6 часов. Выход продуктов реакции составляет 70-75 %, степень конверсии достигает 96-98 %.

Литература

1. А.Н. Гафаров, Г.Т. Шакирова. Изв.АН Серия хим. 10, 1939-1952(2009).
2. А.Н. Гафаров, Г.Т. Шакирова. Вестник технологического университета 16, 17, 29-31(2013)

3. А.Н. Гафаров, Л.Н. Пунегова, Г.А. Марченко, Э.И. Логинов, С.С. Новиков. Изв. АН СССР, Сер. хим., 2, 405-406 (1980).

4. А.Н. Гафаров, Г.Т. Шакирова., Л.Н. Садыков, Р.Р. Шарипова. Вестник технологического университета 21, 1, 26-29(2018)

УДК 662.2:662.76

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕССУЕМОСТИ КИСЛОТ
ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО МАТЕРИАЛА С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРОШКООБРАЗНОГО ЭЛАСТОМЕРА**

Гарифуллин Р.Ш., Мокеев А.А., Сальников А.С.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: rus-garifullin@yandex.ru

Одним из эффективных методов повышение нефтеотдачи пластов является применение устройств для химической обработки нефтяного пласта кислотами, образующимися в результате горения компонентов кислотогенерирующего энергонасыщенного материала (ЭНМ). Ранее были разработаны кислотогенерирующие ЭНМ, в которые в качестве окислителя используется нитрат аммония, горючих хлоробразующих компонентов – перхлорвиниловая смола и гексахлорбензол и катализатора горения бихромат калия. Данные композиции в условиях имитирующие скважинные сгорают со скоростью 2-3 мм/с, удельным газообразованием на уровне не менее 1100л/л и выделяют не менее 25% от массы состава активной соляной кислоты. Однако заряды, получаемые из данных композиций, имеют низкие прочностные характеристики (менее 4 МПа), относительно невысокую плотность (на уровне 1,5-1,6 кг/м³) и неудовлетворительное качество получаемых образцов, что не позволяет их применять в устройствах, работающих в реальных скважинных условиях. В работе [2] было показано, что применение порошкообразного эластомера позволяет улучшить характеристики прессуемости ЭНМ. В связи с этим для устранения указанных недостатков в разработанные рецептуры вводили эластомер в порошкообразном виде за счет уменьшения содержания горючих компонентов и исследовали закономерности прессования получаемых зарядов. В результате исследований установлено, что введение в композиции 6-8% бутадиен-нитрильного эластомера позволяет значительно повысить прочность и плотность получаемых из них зарядов, которые находятся в пределах 15-18МПа и 1,7-1,8кг/м³ соответственно. При этом характеристики горения, удельного

газообразования и кислотообразования отличаются от ранее приведенных в пределах 5-10%, что позволяет использовать скорректированные кислотогенерирующие ЭНМ в реальных скважинных условиях.

Литература

1. Косарев, А.А. Продукты горения твердотопливных зарядов: оценка эффективности действия на карбонатные породы / А.А. Косарев, А.А. Мокеев, Д.К. Гильмутдинов // Вестник Казанского технологического университета. - 2015. - №17. - С. 77-79.

2. Гарифуллин, Р.Ш. Исследование влияния добавок на прочность и характеристики горения термопластичного твердого топлива на основе порошкообразного эластомера / Р.Ш. Гарифуллин, В.Я. Базотов, А.С. Сальников // Вестник Казанского технологического университета.- 2014. - №18. - С. 109-110.

УДК 625

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАЛОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

Гарифуллина Г.Д., Хасанова Р.Р., Биктимерова Г.Н., Базотов В.Я.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: gulfiya.1992@mail.ru

С целью получения технологичной формы кристаллов малочувствительного гетероциклического нитросоединения массовая кристаллизация осуществляется путем охлаждения горячего насыщенного раствора (изогидрическая кристаллизация). Кристаллы малочувствительного гетероциклического нитросоединения полученные из раствора в этиловом спирте при скорости перемешивания 350 об/мин и скорости охлаждения 12°С/мин представляет собой кристаллы близкой к изометричной форме, однако из-за большого пересыщения на кристаллах наблюдается вторичное зародышеобразование и сростки мелких кристаллов. Уменьшение скорости охлаждения до 4°С/мин и скорости перемешивания до 250 об/мин позволило получить равноосную форму кристаллов, однако наблюдаются наросты и мелкие сростки кристаллов.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ

Грачев Е.С., Сафронов П.О., Косточко А.А.,

Мингазова В.К., Петров В.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

В настоящее время в нашей стране и за рубежом не теряет актуальности проблема определения свойств и структуры энергонасыщенных материалов. Изучение горения и воспламенения таких веществ требует знания закономерностей теплопередачи и теплопроводности и их связи с параметрами горения. В нашем исследовании проведен сравнительный анализ характеристик образцов ЭНМ на примере определения их теплоемкости методом дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК), а также определения их воспламеняемости.

В качестве методов исследования использовались: 1) метод дифференциальной сканирующей калориметрии [1]; 2) определение времени задержки воспламенения по методу А.Е. Коршунова[2]. Для более точного определения теплофизических характеристик (удельная теплоемкость) образцов в условиях постоянной температуры и определения температурных зависимостей теплоемкости был проведен поиск оптимальных параметров проведения эксперимента, в частности: выбор стандартного эталонного вещества и подбор температурной программы. В качестве эталонных материалов были выбраны индий и алюминий, так как в интересующем нас интервале температур 15-105°C данные материалы не реагируют с материалом тигля, имеют температуры перехода выше данных значений (для индия $T_p = 156,6$ °C, для алюминия = 660,32°C). Были получены экспериментальные кривые ДСК для определения температурной зависимости удельной теплоемкости. На основании полученных данных можно сделать вывод, что для определения удельной теплоемкости образца при постоянной температуре $T = 25^\circ\text{C}$ в качестве эталона предпочтительнее использование индия и температурной программы, основным этапом которой является изотермическая выдержка образца при $T = 25^\circ\text{C}$ в течение 10 мин.

В ходе работы было выявлено, что полученные данные по воспламеняемости образцов согласуются с данными теплофизических

характеристик, определенных по методике ДСК. Образцы, имеющие в своем составе флегматизатор, обладают большей теплоемкостью и воспламеняются хуже по сравнению с нефлегматизированными. Особый интерес представляет образец, обладающий большим значением теплоемкости при постоянной температуре, чем другие образцы, но меньшим временем задержки воспламенения по сравнению с ними. Данный факт можно объяснить пористой структурой поверхности, а также отличием свойств флегматизатора и количеством его в поверхностных слоях элемента ЭНМ.

Полученные с использованием алюминиевого эталона результаты, хорошо согласующиеся между собой, предполагают использование этого эталона для определения теплофизических свойств порохов в дальнейшем. Данные, полученные с помощью испытаний одних и тех же образцов на различных эталонах, а также определение температурных зависимостей теплоемкости могут позволить делать предположения о структуре и влиянии компонентного состава на теплофизические характеристики, а, следовательно, и на закономерности процессов воспламенения и горения. Работа требует более глубокого детального изучения с использованием различных эталонов, режимов, образцов с известными свойствами.

Литература

1. ГОСТ Р 56754-2015 Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 4. Определение удельной теплоемкости.

2. Синаев К.И., Казбан Б.М., Диновецкий Б.Д., Матвеев В.П., Наумов В.Н. Лабораторные работы по внутренней баллистике: учебное пособие. М: ЦНИИИИТИ, 1986 г.

УДК 532.135:54-126:544.133:661.188.85

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИГЛИЦИДОЛОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Даровских А.В., Бакешко А.В., Романова Л.Б., Михайлов Ю.М.

Институт проблем химической физики РАН

e-mail: darrow.a.91@gmail.com

Перспективным направлением химии полимеров на сегодняшний день является исследование сверхразветвленных

высокомолекулярных соединений, которые обладают рядом уникальных свойств, обусловленных объемной структурой полимера. Большой интерес в этой связи представляют сверхразветвленные полиглицидолы, содержащие большое количество гидроксильных групп, наличие которых позволяет проводить модификацию с целью придания макромолекулам требуемых свойств.

На основе сверхразветвленных полиглицидолов с различными молекулярными массами были получены производные, содержащие нитратные и азидные группы. Для корректного сравнения характеристик также были синтезированы образцы полимеров линейного строения.

Для всех исследуемых соединений с помощью ротационного вискозиметра «Реотест RV2» были изучены реологические параметры. Было найдено, что сверхразветвленные полиглицидолы характеризуются высокими значениями вязкости, что объясняется содержанием в их составе полярных ОН-групп, которые образуют водородные связи, действующие как внутри, так и между макромолекулами. При переходе от полиглицидолов к соединениям, содержащим менее полярные функциональные группы, в частности нитратные, происходит резкое снижение вязкости.

По уравнению Аррениуса-Франкеля-Эйринга для всех исследуемых соединений были определены энергии активации вязкого течения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПХФ РАН 0089-2019-0005 (№ гос.регистрации АААА-А19-119101690058-9) и программы фундаментальных исследований Президиума академии наук №56.

УДК 536.495:54-126:544.133:661.188.85

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИГЛИЦИДОЛОВ

Даровских А.В., Романова Л.Б., Михайлов Ю.М.

Институт проблем химической физики РАН

e-mail: darrow.a.91@gmail.com

Производные сверхразветвленных полиглицидолов представляют собой новый неизученный класс сверхразветвленных

полимеров, поэтому актуальными являются исследования, направленные на определение свойств таких полимерных структур в зависимости от строения и молекулярной массы.

С помощью дифференциальной термогравиметрии была изучена кинетика термической деструкции различных производных сверхразветвленных полиглицидолов.

В условиях линейного нагрева (при нагревании от 20 до 300°C) было найдено, что заметные скорости термической деструкции всех исследуемых соединений обнаруживаются при температурах выше 150°C. При дальнейшем нагревании происходит ускорение процесса термолита, который протекает в две стадии.

Для изучения кинетики термической деструкции на основании неизотермических экспериментов был выбран рабочий диапазон температур. Было найдено, что термическая деструкция всех исследуемых образцов подчиняется уравнению Аррениуса. Были определены значения энергии активации термодеструкции (ΔE_d) и предэкспоненциального множителя, которые позволили определить экстраполяционные значения констант скорости термической деструкции соединений при заданных температурах.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПХФ РАН 0089-2019-0005 (№ гос.регистрации АААА-А19-119101690058-9) и программы фундаментальных исследований Президиума академии наук №56.

УДК 54-126:544.133:661.188.85

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИГЛИЦИДОЛОВ

Даровских А.В., Ганин Ю.В., Романова Л.Б., Михайлов Ю.М.

Институт проблем химической физики РАН

e-mail: darrow.a.91@gmail.com

Проведен поиск возможности применения производных сверхразветвленных полиглицидолов в качестве компонентов полимерных систем.

Структурные свойства полученных полимерных композиций исследовались с помощью дифференциального сканирующего калориметра PerkinElmer 8500 в диапазоне температур от -70 до

+100°C. Реологические параметры исследуемых систем были определены с помощью ротационного вискозиметра «Реотест RV2».

Исследования показали, что полимерные композиции на основе производных сверхразветвленных полиглицидолов характеризуются низкими температурами стеклования и необходимым уровнем вязкости.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПХФ РАН 0089-2019-0005 (№ гос.регистрации АААА-А19-119101690058-9) и программы фундаментальных исследований Президиума академии наук №56.

УДК 543.2:662.1:662.2

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Закирова Э.Ф., Баранова Н.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail:baranova-htvms@mail.ru

Изучение газообразных и конденсированных продуктов сгорания смесевых композиций позволяет точно установить ход реакции, изучить процесс их горения и на этой основе видоизменить состав в соответствии с требованиями, предъявляемыми к нему. Для успешного решения вышеизложенной задачи необходимо исследовать продукты термического разложения с применением физико-химических методов. Анализ целесообразности применения того или иного метода посвящена данная работа.

Особенностями рецептур смесевых взрывчатых веществ (аммонитов и др.), а также пиротехнических составов является наличие в них большого содержания (40-95%) неорганических окислителей (нитраты, хлораты, перхлораты и др.), растворимых в воде. Следовательно, одним из основных признаков продуктов сгорания и взрыва таких веществ является обнаружение следов неорганических окислителей. Поэтому наиболее важным этапом исследования таких систем является катионно-анионный анализ водных экстрактов веществ и смывов наложений продуктов их взрыва или сгорания.

Рентгенофазовый анализ можно рассматривать как один из возможных методов определения компонентов конденсированной

фазы. Однако для успешного проведения исследований этим методом желательно знать элементный состав пробы (для этих целей могут быть использованы данные рентгенофлуоресцентного либо химического анализа). Также необходима тщательная пробоподготовка (размер частиц анализируемого вещества должен быть порядка 1 - 10 мкм).

Следует отметить определенную информативность метода ИК спектроскопии при решении задачи идентификации продуктов сгорания в твердой фазе как органического, так и неорганического происхождения.

Изучение продуктов термического разложения физико-химическими методами дает возможность исследования практически любых объектов без каких-либо ограничений по физико-химическим свойствам. Для получения достоверных результатов по идентификации конденсированных продуктов сгорания необходимо использовать комплекс методов.

УДК 662

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СПОСОБА РАССНАРЯЖЕНИЯ ОСКОЛОЧНО – ФУГАСНЫХ СНАРЯДОВ

Колмаков К.М., Семёнов Д.Н.

*Филиал федерального казённого учреждения войсковая часть 63341
г. Пенза – 5, 440005, e-mail: fk63341@mil.ru*

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан ультразвуковой (УЗ) способ расснаряжения БП, который наиболее полно отвечает современным требованиям. Способ прошёл государственную патентную экспертизу и защищён патентом РФ на изобретение [1].

Недостатком разработанной технологии является относительно большие размеры установки и недостаточная производительность. Решение такой проблемы представляется возможным за счёт увеличения частоты применяемого ультразвукового излучателя.

Для оценки влияния частоты на характер распространения ультразвуковой волны (УЗВ) рассчитаны значения коэффициента затухания и акустические характеристики разрывных зарядов (РЗ) на частотах от 20 до 200 кГц. Проведенными расчётами определены параметры (УЗВ), обеспечивающее надёжное разрушение РЗ.

Установлено, что с повышением частоты УЗ снижается критическая амплитуда воздействия, требуемая мощность и сокращается время разрушения. Так на частоте 100 кГц требуемая амплитуда УЗВ снижается 4 – 5 раз, а при частоте 200 кГц требуемая амплитуда УЗВ снижается в 10 - 12 раз по сравнению с частотой 20 кГц в зависимости от механизма разрушения РЗ.

Установлено, что увеличение значения коэффициента затухания с ростом частоты приводит к сокращению глубины распространения УЗ. Поэтому в области высоких частот воздействия большая часть энергии УЗ сосредотачивается в поверхностном слое. Глубинные слои РЗ воздействию не подвергаются. Такой характер распространения УЗВ обеспечивает повышение интенсивности воздействия на РЗ и сокращению времени его разрушения. При таком воздействии скорость раснаряжения будет определяться только скоростью удаления разрушенной части РЗ.

Литература

1. Колмаков К.М., Косточко А.В., Горобец А.А., Цыцеров Ю.В., Диновецкий Б.Д. Изобретение "Способ уничтожения снарядов" Патент РФ № 98117344 от 31.8.1998г.

2. Колмаков К.М., Козлов В.Г. Экспериментально-теоретическое обоснование параметров процесса раснаряжения осколочно-фугасных боеприпасов ультразвуковым способом. Труды Межд. симп. «Надежность и качество». 2014. том 2. Пенза, ПГУ. С. 161 – 164.

УДК 544.47: 502.174: 628.4.038

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛЕНИЯ SO_2 В SO_3

Лазарев М.Ю., Махоткин И.А., Шарафисламов Ф.Ш.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Были исследованы свойства и эффективность оксидов Fe_2O_3 , Fe_3O_4 и Cr_2O_3 в условиях процесса превращения SO_2 в SO_3 . Исследования проводились при температуре газовой смеси в диапазоне от 350°C до 650°C. Концентрация SO_2 в газовой смеси выбиралась от 1 до 10%/(об.). Катализаторы применяли в виде стружки различных сортов сталей (углеродистой и хромуглеродистой). Показано, что при смешении оксидов железа и хрома каталитическая активность смеси катализаторов по отношению

к реакции превращения диоксида серы в триоксид кислородом воздуха выше, чем их активность по отдельности.

УДК 544.47: 502.174: 628.4.038

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Лазарев М.Ю., Сахаров Ю.Н., Шарафисламов Ф.Ш.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Регенерация отработанного ванадиевого катализатора является актуальной технической задачей. Нами был регенерирован образец ванадиевого катализатор СВД со стадии окисления в производстве серной кислоты предприятия Фосфорит г.Кингисепп. Для приготовления нового образца катализатора отработанный катализатор СВД был измельчен. Из полученного порошка была отобрана фракция порошка с размером частиц не более 0,2мм в количестве. К порошку добавляли пластификатор (стеариновая кислота) и перемешивали до однородного тестообразного состояния. После этого добавляли $\frac{1}{2}$ часть V_2O_5 и снова перемешивали до однородного состава. Далее полученную массу формовали в виде гранул диаметром 5мм и длиной 15мм. Гранулы просушивали при 100 °С в течение 1 часа, затем прокаливали при 500 °С в течение 2ч. Полученные образцы катализатора были испытаны на эффективность и показано что, катализатор по эффективности получился работоспособным. Максимум эффективности регенерированного катализатора достигается при той же температуре 450-500°С. Существование максимума эффективности объясняется обратимостью химической реакции.

УДК 662

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРАГЕРЦЕВОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Лукияненко И.А.¹, Шейков Ю.В.¹, Вакс В.Л.², Домрачева Е.Г.²,

Яблоков А.А.², Вахмистров С.А.¹, Михайлов А.Л.¹

¹ИФВ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ²ИФМ РАН,

Исследование кинетики термического разложения взрывчатых веществ (ВВ) является одной из важнейших задач химии энергоёмких

материалов, поскольку без этого невозможно прогнозирование поведения таких материалов при длительном хранении и в нештатных ситуациях.

В последние десятилетия во всём мире ведётся активное освоение спектроскопии в терагерцевом диапазоне электромагнитного излучения, в том числе для целей химико-аналитических исследований. Низкочастотная область этого диапазона – так называемый субтерагерцевый диапазон – содержит узкие и интенсивные спектральные линии вращательных переходов молекул, что делает спектроскопию в этой области перспективной для изучения газовой фазы продуктов разложения ВВ.

Авторами разработан метод нестационарной спектроскопии, позволяющий приблизиться к теоретическим пределам чувствительности и разрешающей способности в субтерагерцевом диапазоне. В 2016 году в РФЯЦ-ВНИИЭФ введён в эксплуатацию действующий макет спектрометра, работающий на этих принципах, предназначенный для изучения газовой фазы продуктов термического разложения энергоёмких материалов в широком интервале температур.

В рамках методических экспериментов проведено исследование возможностей оборудования: на основании отражённых в литературе значений интенсивности спектральных линий оценены пределы обнаружения для типичных продуктов разложения ВВ – от $1 \cdot 10^{-11}$ г (H_2CO) до $2 \cdot 10^{-8}$ г (NO_2). Также показана высокая селективность метода при обнаружении компонентов газовой фазы продуктов разложения ВВ.

Проведены эксперименты по разложению нитрата аммония и ВВ тэн в линейном и квазиизотермическом режимах нагрева. Зарегистрированы кривые изменения аналитического сигнала на спектральных линиях продуктов их разложения во времени. Полученные кривые соотносятся с современными представлениями о механизме термолитического разложения указанных соединений.

По результатам проведённых экспериментов сделан вывод о перспективности применения метода нестационарной спектроскопии в субтерагерцевом частотном диапазоне для анализа газовой фазы продуктов разложения ВВ с целью исследования кинетики их термолитического разложения. Новизна метода подтверждена патентом на изобретение RU 2695954 от 04.07.2018.

**ВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ:
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ**

Коробчук М.В.,¹ Веригин А.Н.,¹ Джангирян В.Г.²
¹СПбГТИ (ТУ), ²АО «ФНПЦ «НИИ Прикладной химии»

Основной задачей при переработке энергонасыщенных материалов является равномерное распределение внутренней фазы (дисперсной среды), находящейся в тонко раздробленном состоянии, во внешней фазе (дисперсионной среде), существующей в более грубой форме, а поиск новых путей совершенствования смешивания и применяемого для этого оборудования является проблемой принципиальной и важной. Широкое применение на различных стадиях производства пиротехнических составов находит вибрационное оборудование.

Наиболее характерными чертами развития современной вибрационной техники является стремление к повышению производительности и энергетической эффективности оборудования, а также улучшению качества выпускаемой продукции. Достигнуть этого можно лишь при условии переосмысления требований, предъявляемых непосредственно к технологическому оборудованию, а именно: повышение производительности машины при сохранении (улучшении) допустимого качества продукции; снижение материалоемкости; совершенствование конструкции (технологичности изготовления, эксплуатации, обслуживания и ремонта); снижение себестоимости оборудования и эксплуатационных расходов; повышение надежности.

Интенсификация работы оборудования требует усиления колебательных процессов в машине, что повышает ее вибрационную и акустическую активность со всеми отрицательными последствиями. Описанный в настоящей работе вибрационный стенд является прототипом промышленной вибрационной установки, предназначенной для использования в химической технологии и в дальнейшем, может быть использован для моделирования работы различного вибрационного оборудования: мельниц, грохотов, сит, мельниц, уплотнителей и т.д.

Таким образом, создание вибрационных машин, реализующих возможность использования нелинейных динамических эффектов, открывает новые горизонты для совершенствования существующих вибрационных технологических процессов и оборудования в пиротехнике.

УДК 6608

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАЛОТОННАЖНЫХ И БЫСТРОПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Мадыкин В.Ф., Федоров Ю.И., Федорова С.Ю., Лузянина М.В.,
Алимов А.Р., Бахтиаров Л.И., Осипова А.Ю.
ФКП «КГ КПЗ», e-mail: Madyakin_vf@mail.ru

В большинстве своём современные разработки ведутся, в основном, в направлении усовершенствования существующих рецептур, введении новых компонентов, компьютерного моделирования новых высокоэффективных составов. Внимания усовершенствованию технологий и оборудования для получения энергонасыщенных материалов (ЭМ) и переработки их в изделия уделяется недостаточно. В целях повышения безопасности производства, выведения людей из опасной зоны необходимо, что бы при любой технологической операции использовалось минимальное количество опасной продукции. Для обеспечения при этом требуемой производительности необходимо максимально интенсифицировать технологический процесс, применяя инновационные технологии.

Разработан и освоен в промышленном исполнении принципиально новый способ интенсификации внешнего и внутреннего тепло - и массообмена в различных материалах при их обработке. Он основан на термо-вакуум-импульсном (ТВИ) воздействии на материал и позволяет в неравновесных термодинамических условиях обеспечить интенсификацию различных технологических процессов в 5 и более раз, значительно повышая их КПД.

На основе ТВИ-технологий ведется разработка и создание для оборонных отраслей новых интенсивных, высокопроизводительных, модульных, малогабаритных, экологически чистых, пожаро- и взрывобезопасных, комплексно автоматизированных технологических процессов третьего поколения.

Разрабатываемые технологические линии, установки имеют возможность быстрой перенастройки на выпуск соизмеримой по уровню технических решений и себестоимости гражданской продукции. Предполагается разработка универсальных производств на базе малотоннажных автоматизированных технологических модулей для осуществления химического синтеза, разделения близкипящих жидкостей, отгонки и конденсации растворителя, экстракции, отжима, сушки и пропитки химических материалов, выпуск на этих установках малотоннажной лекарственной, биотехнологической и химической продукции.

УДК 661.728.86

НОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ИЗ УСТАРЕВШИХ ПОРОХОВ

Мадякина А.М., Романова С.М., Сабирова Д.И.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: almi_almi@mail.ru

Проблема утилизации устаревших пироксилиновых порохов является одной из важнейших задач пороходелия на современном этапе. Ценным продуктом утилизации пороха является нитрат целлюлозы (НЦ). Вторичные нитратцеллюлозные материалы, после их модификации, могут быть эффективно использованы при производстве потребительских товаров, например, лаков, эмалей, линолеумов и т. д. [1, 2].

В работе изучены реакции взаимодействия НЦ, регенерированного из устаревшего пироксилинового пороха, с хлоридом фосфора(III) для получения модификатов с новыми свойствами. Реакцию НЦ с трихлоридом фосфора проводили в гетерогенной среде бензола в присутствии триэтиламина для связывания выделяющегося хлороводорода. Выделенные твердые полимерные продукты содержат фосфор и не имеют в своем составе хлор.

По данным элементного анализа увеличение времени процесса приводит к увеличению содержания фосфора и снижению содержания азота.

Структурные формулы твердых высокомолекулярных продуктов подтверждены данными ИК-, ЯМР ¹H-спектроскопии. Установлено,

что в результате взаимодействия нитратов целлюлозы с трихлоридом фосфора в гетерогенной среде бензола одновременно происходит фосфорилирование гидроксильных групп, гидролиз нитратных групп, деструкция цепи макромолекул нитрата целлюлозы, сшивание макромолекулярных линейных цепей, образование карбонильной функции, а также кратной связи.

Целенаправленное изменение условий реакции позволяет получать модификаты с различными физико-химическими характеристиками [3].

Литература

1. Азимов, Ю.И. Экономика и экология вторичных ресурсов / Ю.И. Азимов, Ф.Ф. Газизов, Н.М. Ляпин, А.А. Староверов // статьи и тезисы докладов Международной научно-практической конференции. - Казань, 1999. - С. 213.

2. Мойсак, И.Е. Химия и технология нитроцеллюлозы / И.Е. Мойсак. – М.: Обронгиз, 1941. – 271 с.

3. Гефтер, Е.Л. Фосфорорганические мономеры и полимеры / Е.Л. Гефтер. - М.: Изд-во АН СССР. - 1960. - 228с.

УДК 66.095.11.094.25

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА

2,4,6,8,10,12-ГЕКСАНИТРО-2,4,6,8,10,12-

ГЕКСААЗАТЕТРАЦИКЛО[5,5,0^{3,11},0^{5,9}]ДОДЕКАНА

Миронов С.О.¹, Лапина Ю.Т.², Компаниец И.И.², Золотухина И.И.²

¹ *Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО*

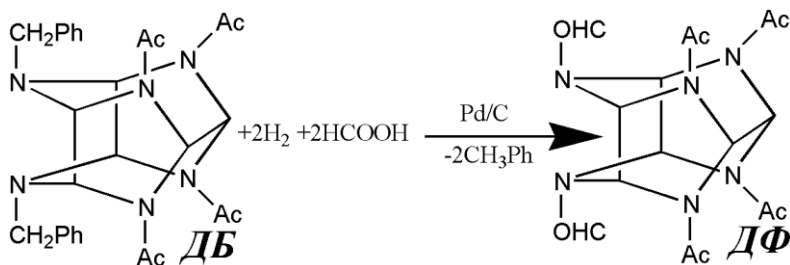
«Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова», e-mail: info@bti.secna.ru

² *АО«ФНПЦ «Алтай», e-mail: frpc.secna.ru.*

Снижение стоимости высокоэнергетического окислителя СЛ-20 до сих пор остаётся одной из самых актуальных задач химии энергонасыщенных соединений.

Наиболее длительный этап синтеза СЛ-20 – получение 4,10-диформил-2,6,8,12-тетраацетилгексаазаизовюрцитана (ДФ) составляет 20-24 ч [1, 2]:



Для интенсификации данного процесса исследовано влияние температуры его ведения на продолжительность и состав продуктов реакции. Качество полученных продуктов оценивали по ДСК и путём их нитролиза до целевого ГАВ-сырца. Для этого образцы ДФ нитровали смесью HNO_3 и NH_4NO_3 в течении 7 часов при температуре 100-120 °С.

Анализ результатов показал, что оптимальное время синтеза ДФ составляет 3 часа при температуре 65 °С [3], при этом достигаются оптимальные значения выходов ДФ и ГАВ-сырца, 94 % и 92 %, соответственно.

Полученные результаты позволяют сократить продолжительность синтеза CL-20 на 40 %, что способствует повышению производительности и рентабельности технологического процесса, приводя к снижению стоимости высокоэнергетического окислителя.

Литература

1. Сысолятин С.В., Лобанова А.А., Черникова Ю.Т., Сакович Г.В. Методы синтеза и свойства гексанитрогексаазаизовюрцитана. // Успехи химии. 2005. т.74, №8. С. 830-838.
2. Hydrogenolysis of 2,4,6,8,10,12 hehabenzyl-2,4,6,8,10,12 hehaazatetracyclo [5,5,0,0^{3,11},0^{5,9}]dodecan : пат. 5739325 США № 568451: заявл. 07.12.1995; опубли. 14.04.1998. 13 с.
3. Миронов С. О., Лапина Ю. Т., Компаниец И. И., Золотухина И. И. Интенсификация процесса каталитического гидрогенолиза 4,10-дибензил 2,6,8,10,12-тетраацетилгексаазаизовюрцитана // Сборник трудов всероссийской конференции «Химия нитросоединений и родственных азот-кислородных систем» (АКС-2019), 23-25 октября Москва 2019 г, С.129-132.

УДК 662.21

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К УДАРНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Михайлов А.С, Вахмистров С.А., Шевлягин О.В.

ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИФВ

В плане совершенствования методов испытания ВВ на чувствительность к механическим воздействиям разработан метод определения чувствительности ВВ к удару с использованием прибора БМ-М (метод БМ-М). Дана положительная оценка использования метода БМ-М в исследовательской практике для определения чувствительности ВВ к удару, поскольку при этом уменьшается разброс результатов в параллельных сериях опытов.

Приведены результаты исследований по дальнейшему развитию методики определения чувствительности ВВ к удару в плане повышения стабильности параметров удара груза по испытываемому прибору с навеской ВВ. Для этого разработан ударный груз переменной массы и систем инструментального контроля для определения факта наличия взрыва.

Груз переменной массы опробован при проведении испытаний ВВ на чувствительности к удару для определения частоты взрывов и нижнего предела чувствительности штатных ВВ. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования груза переменной массы для определения чувствительности ВВ к удару. Предложено продолжить исследования с целью набора статистики и уточнения методических параметров использования груза.

УДК 662.2

АГРЕГАТИРОВАННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА И НИТРАТЫ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Мишунин П.А., Петров В.А., Сафронов П.О., Гибадуллин М.Р.,

Аверьянова Н.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: labgor@kstu.ru

Создание независимой отечественной базы целлюлозного сырья для химической, в том числе пороховой промышленности относится к проблемам национальной безопасности. Основным источником получения целлюлозы – хлопок сегодня стал импортным сырьем, а это

в свою очередь приводит к повышению цен на продукты его переработки. В сложившейся ситуации для сохранения жизнеспособности пороховых производств необходимо промышленное освоение процесса изготовления нитратов целлюлозы как на основе заменителя ХЦ из альтернативных отечественных источников – древесной целлюлозы, а также целлюлозосодержащих однолетних растений.

Целью работы являлось определение возможности получения на основе агрегатированной сульфатной древесной целлюлозы нитратов целлюлозы, соответствующих по свойствам нормативно-технической документации с отработкой оптимальных технологических режимов и разработкой универсального комплекта оборудования, обладающих функциональной взаимозаменяемостью для организации рентабельного производства широкого ряда продукции военного и гражданского назначения на базе нитратцеллюлозных производств пороховых заводов.

В ходе работы определены технологические приемы и режимы изготовления агрегатированной сульфатной древесной целлюлозы и нитратов целлюлозы на ее основе. Получены агрегатированная древесная целлюлоза, соответствующая по качеству ГОСТ 595-79 «Целлюлоза хлопковая. Технические условия», а также нитраты целлюлозы, соответствующие по характеристикам отраслевым стандартам. Применение результатов работы позволит создать современную технологическую базу для производства военной и гражданской продукции из отечественного сырья.

УДК 662

ПРОГРАММА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ГАРАНТИЙНОГО СРОКА ГАЗОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ НИТРОГУАНИДИНА

Моисеев В.Г.¹, Горячев А.Ю.¹, Прохоровский А.Е.¹,

Коробков А.М.²

¹АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», e-mail: lab44@niiph.ru

²ФГБОУ ВО «КНИТУ»

В настоящее время к различным пиротехническим изделиям предъявляются все более высокие требования по условиям хранения и эксплуатации в течение длительного времени. Уже сейчас для некоторых пиротехнических изделий гарантийный срок составляют

более 15 лет. Такие большие гарантийные сроки могут подтверждаться различными принятыми на данное время методами в пиротехнической подотрасли: опытным натурным хранением, ускоренными климатическими испытаниями (УКИ) и др.

Метод опытного натурального хранения основан на натурном хранении пиротехнических изделий в конкретных климатических районах в течение заданного гарантийного срока.

В связи с тем, что метод опытного натурального хранения значительно превышает время, отведенное на разработку и выпуск готового изделия, возрастает актуальность использования метода УКИ. Данный метод позволяет подтвердить гарантийный срок в период отработки изделия.

В данной статье представлена разработанная программа УКИ для заряда на основе нитрогуанидина для газогенератора.

Программа УКИ содержит режимы испытаний, рассчитанные в соответствии с методикой УКИ предприятия-разработчика данного заряда с учетом условий хранения и эксплуатации в различные климатические районы и комплекс экспериментальных работ необходимый для подтверждения гарантийного срока заряда для газогенератора.

УКИ проводили при положительной температуре плюс 60°C, отрицательной минус 50°C, температурный коэффициент составил 22,2 ккал/моль.

Проведенные по данной программе экспериментальные работы позволили подтвердить гарантийный срок заряда на основе нитрогуанидина для газогенератора менее чем за 1 год.

УДК 662.351.1

ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.

Михалусь М.П., Гараева М.Р., Анисимова Е.Ю., Михалусь С.И.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: milyaushka@yandex.ru

Федеральное казенное предприятие "Тамбовский пороховой завод" (ФКП «ТПЗ») является одним из ведущих производителей пироксилиновых порохов высокого качества в России. В настоящее время на предприятии производится свыше 200 видов продукции военного и гражданского назначения. Порядка 20% продукции, выпускаемой на ФКП «ТПЗ», экспортируется. На предприятии в

рамках Федеральной целевой программы ведется активная отработка и освоение новых составов и изделий для нужд Министерства обороны Российской Федерации. Одно из перспективных направлений деятельности ФКП «ТПЗ» - запуск производства эффективного высокоэнергетического пироксилинового пороха нового поколения (ВЭППНП).

Проведен сравнительный анализ фазы сушки технологического процесса производства ВЭППНП. Предложенный нами модернизированный способ сушки ВЭППНП, в сравнении с используемым на предприятии, подтвердил свою эффективность и перспективность.

Анализ ВЭППНП (Образец 1) подвергался сушке в соответствии с режимом, описанным в регламенте технологического процесса, и достиг требуемых показателей (0,6-0,9 %) за 166 часов при температуре 70 °С, ВЭППНП (Образец 2) – подвергался «агрессивной» сушке, путем увеличения температуры подаваемого воздуха до температуры 75 °С (разрешенной регламентом технологического процесса производства ВЭППНП), а также установке пучков с порохом непосредственно в область подачи воздуха, и достиг требуемых показателей влажности за 45 часов.

Полученный результат сокращения времени сушки до 50 часов, по нашему мнению, связан с предложенной техникой установки пучков ВЭППНП. Прямое прохождение воздуха по трубкам привело к большей скорости набора требуемой температуры, что позволило значительно ускорить процесс сушки. Следует отметить, что пучки ВЭППНП не требовалось переворачивать, так как происходила равномерная сушка низа, середины и верха трубок. Этот факт позволил не прерывать процесс сушки и затрачивать время на остывание трубки. Внешний вид и физико-химические показатели ВЭППНП соответствуют требованиям конструкторской документации.

УДК 543.226.876

КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ НИТРОРИАЗОЛОНА (НТО)

Мусин А.Л.¹, Гильманов Р.З.¹, Краснов И.В.¹, Кашаев В.А.²

¹ФГБОУ ВО «КНИТУ»,²АО «ГосНИИ «Кристалл»

В исследованиях, были изучены составы на основе НТО с добавками – производными мочевины [1, 2].

1. Работы проводились с использованием отечественных стандартов. Полученные данные говорят о том, что НТО обладает детонационной способностью в цилиндрических зарядах диаметром 10 мм, запрессованный под удельным давлением 1200 кгс/см^2 до плотности $1,526 \text{ кг/см}^3$, хотя из литературных данных известно, что уже при диаметре заряда НТО в 14,5 мм, и величине уплотнения в $1,8 \text{ кг/см}^3$ не наблюдается детонационного разложения НТО [3].

2. Чувствительность к удару НТО согласно ГОСТа 4545-88 на копре К44-2 составила 80%. При введении модификатора (от 40 до 60%) чувствительность состава снижается до 40%.

3. Изучение уплотняемости состава показало, что при введении 5% модификатора (масса заряда 1,4 г, давлении прессования 1200 кг/см^2) плотность шашек составит $1,54 \text{ г/см}^3$. При введении модификатора в количестве 40%, плотность изделий повышается до $1,602 \text{ г/см}^3$.

4. Таким образом, введение модификатора, позволяет скомпоновать прессовые составы, имеющие чувствительность 40-50% (прибор №2) и снизить критический диаметр детонации с 10 мм до 6 мм.

5. Составы просты и технологичны в изготовлении и не требуют специального оборудования.

Литература

1. В.Ф.Жилин, В.Л.Збарский. Химическая технология. 2001. – Вып. 5.– С. 6– 12.
2. Патент H861 США, 1990
3. S.Cudzilo, W.A. Trzcinski. International annual conference ICT, Karlsruhe, FRG. 2000. том. 77 С. 1–13.

УДК 547.00

СИНТЕЗ ТРИНИТРОРЕЗОРЦИНА

Мухтарова Э.Р., Камарова Г.Н., Иванкина А.И.,
Агмалова Д.К., Хусаинов Р.М., Хусаинова Э.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: r_khusainov@mail.ru

Тринитрорезорцин получают применением 20%-ной азотной кислоты на стадиях нитрозирования и окислительного нитрования [1]. Было изучено влияние концентрации азотной кислоты (20%, 50%, 70%, 93%) на гравиметрическую плотность получаемого продукта.

Показано, что гравиметрическая плотность увеличивается с 0,31 г/см³ до 0,60 г/см³.

Некоторые взрывчатые характеристики полученного тринитрорезорцина: $T_{всп} (5 \text{ сек}) = 290-300 (300-320 [2])$, бризантность (бризантометр Каста) – 2 мм, чувствительность к удару на копре К-44-П – 64%.

Литература

1. Способ получения тринитрорезорцина: пат. 2263105 Рос. Федерация № 2003109288/04, , заявл. 02.04.2003; опубл. 27.10.2004 Бюл. № 22

2. Багал Л. И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ – М. Машиностроение, 1975, 456 с.

УДК 547.781.8

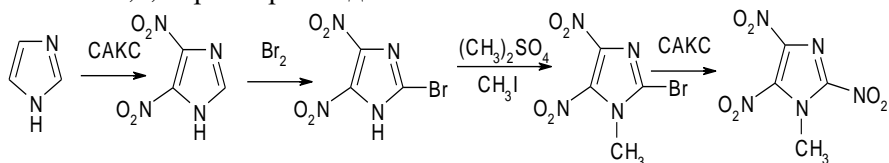
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА N-МЕТИЛ-2,4,5-ТРИНИТРОИМИДАЗОЛА

Нагорнова О.А., Нуруллина Л.Ф., Микрюков Г.К.,
Ахтямова З.Г., Гильманов Р.З.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: z-olya@mail.ru

В оборонной промышленности нитроимидазолы применяются при синтезе взрывчатых веществ, компонентов топлив и порохов. Некоторые нитроимидазолы обладают высокими взрывчатыми характеристиками в сочетании с хорошей термической стабильностью, что позволяет использовать их в качестве индивидуальных взрывчатых веществ и компонентов высокоэнергетических составов различного назначения мощных термостойких порохов, пиротехнических составов и топлив специального назначения [1]. Так, N-метил-2,4,5-тринитроимидазол представляет собой низкоплавкое, по мощности приближающееся к гексогену взрывчатое вещество. Соединение обладает относительно низкой чувствительностью к механическим воздействиям и высокой термической стойкостью [2]. Совокупность этих свойств позволяет рекомендовать это соединение как плавкий компонент во взрывчатых составах типа ТГ, ТГА, ТГАГ-5 для замены маломощного тротила и при формировании сгорающих гильз, как мощный флегматизатор пироксилиновых порохов и в других областях, где необходимо использовать низкоплавкое высокостойкое взрывчатое вещество [1].

На кафедре ХТОСА предложена следующая схема получения N-метил-2,4,5-тринитроимидазола:



При реализации данной схемы мы исключаем синтез 1,4-динитро-имидазола, токсичного соединения, вызывающего аллергическую реакцию, а также заменяем образование калиевой соли 2,4,5-тринитроимидазола – чувствительного ВВ, на метилирование 2-бром-4,5-динитроимидазола до N-метил-2-бром-4,5-динитроимидазола.

Литература

1. Nikitina G.V., Pevzner M.S. Chem. Heterocycl. Compd. 1993, 29, 127
2. Cho J.R., Kim K.J. J. Heterocyclic Chem. 2001, 38, 141.

УДК 662.2.032

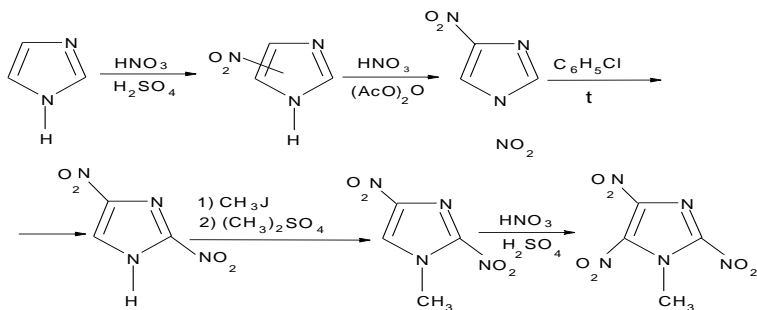
СИНТЕЗ N-МЕТИЛ-2,4,5-ТРИНИТРОИМИДАЗОЛА

Нуруллина Л.Ф., Ахтямова З.Г., Гильманов Р.З., Микрюков Г.К.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lnurullina92@mail.ru

На сегодняшний день разработка новых взрывчатых материалов на основе имеющихся ЭМ или с применением вновь синтезированных веществ и совершенствование методик синтеза известных энергоемких соединений, снижающих риски их изготовления, упрощающие и удешевляющие процессы, является актуальной задачей.

В настоящее время проводятся исследования по синтезу и совершенствованию методики получения известного N-метил-2,4,5-тринитроимидазола (МТНИ), который предложен как заменитель маломощного тротила во взрывчатых составах и сгорающих гильзах, а также в качестве флегматизатора пироксилиновых порохов [1, 2].

В связи с этим нами предложена следующая схема синтеза МТНИ:



При реализации данной схемы мы исключаем синтез калиевой соли 2,4,5-тринитроимидазола – чувствительного ВВ, тем более выход на этом этапе не высокий. Предложенный метод получения МТНИ позволяет выделить промежуточный и конечный продукты с более высоким выходом и более высокой чистоты.

Литература

1. Сафаргалиев А.Х., Ахтямова З.Г., Гильманов Р.З., Гатауллин И.И., Нуруллина Л.Ф. Разработка технологии МТНИ // Перспективы создания и применения конденсированных высокоэнергетических материалов: материалы докладов VII Всерос. науч.-техн. конф. молодых ученых, 12-14 сент. 2018 г. С. 63-64.
2. Енейкина Т.А. Синтез и свойства и свойства взрывчатых веществ нитроимидазолов: дис. .. канд. хим. наук. Казань, 1980. – 123с

УДК 676.84

ТЕРМО-ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ИНЕРТНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО СГОРАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

Осипова А.Ю., Мадякин В.Ф., Федорова С.Ю., Косточко А.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Собрана экспериментальная установка термо-вакуум-импульсной (ТВИ) сушки. Сушка целлюлозно-ацетатного материала инертного ЖСК осуществлялась различными режимами: Ф+КС+ТВИС– нагрев осуществляется конвективным способом до требуемой температуры с одновременным нагревом до этой температуры воронки Бунзина куда помещался изучаемый образец; Ф+ТВИП+ТВИС - нагрев осуществляется ТВИ – прососом (ТВИП) горячего теплоносителя через толщу материала с одновременным нагревом до этой температуры воронки Бунзина; Ф+ТВИП – сушка

осуществляется ТВИ-прососом горячего теплоносителя через толщу материала в течение 5 минут с одновременном нагревом до этой температуры воронки Бунзена; ТВИП70-Ф - сушка проводилась ТВИ-прососом горячего теплоносителя с $T=70^{\circ}\text{C}$ через толщу материала в течение 5 минут без обогрева воронки Бунзина. Средняя скорость влагоудаления в режимах (Ф+КС+ТВИС70), (Ф+ТВИП+ТВИС70), (Ф+ТВИП70) увеличивается, а при (ТВИП70-Ф) режиме при отсутствии кондуктивного обогрева приводит к снижению средней интенсивности сушки. Таким образом самым производительным режимом ТВИ-сушки рассматриваемых инертных образцов является (Ф+ТВИП) в обогреваемой форме, но он требует больших затрат электроэнергии по сравнению с ТВИ-сушкой в режимах (Ф+КС+ТВИС) и (Ф+ТВИП+ТВИС). По критериям интенсивности сушки, скорости влагоудаления и энергосбережения «цена-качество» наиболее приемлемым является режим (Ф+ТВИП+ТВИС). Вывод: ТВИ – сушка позволяет значительно снизить затраты и уменьшить время сушки по сравнению с конвективным режимом.

Литература

1. Я.К. Абрамов, Конверсия в машиностроении, 5, 28-30 (2002).
2. Я.К. Абрамов, Конверсия в машиностроении, 5, 20-28 (2002).
3. А.В. Лыков, Теория сушки. Энергия, Москва, 1968. С. 470.
4. С.Ю. Игнатьева, В.Ф. Мадыкин, Р.Ф. Гатина, А.Ю. Осипова. Вестник технологического университета, 17, 17, 144-146 (2014).

УДК 544.452

О ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ СМЕСЕЙ ТЭНА С ГИДРОКАРБОНАТОМ НАТРИЯ

Спирин И.А., Пронин Д.А., Седов А.А., Митин Е.С., Сустаева Ю.М.,
Шевлягин О.В., Вахмистров С.А.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

К настоящему времени в РФЯЦ-ВНИИЭФ разработано смесевое ВВ, в которых используются высокодисперсный тэн и инертная добавка - гидрокарбонат натрия в массовом соотношении 35 %/ 65 % соответственно (ВДТС 35/65). Это ВВ обладает уникальным свойством: при наличии большого количества инертной добавки детонировать с малой скоростью $D \approx 2$ км/с ($\rho \approx 0,7$ г/см³) в слое толщиной ≈ 2 мм, что позволяет использовать их для сварки взрывом

тонких слоев металлов (до 200 мкм). По нашим представлениям механизм детонации такого ВВ, может не укладываться в рамки классической модели детонации Зельдовича-Неймана-Деринга, согласно которой передача детонации от слоя к слою ВВ обусловлена распространением ударной волны.

В начале своих исследований А.Я. Апин на основе большого числа опытных наблюдений детонации пористых ВВ предложил «струйно-пробойный» механизм детонации по которому, распространение детонации происходит благодаря струям продуктов взрыва, пробивающих впереди лежащие слои ВВ и поджигающие его с поверхности.

В данной работе с помощью радиоинтерферометрического, электронно-оптического (НАНОГЕЙТ-22) методов исследована детонация смесей высокодисперсного тэна с гидрокарбонатом натрия (NaHCO_3) с массовой долей последнего до 90 %. Полученные экспериментальные результаты указывают на возможность существования различных режимов детонации в смесях. При массовой доле $\text{NaHCO}_3 < 90\%$ распространение детонационной волны, в основном, обусловлено ударным сжатием. При большем содержании NaHCO_3 агентом распространения являются струи продуктов взрыва.

УДК 662.3

РАЗРАБОТКА БЕЗГРАДИЕНТНОГО МЕТАТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ПОД СПОРТИВНО-ОХОТНИЧИЙ ПАТРОН 338LM С МАССОЙ ПУЛИ 250 GR

Староверов В.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: biserton@mail.ru.

Во время стрельбы при отрицательных температурах скорость полета пули падает на 7 – 9 % от скорости полета пули при нормальных условиях ($t_{\text{воз}} - 21^\circ\text{C}$, относительная влажность - 55%). Падение скорости полета пули приводит к таким отрицательным факторам, как: уменьшение дальности полета пули; уменьшение дальность прямого выстрела; увеличение разброса кучности.

При стрельбе на дистанции 300 метров при кучности стрельбы в 3 МОА, кучность при отрицательных температурах составляет 3,87 МОА.

Целью работы было разработать отечественный безградиентный метательный заряд для патрона .338LM с массой пули 16,2 грамма (250 Gr) с баллистическими характеристиками V_{25} – не менее 835 м/с при давлении, не более 4200 бар и изменением скорости полета пули при -50°C не более 2%.

Образцы были изготовлены по спирто-эфирной технологии [1] с различными физико-химическими характеристиками и различными геометрическими размерами. С помощью математического моделирования были разработаны рецептура метательного заряда и режимы прессования [2]. В качестве аналога были выбраны американский порох HODGDON H 1000, разработан под патрон .338LM с массой пули 250 Gr.

Закключение:

1. Изучены факторы, влияющие на стабильность баллистических характеристик при отрицательных температурах.

2. Разработана рецептура пороха, позволяющая при отрицательных температурах обеспечивать стабильные баллистические характеристики.

3. Разработаны режимы изготовления безградиентного пороха, при температуре -50°C скорость полета пули снижается не более чем на 2%.

4. Впервые разработан отечественный безградиентный спортивно-охотничий порох под патрон .338LM с массой пули 250 Gr (16,2 г.), по баллистическим характеристикам не уступающий лучшие мировые аналоги.

Литература

1. Гиндич В.И. Технология пироксилиновых порохов. Производство порохов. – Казань: ГосНИИХП, 1995. – 396 с.

2. Староверов В.А. Математическое моделирование оптимизации геометрии молекулярных систем с помощью программного комплекса accelrys / «Вестник Казанского технологического университета» Казань 2013 том 16 № 10 с.306-310

**ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ
УДАРНЫХ ВОЛН ЗАРЯДОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ
И ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТРОТИЛОВОГО ЭКВИВАЛЕНТА**

Точилин С.Н., Чернов А.И.

*Институт криминалистики Центра специальной техники ФСК
России, e-mail: nordica06@rambler.ru*

Опыт проведения экспериментов с насыпными смесевыми ВВ показывает, что изготовление зарядов сферической формы затруднительно, но наиболее просты в изготовлении и чаще всего используются заряды цилиндрической формы. Имеющиеся экспериментальные и расчётные данные свидетельствуют о том, что параметры воздушных ударных волн (ВУВ), образующихся от взрыва сферических зарядов, отличаются от параметров ВУВ, образующихся от цилиндрических зарядов в широком диапазоне давлений (50-1000 кПа). Вследствие этого результат экспериментального определения тротилового эквивалента цилиндрического заряда будет зависеть от места расположения каждого датчика.

Для обработки результатов измерений параметров ВУВ от цилиндрических зарядов необходимо использовать аналитическое представление зависимости избыточного давления во фронте ВУВ (ΔP) от приведённого расстояния (R'), аналогичное формуле Садовского.

Проведены расчёты с помощью программы Gas Dynamics Tool для цилиндрических зарядов тротила. Показано, что тротильный эквивалент зарядов цилиндрической формы, рассчитанный по формуле Садовского, приводит к возникновению ошибки от 20 % до 100 %.

Проведена оценка влияния погрешностей измерения давления и расстояний при экспериментальном определении тротилового эквивалента. Установлено, что общая погрешность имеет минимум в области $R'=1-2$ м/кг^{1/3}. С увеличением расстояния от заряда, погрешность увеличивается. При увеличении массы заряда погрешность несущественно уменьшается в области $R'=1-3$ м/кг^{1/3}.

Таким образом, теоретически обосновано оптимальное расположение датчиков измерения давления ($R' = 1,5-4$), при котором

погрешность определения тротилового эквивалента минимальна; получены аппроксимационные зависимости $\Delta P(R')$, описывающие с высокой степенью точности (до 1%) параметры ВУВ при взрыве цилиндрического заряда.

УДК 532.5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКСПЕРТНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГОТОВЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ МИНЫ МРУД

Точилин С.Н., Чернов А.И.

*Институт криминалистики Центра специальной техники ФСБ
России, e-mail: nordica06@rambler.ru*

Методы численного моделирования широко используются в различных областях науки и техники. В ряде случаев численное моделирование позволяет существенно сэкономить как время, так и материальные ресурсы, необходимые для проведения натурного эксперимента. В докладе представлен пример определения начальной скорости поражающего элемента противопехотной осколочной мины направленного поражения МРУД (Югославия).

Моделирование разлёта поражающих элементов проводилось в программе Gas Dynamics Tool («Научный центр GDT Software Group», г. Тула, Россия). В силу симметрии строилась модель $\frac{1}{4}$ части мины. Поражающие элементы в модели представляют собой абсолютно жёсткие несжимаемые тела. Модель взрывчатого вещества задаётся скоростью детонации 7400 м/с, плотностью 1500 кг/м³, коэффициентом политропы $k=3$ и удельной теплоёмкостью продуктов детонации 1248 Дж/К×кг. Окружающая среда определялась давлением – 1 атм, плотностью воздуха 1,25 кг/м³, показателем адиабаты $\gamma=1,4$, удельной теплоёмкостью 724 Дж/К×кг.

В результате расчёта установлено, что начальная скорость поражающих элементов составляет около 1155 м/с. Средняя скорость поражающего элемента на дистанции 1,2 – 1,7 м от мины с учётом аэродинамического сопротивления воздуха составляет 1124 м/с.

Результаты численного моделирования сравнивались с экспериментом по определению начальной скорости поражающих элементов с помощью электроконтактных датчиков (рам-мишеней).

Средняя экспериментальная начальная скорость поражающего элемента – 1085 м/с. Результаты численного моделирования хорошо согласуются с данными натурального эксперимента, погрешность составляет около 4%.

УДК 661.728.7

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
И ТЕРМОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИТОВ
НА ОСНОВЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Хамзина Л.Ф., Трескова В.И., Никитина Л.Е., Гараева М.Р.,
Стрекалова Г.Р., Шипина О.Т.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: laysanhamzina282@gmail.com

В современной промышленности широкое применение находят материалы на основе природных и искусственных полимеров. Основную массу искусственных полимеров получают на основе целлюлозы путем её химической и структурной модификации. Для переработки целлюлозы в материалы (пленки, клеи, волокна), как правило, применяют ее растворы. Исходная не модифицированная целлюлоза имеет сильно ограниченную растворимость, что усложняет способы её переработки. Поэтому разработка растворимой модифицированной целлюлозы является актуальной задачей. Посредством изменения надмолекулярной структуры и химического строения исходного полимера могут быть получены совместимые или частично совместимые новые полимерные смеси целлюлозы с низкомолекулярными реагентами, свойства которых будут зависеть от степени полимеризации, структурной организации целлюлозы, свойств модификатора и растворителя. Исследования совместимости, надмолекулярной структуры и термостойкости целлюлозных смесей представляют научный интерес, так как оказывают влияние на их физико-механические характеристики [1, 2].

В данной работе изучалась термодинамическая совместимость целлюлозы с 3,4-диаминофуразан (ДАФ) и 4-(4-нитрофенилазо)-3-хлорфенол (азонол) и особенности надмолекулярной структуры полученных композиций. Методами ТГА и ДСК доказана совместимость целлюлозы с модификаторами в изученных системах, повышение термостойкости полученных композитов. Микроструктурный анализ частиц модифицированной

микрористаллической целлюлозы показал, что частицы модификатора равномерно распределены по всему объему и система характеризуется более высоким уровнем упорядоченности молекул. Впервые получены композиционные материалы на основе микрористаллической целлюлозы, ДАФ и азонола из растворов в соотношении 1:1, которые можно рекомендовать для создания энергонасыщенных и антибактерицидных материалов.

Литература

1. Liebert, T. Cellulose solvents – remarkable history, Bright future, Chapter 1 / T. Liebert // ACS Symposium Series. 2010. - V. 1033. - P. 3-54.

2. Журнал «Научный альманах» № 2-2 Вып.52 с.92-95, Шипина О.Т., Трескова В.И. «Синтез аминопроизводных сложных эфиров целлюлозы».

УДК 547.00

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ УВС НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИВВ

Хусаинов Р.М., Гильманов Р.З., Хусаинова Э.Р.,
Камарова Г.Н., Иванкина А.И., Агмалова Д.К.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: r_khusainov@mail.ru

В условиях производства была определена работоспособность УВС, содержащих в качестве ИВВ – калиевую соль динитробензофуроксана, диазодинитрофенол. Результаты испытаний показали, что у всех КВ с данным УВС отпечаток от бойка значительно глубже, чем при испытаниях КВ с валовым составом. Кроме того, у некоторых КВ обнаружено пробитие доньшка колпачка. Для исключения дефекта пробития доньшка КВ ведутся работы по уменьшению мощности состава при сохранении чувствительности УВС на прежнем уровне.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ИВВ И УВС НА ЕГО ОСНОВЕ С МАТЕРИАЛОМ КВ

Хусаинов Р.М., Гильманов Р.З., Хусаинова Э.Р.,
Камарова Г.Н., Иванкина А.И., Агмалова Д.К.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: r_khusainov@mail.ru

В условиях производства было изучено взаимодействие перспективного экологически безопасного инициирующего взрывчатого вещества и ударных воспламенительных составов на его основе с материалом КВ (латунью) в условиях 100% влажности. Испытания штатного состава на основе ТНРС, нового разработанного состава на основе калиевой соли динитробензофуросана (К-соль ДНБФ) и индивидуальных веществ на оржавляющее действие на материал КВ (латунь) проводились параллельно при нормальных условиях (н.у.); при 100% влажности и температуре 25⁰С. Вещества и составы насыпались на пластины из латуни без дополнительной подпрессовки.

Результаты испытаний при н.у. представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний при н.у. на оржавляющее действие

Состав, вещество	Привес контрольных образцов, г.	Внешний вид образцов	Время выдержки ч.
Состав штатный на основе ТНРС	0	Наблюдается некоторое потемнение латуни	962
Состав на основе К-соль ДНБФ	0	Без изменений	
К-соль ДНБФ	0	Без изменений	
К-соль ДНБФ (покрыта полимером)	0	Без изменений	
Контрольный образец	0	Без изменений	

Результаты испытаний при 100% влажности представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний при 100% влажности на оржавляющее действие

Состав, вещество	Привес контрольных образцов, г.	Внешний вид образцов	Время выдержки ч.
Состав штатный на основе ТНРС	0,001	Наблюдается коррозионный налет	962
Состав на основе К-соль ДНБФ	0	Без изменений	
К-соль ДНБФ	0	Без изменений	
К-соль ДНБФ (покрыта полимером)	0	Без изменений	962
Контрольный образец	0	Без изменений	

Таким образом, результаты испытаний показывают, что калиевая соль динитробензофуросана и составы на ее основе не взаимодействуют с латунию и могут снаряжаться в КВ из данного материала.

УДК 547.00

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗМЕТАЛЬНОГО ИНИЦИИРУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА С УВЕЛИЧЕННОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

Хусаинова Э.Р., Галиакберов И.Ф., Хусаинов Р.М.,
Ахметова Р.Р.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: r_khusainov@mail.ru

Практически все современные ударные воспламенительные составы для капсулей воспламенителей центрального боя содержат в качестве одного из компонентов инициирующее взрывчатое вещество – тетразен [1, 2].

При снаряжении капсуля воспламенителя ударным воспламенительным составом требуется обеспечить необходимую массу навески состава. Это достигается, в том числе, применением в ударных воспламенительных составах компонентов с близким размером кристаллов и высокой гравиметрической плотностью. Для

тетразена учеными России разработаны методики получения его с высокой гравиметрической плотностью (не менее $0,65 \text{ г/см}^3$) [3], по сравнению с известной методикой ($0,45 \text{ г/см}^3$) [4].

Нами были выполнены работы по синтезу тетразена с введением в реакционную массу модифицирующих добавок. Полученный продукт представляет собой кристаллы, имеет хорошую сыпучесть и увеличенную гравиметрическую плотность, что должно способствовать обеспечению необходимой массы навески ударного воспламенительного состава в капсуле воспламенителя.

Литература

1. Капсюль-воспламенитель: пат. 2597649 Рос. Федерация № 2015135399/03 заявл. 20.08.2015; опубл. 20.09.2016 Бюл. № 26

2. Воспламенительный неоржавляющий ударный состав: пат. 2010128826 Рос. Федерация № 2010128826/05, заявл. 12.07.2010; опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2

3. Способ получения тетразена: пат. 2593636 Рос. Федерация № 2014126547/05, заявл. 30.06.2014; опубл. 10.08.2016 Бюл. № 22

4. Багал Л. И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ – М. Машиностроение, 1975, 456 с.

УДК 547.00

УДАРНЫЙ ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ПАТРОНОВ КОЛЬЦЕВОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Хусаинова Э.Р.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: r_khusainov@mail.ru

Ударные воспламенительные составы на основе ТНРС применяются в большом количестве как в патронах центрального боя, так и в строительно-монтажных и спортивных патронах кольцевого воспламенения [1, 2]. Применяемые ударные воспламенительные составы должны соответствовать по чувствительности ОСТ В 84-1454-77. Согласно данному ОСТ, запрессованные ударным воспламенительным составом патроны при ударе груза массой 307 г по фланцу гильзы с высоты 11-13см должны обладать 100%-ной чувствительностью.

На основе 2-диазо-4,6-динитрофенола разработаны ударные воспламенительные составы для строительно-монтажных и спортивных патронов кольцевого воспламенения, которые по

чувствительности к удару полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к патронам такого типа.

Литература

1. Способ изготовления суспензионного ударно-воспламенительного состава и способ снаряжения патронов кольцевого воспламенения таким составом: пат. 2669637 Рос. Федерация № 2017128574, заявл. 11.08.2017; опубл. 12.10.2018 Бюл. № 29

2. Иницирующий состав и патрон кольцевого воспламенения: пат. 95105012 Рос. Федерация № 95105012/02, заявл. 03.04.1995; опубл. 27.01.1997.

УДК 547.414

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КАУЧУКОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Корчуганова А.С., Лайлов С.В., Петров Е.А.

АО «ФНПЦ «Алтай», post@frpc.secna.ru

Провели исследования термической стабильности модельных ВЭМ на основе каучуков СКН-40 и БНКС-40 АМН с добавлением стабилизаторов химической стойкости, таких как дифениламин, метилнитроанилин, неозон-Д, и без добавок [1,2].

Введение метилнитроанилина в горюче-связующее и модельную смесь приводит к снижению уровня газовыделения ~ в 2 раза;

Полученные результаты термической стойкости с добавками неозона-Д и метилнитроанилина показывают перспективность их использования в ВЭМ.

Литература

1 Прохоров А. М. Большая Советская Энциклопедия. М., 1975. 647 с.

2 Доналдсон Н. Химия и технология соединений нафталинового ряда. М., 1963, 227 с

СЕКЦИЯ 2

Воспламенение, горение, излучение и взрывчатые превращения ЭКС

УДК 622.235

ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗИРУЕМЫХ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ

Александров В.Н., Базотов В.Я., Файзуллина М.Р., Корнилов А.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: alexvn70@mail.ru

Соблюдение правил по технологической и транспортной безопасности является одним из важнейших требований при обращении с взрывчатыми веществами. При разработке новых промышленных взрывчатых веществ (ВВ) степень опасности и эксплуатационные характеристики оцениваются методами, воспроизводящими те или иные воздействия на ВВ. В основу испытаний промышленных ВВ положен комплекс методов для оценки термической стойкости в условиях эксплуатации, чувствительности к механическим и детонационным воздействиям, класса предохранительности промышленных ВВ. Результаты испытаний определяют уровень безопасно-эксплуатационных и детонационных характеристик промышленных ВВ. Оценка свойств веществ или изделий, обладающих или предположительно обладающих взрывчатыми свойствами, производится в два этапа. Сначала устанавливается возможность взрыва вещества или изделия и определяется приемлемость его химической и физической устойчивости и чувствительности. Затем проводятся классификационные испытания и испытания в целях определения соответствующего подкласса в классе 1.

Целью настоящей работы является прогнозирование поведения разработанного промышленного взрывчатого вещества [1] при различных эксплуатационных и транспортных воздействиях, проведение полигонных испытаний для определения степени опасности (подкласс чувствительности), проверка защитных и эксплуатационных свойств упаковки.

Проведенные испытания по транспортной безопасности показали, что исследуемое взрывчатое вещество выдерживает испытания на падение с высоты 12 м; при воспламенении штабеля упаковок горение не передается от упаковки к упаковке; опасности перехода горения в детонацию нет; при внешнем поджигании опасности перехода горения в детонацию нет; при инициировании детонационным импульсом детонация распространяется на весь объем штабеля. Таким образом, получены критические и безопасные слои исследуемого взрывчатого вещества, которые могут служить основой для обоснования норм загрузки оборудования при переработке продукта.

Литература

1. Исследование взрывчато-энергетических характеристик промышленного взрывчатого вещества из некондиционных пироксилиновых порохов / В.Н. Александров, А.А. Андриенко, В.М. Борисов, В.Л. Белобородов // Вестник КТУ. Т. 14. № 21. 2011. С. 97-105.

УДК 662.1:681.5

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПИРОТЕХНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Архангельский В.Ю., Шибанов С.В., Валидов Р.Р.

АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», e-mail: niiph@niiph.ru

Учитывая специфику пиротехнического производства (потенциальную опасность технологических процессов и большое разнообразие выпускаемых изделий) наиболее важными при создании автоматизированных технологий являются разработка устройств с управляемыми технологическими режимами и способов, обеспечивающих наибольшую их безопасность и эффективность.

Одним из направлений разработки современных автоматизированных технологий является конструктивное усовершенствование устройств для автоматизированного изготовления пиротехнических составов и изделий из них. Общая тенденция при решении таких задач – создание агрегатов смешивания составов и формования изделий, совмещающих ряд основных и вспомогательных операций.

В рамках ОКР «Процесс», выполненной в АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», были разработаны уникальные технологии и следующие автоматизированные технологические комплексы (АТК):

– изготовления термoplastических составов и изделий из них, совмещающий операции дозирования, смешивания и грануляции, сушки и формования изделий путем агрегатирования лопастного смесителя, планетарного гранулятора, вакуум-сушильной камеры и проходного пресса в виде вертикально скомпонованной конструкции комплекса;

– прессования пиротехнических зарядов на базе роторных прессов, учитывающий влияние физико-механических свойств пиротехнических составов на выбор технологических режимов дозирования, формования, режима нагружения, скорости активного и пассивного нагружения и снятия нагрузки, времени выдержки под давлением.

С целью обеспечения высокой производительности дозирования предпочтительным является использование объемного дозирования, что позволяет использовать чувствительные к механическим воздействиям пиротехнические составы на роторных прессах. Однако, для удовлетворения повышенных требований к точности дозирования (до 1%) был предложен весовой дозатор с дистанционной загрузкой пиротехнического состава в матрицу, который позволил решить эту техническую задачу.

Опытная эксплуатация созданных АТК показала их надежность и эффективность работы. Разработанные технологии значительно повышают безопасность процесса изготовления пиротехнических зарядов.

УДК 662.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭФИРУРЕТАНОВОГО ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА

Бакешко А.В., Михайлов Ю.М., Смирнов В.С.

ФГБУН ИПХФ РАН, e-mail: bav@icp.ac.ru

Проведены исследования физико-механических характеристик, таких как модуль упругости E' , тангенс угла механических потерь,

связующих на основе пластифицированного полиэфируретанового термоэластопласта в диапазоне температур от -100 до +100°С с помощью метода динамического механического анализа ДМА.

Показано, что в определённых ранее с помощью интерференционного микрометода (ИММ) концентрационных пределах совместимости наблюдается резкое изменение механических характеристик, что может говорить о фазовом расслоении системы. Обнаружено, что при механическом воздействии предельное значение концентрации пластификаторов в связующем оказывается на 3÷5% меньше по сравнению со значениями полученными ИММ.

Таким образом, рекомендуется учитывать полученные поправки при использовании других пластификаторов, особенно с высокой степенью совместимости с полиэфируретаном при разработке новых связующих.

УДК 662

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПИРОЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ФАЛЬШФЕЙЕРА БЕЛОГО ОГНЯ

Белобородова О.И., Ломоносов А.И., Гисмятов Р.Р., Тимофеев Н.Е.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: beloborodova@kstu.ru

В процессе промышленного производства фальшфейера белого огня достаточно большое количество пироэлементов после прессования деформируется и частично разрушается. Данная ситуация влечёт за собой превышение допустимого количества брака и, как следствие, увеличение себестоимости изготовления фальшфейера.

Анализ рецептуры и технологии изготовления позволил выявить следующие возможные причины разрушения пироэлементов:

- неправильный выбор режима прессования;
- нарушение условий хранения элементов при наличии компонентов с низкой физической стабильностью и химической стойкостью.

Исходя из вышеизложенного, в работе исследовали влияние следующих факторов на физико-механические и специальные характеристики образцов:

- давления прессования образцов;
- условий хранения образцов;

- природы горючего;
- природы и содержания связующего;
- количества запрессовок.

Разработанный в результате исследований пиротехнический состав имеет более высокую влагостойкость, лучшие светотехнические характеристики; пироэлемент из данного состава обладает повышенными физико-механическими показателями. Результаты исследований рекомендованы для отработки технологии в условиях промышленного производства в АО «Сигнал» (г. Челябинск).

УДК 662.61:662.23:536.46

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В., Габдрахманова З.Р,
Михайлов С.В. Крыев Р.А., Гаскарова Р.Р., Бакиева И.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: spektr@kstu.ru

Металлополимерные композиции являются перспективными материалами и находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в пищевой, электронной, радиотехнической, машиностроительной, медицинской и других. Наибольший интерес представляет использование металлополимерных композиций при создании энергонасыщенных систем, где требуется относительно высокая полнота использования компонентов при термическом превращении. Одним из экономичных способов может являться совместная механическая обработка дисперсных металлов и полимеров.

Сочетание совместного диспергирования твердых веществ и полимеров, с механокрекингом последних, открывает пути получения покрытий фрагментарного типа в результате адсорбции продуктов деструкции на поверхности твердого тела, например металла. Это позволяет получать наполненные металлополимерные композиции, где каждая частица металла покрыта пленкой полимера. Открывается возможность регулировать электрофизические, физико-механические, химические и эксплуатационные параметры материала за счет увеличения доли межфазного взаимодействия. Тем самым можно

будет создавать новые материалы с уникальными управляемыми характеристиками. В то же время металлополимерные композиции являются малоизученными объектами современного материаловедения, так как теоретическая база о структуре и свойствах не в полной мере отражает специфику механизма взаимодействия входящих в их состав металлов и полимеров. Поэтому как с практической, так и с теоретической точек зрения представляет интерес исследовать влияния механического воздействия на механизм образования металлополимерной композиции, а также оценить пределы технологических режимов получения данной композиции.

В результате комплексного исследования механизма формирования металлополимерной композиции на основе металл-политетрафторэтилен определены технологические режимы получения данной композиции.

УДК 662.21:662.23:536.46

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ГОРЕНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПОЗИТОВ

Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В., Габдрахманова З.Р,
Михайлов С.В. Крыев Р.А., Гаскарова Р.Р., Бакиева И.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: spektr@kstu.ru

Основу технологии модификации поверхности компонентов МКГС составляет совместная механическая обработка компонентов энергонасыщенных композиций, например, металлического горючего и окислителя, в энергонапряженных аппаратах ударно-стирающего воздействия – шаровая и вибрационная мельницы. В процессе твердофазной модификации поверхности компонентов формируется структура, представляющая собой смесь микрокомпозитов с размерами меньше исходных, где частицы металлического горючего покрыты окислителем. Исходя из закономерностей твердофазного взаимодействия, можно предположить, что формирование такой структуры будет способствовать изменению скорости массопереноса в процессе термического превращения в таких системах. В этом плане следует ожидать изменения закономерностей окисления, воспламенения и горения МКГС. В тоже время понимание механизма горения МКГС базируется на общих физико-химических закономерностях, показывающих связь кинетики гомогенно-

гетерогенных реакций с параметрами горения, многостадийностью этого процесса и возможностью его контроля. С практической точки зрения учет многостадийности процесса горения является крайне важным при прогнозировании зависимостей скорости горения от начальной температуры, давления, относительной плотности образцов, удельной поверхности смесей; при управлении показателем в законе зависимости скорости горения от давления и температурным коэффициентом скорости горения. Поэтому в данной работе изучено влияние твердофазной модификации поверхности компонентов МКГС на процессы окисления, воспламенения и горения смесей и образцов на их основе. В качестве объектов исследования были выбраны смеси металлических порошков с политетрафторэтиленом (ПТФЭ). Твердофазная модификация проводилась на шаровой и вибрационной мельницах. Установлено, что размер зоны экзотермических химических реакций при использовании модифицированных компонентов возрастает в 2,8 раза, при этом запас тепла в к-фазе увеличивается в 2 раза.

УДК 662.61:662.23:536.46

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В.,

Крыев Р.А., Михайлов С.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», spektr@kstu.ru

Физико-химическая стабильность (ФХС) энергонасыщенных материалов (ЭНМ) является одной из самых важных эксплуатационных характеристик.

Определение физико-химической стабильности составов до и после модификации проводили путем анализа характеристик образцов (изменение массы образцов и содержание активного металла) после их выдержки в условиях повышенной относительной влажности (95%) в течение 30 суток. Контроль основных характеристик (изменение массы образцов) проводили каждые 10 суток. По истечении 30 суток образцы высушивали при температуре 40÷45 °С до постоянной массы. Модификацию металлических порошков различной природы (Me₁, Me₂, Me₃) фторопластом-4 (15%) проводили в вибромельнице в

течение 1800 секунд.

Результаты показали, что после модификации Me_1 и Me_2 степень увлажнения образцов ниже примерно в 6,7 раза, чем у образцов на исходных смесях. Через 30 суток привес образцов для состава на основе модифицированного Me_1 составил 2,1%; для составов на основе модифицированного Me_2 – 0,55%. Изменение содержания активного металла модифицированных составов составляет 0,5-4,3 %. Для Me_3 после модификации наблюдается некоторое увеличение степени увлажнения по сравнению с исходной смесью, через 30 суток привес образцов составил 3,1%, при этом изменение содержания активного металла составляет 2,2%.

Анализ полученных данных показывает, что характеристики образцов на основе модифицированных металлических горючих удовлетворяют стандартным требованиям по физико-химической стабильности. Это свидетельствует о целесообразности проведения модификации металлических порошков с Ф-4 для повышения химической стойкости ЭНМ. Оценка химической совместимости показала, что составы на основе модифицированных композиций удовлетворяют требованиям, предъявляемым к штатным пиротехническим составам.

Установлено, что образцы на основе модифицированных металлических горючих являются химически стойкими.

УДК 662.61:662.23:536.46

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В.,

Михайлов С.В., Капелин М.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», spektr@kstu.ru

Исследовались образцы составов $Me_1+Ф-4$ и $Me_2+Ф-4$ и составов $Me_1+Ф-4$ (модиф.) и $Me_2+Ф-4$ (модиф.) в виде россыпи.

Порошки $Me_1+Ф-4$ (модиф.) и $Me_2+Ф-4$ (модиф.) изготавливались путем механообработки компонентов в вибромельнице в атмосфере воздуха в течение 30 мин. Химическая совместимость компонентов составов определялась calorиметрическим методом в изотермических и адиабатических условиях по тепловыделению в соответствии с методикой определения

химической совместимости компонентов.

По окончании каждого эксперимента рассчитывали температуру разогрева T_p каждого исследуемого состава в адиабатических условиях. Для определения химической совместимости компонентов рассчитывался коэффициент K равный отношению температуры воспламенения к температуре разогрева. Полученные экспериментальные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения химической совместимости компонентов составов

Шифр состава	Удельная теплота, Дж/г	Температура разогрева T_p , °С	Температура воспламенения $T_{\text{воспл}}$, °С	K
Me ₁ +Ф-4	20,74	34,84	530	15,21
Me ₁ +Ф-4 (модиф.)	21,09	40,44	500	12,36
Me ₂ +Ф-4	9,56	28,09	530	18,87
Me ₂ +Ф-4 (модиф.)	107,65	118,79	480	4,04

В соответствии с методикой для химически совместимых компонентов пиротехнического состава значение коэффициента $K \geq 1,5$.

Таким образом, установлено, что компоненты испытываемых составов химически совместимы.

УДК 662.61:662.23:536.46

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В., Крыев Р.А., Михайлов С.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», spektr@kstu.ru

Физико-химическая стабильность пиротехнических составов определяется химической стойкостью компонентов, их совместимостью друг с другом, а также стабильностью свойств в широком диапазоне температур и влажности при хранении и эксплуатации. Определение физико-химической стабильности составов на основе нитрата натрия и исходного и модифицированного металлического горючего (Me) проводили путем анализа характеристик образцов после их выдержки в условиях повышенной

относительной влажности в течение 30 суток. Контроль основных характеристик (изменение массы образцов и измерение содержания активности металлического горючего) проводили каждые 10 суток. По истечению 30 суток образцы высушивали при температуре 40 ± 45 °С до постоянной массы.

Полученные данные показали, что через 30 суток относительный привес образцов для состава на основе исходных компонентов нитрата натрия и Ме составил 19,0 %. Для модифицированных компонентов относительный привес – 9,0 %.

Остаточный привес, то есть масса состава после высушивания, для состава на основе исходных нитрата натрия с Ме составил 6,0 %, для состава на основе нитрата натрия с модифицированным Ме- 1,0 %.

После испытаний изменение активности Ме составов на основе исходных компонентов составляет 13,5 %, для модифицированных компонентов – 1 %.

Можно отметить, что в составе на исходных компонентах при увлажнении произошли заметные физические изменения – частичное растворение компонентов состава, изменение плотности и формы образцов, их растрескивание, кристаллизация солей на поверхности состава, изменение цвета состава. Полученные результаты можно объяснить тем, что в образцах на основе модифицированных компонентов полимер находится на частицах металла в виде покрытия и имеет большую площадь контакта с поверхностью металла. Поэтому снижение активности на составе с нитратом натрия – гигроскопичным компонентом – составляет не более 1%.

УДК 661;662.1

ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ НИТРОБЕНЗОФУРОКСАНА

Беляков А.В, Юсупова Л.М., Кипрова Л.А., Васянина Е.В,
Решетникова Л.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: albeliyakov@mail.ru

Основными трендами развития пиротехники в области разработки и совершенствования составов цветных огней в настоящее время являются: поиск новых компонентов, заменяющих дефицитные материалы, разработка составов новой цветовой гаммы, расширяющих цветовой диапазон фейерверочных изделий; "зеленая пиротехника",

предполагающая использование новых компонентов, снижающих нагрузку на здоровье человека и окружающую среду.

В настоящее время в качестве окислителей в фейерверочных составах традиционно применяются нитраты, хлораты и перхлораты /1, 2/. Эти окислители имеют ряд недостатков: гигроскопичность (нитраты натрия калия, стронция и хлорсодержащих окислителей), дороговизна и дефицитность (нитраты бария и стронция). В качестве хлорирующих добавок используются: гексахлорбензол, гексахлорэтан, но большее предпочтение отдают поливинилхлориду ПВХ, так как по сравнению с другими хлорирующими добавками он менее токсичен.

В работе предпринята попытка использования в качестве цветопламенной добавки динитропроизводных бензофуроксанов., в частности его натриевую соль. Для работы был использован комплекс натрия 4,6 - динитро-5,7 - диаминобензофуроксана (ДНДАБФО), синтезированный на кафедре химической технологии соединений азота ФГБОУ ВО "КНИТУ". В ходе исследований определены структура молекулы нового компонента, его основные физические характеристики и чувствительность к механическому и тепловому импульсу. Рассчитано содержание окислительных элементов в составе соли, приведена возможная реакция ее разложения. Показано, что натриевый комплекс 4,6 - динитро-5,7 - диаминобензофуроксана может быть применен в фейерверочных составах желтого и оранжевого огня.

Литература

1. Мадякин Ф.П. Компоненты и продукты сгорания пиротехнических составов / Ф.П. Мадякин. – Казань: КГТУ, 2006. – 500 с.
2. Пиротехника: учебник / Н. М. Варёных [и др.]. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 472 с

УДК 661;662.1

ЦВЕТОПЛАМЕННЫЕ ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ НИТРОБИСИМИДАЗОЛА

Беляков А.В., Ахтямова З.Г., Кипрова Л.А., Решетникова Л.А.
ФГБОУ ВО "КНИТУ", e-mail:albelyakov@mail.ru

Большое внимание в настоящее время уделяется поиску новых компонентов, которые по токсичности и доступности отвечали бы современным требованиям. В связи с этим интерес представляет

исследование потенциально возможных веществ для конструирования новых пиротехнических составов. Интерес представляет использование в пиротехнике полиазотистых соединений. Этим решается задача об альтернативной замене хлорсодержащих добавок на производные высокоазотистых соединений. Кроме того известно, что соединения азота являются катализаторами формирования цвета пламени. Возможность использования вещества в качестве пиротехнического состава и, в частности цветопламенного состава можно оценить по наличию в молекуле катиона металла, который в последствии может участвовать в формировании цвета пламени, по содержанию кислорода в молекуле, способного к участию во внутримолекулярном окислении элементов. В работе использованы литиевые, натриевые, калиевые, бариевые, стронциевые и медные соли тетранитробисимидазола, синтезированные на кафедре химической технологии органических соединений азота ФГБОУ ВО "Казанский национальный исследовательский технологический университет".

В работе определены основные характеристики новых компонентов, возможные реакции термического превращения, Разработаны и оптимизированы рецептуры пиротехнических составов красного, зеленого и синего огней. Предложены новые пиротехнические составы с уменьшенным содержанием поливинилхлорида, а также рецептуры исключаяющие хлорирующую добавку. Показано, что насыщенность цвета пламени для разработанных составов красного огня составляет 94 -96%, для синего – 67 - 70%, а для зеленого – 50-55%.

Литература

1. Мадякин Ф.П. Компоненты и продукты сгорания пиротехнических составов / Ф.П. Мадякин. – Казань: КГТУ, 2006. – 500 с.
2. Пиротехника : учебник / Н. М. Варёных [и др.]. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2015. – 472 с
3. Мельников. В.Э Современная пиротехника.-М.; 2014, 480 с.

НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Беляков А.В., Кипрова Л.А., Решетникова Л.А., Смирнова Е.
ФГБОУ ВО "КНИТУ", e-mail: albelyakov@mail.ru

Пиротехник в своем творчестве ограничен довольно узкими границами применимости компонентов в пиротехнических составах. Этим во многом определяются подходы и основные принципы построения пиротехнических композиций, которые были сформулированы в 30-х годах прошлого столетия и не меняются на протяжении 50-60 лет. Однако за эти годы было синтезировано большое количество соединений, потенциально способных расширить компонентную базу пиротехники. Поэтому большой интерес представляет поиск новых, не традиционных компонентов. Их применение может позволить снизить содержание хлорсодержащих компонентов, содержание тяжелых металлов, уменьшить чувствительность. В этой связи интерес представляет применение в пиротехнике компонентов, молекулы которых объединяли бы элементы-излучатели, способные формировать определенный цвет пламени и элементы – окислители, галогенпроизводные – основу хлорирующей добавки. В связи с этим интерес представляют хлорпроизводные уксусной кислоты, в частности бариевые, стронциевые, медные соли этого соединения.

В работе исследована возможность применения солей трихлоруксусной кислоты в качестве компонентов пиросоставов. В молекуле этой кислоты все атомы водорода в радикале заменены на хлор. При проведении работы были синтезированы соли меди, бария и стронция, в которых атомы металла заместили водород гидроксильной группы. Таким образом, было синтезировано вещество, которое в своем составе содержит атом металла – излучателя и хлора одновременно.

В работе приведены реакции синтеза новых компонентов, содержание металла и кислорода в соединениях, возможные реакции термического превращения. Предложены модернизированные штатные составы красного, зеленого и синего огней. Показано, что цветовые характеристики этих составов находятся на уровне штатных.

Литература

1. Мадыкин Ф.П. Компоненты и продукты сгорания пиротехнических составов / Ф.П. Мадыкин. – Казань: КГТУ, 2006. – 500 с.
2. Пиротехника : учебник / Н. М. Варёных [и др.]. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 472 с
3. Мельников. В.Э Современная пиротехника.-М.; 2014, 480 с.

УДК 661;662.1

ПИРОТЕХНИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРАСНОГО ОГНЯ ДЛЯ ФАЛЬШФЕЙЕРА

Беляков А.В., Кипрова Л.А., Решетникова Л.А., Смирнова Е.
ФГБОУ ВО "КНИТУ", e-mail: albelyakov@mail.ru

Пиротехнические составы цветных огней используются для сигнализации, целеуказания и визуализации траектории полета пуль, снарядов и в фейерверочных изделиях. Различают следующие виды цветопламенных составов: сигнальные, трассирующие и фейерверочные. Составы для сигнализации применяются для снаряжения сигнальных изделий, которые используются в народном хозяйстве.

Рецептура пиротехнического состава включает: нитрат стронция-70%, поливинилхлорид – 16%, металлическое горючее- 9%, канифоль – 3%, индустриальное масло – 2%. Состав имел следующие характеристики: доминирующая длина волны – 620нм, насыщенность 84%, а скорость горения равна 0,75 мм/сек. В работе исследовалась возможность замены нитрата стронция и поливинилхлорида на новый компонент – трихлорацетат стронция. В первом случае замена половины нитрата стронция на трихлорацетат не дала положительного результата: системе явно не хватало кислорода для устойчивого горения. Во втором случае после оптимизации рецептуры и замены канифоли и индустриального масла на идитол был получен положительный результат. Состав с рецептурой нитрат стронция-70%, поливинилхлорид – 8%, стронциевая соль трихлоруксусной кислоты – 8% металлическое горючее- 9%, идитол - 5% горел ярким красным пламенем с доминирующей длиной волны - 615,4 нм, насыщенностью - 82% и скоростью горения - 0,65 мм/сек. Таким образом, показана возможность использования нового компонента в штатных пиротехнических изделиях.

УДК 662.215.11

РАЗРАБОТКА ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНОГО СОСТАВА С ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ТИПА СЦ-1

Выборнов С.А., Козлова Т.В., Скворцов В.А., Исаков К.С.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Одной из приоритетных задач при разработке пиротехнических составов нового поколения и модификации существующих композиций является проблема использования «вредных» компонентов, имеющих отрицательное воздействие на людей. Поэтому исследования по замене вредных веществ в пиротехнические составы на менее опасные является актуальной задачей.

В работе проведены изыскания, по замене в воспламенительном составе оксида тяжелого металла - свинцового сурика, на более безопасный компонент. Рассмотрен ряд оксидов, проведен термодинамический расчет, с предложенными кислородсодержащими компонентами, на основании которого выбран оксид бария. Для новой предложенной композиции проведена оптимизации рецептуры по термодинамическим расчетным данным, на основании которой для дальнейших экспериментальных исследований выбрана система с максимальными значениями.

УДК 662.61:662.23:536.46

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ИСХОДНЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Бурдикова Т.В., Крыев Р.А., Белов Е.Г., Коробков А.М.,
Михайлов С.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: spektr@kstu.ru

Оценку химической стабильности компонентов проводили по результатам дериватографических исследований и по результатам оценки физико-химической стойкости и химической совместимости.

В качестве критерия химической стабильности в условиях динамического нагрева со скоростью 10 °С в минуту, принята температура, соответствующая изменению массы исследуемого компонента 2%. В качестве критерия оценки химической стойкости выбрали изменения доли активного металла после выдержки

компонентов и составов в условиях 95 %-ой относительной влажности в течение 30 суток с последующей сушкой до постоянства массы.

Исследовались различные компоненты и смеси: нитрат натрия, фторопласт-4, фторкаучук СКФ-32, антрацен, металлические горючие и их смеси с фторполимерами. Результаты химической стабильности и влияние на нее модификации поверхности компонентов показали, что наиболее химически стабильными являются компоненты фторполимер Ф-4 и нитрат натрия (интервал химической стабильности 495-550 °С). Химическая стабильность смесей на основе Ф-4 с металлическими горючими находится в интервале 402-499 °С. Наименее химически стабильными являются исходные смеси антрацена с Ф-4 и антрацена с СКФ-32 (170-175 °С).

Модификация компонентов фторполимером Ф-4 и каучуком СКФ-32 оказывает двойное влияние на химическую стабильность. Модификация металлических горючих фторполимером Ф-4 несколько снижает химическую стабильность по сравнению с исходными смесями, в среднем на 16-18 %, при этом остается в пределах ошибки эксперимента. Тенденция снижения химической стабильности объяснима более высокой реакционной активностью модифицированных смесей.

Таким образом, химическая стабильность исходных смесей определяется в основном химической стабильностью наиболее стабильного компонента. Модификация оказывает незначимое влияние на изменение химической стабильности, химическая стабильность смесей на основе металлических горючих остается на уровне исходных смесей.

УДК 662

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩИХ СОСТАВОВ ОТ УСЛОВИЙ ПРЕССОВАНИЯ И ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ

Горячев А.Ю., Моисеев В.Г., Прохоровский А.Е., Тартынов И.В.,
Абрамов А.Ю., Клевлеев В.М., Коробков А.М.¹

АО «ФНПЦ «НИИ ПХ», ¹ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lab44@niiph.ru

Для создания пиротехнического привода выброса авиационных боеприпасов в АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии» разработан

высокоэнергетический газогенерирующий состав на основе триаминогуанидин нитрата (ТАГН). Он обеспечивает необходимый импульс для отделения боеприпаса с высокой начальной скоростью и большой ресурс работы катапульты. В соответствии с требованиями технического задания максимальное давление в камере сгорания газогенератора не должно превышать 500 кгс/см^2 .

В настоящей работе проведено исследование по определению влияния технологических параметров прессования на скорость горения U . Для определения уплотняемости составов были изготовлены топливные образцы, запрессованные при $p_{\text{пресс}} = 200; 250; 300; 320; 400 \text{ МПа}$.

На следующем этапе исследования было определено влияние уплотняемости топливных запрессовок и внешнего давления на их скорость горения. Испытания проводили в генераторах давления ГД-2М и ГД-400 соответственно в рабочих интервалах давлений $p = 2 \dots 10$ и $10 \dots 40 \text{ МПа}$.

Установлено, что при увеличении плотности зарядов влияние структурной гетерогенности на скорость горения снижается. Переход на новый закон скорости горения при $K_y=0,97$ происходит при давлении $280\text{-}300 \text{ кгс/см}^2$. При снижении плотности зарядов до $K_y=0,91 \dots 0,85$ уже при давлении $120\text{-}130 \text{ кгс/см}^2$ меняется закон скорости горения с появлением неустойчивого характера горения.

УДК 622.235

ИСПЫТАНИЯ НА ПОЛНОТУ ДЕТОНАЦИИ ШТАТНОГО ГРАНИПОРА ФМ И МОДИФИЦИРОВАННОГО ГРАНИПОРА ФМВ НА ОСНОВЕ КАНАЛЬНЫХ ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ

Ганигин С.Ю., Мурзин А.Ю., Деморецкий Д.А., Гречухина М.С., Александров В.Н.¹, Корнилов А.В.¹

ФГБОУ ВО «СамГТУ», ¹ФГБОУ ВО «КНИТУ»,

e-mail: alexvn70@mail.ru

В настоящее время большую часть утилизируемых артиллерийских порохов используют в качестве основного компонента промышленного ВВ типа гранипор и нитропоров I и II типов путем флегматизации пироксилиновых и баллиститных порохов, получаемых при расснаряжении боеприпасов и их составных частей (метательных зарядов) [1].

В работе проведен анализ проблемы применения промышленных взрывчатых веществ на основе утилизируемых пироксилиновых порохов Гранипор ФМ [2] используемых на открытых горных разработках. Предложен способ устранения повышенной чувствительности гранипора ФМ для его полного соответствия требованиям [3] путем флегматизации пироксилинового пороха вакуумированием в масле. В результате флегматизации масляная пленка не только покрывает пороховые элементы снаружи, но и проникает вглубь каналов, что соответственно может привести к снижению чувствительности к механическим воздействиям. При таком способе флегматизации открытым остается вопрос о безотказности и работоспособности получаемого продукта «Гранипор ФМВ» (флегматизированный маслом вакуумированный).

Приведены сравнительные результаты экспериментального измерения скорости детонации по всей длине заряда промышленного ВВ, размещенного в стальной трубе, для штатного гранипора ФМ, флегматизированного маслом вакуумированного гранипора ФМВ и штатных взрывчатых веществ. Скорость детонации фиксировалась по всей длине заряда взрывчатого вещества с помощью оптоволоконного измерителя VOD – 815.

Литература

1. Франтов А.Е. Научное обоснование применения конверсионных взрывчатых веществ для разрушения горных пород в геотехнологии/ дисс...докт. техн. наук М.: 2017 – 343 с.
2. Гранипор ФМ ТУ 361403062-01-95. Технические условия.
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 028/2012 «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе».

УДК 662

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА НА БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ТОПЛИВА

Горячев А.Ю., Моисеев В.Г., Прохоровский А.Е., Коробков А.М.¹
АО «ФНПЦ «НИИ ПХ», ¹ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lab44@niiph.ru

При разработке газогенерирующих твёрдых топлив одной из важных проблем является обеспечение высокой скорости горения топлив при низкой температуре их горения. Достичь высокой

скорости горения низкотемпературных быстрогорящих газогенерирующих топлив (НБГТ) можно следующими технологическими и рецептурными приемами: повышением дисперсности компонентов, уменьшением коэффициента уплотнения и применением катализаторов горения. Важной технологической проблемой создания таких топлив является получение зарядов с устойчивым горением при высоких давлениях.

Установлено, что эффективным катализатором горения НБГТ является бихромат аммония (БХА). Для повышения баллистических характеристик топлив целесообразно применять катализатор горения, находящийся в высокодисперсном состоянии.

Были сформированы варианты НБГТ с порошками БХА и S_{y0} от 0,048 до 0,655 м²/г для оценки влияния степени измельчения БХА на скорость горения НБГТ.

Количество катализатора в рассматриваемых вариантах НБГТ составляло 4%. Для сравнения было изготовлено топливо с ультрадисперсным БХА $S_{y0} = 46,5$ м²/г. Температура горения рассматриваемых вариантов топлив соответствовала $T_c \sim 1600$ К.

Результативность данного исследования оценивалась методом сопоставления характеристик вновь разработанного НБГТ с показателями базового топлива, не содержащего катализатор. Скорость горения топливных композиций при различных давлениях определялась в генераторе давления ГД-2М.

Анализируя характеристики скорости горения НБГТ, в частности, значения коэффициента U_0 и показателя ν в законе скорости горения, можно утверждать, что наибольшее увеличение скорости горения обеспечивает включение в рецептуру НБГТ ультрадисперсного БХА.

Сравнение баллистических характеристик микро- и ультрадисперсного БХА показывает, что с уменьшением размера частиц катализатора скорость горения топлива возрастает. При использовании ультрадисперсного БХА удалось повысить скорость горения НБГТ \sim в 4 раза по сравнению с базовым топливом, не содержащего катализатора.

Следует отметить, что включение в рецептуру топлива крупнодисперсного БХА ($S_{y0} = 0,048$ м²/г), приводит к некоторому снижению скорости горения по сравнению с базовым топливом.

УДК 662

ГОРЕНИЕ МЕТАЛЛА В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ПС

Гришин А.Н., Казанская Л.И., Теркулова М.М.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: office@kstu.ru

Механическая обработка металлических сплавов является взрыво-пожароопасной операцией и является актуальной проблемой на сегодняшний день. Рассматривается возможность снижения скорости окисления металла путем применения альтернативных методов, а именно с применением аэрозолеобразующего пиротехнического состава. Известно, что на процесс окисления металлических горючих влияет среда, в которой находится металл. В атмосфере, например, кислорода, фтора процесс окисления ускоряется, но есть вещества, замедляющие или прекращающие процесс окисления металла (тетрафторид кремния, трифторид бора и др). Горение металла состоит из двух зон – пламенная и конденсированная. Чтобы прекратить процесс горения необходимо прекратить окисление металла. Для этого необходимо целевым продуктам (ингибиторам окисления металла) попасть в конденсированную зону, а для этого, в свою очередь, сначала требуется прекратить пламенное горение. Данная задача решается путем получения в продуктах сгорания ПС калийсодержащих соединений, которые ингибируют процесс цепных реакций в пламени. Таким образом, поставленная задача решается путем получения в продуктах сгорания нескольких целевых продуктов, каждые из которых ингибируют процессы химических реакций в определенной зоне горения металлического горючего.

УДК 662.1

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРРОТИТАНА КАК КОМПОНЕНТА ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Демьяненко Д.Б., Дудырев А.С., Ершов А.Ю.

СПбГТИ(ТУ), e-mail: hprocess@lti-gti.ru

ФГУП «СКТБ “Технолог”», e-mail: sktb-techn@ya.ru

Актуальной задачей в настоящее время является поиск и исследование новых компонентов пиротехнических составов, в частности, в целях импортозамещения, а также замены применяемых

веществ на более дешевые или недефицитные. Номенклатура компонентов, изготавливаемых в России для пиротехнических производств, ограничена. Поэтому в качестве новых компонентов целесообразно применять вещества, в больших объемах используемые в других отраслях промышленности, например, ферросплавы. В ходе выполненных авторами работ была изучена актуальная промышленная номенклатура марок ферросплавов и их характеристики, выявлены возможные поставщики и выбрана перспективная для использования в качестве горючего замедлительных пиросоставов марка ферросплава – ферротитан ФТи35С5 [1].

Экспериментально изучены характеристики горения смесей порошка сплава с хроматами бария и свинца, оксидом меди (II), железа (III), свинца (II), оксидом свинца (III,IV - свинцовый сурик) и перхлоратом калия. Указанные соединения имеют высокую химическую стойкость и применяются в ряде рецептов замедлительных композиций [2]. Кроме того, исследовались композиции на основе перхлората аммония с органическим горючим и смеси нитрата калия с идитолом, включающие добавку ферротитана.

Экспериментально установлено, что изученные пиротехнические композиции, содержащие ферротитан, могут применяться для построения замедлительных смесей со скоростями горения в диапазоне 2,5 – 15 мм/с, фейерверочных составов, создающих зрелищный эффект золотистых искр, а также воспламенительных композиций.

Литература

1. Ферросплавы. Справочник / под ред. В. Г. Мизина, Н. А. Чиркова, В. С. Игнатьева [и др.]. М.: Металлургия, 1992. 414 с.
2. Мельников В.Э. Современная пиротехника. М.: 2014. 480 с.

УДК 542.8

ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗОЖЕНИЯ

Закирова Э.Ф., Баранова Н.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: endzhe.zakirova.1997@mail.ru

При выполнении анализов физико-химическими методами точку эквивалентности определяют не визуально, а при помощи приборов, которые фиксируют изменение физических свойств исследуемого

вещества. Важной особенностью физико-химических методов является высокий темп получения результатов – их экспрессность. Следует отметить, что физико-химические методы позволяют обнаружить малое содержание примесей в объекте от 10 – 5 % до 10 – 10 % , что невозможно сделать классическими гравиметрическим и титриметрическим методами[1].

В работе проведены исследования исходных компонентов продуктов сгорания методом рентгенофазового анализа. Также проведен качественный и количественный анализ конденсированных продуктов сгорания пиротехнического состава $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$: ПАМ-4, их смеси (при соотношении 70:30). В ходе исследования выяснилось, что ПАМ-4 соответствует заявленному химическому составу и идентифицируется как сплав алюминия с магнием. Посторонних примесей не обнаружено. Аналогичная картина наблюдается и при исследовании фазового состава $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Установлено, что механическая смесь, приготовленная в соотношении 70:30 масс. не выявляет дополнительных веществ. Однако, наблюдается закономерное изменение интенсивности характерных пиков для обоих компонентов смеси. По данным анализа можно сделать вывод о том, что изучение продуктов термического разложения физико-химическими методами дает возможность исследования практически любых объектов без каких-либо ограничений по их физико-химическим свойствам.

Литература

1. Езикаян, В.И. Аналитическая химия и криминалистическая практика. Учебное пособие, Новочеркасск 2007.

УДК 662.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ДВОЙНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ ЙОДНОВОЙ КИСЛОТЫ

Димухаметов Р.Р., Казанская Л.И., Собенникова Е.В.,
Салкова О.О., Ганина М.В.

В лабораторных условиях ФГБОУ ВО «КНИТУ» по методу Фримэна и Керола проведена оценка кинетических параметров термораспада неорганических солей йодноватой кислоты. Исследовано влияние кислородного баланса на скорость горения

двойных смесей. Для снижения скорости горения проведены исследования по введению специальных добавок с высокой температурой разложения. Разработана рецептура состава с оптимальной скоростью горения.

УДК 662

ВЛИЯНИЕ ПЕНТАОКСИДА ВАНАДИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ ПРИ НАГРЕВАНИИ НИТРАТОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ

Казанская Л.И., Гришин А.Н., Коган Д.Б.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: office@kstu.ru

Оксиды металлов переменной валентности используются как катализаторы горения некоторых пиротехнических составов. К ним относятся оксиды марганца, хрома, меди, ванадия.

В данной работе представлены сведения о влиянии пентаоксида ванадия на поведение при нагревании нитратов щелочных металлов, полученные термографическим методом. Исследовались смеси на основе нитратов натрия и калия при мольном соотношении оксидов натрия и ванадия 1:6х1:5 соответственно.

На кривых нагревания смесей окислителей с пентаоксидом ванадия фиксируются температуры и эффекты всех физико-химических превращений окислителей (полиморфное превращение, плавление и разложение). При этом образуются твердые растворы сложного состава, диссоциация которых наблюдается при сравнительно низких температурах – 370°C для нитрата натрия и 450°C для нитрата калия. Установлено, что при нагревании смесей до 650°C убыль массы носит ступенчатый характер и сопровождается двумя эндотермическими эффектами, связанных с образованием ванадиевых бронз. Так, при нагревании нитрата калия с пентаоксидом ванадия в продуктах разложения обнаружены $K_2V_8O_{20}$; $K_2V_5O_{13,3}$; $K_2V_5O_{16}$; в смесях на основе нитрата натрия – обнаружены NaV_6O_{15} ; $Na_2V_5O_{13,3}$; $NaVO_3$ и др.

Состав ванадатов зависит от соотношения между окислителями. Например, разложение смеси, содержащей в нитрат натрия 50 мол % Na_2O взаимодействие компонентов начинается уже при температуре полиморфного превращения (276°C), ускоряясь, при плавлении нитрата натрия (308°C).

При этом изменяется и состав газообразных продуктов разложения: при избытке нитрата выделяются оксиды азота (NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5) и кислород, при избытке пентаоксида ванадия – кислород.

УДК 662

ОСОБЕННОСТИ ОКСИДА КРЕМНИЯ КАК ЛЕВИЛИТА В ЛЬДООБРАЗУЮЩИХ ПС

Казанская Л.И., Кириллова Е.С., Тимофеев Н.Е.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: office@kstu.ru

В работах Н.О. Плауде было показано, что влагопоглощение различных реагентов, включая йодид серебра, зависит от размера частиц. С целью снижения количества дефицитного йодида серебра в АОС рассматривалась возможность его нанесения на наноразмерные частицы оксида кремния, в пробе которого находилось примерно 10^{18} первичных частиц с диаметром 9-10 нм. В пробе были частицы и большего размера – 20-500 нм, которые относились ко вторичным структурам, образованных вследствие высокого адсорбционного потенциала наночастиц.

Исходный порошок подвергался измельчению в течение 30 минут в шаровой мельнице. Удельная поверхность оксида кремния увеличилась на 12,2%.

Исследование кинетики увлажнения продуктов сгорания подтвердили эффективность использования в АОС йодида серебра нанесенного на высокодисперсную добавку оксида кремния (влагосодержание увеличилось на 14%).

В работе дается объяснение этому факту: оксид кремния имеет слоистую структуру, построенную из кремнекислородных тетраэдров, соединенных между собой связями нескольких типов: силаксановыми, водородными и электростатическими, так как это гидратированные и частично гидроксимерованные формы вещества. В структуре оксида кремния образуются поры двух типов: каналы, размеры которых определяются размерами кремнекислородных циклов, и межцикловые полости, размер которых зависит от радиусов обменных катионов и степени межслоевой конденсации, результатом которой является образование раствора комплексной соли $\text{K}[\text{AgI}]$.

Вполне возможно, что образование концентрированных капель йодида серебра повышает эффективность АОС.

**ПОРОШОК АМОРФНОГО БОРА КАК КОМПОНЕНТ
ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БОРА
МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АДСОРБЦИИ АЗОТА**

Киселёв П.Л., Кашафдинов И.Ф., Соломонов А.В., Царёв М.В.,
Потехин А.А., Лошкарёв В.Н., Пичугина С.А., Постников А.Ю.,
Голубева В.Н., Молькова О.А., Царёва И.А., Забродина О.Ю.
*Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-
исследовательский институт экспериментальной физики*
e-mail: tsarev@dep19.vniief.ru

Порошок аморфного бора марок Б-99А и Б-99Б широко используется как окислитель в пиротехнических составах различного назначения. Использование порошка возможно при строгом соответствии его характеристик требованиям действующей нормативной документации, при этом одним из важнейших контролируемых параметров порошка является значение его удельной поверхности.

В настоящее время на разных предприятиях РФ остро встал вопрос о совершенствовании подхода к определению удельной поверхности порошка аморфного бора, а также к унификации приборной базы для проведения таких измерений. В первую очередь, это обусловлено прекращением выпуска прибора Дерягина в РФ, износом имеющихся приборов, содержащих неремонтопригодные сборочные единицы. Эти обстоятельства потребовали разработки новой методики определения удельной поверхности порошка бора, основанной на ином физическом принципе, и реализуемой с использованием современного оборудования, внесённого в Госреестр РФ.

В данной работе представлены результаты исследований, проведенных в РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые были направлены на обоснование возможности замены метода газопроницаемости на метод низкотемпературной адсорбции азота, реализованный с использованием современных анализаторов удельной поверхности.

Проведён сравнительный анализ доступной приборной базы; определены оптимальные условия проведения измерений. Показана целесообразность перехода на контроль удельной поверхности

порошка аморфного бора с использованием многоточечного метода БЭТ.

Авторы выражают благодарность сотрудникам АО «Авиабор» (г. Дзержинск) и сотрудниками Института катализа им. Н.И.Борескова СО РАН (г. Новосибирск) за содействие, оказанное при выполнении работ.

УДК 662.541.12.81

О ДИСПЕРСНОМ СОСТАВЕ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ АЭРОЗОЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ГИГРОСКОПИЧНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Кельдышева Л.И., Уразлин Р. Н., Галимова И.С., Ившин С.С.,
Федоров Ю.И.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Для пиротехнических аэрозолеобразующих составов в зависимости от назначения важно получение при их горении аэрозольных частиц не только определенной природы, но и определенного интервала размеров – активных частиц. Если эффективность получаемого аэрозоля зависит от взаимодействия с атмосферной влагой, понятие «активные частицы» становится неоднозначным. Так в маскирующих аэрозолях с прозрачными частицами в момент действия зондирующего излучения наиболее активны частицы, размер которых обеспечивает дифракционное рассеяние этого излучения.

Другое использование термина «активные по размеру частицы» для таких аэрозолей связано с процессом сорбции частицами продуктов сгорания атмосферной влаги – с активностью, как центров конденсации влаги. Считается, что наклон кинетических кривых конденсации атмосферной влаги зависит от размера частиц центров конденсации. При этом размеры считающихся активными частиц целевых продуктов (центров конденсации) для маскирующих составов и для составов, генерирующих аэрозоли, способные воздействовать на теплые облака значительно отличаются.

Представляло интерес сравнительная оценка дисперсности аэрозолей, содержащих водорастворимые вещества, но различного назначения, в условиях, исключающих их взаимодействие с влагой воздуха. Для этого испытания проводились при относительной

влажности воздуха, меньшей гигроскопических точек водорастворимых продуктов сгорания. Использовались диффузионный и нефелометрические спектрометры аэрозолей. Недостаток проведенного исследования, как и большинства других, состоит в том, что в получаемый спектр размеров кроме целевых (гигроскопичных) входят и частицы других веществ.

Основной результат исследования – неподтверждение заявленного [1] резкого различия в дисперсном составе маскирующих аэрозолей и аэрозолей для воздействия на теплые облака. Об этом свидетельствует и установленная близкая оптическая плотность этих аэрозолей в ИК области.

Литература

1. Резников Михаил Сергеевич (RU) Гинзбург Владимир Львович (RU) Тимофеев Николай Егорович (RU) Абдуллин Ильнур Абдуллович (RU)<http://www.findpatent.ru/patent/247/2473205.html>

УДК 662.61:662.23:536.46

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ КРЕМНИЙ – ОКИСЛИТЕЛЬ

Крыев Р.А., Нурисламова Л.К., Коробков А.М.,
Белов Е.Г., Бурдикова Т.В., Михайлов С.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», spetr@kstu.ru

Современное состояние пиротехнического производства требует разработки все более высокоэнергетических энергонасыщенных материалов. Данное требование выполнимо при использовании высокоэнергетических веществ, к которым относятся, в том числе, и металлические горючие.

Однако применение некоторых металлов ограничивается их недостаточным окислением в процессе горения. Перспективным аналогом может явиться применение в качестве горючего в пиротехнических составах – порошка кремния, который по энергетическим параметрам не уступает металлу сравнения.

Цель данной работы было проведение сравнительной оценки термодинамических параметров систем «металл сравнения – окислитель» и «кремний – окислитель» в программе TERMO в зависимости от содержания горючего в составе.

По проведенным расчетам выявлены варианты рецептур,

термодинамические параметры которых имеют максимальные значения температур и теплоты сгорания. На основе проведенных расчетов установлено, что кремний практически не уступает по своим характеристикам металлу сравнения.

Максимальная температура горения за счет собственных окислительных элементов для системы «кремний – фторопласт-4» и «металл сравнения – фторопласт-4» составляет 3500 К и достигается при содержании горючего в системе 20% и 30% соответственно. Максимальная температура с участием кислорода среды для системы «кремний – фторопласт-4» составляет 2750 К при содержании горючего 20 %, а для системы «металл сравнения – фторопласт-4» – 3500 К при содержании горючего 90 %, при этом температура растет на всем интервале изменения горючего.

Наибольшее значение теплоты сгорания, при расчете за счет собственных окислительных элементов, для системы «кремний – фторопласт-4» составляет 4400 кДж/кг при содержании горючего 20 %, для системы «металл сравнения – фторопласт-4» – 4100 кДж/кг при содержании горючего 30 %.

Участие воздуха несколько снижает значение теплоты сгорания для системы «кремний – фторопласт-4». Так теплота сгорания составляет 3500 кДж/кг при содержании горючего 20 %. Для системы «металл сравнения – фторопласт-4» теплота сгорания растет в интервале содержания горючего 10-90 % и достигает своего максимального значения при 90 % содержания горючего и составляет 4800 кДж/г, а при содержании металла сравнения 20 % теплота сгорания составляет 3000 кДж/г.

УДК 537.226

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМУ ИНИЦИИРОВАНИЮ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мазур А.С., Побережная У.М., Савенков Г.Г., Украинцева Т.В.

СПбГТИ(ТУ), e-mail: mazuras@mail.ru

При обращении энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и взрывных устройств, могут возникать ситуации воздействия на них различных электрофизических факторов, приводящих к несанкционированному инициированию. В связи с этим, для

обеспечения безопасности работы с энергонасыщенными материалами и изделиями из них необходимо выявить механизмы возбуждения взрывчатых превращений при действии электромагнитных полей.

Целью экспериментальных исследований является изучение возможностей инициирования ЭНМ при действии на них мощного высоковольтного разряда и сильноточного электронного пучка (СЭП), а также механизмов их воспламенения.

Экспериментальная часть включает в себя два направления работы: исследование возможности инициирования СЭП наносекундной длительности энергонасыщенных материалов и определение порогового напряжения электрического пробоя (инициирования) составов при высоковольтном электрическом разряде [1,2].

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы: инициирование энергонасыщенных материалов сильноточным электронным пучком при минимальных параметрах последнего возможно только при невысоких температурах воспламенения ЭНМ; зажигание ЭНМ с высокой температурой при помощи СЭП возможно только за счёт введения в ЭНМ порошкообразной наноразмерной добавки. Исследования показали, что воспламенение перхлората аммония выше описанным способом произойдет только в том случае, если частицы добавки имеют более низкую теплопроводность, чем частицы основного состава.

Литература

1. Рашковский С.А., Савенков Г.Г., Украинцева Т.В. Пробой высоковольтным разрядом инертных порошков с наноразмерными добавками // Известия СПбГТИ (ТУ). 2017. № 40. С. 31 – 38.

2. Савенков Г.Г., Рашковский С.А., Морозов В.А. и др. Инициирование высоковольтным электрическим разрядом взрывчатых превращений в энергонасыщенных материалах с наноразмерными добавками // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 9. С.1327 – 1335.

УДК 662.61:662.23:536.46

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ И ФТОРПОЛИМЕРА

Михайлов С.В., Белов Е.Г., Коробков А.М., Бурдикова Т.В.,
Халиуллова Л.Ф.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», spektr@kstu.ru

Исследовались образцы, содержащие составы в виде механической смеси металлического горючего (Ме) с фторопластом-4 (Ф-4) – Ме+Ф-4, а также составы с модифицированным металлическим горючим – Ме+Ф-4 (модиф.). Модифицированные порошки получали путем механообработки компонентов в вибромельнице в атмосфере воздуха в течение 30 мин. Общая массовая доля фторопласта-4 в составах Ме+Ф-4 (модиф.) составляет 30% масс, из них 7% масс, прошло механообработку.

Химическую стойкость составов определяли по стандартной методике, выдерживая шашки при относительной влажности воздуха (ОВ) 95% и комнатной температуре в течение 33 суток. Для сравнения шашки выдерживали при ОВ 65% и 80%. В процессе выдержки образцы периодически взвешивали и проводили визуальные наблюдения за изменением их внешнего вида. Перед увлажнением шашки высушивали над свежeproкаленным силикагелем в течение 20 суток.

Результаты показали, что убыль массы за счет влаги и летучих веществ составила для состава Ме+Ф-4 и 0,06% для состава Ме+Ф-4 (модиф.).

Обработка металлического порошка приводит к снижению степени увлажнения состава Ме+Ф-4 (модиф.) в 1,5 раза по сравнению с составом Ме+Ф-4.

Основная часть сорбированной составом Ме+Ф-4 влаги химически связывается. При этом доля химически связанной влаги за равное время выдержки (33 суток) примерно одинакова при всех значениях относительной влажности (76-79 %). Доля химически связанной влаги при увлажнении состава Ме+Ф-4 (модиф.) возрастает с увеличением относительной влажности при выдержке образцов: 37%

при относительной влажности 65%, 69% при относительной влажности 80%, 82% при относительной влажности 95%.

Геометрические размеры исследуемых образцов составов после увлажнения при относительной влажности 65%, 80%, 95% и последующего высушивания остались без изменений.

Представленные результаты свидетельствуют о целесообразности проведенной механообработки металлического порошка для повышения химической стойкости составов на основе двойной смеси Me+Ф-4.

УДК 661.179;662.19

ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОВСПЛАМЕНТЕЛЬНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ ДИАЗОДИНИТРОФЕНОЛА

Полушкина Ю.В.¹, Димухаметов Р.Р.², Агеев В.Н.¹

²ФГБОУ ВО «КНИТУ»,

¹АО «Муромский приборостроительный завод»

Исследованы физико-механические, энергетические и термодинамические характеристики электровспламенительного состава на основе диазодинитрофенола. Получены результаты расчетно-теоретических исследований. Проведен сравнительный анализ штатного электровспламенительного состава и экспериментального на основе диазодинитрофенола.

УДК 546.25

ЦИРКОНИЙСОДЕРЖАЩИЕ ПИРОТЕХНИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ. СЫРЬЕВАЯ БАЗА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Постников А.Ю.

Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

Пиротехнические составы на основе циркония находят широкое применение в различных устройствах одноразового действия: пироболты, пироклапаны, источники давления, тепловые батареи и т.д., прежде всего, благодаря реализующимся в процессе горения высоким значениям температуры и скорости горения. Практически вся

номенклатура цирконийсодержащих пиротехнических составов, выпускавшихся ранее в Советском Союзе, а затем в Российской Федерации, базировалась на порошке натриетермического циркония ТУ48-4-376-76 изготовления Донецкого химико-металлургического завода. В настоящее время в силу отсутствия в РФ сырьевой базы требуется срочное решение вопросов по замене циркония ТУ48-4-376-76 в широкой номенклатуре пиротехнических составов.

В докладе представлены пути решения проблемы замены натриетермического циркония на материалы отечественного производителя. В частности, рассматриваются перспективы использования электролитического циркония изготовления Чепецкого металлургического завода, г. Глазов.

С целью обеспечения безопасности работ с порошком циркония рассмотрены варианты понижения чувствительности материала к механическим воздействиям. По данному направлению работ Казанским национальным исследовательским технологическим университетом (КНИТУ г. Казань) разработаны технологии модифицирования порошка циркония. На основе изготовленных партий модифицированного порошка циркония в РФЯЦ-ВНИИЭФ приготовлены пиротехнические составы и определены их характеристики горения и параметры безопасности.

УДК 662.541.12.81

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ НА
УВЛАЖНЯЕМОСТЬ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ
АЭРАЗОЛЕОБРАЗУЮЩЕГО ПС**

Резников М.С., Тимофеев Н.Е., Кириллова Е.С., Казанская Л.И.,
Кельдышева Л.И., Белов Е.Г.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Представлены результаты термодинамических расчетов и экспериментальных исследований универсального пиротехнического состава (УСТ) для воздействия на переохлаждённые и теплые облака. Исследованы свойства продуктов сгорания азрозолеобразующего пиротехнического состава с высокодисперсными добавками оксидов металлов. Показано положительное влияние йодида серебра, нанесенного на инертную подложку, на увлажняемость продуктов сгорания.

УДК 662.1;662.5

**МЕТАЛЛОХЛОРИДНЫЙ МАСКИРУЮЩИЙ СОСТАВ С
ОТЕЧЕСТВЕННЫМ КОМПОНЕНТОМ**

Тимофеев Н.Е., Таланцева А.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Представлены результаты термодинамических расчетов и экспериментальных исследований металлохлоридного маскирующего состава с отечественной компонентой для изделия унифицированная дымовая шашка.

УДК 662.620.179.152

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЙОДА В ТЕРМОСМЕСЯХ
МЕТОДОМ РФА ПВО**

Тимофеев Н.Е., Кириллова Е.С., Казанская Л.И., Бахтеев С.А.,
Юсупов Р.А.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Разработана методика определения концентрации йода в разработанных авторами энергонасыщенных композиционных материалах (ЭНКМ) методом РФА ПВО. Измерения проведены на приборе BRUKER S2 PICOFOX.

Показана принципиальная возможность определения содержания в гетерогенных смесях йод -содержащих солей.

УДК 662

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА**

Сафиуллин Д.Х., Бобров Д.В., Камбеев И.И., Белобородова О.И.,
Гисмятов Р.Р., Ломоносов А.И.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: beloborodova@kstu.ru

Знание процессов тепломассопереноса используется для прогнозирования специального эффекта при проектировании пиротехнических составов и изделий, однако с их помощью можно решать и обратную задачу - определять характеристики горючего материала по откликам, которые можно наблюдать по окончании

процесса горения. Данные сведения можно использовать при анализе полигонных (натурных) испытаний пиротехнических средств, для повышения безопасности технологического процесса производства энергонасыщенных материалов, их хранения и испытаний, а также при расследовании пожаров [1].

Известно [2], что теплоперенос между телами осуществляется посредством излучения, конвекции и кондукции.

Перенос тепла излучением возможен на бесконечно удаленные расстояния в прозрачной среде, плотность теплового потока при этом в большей степени определяется температурой горения; перенос теплоты к нагреваемому объекту осуществляется от источника по нормали. Применение законов Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Планка, Ламберта позволит не только определить уровень температуры горения составов, но и их местоположение относительно нагреваемого объекта.

Конвективная колонка, возникающая в результате образования газообразных продуктов горения, также может свидетельствовать о местоположении источника воспламенения и природе горючего материала. Перенос тепла кондукцией осуществляется на молекулярном уровне при непосредственном контакте источника горения и нагреваемого объекта.

В работе проведен анализ конкретных объектов, позволяющий определить источник воспламенения по его характеристикам, а также наличие нарушений требований пожарной безопасности.

Литература

1. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. - М., 2002. - 254с.

2. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника: учебное пособие. – М.: изд-во «Лань», 2012. – 208 с.

УДК 662

СГОРАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Хузеев М.В., Шелгинский Э.Н., Матухин Е.Л.

*ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»,
ФГБОУ ВО «КНИТУ»*

К сгорающим материалам специального применения для изготовления жестких сгорающих картузов (ЖСК), сгорающих гильз

(СГ) предъявляются определенные требования, связанные с необходимостью их безопасным обращением, в ряде случаев с необходимостью повышения скорости горения, снижения задержки воспламенения, сохранения высоких физико-механических характеристик. Состав сгорающего материала может содержать нитрат целлюлозу, целлюлозу, энергетическое связующее и ряд других специальных компонентов. Известные составы сгорающих материалов, например, для изготовления ЖСК содержат в качестве энергетических компонентов нитраты целлюлозы(НЦ), взрывчатые вещества (октоген, гексоген, тротил), в качестве армирующих компонентов целлюлозу, связующего карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), тротил, поливинилацетат, акилаты (метилметакрилаты, олигоэфируретанакилат).

В соответствии с патентом США №US200030145753, 2003г. сгорающий материал содержит нитрат целлюлозы 51%, целлюлозу 48,1%, КМЦ 1% и акардит 0,9 %.

В основном в качестве энергетического наполнителя предлагается использовать нитраты целлюлозы с различным содержанием азота. Например в соответствии с патентом RU 2684785 (ГосНИИИХП) с целью повышения скорости горения материала до 0,49...0,45 м/с взамен расчетной для прототипа 0.37 м/с и снижения задержки воспламенения до 0,0029-0,0034 с взамен расчетной для прототипа 0,0073с вводят дополнительно. низкоазотный нитрат целлюлозы с объемной концентрацией оксида азота 95...121,4 % мл /г в количестве 26,0...28,0% в качестве одновременно энергетического и армирующего компонента и в качестве энергетического связующего тротил в количестве 22,0...23,0%.

Однако следует заметить, что производство низкоазотного нитрата целлюлозы с заданными показателями является достаточно проблематично даже ввиду необходимости выделения отдельного технологического потока. Для его изготовления. Поэтому более рациональным является вероятно, технологический прием используемый за счет частичного повышения содержания азота в НЦ применяемых в сгорающих материалах специального назначения для получения требуемых целевых показателей изделия со сгорающим материалом.

РАЗРАБОТКА ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Халиуллова Л.Ф., Белов Е.Г., Бакиева И.Р., Крыев Р.А.,
Михайлов С.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: faritowna.luiza@yandex.ru

Учитывая, что процесс горения конденсированной гетерогенной системы определяется свойствами поверхности компонентов, то используя методы модификации поверхности компонентов можно получать компоненты и системы с улучшенными свойствами, например, с повышенной чувствительностью к тепловому импульсу, с высокой степенью конверсии в процессе горения и повышенной реакционной способностью. Использование этих компонентов может позволить регулировать процесс горения систем на их основе. В работе рассматривается возможность разработки унифицированной высокоэнергетической системы для использования её в качестве универсальной основы при создании новых воспламенительных составов с более высокими энергетическими характеристиками. В основе технологии, используемой в данной работе, лежит принцип модификации поверхности компонентов.

Для более качественного сравнения смесей на основе выбранных (различные порошки и сплавы металлов) компонентов, был проведён термодинамический расчёт при введении в термическую основу типа «металл – политетрафторэтилен» дополнительного горючего. Это дополнительное горючее (различные порошки и сплавы металлов), вводилось за счёт основного горючего термической основы.

Термодинамический расчёт проводился для смесей типа «металлическое горючее – металлическое горючее – фторполимерный окислитель» с использованием органического горюче–связующего и без него, а также для штатных воспламенительных составов.

В работе представлены расчётные зависимости тепловыделения штатных составов и проектируемых термических основ при введении в них различного количества дополнительного горючего за счёт основного металлического горючего при неизменном количестве окислителя с использованием в качестве органического горюче – связующего фторопласта марки Ф–42.

**ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ
МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ГОРЮЧЕГО
В СОСТАВЕ НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Халиуллова Л.Ф., Белов Е.Г., Бакиева И.Р., Крыев Р.А.,
Михайлов С.В.

ФГБОУ ВО «КНИГУ», e-mail: faritowna.luiza@yandex.ru

Композиции на основе металлических порошков и галогенсодержащих полимеров нашли широкое применение для разработки пиротехнических составов различного назначения, например, в воспламенительных составах. Они обладают хорошей воспламеняемостью, воспламеняющей способностью и имеют низкую чувствительность к механическим воздействиям.

На сегодняшний день задача по разработке новых, более эффективных воспламенительных составов является весьма актуальной. Для решения поставленной задачи можно использовать различные известные методы регулирования характеристик горения: введение новых компонентов, реализации новых рецептов составов и т.д., для повышения полноты использования компонентов: внедрение новых технологий на стадии переработки и подготовки компонентов. Одним из таких способов может являться применение метода модификации поверхности компонентов ГКС.

Учитывая, что процесс горения конденсированной гетерогенной системы определяется свойствами поверхности компонентов, то используя методы модификации поверхности компонентов можно получать компоненты и системы с улучшенными свойствами, например, с повышенной чувствительностью к тепловому импульсу, с высокой степенью конверсии в процессе горения и повышенной реакционной способностью. В работе рассматривается возможность разработки унифицированной высокоэнергетической системы для использования её в качестве универсальной основы при создании новых воспламенительных составов.

В данной работе исследовано влияние процентного содержания модифицированных смесей на характеристики горения модельных воспламенительных составов, оцениваемые по таким параметрам, как скорость горения, воспламеняющая и воспламенительная способности.

Для исследования были выбраны композиции, содержащие порошки металлических горючих с 15% фторопласта-4. Модификация осуществлялась на барабанной мельнице в течение 60 минут.

УДК 538.9

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕЗИСТОМЕТРИИ И ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Царев М.В., Мокрушин В.В., Коршунов К.В., Шаповалов А.М.,
Постников А.Ю., Царева И.А., Забродина О.Ю., Иванов Д.Г.,
Забавин Е.В., Канунов А.Е.

РФЯЦ-ВНИИЭФ, e-mail: tsarev@dep19.vniief.ru

В работе представлены возможности методов резистометрии и импедансной спектроскопии порошковых материалов, разработанных в РФЯЦ-ВНИИЭФ, применительно к исследованию процессов, протекающих при перемешивании пиротехнических составов. В качестве примера приведены результаты изучения процессов гомогенизации порошковой смеси и физико-химических взаимодействий между компонентами, которые происходят при перемешивании модельного двухкомпонентного пиротехнического состава в шаровой мельнице в интервале времён от 0 до 50 часов.

Показано, что использование резистометрии позволило установить временные интервалы перемешивания, на которых достигается однородное распределение компонентов по объёму, начинается внедрение частиц окислителя в поверхность горючего и интенсифицируется процесс накопления продуктов механохимических реакции, протекающих при перемешивании. Использование импедансной спектроскопии позволило дополнительно проследить характер изменения контактов между компонентами и установить момент образования перколяционного кластера из частиц горючего, который соответствует переходу от «глобулярной» к «каркасной» проводящей структуре исследуемой смеси.

Авторы выражают благодарность сотрудникам КНИТУ-ИХТИ (г. Казань), МИСиС (г. Москва) а также ИСМАН и ИПХФ РАН (г. Черноголовка) за интерес, проявляемый к проводимым исследованиям, и активное участие в обсуждении материалов представляемых докладов.

СЕКЦИЯ 3

Материаловедение, новые материалы и оборудование

УДК 662

РАЗРАБОТКА ТЕРМОСТОЙКОГО ВЗРЫВЧАТОГО СОСТАВА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гафаров Р.Ф., Москаленко А.И., Иванников А.С., Александров В.Н.
АО «ВГС», e-mail: rinat.gafarov@vzg

В настоящее время заряды кумулятивных перфораторов, снаряжаемые составами на основе гексогена, обеспечивают выполнение производственных требований в нефтегазовых скважинах с температурой до 165°C [1]. В связи с этим возникла, при наличии температуры выше озвученной, необходимость замены их на составы имеющие более высокую термостойкость без изменения конструкций кумулятивных зарядов. Эта задача может быть решена путем использования более термостойкого по сравнению с гексогеном взрывчатого состава. Целью работы явилось создание термостойкого взрывчатого состава, значительно превышающего по термостойкости гексоген. Для достижения поставленного результата предлагается взрывчатый состав - смесь, в которой в качестве взрывчатого вещества использован флегматизированный октоген, дополнительно содержащий порошкообразный седиментирующий агент. Состав получают путем смешения компонентов в барабанном смесителе, в качестве такого смесителя может быть использовано стандартное оборудование, описанное, например, в [2]. Результаты испытания зарядов, снаряженных этим материалом, показали, что состав является термически стабильным, плавление и вытекание легкоплавкого флегматизатора при 200°C в течении 1 ч не наблюдается. Глубина пробития кумулятивным зарядом мишени после нагревания не меняется. По результатам проведенных работ получен взрывчатый состав, обладающий высокой термостойкостью, который обеспечивает выполнение производственных требований в нефтегазовых скважинах с температурой до 200°C.

Литература

1. В. В. Попов, Учебное пособие Прострелочно-взрывные работы в скважинах. М-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. - 212 с.

2. М.Б. Генералов. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ. - М., «Наука/Интерпериодика», 2001.

УДК: 628.3

ПРИМЕНЕНИЕ БАРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ЭМУЛЬСИЙ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Дряхлов В.О., Шайхиев И.Г.
ФГБОУ ВО "КНИТУ"

Эмульсии нефти и нефтепродуктов образуются в качестве отходов машиностроительных, химических и нефтехимических производств, которые при достаточном содержании углеводородной фазы ($\approx 70\%$) могут быть использованы в качестве источника энергии. Технологически концентрирование эмульсий углеводородов осуществимо методами отстаивания, центробежной сепарации, флотации, перегонки и ректификации, что в условиях энергоёмкости данных процессов, а также агрегативной устойчивости эмульгированных сред является трудноосуществимым. В этой связи применение баромембранных технологий ультрафильтрации и обратного осмоса обосновано их единовременной возможностью получения концентрата нефти и нефтепродуктов для дальнейшего использования и очищенной воды для технологических нужд при относительно невысоких энергозатратах, минимальном использовании химических реагентов.

Для мембран характерно загрязнение поверхности и пор компонентами разделяемой смеси. Снижение загрязняемости мембранных фильтр-элементов и интенсификация их работы – одно из основных направлений исследований в области мембранных технологий.

В качестве решения на основании серии исследований [1, 2] предложено обрабатывать полимерные мембраны плазмой, заряженные частицы которой, взаимодействия с функциональной поверхностью фильтр-элементов способствуют её активации, изменяя массообменные характеристики в необходимом для решения задачи направлении.

Литература

1. Shaikhiev I.G. Enhanced purification of oil-in-water emulsions using polymer membranes treated in a dc corona-discharge field / I.G.

Shaikhiev, M.F. Galikhanov, V. O. Dryakhlov, M.Yu. Alekseeva, T.I. Shaikhiev // Chemical and Petroleum Engineering. - 2016. - Vol. 52. - P. 352-356.

2. Сафина Г.Ш. Разделение отработанных эмульсий, содержащих нефтепродукты, с использованием коронообработанных мембран / Г.Ш. Сафина, В.О. Дряхлов, Т.И. Шайхиев, М.Ф. Галиханов, С.В. Фридланд // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – т. 18. - № 14. – С. 229-231.

УДК 662

ОСОБЕННОСТИ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПИРОСТРУЙНЫХ РЕЗАКОВ

Дудырев А.С., Павлов Б.Д.

СПбГТУ, e-mail: hprocess@lti-gti.ru

Разработанные к настоящему времени пироструйные резаки (ПСР) предназначены для перфорации и резки конструкционных материалов с помощью высокоскоростной струи продуктов сгорания пиротехнических составов. При работе данных устройств не образуется ударных волн и осколков, что, при необходимости, позволяет производить работы в ручном режиме. Кроме того, они характеризуются компактностью, простотой устройства и эксплуатации, высокой автономностью. Эти достоинства особенно ощутимы при проведении аварийно-спасательных работ в труднодоступных местах и под водой.

Принцип действия пироструйных резаков основан на сжигании специальных пирорежущих составов, в результате чего в корпусе ПСР развивается высокое давление и продукты сгорания, проходя через сопло, формируются в виде высокоскоростной струи с температурой 2800÷3000 °С. При встрече такой струи с преградой в точке торможения развиваются высокие тепловые и динамические нагрузки, под действием которых конструкционный материал начинает интенсивно разрушаться. Наличие относительно высокого давления внутри корпуса ПСР позволяет производить резы с одинаковой эффективностью в любом пространственном расположении, включая вертикальные и потолочные, а также под водой при относительно высоких гидростатических давлениях (до 60 МПа).

Проведённые исследования показали, что эффективность ПСР зависит от многих факторов, включая теплофизические и

гидродинамические параметры струи, теплофизические свойства материала преграды, а также от параметров окружающей среды. Установлен характер данных зависимостей, на основании которых были разработаны специальные составы, позволяющие существенно повысить эффективность ПСР [1].

Литература

1. Б.Д. Павлов, А.С. Дудырев, Известия СПб ГТИ (ТУ), 46, 72, 11-15 (2018)

УДК 662; 621.941

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ (ДИСКОВ) ИЗ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Евсеева Т. П., Карымов М.Х.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ttxb@mail.ru

Совершенствование качества продукции и процессов требует скрупулезной работы персонала предприятия по выявлению причин дефектов и их устранению. Обеспечение точности элементов конструкции изделия получают за счет снижения вариабельности технологической системы, а в этом нам на помощь приходят статистические инструменты.

Для рассмотренного нами случая изготовления дисков из ВМ методом точения при выборке $\sum m_i = 28$ получено 2,3 % деталей с превышением верхнего значения допуска по диаметру и 4,1 % деталей с диаметром меньше нижнего значения допуска. Диски с диаметром, превышающим верхнее значение допуска, можно доработать до требуемой точности диаметра, а детали, выполненные с размерами ниже нижнего значения допуска, относятся к неисправимому браку.

В нашем случае относительно небольшое количество измерений (28) привело к увеличению значения среднего квадратического отклонения σ , что, в конечном счете, и повлияло на величину индекса воспроизводимости процесса.

Если допустить, что построенная гистограмма и отражала бы 90 измерений, то в лучшем случае бб равнялась бы полю гистограммы Δ , то есть $\Delta = 200,02 - 199,82 = 0,2$ мм, что дало бы значение $C_p = 0,75$. Очевидно, что вариабельность технологической системы настолько

велика, что она не способна обеспечить допуск на диаметр 200 мм менее чем 0,21 мм, даже в случае исключительно точной настройки на размер.

Учитывая возможность несовпадения середины поля рассеяния и середины поля допуска, нормативное (предусматривающее стабильность технологического процесса) значение индекса воспроизводимости S_p для действующих процессов – 1,33. Индекс воспроизводимости, учитывая его простоту и наглядность, широко применяется в практике внутренних аудитов качества на зарубежных фирмах. К недостаткам индекса можно отнести его чрезмерную чувствительность к объемам выборки, вследствие чего при малых объемах он имеет большой статистический разброс.

УДК 004.89

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ ПО СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВОГО МЕТОДА

Ефимов М.Г., Мухутдинов А.Р.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: jero07@bk.ru

Известно, что рецептуры газогенераторов (твердых топлив) в устройствах для интенсификации нефтедобычи заимствованы из военной техники. Им присущи недостатки: сложность изготовления, дороговизна и повышенная опасность. Поэтому разработка рецептур газогенераторов на основе аммиачно-селитренного состава (АСС) с повышенными эксплуатационными характеристиками (высокоскоростное, низкочувствительное, простое и дешевое в производстве) для устройств интенсификации нефтедобычи является актуальной задачей. Следует отметить, что построение математической модели процесса горения твердого топлива (ТТ) существующими методами вызывает сложность, т.к. выходная характеристика (скорость горения топлива) зависит более чем от двух входных параметров: состава топлива, катализатора, соотношения окислителя и горючего. Одним из перспективных путей решения данной проблемы является применение нейросетевого метода, основывающегося на искусственных нейронных сетях (ИНС),

обладающих возможностями моделирования сложных систем и позволяющих также оптимизировать ТТ.

Для нахождения оптимальной рецептуры ТТ первоначально строилась матрица планирования эксперимента согласно методике создания регрессионной модели. Затем по матрице планирования проводились натурные эксперименты. Полученные значения выходного параметра (скорости горения ТТ) и матрицы планирования вошли в базу знаний, которая использовалась для построения нейросетевой модели. После чего происходило обучение и тестирование нейронной сети. Входными данными для обучения являлись: количество окислителя, горючего и катализатора. Выходным параметром является скорость горения ТТ. В ходе работы найдена оптимальная структура ИНС в среде разработки *NeuroShell*. Определен оптимальный состав ТТ с содержанием компонентов: окислитель (аммиачная селитра) – 87 %, горючее (эпоксидный компаунд) – 5%, катализатор (перманганат калия) – 8% и максимальное значение скорости горения – $24,83 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Таким образом, показана возможность оптимизации состава ТТ на основе аммиачной селитры по скорости горения с помощью нейросетевого метода.

УДК 662; 621.79

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМЫЕ РЕЖИМЫ СКЛЕИВАНИЯ

Евсеева Т.П., Баишев А.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ttxb@mail.ru

Склеивание деталей – это один из наиболее распространенных видов сборки неподвижных неразъемных соединений, при котором между поверхностями деталей сборочного узла вводится слой специального вещества, способного неподвижно скреплять их – клея.

Задача работы - сокращение времени выдержки при склеивании деталей из ЭНМ, а также исключение циклов приклейки. Процесс приклейки зависит от температурных параметров окружающей среды, с изменением которых, изменяются и температурные параметры склеивания во время выдержки для полимеризации клея.

В работе представлена автоматизация процесса склеивания путем регулирования и контроля температурных режимов склеивания

изделий и разработана принципиальная схема водоподготовки рабочего тела для системы склеивания. Она позволяет обеспечить режим склеивания деталей при температуре от 50 до 70°C, постоянство температурных параметров во время процесса, сокращение выдержки на полимеризацию клея в 6-9 раз; равномерную полимеризацию клеевого соединения и как следствие, повышение прочности клеевого шва, а также безопасность во время выполнения работ.

Данное нововведение позволяет осуществлять склеивание деталей из ЭНМ при различных тепловых режимах и полностью исключить воздействие температуры окружающей среды, как нежелательный фактор, влияющий на качество изготавливаемой продукции.

УДК 662.435

ДЕТонирующие устройства ударного действия без иницирующих взрывчатых веществ

Киселёв А.В.

*Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
e-mail: kiselyov@dep19.vniief.ru*

На основе существующих физических представлений о процессах возбуждения и развития взрыва твердых бризантных взрывчатых веществ (ВВ) в условиях механического удара, с привлечением данных теории обработки металлов давлением, а также результатов проведенных экспериментальных исследований разработаны и доведены до практического применения детонирующие устройства (ДУ) ударного действия, отличительная особенность которых заключается в том, что в их составе не содержится иницирующих ВВ, благодаря чему они обладают большей стойкостью к различного рода внешним воздействиям и повышенной безопасностью в производстве и эксплуатации.

Возможность создания подобных ДУ обусловлена тем, что в них возбуждение взрыва механическим ударом осуществляется при деформации бризантного ВВ методом или прямого, или обратного выдавливания, позволяющим инициировать первичный заряд при

относительно низком уровне энергии механического импульса (от ≈ 1 до ≈ 10 Дж).

Испытания ДУ в лабораторных и натуральных условиях, показали, что они по надежности срабатывания, стойкости к внешним воздействиям и безопасности полностью удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Можно, таким образом, ожидать, что подобные ДУ найдут в различных областях техники самое широкое распространение. Есть также основания утверждать, что создание ДУ ударного действия без инициирующих ВВ является еще одним шагом вперед на пути совершенствования взрывных технологий.

УДК 004.89

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕТОНАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В СМЕСИ С ЖИДКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Мухутдинов А.Р., Гилязов А.Р.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ljero07@bk.ru

Известно, что взрывчатые вещества (ВВ) в смеси с инертными наполнителями обладают более высокой скоростью детонации, чем без них. В связи с этим интересным является более глубокое изучение влияния жидких наполнителей на скорость детонации смесевых взрывчатых веществ (СВВ). Перспективным способом решения таких задач является использование универсальных вычислительных возможностей современных программных средств для разработки искусственных нейронных сетей (ИНС), обладающих широчайшими возможностями моделирования таких систем. Они позволяют, исходя из одного только эмпирического опыта, строить нейросетевые модели, которые способствуют извлечению знаний из данных, позволяют выявлять особенности и активно использовать их для решения конкретных практических задач. Поэтому изучение возможности использования компьютерного моделирования процесса детонации СВВ с различными инертными (жидкими) наполнителями на основе современных информационных технологий для извлечения новых знаний, является актуальной задачей, имеющей практический интерес.

В ходе исследований проводились следующие работы: разработка базы знаний; разработка нейросетевой модели детонации

СВВ на основе циклонита; определение воспроизводимости прогнозируемых результатов оптимизированной модели в программной среде разработки; выбор оптимальной модели и проведение вычислительного эксперимента; анализ полученных результатов.

Таким образом, изучена и показана возможность нейросетевого моделирования процесса детонации СВВ. На основании вычислительного эксперимента с разработанной моделью, установлены особенности влияния плотности зарядов СВВ, природы наполнителя и его количества на характер изменения скорости детонации, а также достижения максимума и минимума его значений. Предложены оптимальные рецептуры для объектов оборонного и гражданского назначения, обеспечивающие максимальную скорость детонации зарядов СВВ.

УДК 620.179.17

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ОКТОГЕНА С РАЗНОЙ ДИСПЕРСНОСТЬЮ

Никифорова М.С., Костюков Е.Н., Вахмистров С.А.

Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

Проведено исследование акустической эмиссии, развивающейся при статическом растяжении и сжатии деталей, изготовленных на основе октогена разной дисперсности. Проанализированы изменения временных, частотных и энергетических параметров сигналов АЭ. Обнаружены и описаны точки перегиба, экстремумы этих величин, возникающие при смене стадий деформации. Исследована структура поверхности разрыва деталей после разрушения. Выявлено существенное влияние структуры материала на характеристики акустического излучения, проявляющиеся в изменении вида акустико-эмиссионных кривых при переходе от крупнозернистой к мелкозернистой структуре. Установленные различия могут быть связаны со сменой механизмов деформации при изменении размера кристаллов, формирующих структуру. Полученные результаты позволят получить более полное представление о процессе накопления

повреждений и разрушения при растяжении и сжатии деталей из пластифицированного октогена. Подобная информация необходима для разработки метода прогнозирования механической прочности деталей по результатам контроля АЭ при предварительном нагружении деталей нагрузками, не превышающими ее критического значения.

УДК 532.516

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БРЫЗГУНОСА ЖИДКОЙ ФАЗЫ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

Петров В.И., Трусов А.О., Ушанов И.Н.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Для многоступенчатых абсорбционных аппаратов одним из основных гидродинамических параметров является брызгоунос. От его величины зависит эффективность улова и в целом высота колонного аппарата. Эффективная сепарация двухфазного потока в вихревых контактных устройствах (ВКУ) происходит благодаря интенсивному вращению газового потока. Анализ и исследования работы ВКУ показывает, что на брызгоунос жидкой фазы из контактного устройства оказывают влияние как конструктивные, так и режимные параметры.

Измерение брызгоуноса осуществлялось на экспериментальной установке на системе воздух-вода при изменении расходов газа от 200 до 1000 м³/час, жидкости от 0,85 до 52,60 м³/м²час. В работе представлены графические зависимости брызгоуноса от высоты контактного патрубка, геометрии контактного патрубка и завихрителя.

Расстояние между ВКУ и вышележащей тарелкой влияет как на величину уноса жидкой фазы со ступени на ступень, так и на высоту аппарата в целом.

В качестве сепараторов для ВКУ применяются различные типы отбойников: тангенциальный сепаратор, перфорированные патрубки, сеточные фильтры, а также фильтры из полипропиленовых тканей, установленных на контактном патрубке. Применение фильтров, расположенных на ВКУ позволяет полностью ликвидировать унос жидкой фазы на вышележащую ступень.

Тип завихрителя оказывает влияние на крутку газового потока и вращение газожидкостного потока. По конструкции различают

аксиальные, конические и тангенциальные завихрители. Сравнение аксиального и тангенциального заверителей показывает, что при одной высоте контактного патрубка наличие тангенциального завихрителя увеличивает брызгоунос. Это объясняется тем, что удерживающая способность ВКУ с тангенциальным завихрителем значительно больше по сравнению с аксиальным.

Конструкция контактных патрубков может быть выполнена из перфорированного листа, из нержавеющей сетки, или может быть гладкой. В первых двух случаях конструкция позволяет отводить значительное количество жидкой фазы из контактной зоны и тем самым снизить унос жидкости на вышележащую тарелку.

Получено обобщенное уравнение изменения относительного брызгоуноса с ВКУ.

УДК 662(043)

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ
КОМБИНИРОВАННОГО МЕТАТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА
НА БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСТРЕЛА
ПАТРОНА 14,5x114**

Пивоваров А.Ю., Верещагин П.В.

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г.*

Бийск, e-mail: arseniy32721@yandex.ru

В производстве патронов стрелкового оружия часто приходится формировать метательный заряд из двух разных марок порохов. В таких случаях определяют конечный импульс комбинированного заряда по формуле смещения порохов, что позволяет установить весовую долю каждого пороха. Такой формальный подход не позволяет предсказать момент окончания горения более толстого пороха метательного заряда, который может уходить за дульный срез. Поэтому нами начата работа по исследованию влияния баллистических характеристик порохов комбинированных метательных зарядов на процесс выстрела стрелкового оружия [1].

Решение производилось численным методом с использованием термодинамического подхода и классической системы уравнений внутренней баллистики с геометрическим законом горения пороха. Для анализа процесса выстрела использован патрон 14,5x114.

Установлено, что добавление к пороху с большой толщиной горящего свода пороха с меньшей толщиной горящего свода: смещается момент окончания горения заряда к патроннику; при условии сохранения начальной скорости пули растет максимальное давление; достижение заданной начальной скорости пули происходит при меньших навесках.

Результаты исследований могут использоваться в практике патронного производства при подборе и корректировки состава метательного заряда.

Литература

1. Пивоваров, А.Ю. Выбор формы эквивалентных пороховых зерен для моделирования выстрела зарядом многоканального пороха [Электронный ресурс] / Пивоваров А.Ю., Верещагин П.В. // Наука и молодежь: материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. – Т. 1. – С. 279–281. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2019/2019_1/16/

УДК 662.24

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСПОРТА МАЛОГАБАРИТНОГО ВЗРЫВНОГО УСТРОЙСТВА (МВУ) «ИМПУЛЬС»

Праздникова Т.Н, Барц Л.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Работа посвящена малогабаритным взрывным устройствам «Импульс». Эти изделия набирают высокую популярность, как в России, так и за рубежом. МВУ используются для экстренного продельвания отверстий или проходов в дверях, люках и перегородках транспортных средств, а также экстренного вскрытия помещений путем разрушения замков, петель и запорных устройств, когда требуется получить минимальное запреградное действие взрыва. МВУ «Импульс» представляет собой шнур прямоугольного сечения из эластичного энергонасыщенного материала обернутого фторопластовой пленкой. В виду огромного зарубежного спроса, возникла необходимость в отработке процесса подготовки, не только самих изделий и всего комплекта, но и необходимом объеме грамотно выполненной документации, международного уровня. Рассмотрены

действия и тонкости оформления документации для отправки на экспорт МВУ «Импульс». Рассмотрены вопросы по фумигации тары и карантина растений. Проведение сертификации тары (ящик деревянный), является одной из форм подтверждения (оценки) соответствия показателей безопасности и качества товаров требованиям технических регламентов, государственных стандартов и других нормативных документов. Представлены данные испытаний ящиков с габаритно – весовыми макетами МВУ «Импульс» на соответствие безопасности и качества, разработанное в Красноармейском научно-исследовательском институте механизации предназначено для экстренного проделывания отверстий, а также экстренного вскрытия помещений путем разрушения замков, петель и запорных устройств. Экспорт МВУ «Импульс» из России является выгодным и приоритетным. Организация процесса экспорта малогабаритного (МВУ) «Импульс» включает определенные этапы, обязательные для выполнения: от изготовления до сертификации. Документооборот, которым сопровождается внешнеэкономическая сделка, должен быть выполнен на профессиональном уровне, согласно существующему законодательству. МВУ «Импульс» при отправке на экспорт отвечает всем установленным требованиям. В связи с новыми заявками на приобретение данной продукции за рубеж был проведен сравнительный анализ эластичных энергонасыщенных материалов (ЭНМ) с целью выбора состава, обеспечивающего максимальную гибкость при отрицательных температурах и сохраняемость при положительных температурах.

УДК 623.546

БАЛЛИСТИКА СФЕРИЧЕСКОЙ ПУЛИ ТРАВМАТИЧЕСКОГО ПАТРОНА

Семенов И.В., Верещагин П.В.

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

e-mail: ilyasemenov9715@mail.ru, e-mail: vpv@bti.secna.ru

Травматическое оружие является одним из наиболее массовых видов гражданского огнестрельного оружия. Выстрел травматического оружия должен эффективно действовать по цели, не причиняя ей излишних необратимых повреждений [1]. Чтобы оценивать

поражающее действие травматических патронов необходимо определять баллистические параметры траектории полета пули.

Современные сферические резиновые пули часто обладают сверхзвуковой скоростью полета. Для дозвуковых пуль определение параметров траектории возможно методом Эйлера. Данный расчет обеспечивает хорошее согласование результатов с экспериментально установленной траекторией при дозвуковых скоростях.

При сверхзвуковых скоростях пули точность расчета падает. Для устранения ошибки требуется использование законов сопротивления воздуха для всего диапазона скоростей, однако, применение законов Сиаччи и 1943-го года также дают некорректные результаты, так как они разработаны для снарядов продолговатой формы. Для решения проблемы нами произведен комплекс расчетных исследований. Наилучшее согласование с данными экспериментов было достигнуто при использовании для пули модели полета компактного поражающего элемента.

Разработанная математическая модель и программа расчета параметров траектории пули травматического патрона, обеспечивает хорошее совпадение с данными экспериментов во всем диапазоне скоростей.

Литература

1. Семенов И.В., Верещагин П.В. Огнестрельное оружие нелетального действия: нормы, анализ воздействия и баллистика снарядов нелетального действия, перспективы развития системы вооружения /Наука и молодежь [Электронный ресурс]: материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. – Т.2. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2019/2019_2/16/. – С 274-276.

УДК 66.047.75, 66.047.76, 66.047.4/5

ТЕРМО-ВАКУУМ ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА КОМПОНЕНТОВ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Федорова С.Ю., Мадякин В.Ф., Федоров Ю.И.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: spektr@kstu.ru

Подготовка окислителей, других компонентов и гранулированных продуктов пиротехнических составов (ПС) является

одной из обязательных стадий технологического процесса производства. Это одна из энергозатратных и лимитирующих стадий технологии нуждающаяся в модернизации.

В настоящее время на производстве применяются аппараты барабанного типа (конвективная сушка), которые не способны сушить гранулированные материалы и крупные фракции окислителя.

Термо-вакуум-импульсная (ТВИ) технология удаления влаги из материала является одним из возможных способов интенсификации процесса и повышения качества подготовки компонентов (равномерность влагосодержания в различных слоях материала). Импульсное воздействие (резкое изменение давления) в процессе сушки позволяет с большой эффективностью удалять с поверхности материала несвязанную влагу (40-50% при начальной влажности 70%). Применение пониженного давления (3,2-10 кПа) позволяет проводить процесс влагоудаления в низкотемпературном режиме (40-80 °С), что повышает безопасность процесса. Циклическое использование конвективного нагревания, импульсного удара, вакуума переводит процесс влагоудаления с поверхностного в объемный, что позволяет обеспечить положительные градиенты всех движущих сил сушки.

В работе проводилось изучение влияния отдельных стадий процесса ТВИ-сушки на скорость влагоудаления.

УДК 661.728.86

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Хамзина Л.Ф., Трескова В.И., Никитин В.Г., Шипина О.Т.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: laysanhamzina282@gmail.com

Одним из ведущих направлений в исследованиях химии природных полимеров является изучение процессов, связанных с физико-химической модификацией производных целлюлозы. Смешение растворов полимеров в общем растворителе – один из наиболее доступных способов придания новых функциональных свойств полимерным материалам. При модификации их свойств одним из главных факторов является упорядоченность молекулярной структуры, определяющая равномерное распределение модифицирующего реагента в композиции и термодинамическую устойчивость смеси [1, 2, 3].

В работе изучены особенности получения и свойства композиций «нитрат целлюлозы-3,4-диаминофуразан (ДАФ)» и «нитрат целлюлозы-4-(4-нитрофенилазо-)-3-хлорфенол (азонол)». Определены оптимальные и наиболее термодинамически выгодные соотношения компонентов в системе «полимер-модификатор» по данным расчетов энергетических характеристик: удельной теплоемкости, энтальпии, энтропии, удельного импульса и температуры. Впервые получены композитные пленки нитрата целлюлозы с диаминофуразаном и азонолом из растворов в растворителе ацетоне. Установлено, что объекты исследования совместимы в области составов, содержащих до 80-90% коллоксилина. По данным термического анализа можно сделать вывод о том, введение азонола и ДАФ в систему не влияет на термические характеристики НЦ, что определяет перспективность использования таких устойчивых композиций.

Литература

1. Сарыбаева Р.И., Щелохова Л.С. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы / Р. И. Сарыбаева, Л. С. Щелохова, изд. «Илим» - Фрунзе, 1985. – 164с.
2. Пол, Д.Р. Полимерные смес. – Т.2 Функциональные свойства / Д.Р. Пол, К.Б. Бакнел; Пер. под ред. Кулезнева В.Н. – СПб. Научные основы и технологии, 2009.
3. Шипина О.Т. Особенности нитрования различных видов растительной целлюлозы. /О.Т. Шипина, А.А. Александров, А.Б. Терентьев // Сборник научных трудов Филиала ВАМТО

СЕКЦИЯ 4

Конверсионные и двойные технологии

УДК 662

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГИХ ФЛЮИДНЫХ СРЕД

Аетов А.У.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

На сегодняшний день технология сверхкритического водного окисления (СКВО) в рамках решения проблемы утилизации промышленных стоков применяется во многих странах мира, однако на территории России данный процесс разрабатывается только экспериментально [1]. Процесс окисления в сверхкритической водной среде демонстрирует высокий уровень разрушения и, в том числе, высокотоксичных органических соединений, а также заметную безвредность процесса для окружающей среды. Помимо всего этого, условия сверхкритической водной среды и ее растворов способствуют достаточно легкому выделению неорганических соединений [2].

Стоит отметить следующие основные преимущества очистки методом СКВО над традиционными: обеспечивает полную деструкцию органической составляющей до оксида углерода, воды и молекулярного азота; применим к широкому спектру органических соединений, в том числе трудноокисляемых; наименее капиталоемок и дешев в эксплуатации; имеет возможность утилизации тепловой энергии, позволяет в ряде случаев добиться не только полного самоэнергосбережения, но и выработки дополнительной энергии; переводит присутствующие неорганические элементы в оксиды и соли, которые могут быть утилизированы.

Работа в данном направлении проводится благодаря финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-29-06041).

Литература

1. Гумеров Ф.М. Сверхкритические флюидные технологии. Экономическая целесообразность. Казань: Издательство Академии наук РТ, 2019. 440 с.

2. Каюмов Р.А., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. Утилизация молибденсодержащего отхода с использованием сверхкритических флюидных сред. Нижнекамск: НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2016. 144 с.

УДК 547.56

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Валеева А.Р., Башкиров В.Н., Бикбулатова Г.М.,
Сабирзянова А.И., Хазиахмедова Р.М., Шарафутдинов И.Р.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: samirhanova@rambler.ru

Эффективным и современным методом переработки отходов деревообрабатывающего производства, является технология быстрого пиролиза. Основным продуктом данной переработки являются жидкий продукт – пиролизная жидкость, имеющая большой потенциал как сырье для получения полезных продуктов. [1]

В процессе исследования свойств и состава жидких продуктов пиролиза древесины выяснилось наличие в составе значительного количества фенольных групп. [2] В лаборатории была получена экспериментальная модифицированная смола. Испытания на определения прочности и водостойкости свойств полученной смолы показали (рис. 1) что смола после модификации не теряет своей способности к полимеризации и может использоваться в качестве сырья для производства плитных древесных материалов, таких как фанера и древесно-стружечная плита.

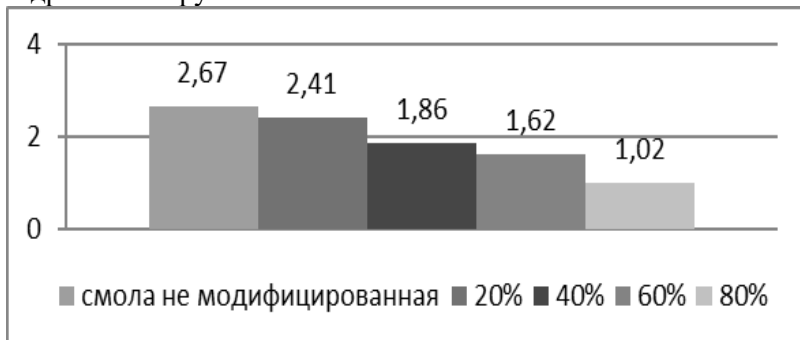


Рис. 1 - Прочность при скалывание по клеевому слою после кипячения

Литература

1. Забелкин С.А. Модификация феноформальдегидных смол жидкими продуктами пиролиза древесины / Забелкин С.А., Грачев А.Н., Башкиров В.Н., Черезова Е.Н. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 10. с. 97 – 100.

2. Г.М, Файзрахманова. Модификация битумных вяжущих жидкими продуктами быстрого абляционного пиролиза древесины. Казань : 2015. 225 с.

УДК 662

СПОСОБЫ СИНТЕЗА ПРОИЗВОДНЫХ 2,6,8,12 – ТЕТРААЦЕТИЛ – 2,4,6,8,10,12 - ГЕКСАЗАИЗОВЮРЦИТАНА (ТАIW)

А.С. Горяев¹, Д.А.Кулагина²

¹*Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г.Бийск, e-mail: artem.goryaev.96@rambler.ru*

²*Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск*

Соединения изовюрцитанового ряда (например, СI-20) имеют сложную каркасную структуру и применяются как высокоэнергетические соединения. Последние исследования этих соединений показали возможность их применения в качестве биологически активных соединений. Так в ИПХЭТ СО РАН на основе 2,6,8,12 – тетраацетил – 2,4,6,8,10,12 – гексазаизовюрцитана (ТАIW) методом ацилирования был получен новый анальгетический препарат известный как Тиовюрцин [1].

Кроме того проводились исследования по присоединению различных альдегидов в кислой среде. Однако обнаружили, что в этих условиях каркас ТАIW разрушается. Далее проводилась работа по введению различных заместителей в водной среде. Реакция присоединения не происходила, что было подтверждено методом ЯМР-спектроскопии.

В дальнейшем было решено исследовать возможность применения реакции Манниха для ТАIW с формалином, морфолином и бензиламином. Методом ЯМР-спектроскопии определили присоединения морфолина в каркас в 4 или 10 положение.

При оценке биологической активности полученного соединения в программе PASS-online выявили наличие антифобической, противосудорожной, а так же противораковых активностей.

Таким образом, соединения изовюрцитанового ряда можно использовать не только как энергонасыщенные вещества, но и как лекарственные препараты.

Литература

1. Пат. 2565766 РФ. 4-(3,4-дибромтиофенкарбонил)-2,6,8,12-тетраацетил-2,4,6,8,10,12-гексаазатетрацикло[5,5,0,0,3,11,05,9]додекан в качестве анальгетического средства и способ его получения / С.Г. Крылова, Е.Н. Амосова, Е.П. Зуева, Т.Г. Разина и др. - №. заявки 2014146024; заявлено 17.11.2014; опубл. 23.09.2015.

УДК 628.349.08

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ТНРС ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИЭФИРСУЛЬФОНОВОЙ МЕМБРАНЫ

Зайнуллин А.М., Зайнуллина А.Р., Долгинцев Н.В., Сарбаева А.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: zainullin@list.ru

На кафедре инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета были проведены работы по актуальным на сегодняшний день тематикам – изучение возможности очистки сточных вод производства тринитрорезорцината свинца мембранами. В работе использовалась полиэфирсульфоновая мембрана ультрафильтрационного типа.

Исследованию подвергались сточные воды производства тринитрорезорцината свинца исходные и после очистки в условиях реакции Фентона. В результате проведенных экспериментов было определено, что мембранный метод очистки полиэфирсульфоновыми мембранами исходного стока позволяет снизить значения ХПК не менее чем на 90 %. При доочистке сточной жидкости, очищенной в условиях реакции Фентона, вышеописанными мембранами наблюдается снижение значений ХПК не менее чем на 98 %.

Таким образом, применение полиэфирсульфоновой мембраны для доочистки сточных вод производства тринитрорезорцината свинца после обработки их в условиях реакции Фентона позволяет отправлять СВ на биологическую очистку без предварительного разбавления.

Литература

1. Зайнуллин А.М., Зайнуллина Л.Ф., Шафигуллина Г.М., Шайхиев И.Г., Дмитриева Е.А. Влияние рН среды на эффективность очистки сточных вод производства тринитрорезорцината свинца в условиях реакции фентона // Вестник технологического университета. –2017. –Т. 20. –№ 13. –С. 123-127.

2. Шайхиев И.Г., Гатина Ф.Р., Зайнуллин А.М., Назмутдинова Г.М. Влияние рН на коагуляционную очистку сточных вод производства ТНРС сульфатом железа (II) // Вестник технологического университета. –2015. – Т. 18. – № 16. – С. 316-317.

3. Шайхиев И.Г., Гатина Ф.И., Зайнуллин А.М., Назмутдинова Г.М. Коагуляционная очистка сточных вод производства тринитрорезорцината свинца // Журнал экологии и промышленной безопасности. –2015. –№ 1-2. –С. 65-66.

УДК 628.349.08

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ИНИЦИИРУЮЩИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Зайнуллин А.М., Хусаинова Э.Р., Зайнуллина А.Р., Долгинцев Н.В.,
Сарбаева А.А.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: zainullin@list.ru

В многих отраслях экономики России в последнее время все больше внимания уделяется вопросам экологии. Химическая промышленность является на сегодняшний день отраслью, которая оказывает наибольшее воздействие на окружающую природную среду. Одним из таких производств является промышленное получение иницирующих взрывчатых веществ.

На кафедре инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета вопросами повышения экологической безопасности производств иницирующих взрывчатых веществ, таких как тринитрорезорцината свинца, диазодинитрохинон, калиевая соль динитробензфураксана занимаются последние несколько лет.

Проведенные многочисленные эксперименты показывают, что физико-химические (адсорбция, коагуляция, мембранная очистка), окислительные и электрохимические методы позволяют с высокой

вероятностью очищать сточные воды данных производств с эффективностью не менее 97%.

Литература

1. Зайнуллин А.М., Шайхиев И.Г., Фридланд С.В. Очистка сточных вод производства диазодинитрохинона // Безопасность жизнедеятельности. –2009.– № 1 (97).– С. 38-39.

2. Зайнуллин А.М., Шайхиев И.Г., Фридланд С.В. Исследование каталитической очистки сточных вод производства диазодинитрохинона // Безопасность жизнедеятельности.– 2005. –№ 7.– С. 46-49.

3. Абзалова А.Г., Зайнуллин А.М., Шайхиев И.Г., Шафигуллина Г.М., Гречина А.С., Зайнуллина Л.Ф. Сорбционная очистка сточных вод производства тринитрорезорцината свинца альтернативными сорбционными материалами // Вестник технологического университета. –2017. –Т. 20. –№ 18. –С. 142-146.

УДК 628.349.087

ДВУХСТАДИЙНАЯ СХЕМА ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ТРИНИТРОРЕЗОРЦИНАТА СВИНЦА

Зайнуллин А. М., Зайнуллина А.Р., Долгинцев Н.В., Сарбаева А.А.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: zainullin@list.ru

Вода является одним из важнейших компонентов системы жизнеобеспечения. От качества воды во многом зависит стабильность взаимодействия человека с окружающей средой, по этой причине, охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов приобретает в наши дни все большее значение для предотвращения загрязнения водоемов промышленными сточными водами. В течение многих десятилетий в промышленности используются инициирующие взрывчатые вещества (ИВВ). Тяжелые металлы и ароматические углеводороды, входящие, в частности, в состав некоторых ИВВ представляют серьезную опасность загрязнению окружающей среды.

Были проведены исследовательские работы по очистке сточных вод (СВ) производства энергонасыщенных соединений, на примере тринитрорезорцината свинца (ТНРС), образующегося на одном из оборонных предприятий России. В данной работе были использованы окислительный и электрохимический методы, позволяющие без

дополнительных затрат эффективно очищать отработанные водные стоки.

В электрохимическом методе использовался фильтр из поляризованного полимерного короноэлектрета.

Очистка осуществлялась пропусканием исследуемой сточной жидкости и жидкости после окисления пероксидом водорода в условиях реакции Фентона между короноэлектретом и подложкой, что способствовало разложению компонентом.

В результате проведенных экспериментов можно предложить двухстадийную схему очистки СВ производства ТНРС:

- окисление пероксидом водорода в условиях реакции Фентона;
- электрохимическая доочистка.

Двухстадийная схема позволяет очистить СВ производства ТНРС на 95% эффективности по значениям ХПК и сбрасывать их на биологическую очистку без предварительного разбавления.

Литература

1. Шайхиев И.Г., Зайнуллин А.М., Шафигуллина Г.М., Гильманов Р.З. Окислительная очистка сточных вод производства тринитрозезорцината свинца пероксидом водорода // Вестник технологического университета. –2016. –Т. 19. –№ 12. –С. 176-179.

УДК 628.349.087

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ТНРС ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

**Зайнуллин А.М., Сарбаева А.А., Зайнуллина А.Р., Долгинцев Н.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: zainullin@list.ru**

Очистка сточных вод (СВ) тесно связана с охраной окружающей среды и является актуальной проблемой современности.

СВ производства инициирующих взрывчатых (ИВВ) веществ, таких как тринитрозезорцинат свинца (ТНРС), представляют серьезную опасность для водных объектов РФ и задача создания технологии по локальной очистке СВ является актуальной и сегодня.

СВ производства ТНРС имеют ярко-желтый цвет и высокое значение ХПК, равное 16480 мг О/ дм³ [1-2]. В качестве образцов для исследования были взяты пробы после предварительной коагуляционной очистки солями железа (II) и (III) при различной рН, так как обработка данными реагентами снижала значения ХПК не ниже 2000 мг О/ дм³, что соответствует 80 % эффективности. Данное

значение ХПК не позволяет направлять сточную жидкость на биологические очистные сооружения.

Эксперимент заключался в пропускании исследуемой СВ между короноэлектретом и подложкой, в зазоре между которыми возникало электрическое поле, способствующее их разложению.

В результате электрохимической доочистки сточных вод производства ТНРС данным методом снизилось значение ХПК до нормативных. Эффективность очистки при использовании данного метода составила не менее 95% по значению ХПК, что позволяет сбрасывать СВ на биологические очистные сооружения.

Литература

1. Шайхиев И.Г., Гатина Ф.Р., Зайнуллин А.М., Назмутдинова Г.М. Коагуляционная очистка сточных вод производства ТНРС // Вестник технологического университета. –2015. –Т. 18. –№ 14. –С. 220-222.

2. Шайхиев И.Г., Гатина Ф.Р., Зайнуллин А.М., Назмутдинова Г.М. Влияние рН на коагуляционную очистку сточных вод производства ТНРС сульфатом железа (II) // Вестник технологического университета. –2015. – Т. 18. – № 16. – С. 316-317.

УДК 629.46

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ И ВВ

Зиятдинов А.М., Матухин Е.Л., Баташов С.И., Корсаков С.М.
РУТ(МИИТ), e-mail: ziyatdinovam@mail.ru

К опасным грузам относятся грузы, которые в условии перевозки или хранения могут стать причиной заболевания, отравления, ожогов людей и животных, взрыва, пожара, а также вызывать порчу других грузов, подвижного состава, сооружений и устройств, загрязнение окружающей среды. К опасным грузам относятся:

- 1) Взрывчатые вещества (вв)
- 2) Газы, сжатые, сжиженные и растворенные под давлением
- 3) Легковоспламеняющиеся жидкости (лвж)
- 4) Легковоспламеняющиеся вещества и материалы (лвм)
- 5) Окисляющиеся вещества (ок) и органические перекиси (оп)
- 6) Ядовитые (токсичные) вещества (яв)

7) Радиоактивные (рв) и инфекционные вещества (ив)

8) Едкие и коррозионные (ек)

9) Прочие опасные вещества

В зависимости от основных свойств и вида опасности эти грузы перевозят в крытых вагонах и контейнерах повагонными и мелкими отправлениями. К условиям перевозки и мерам предосторожности, которые устанавливает для каждой категории опасных грузов и каждого груза в отдельности относятся:

- Вид упаковки и тары, который данный груз должен быть передан к перевозке

- Надписи и ярлыки на таре

- Указания о степени и виде опасности (указывается в перевозочных документах)

- Род подвижного состава и способ оборудования вагона под погрузку

- Средства тушения пожара в случаях загорания вагона или склада с данным грузом

- Возможность перевозки груза в одном вагоне с другими опасными, а также не опасными грузами

- Условия постановки данного груза в поезда и производства маневров таких грузов на станции

Правильную и наиболее полную характеристику опасного груза, что важно для определения условия перевозки может дать только грузоотправитель. Поэтому он обязан в накладной на перевозку опасного груза указать точное его наименование. А верхней части накладной проставить цветные штампы об опасности:

- «опасно»

- «ядовито»

- «едкое вещество»

- «сжатый газ»

- «Легко воспламеняется»

- «самовозгорается»

- «Загорается от воды»

- «Дает взрывчатые смеси»

- «сильный яд»

В целях обеспечения стабильности и бесперебойности эксплуатации специального подвижного состава требуется разрабатывать и внедрять технологические новшества, не влияющие,

либо влияющие с минимальными значениями на безотказность технических транспортных средств.

Литература

1. Зиятдинов, А.М. Информационные технологии на транспорте: анализаторы эксплуатационной работы в железнодорожной отрасли [Текст] / А.М. Зиятдинов, Р.М. Зиятдинова, А.В. Клепиков // Перспективные информационные технологии: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (Самара, 14-16 марта 2017 г.) / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2017. – С. 637-640.;

2. Методика контроля сплошности металлов по критериям браковки литых деталей подвижного состава железных дорог [Электронный ресурс] / Р.М. Зиятдинова, А.В. Клепиков, А.М. Зиятдинов, Е.Л. Матухин // Материалы 44-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов: в 2-х т. (Октябрьский, 28 апреля 2017 г.) / отв. ред. В.Ш. Мухаметшин. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – Т. 2. – С. 128-130. – Режим доступа: <http://www.of.ugntu.ru/>.

УДК 544.47: 502.174: 628.4.038

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Лазарев М.Ю., Сахаров Ю.Н., Шарафисламов Ф.Ш.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Регенерация отработанного ванадиевого катализатора является актуальной технической задачей. Нами был регенерирован образец ванадиевого катализатор СВД со стадии окисления в производстве серной кислоты предприятия Фосфорит г.Кингисепп. Для приготовления нового образца катализатора отработанный катализатор СВД был измельчен. Из полученного порошка была отобрана фракция порошка с размером частиц не более 0,2мм в количестве. К порошку добавляли пластификатор (стеариновая кислота) и перемешивали до однородного тестообразного состояния. После этого добавляли $\frac{1}{2}$ часть V_2O_5 и снова перемешивали до однородного состава. Далее полученную массу формовали в виде гранул диаметром 5мм и длиной 15мм.

Гранулы просушивали при 100 °С в течение 1 часа, затем прокаливали при 500 °С в течение 2ч. Полученные образцы катализатора были испытаны на эффективность и показано что, катализатор по эффективности получился работоспособным. Максимум эффективности регенерированного катализатора достигается при той же температуре 450-500°С. Существование максимума эффективности объясняется обратимостью химической реакции.

УДК 544.47: 502.174: 628.4.038

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИДОВ
МЕТАЛЛОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА В ПРОЦЕССЕ
ОКИСЛЕНИЯ SO₂ В SO₃**

Лазарев М.Ю., Махоткин И.А., Шарафисламов Ф.Ш.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Были исследованы свойства и эффективность оксидов Fe₂O₃, Fe₃O₄ и Cr₂O₃ в условиях процесса превращения SO₂ в SO₃. Исследования проводились при температуре газовой смеси в диапазоне от 350°С до 650°С. Концентрация SO₂ в газовой смеси выбиралась от 1 до 10%/(об.). Катализаторы применяли в виде стружки различных сортов сталей (углеродистой и хромуглеродистой). Показано, что при смешении оксидов железа и хрома каталитическая активность смеси катализаторов по отношению к реакции превращения диоксида серы в триоксид кислородом воздуха выше, чем их активность по отдельности.

УДК 661.124

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
1-МЕТИЛ- 5-ФЕНИЛ -7-ХЛОР-1,3-ДИГИДРО-2Н-[1,4]-
БЕНЗОДИАЗЕПИНА-2-ОНА**

Люкшенко Н.И., Певченко Б.В., Никитин Р.Г., Мороженко Ю.В.
АО «ФНПЦ «Алтай», e-mail: lyukshenko76@list.ru

В настоящее время лидирующее положение по широте применения среди лекарственных средств группы анксиолитиков продолжают занимать производные бензодиазепина. Большинство

анксиолитиков бензодиазепиновой структуры являются производными 1,4-бензодиазепина. Основа химической структуры бензодиазепинов состоит из бензольного кольца, соединенного с семичленным гетероциклическим кольцом, содержащим два атома азота (дiazепин) в позициях 1 и 4. Все используемые в клинике производные бензодиазепина имеют также второе бензольное кольцо, присоединенное к углероду. Для проявления активности существенным является наличие галогена или нитрогруппы.

Диазепам (1-метил-5-фенил-7-хлор-1,3-дигидро-2H-[1,4]-бензодиазепин-2-он) находится в списке необходимых и важных лекарственных средств. Актуальным является вопрос о разработке нового способа синтеза диазепам, который бы позволил производить препарат в необходимых количествах, делая его доступным.

Большой практический и научный интерес представляет поиск возможных эффективных путей синтеза диазепам-технического, представляющий интерес для внедрения в производство.

Цель работы – поиск рационального способа синтеза целевого продукта, экспериментальное исследование химических процессов для разработки наиболее оптимальных методов получения продукта.

В основу разработанного способа 1-метил-5-фенил-7-хлор-1,3-дигидро-2H-[1,4]-бензодиазепин-2-она положены нижеприведённые схемы реакций и условия их проведения (рисунок 1):

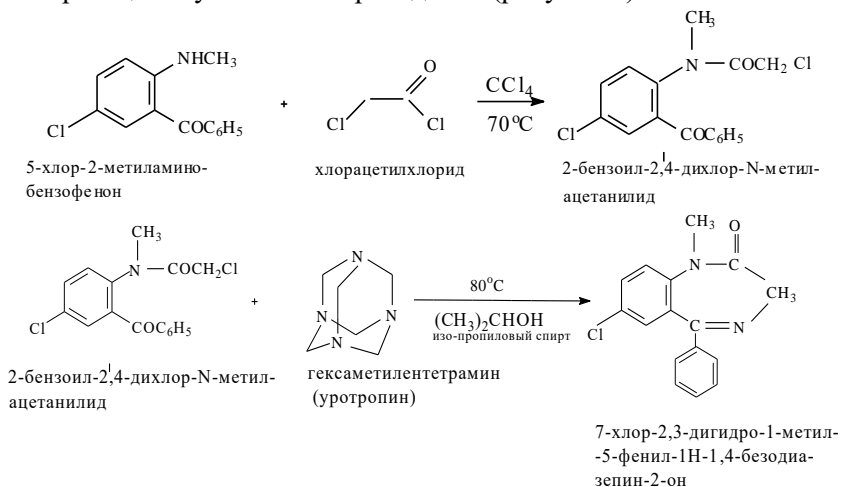


Рис. 1. Способ получения 1-метил-5-фенил-7-хлор-1,3-дигидро-2H-[1,4]-бензодиазепин-2-она

В результате работы были получены следующие результаты:

Определяющую роль в образовании конечного продукта играет состав реакционной смеси при взаимодействии 2-бензоил-2',4-дихлор-N-метилацетанилида с уротропином. Найдено оптимальное соотношения этих реагентов.

Наибольший выход целевого продукта достигается при проведении реакции циклизации в изопропиловом спирте.

Разработан способ получения 2-бензоил-2',4-дихлор-N-метилацетанилида путем конденсации 2-метиламино-5-хлорбензофенона с хлорацетилхлоридом в четыреххлористом углероде без последующей обработке реакционной массы водой.

Результаты работы проверены с использованием укрупненных загрузок и находятся на стадии внедрения в промышленное производство.

Литература

1. Беликов В.Г. Синтетические и природные лекарственные средства. – М.: Высшая школа, 1993. – Ч. 1. 64 с.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – 15-е изд., перераб., испр и доп. – М.: ООО «Издательство Новая Волна», 2005. – 75 с.
3. Люкшенко Н.И., Певченко Б.В., Никитин Р.Г., Беляев В.Н., Мороженко Ю.В., Вандель А.П. Труды Всероссийской конференции «Химия нитросоединений и родственных азот-кислородных систем», М: 2019 – 356 с.
4. Граник В.Г. Основы медицинской химии. – М.: Вузовская книга, 2001. – 384 с.
5. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений: пер. с англ. – М: Мир, 1996. – 464 с.
6. Литвин А.А., Колыванов Г.Б., Жердев В.П., Арзамасцев А.П. Взаимосвязь между физико-химическими свойствами и фармакокинетическими параметрами производных 1,4-бензодиазепина. – Химико-фармацевтический журнал. – 2004. - №11. – С.3-5.
7. Патент № 26875556 . Люкшенко Н.И. Способ получения 7-хлор-1,3-дигидро-1-метил-5-фенил-1Н-1,4-бензодиазепин-2-она, 2018.
8. Clarke G.M., Lee J.B., Swinboune F.J. and Williamson B.J. Chem.Research., 1980; 339.

9. ФС 001719-151217. Диазепам. Срок введения в действие 15.12.17 г.

10. Никитин Р.Г., Люкшенко Н.И. // Труды V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Материалы и технологии XXI века», г. Бийск 2019 - Ч.1 с.156.

УДК 662

ТЕПЛОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ ОТОГРЕВАНИЯ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ЗАТЯЖНЫХ ПОЖАРАХ

Ломоносов А.И., Гисмятов Р.Р., Белобородова О.И., Тимофеев Н.Е.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: beloborodova@kstu.ru

Использование тепловых пиротехнических составов в качестве альтернативного источника энергии находит все более широкое применение в различных областях деятельности человека [1]. Такие преимущества теплогенераторов на основе пиротехнических составов, как отсутствие сложного оборудования, малые массово-габаритные размеры, постоянная готовность к использованию, достаточно высокая экономичность, весьма важны и при решении проблемных задач пожарно-спасательных формирований МЧС РФ.

Существует проблема тушения затяжных пожаров в условиях низких температур, связанная с замерзанием воды внутри рукавов при длительной подаче ее по рукавным линиям. Отогревание пожарно-технического вооружения в настоящее время производится различными способами: выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания; горячей водой; горячим воздухом, паяльной лампой, на костре [2]. Каждый из указанных способов имеет свои достоинства и недостатки; при этом наиболее эффективными являются способы отогревания с использованием открытого пламени.

Проведенными расчетно-экспериментальными исследованиями показана принципиальная возможность применения пиротехнических теплогенераторов для отогревания обледеневших пожарных рукавов и пожарно-технического вооружения. Сформулированы требования к пиротехническому составу и изделию с учетом массово-габаритных размеров и материала нагреваемых объектов. В качестве объекта исследования выбрана гибкая термохимическая лента, разработанная ранее для термообработки сварных стыков трубопроводов. Проведена

рецептурно-конструкторская проработка пироэлемента, определены его оптимальные размеры и конструкция. Даны рекомендации по дальнейшему усовершенствованию теплогенератора.

Литература

1. Малогазовые тепловые составы: уч. Пособие / И.А. Абдуллин [и др.]. - Казань: КНИТУ, 2019. - 123с.
2. Тушение пожаров при неблагоприятных климатических условиях. Режим доступа: <http://www.fireman.ru/bd/ustav/bv-5-1.html>.

УДК 662

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ: ОБРАЗОВАНИЕ И ГИБЕЛЬ РАДИКАЛОВ

Матухин Е.Л., Галимов Э.Р., Ахмадуллин И.Н., Идрисов Э.Н.,
Низамиев А.Ю.

ФКП «КГ КПЗ», ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Нитрат целлюлозы является одним из наиболее важных производимых в промышленности сложных эфиров целлюлозы. В качестве исходного сырья для его производства используются хлопковая и древесная целлюлоза. В процессе этерификации природных целлюлоз, подвергнутых специальной химической обработке при выделении и их очистке, образуются нитраты целлюлозы, которые для оптимизации их молекулярных характеристик и вязкостных показателей подвергаются дополнительным технологическим обработкам.

Учитывая, что в облученных образцах целлюлозы возникают радикалы различной природы и стабильности, целесообразным явилось провести исследования по изменению их концентрации в процессе последующей этерификации. Необходимость таких исследований определяется тем, что образование радикалов под действием облучения и их концентрация зависят от структуры полимера и характера заместителей в молекуле.

Количество радикалов в облученной при комнатной температуре целлюлозе зависит от величины поглощенной дозы излучения: при поглощенной дозе 100кГр число парамагнитных центров в 2 раза больше, чем при дозе 20кГр. Состав нитрующих смеси не оказывает

существенного влияния на остаточное содержание устойчивых свободных радикалов. Однако, следует отметить, что при обработке целлюлозы смесью повышенной активности содержание стабильных радикалов соответствует наименьшему значению. Таким образом, в целлюлозе имеются некоторые структурные области, которые характеризуются сохранением стабильных радикалов при действии активных нитрующих смесей при проведении реакции в гетерогенных условиях

Установлено, что в области сравнительно больших доз поглощения в целлюлозе, вероятно, отсутствуют связи, которые могут быть дополнительно разорваны под действием химических реагентов нитрующих смесей. Облученная целлюлоза является устойчивой к разрушающему воздействию химических реагентов нитрующие смеси, а получаемые нитраты отличаются стабильными параметрами по вязкости и молекулярной массе.

УДК 662

ОБНАРУЖЕНИЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

Матухин Е.Л.¹, Шмидт Е.В.², Хуснутдинов Р.Р.², Матухин В.Л.²

¹ Казанский государственный казенный пороховой завод

² ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Открытый в 1950 году эффект ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) привлек в последние годы особое внимание в связи с активными работами по созданию на его основе аппаратуры и различных устройств по дистанционному обнаружению и идентификации энергонасыщенных материалов.

Целью настоящей работы является рассмотрение последних достижений и тенденций развития исследований и разработок в этой области. Большинство взрывчатых веществ (ВВ) содержат в своем составе атомы азота (¹⁴N, ядерный спин I=1), но резонансные частоты ЯКР ядра азота лежат в низкочастотном диапазоне (0.5-5,5МГц), что приводит к низкой чувствительности этого метода. Для накопления сигналов ЯКР ¹⁴N и выделения их на фоне помех применяются современные методы спектроскопии ЯКР (многоимпульсные последовательности, двойные резонансы, двухчастотные методы, системы на основе сквидов (SQUID)). Первые успехи в использовании методов ЯКР в обнаружении ВВ связаны с работами Р. Марино

(США), который первым обнаружил резонанс ^{14}N в гексогене и различных кристаллических модификациях тротила. В настоящее время промышленные ЯКР обнаружители ВВ выпускаются за рубежом в основном фирмой QuantumMagnetic (США). Работы в этом направлении в конце прошлого века были начаты в Японии группой Т. Маруцуми. Позднее интерес к проблеме проявился в Китае и Польше. В Российской Федерации работы по созданию устройств для детектирования ВВ методами ЯКР начались в 90 годы в Москве, Калининграде, Казани, Перми и Новосибирске. Здесь в первую очередь следует отметить разработки ЯКР обнаружителей в ООО «Логис» и ГП НИИ приборостроения им. В.В. Тихомирова (г. Жуковский). На сегодняшний день ими созданы обнаружители ВВ в багаже и ручной клади, в почтовых отправлениях, в обуви пассажиров, создан и ряд других приборов. В представленном докладе рассматриваются результаты работ по созданию ЯКР обнаружителей ВВ, появившиеся в самое последнее время (Индия, Швеция, Колумбия, Румыния).

ЯКР обнаружители ВВ, обладая целым рядом достоинств, являются перспективными приборами и в ближайшее время следует ожидать их более широкое внедрение в практику борьбы с терроризмом.

УДК 6582.62

МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЕ СНАБЖЕНИЕ - КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ТОЧНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Праздникова Т.Н., Бабанова А.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Рассмотрены вопросы управления закупками, как составляющей Системы менеджмента качества предприятия. Основной глобальной задачей материально технического снабжения (МТС), является максимальный эффект при минимальных затратах. Однако, с учетом специфики работы предприятия, на первое место выходят вопросы о качестве закупаемых материалов, запчастей, деталей, потому что некачественная покупная единица может привести к выпуску с производственного потока бракованного изделия. Продукция точного машиностроения подлежит двойной проверке качества, как со стороны

изготовителя отделами технического контроля, так и со стороны заказчика, которые предъявляют повышенные требования и осуществляют, в свою очередь контроль, как во время производства, так и во время испытаний и приемки готовой продукции. Допущенный брак по вине поставщика, а материальные издержки понесет предприятие, а также поставит под сомнение свою репутацию в глазах покупателя. На предприятии применяются одноступенчатый и двухступенчатый типы контроля. В работе дан анализ работы МТС предприятия. В виду того что, изделия выпускаемые предприятием, имеют многофункциональную, энергоемкую и сложную конструктивную особенность, возникает необходимость в огромном количестве использовать крепежные детали, которые являются покупными составляющими. В данной работе был сделан анализ закупок в ОАО «Волна» и ООО «Крепеж». Партия закупки составляла 500 000 штук изделий. Производился контроль качества приемлемого и усиленного уровней. После реализации статистических методов результаты рассматривались руководителями по направлениям и по результатам анализа выдавались рекомендации по выработке корректирующих действий по устранению причин несоответствия. В адрес предприятий поставщиков по результатам приемки брака были направлены рекламационные акты, а отделу необходимо сменить поставщика. Корректируя жесткость контроля в соответствии с уровнем дефектности, добиваются требуемого качества принятых изделий. На основании полученных данных на предприятие, возможно, разработать систему корректирующих и предупреждающих действий.

УДК 679.826

ДЕТОНАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ НАНОАЛМАЗОВ. НОВЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Петров Е.А.

БТИ АлмГТУ, e-mail: isf@bti.secna.ru

Получение наноалмазов (*НА*) является приоритетной разработкой российских ученых, а детонационный синтез наноматериалов - это новый вид базовой технологии. Промышленный выпуск *НА* в России освоен в 1986 году, а в настоящее время в большинстве экономически развитых странах. Найдены рациональные

области промышленного применения *НА* в науке и технике, определены перспективные направления использования. Однако, несмотря на достигнутые успехи промышленный детонационный синтез, ограничен по номенклатуре и дисперсности продукции. Необходимы новые фундаментальные исследования в области синтеза: управление размерами микрокристаллита, зерна и агломератов; сохранение энергонасыщенности и реакционной способности наночастиц; получение новых углеродных структур. В дальнейшем это позволит целенаправленно синтезировать наноматериалы с новыми физико-химическими свойствами. При этом области и объемы применения *НА* и углеродных наноструктур детонационного синтеза существенно увеличатся.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-19070МК.

УДК 547.793:547.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ УТИЛИЗАЦИИ НДМГ

Ряписова Л.В., Кисапова М.А., Горбунова В.Ю.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ryapisova@list.ru

Продолжая исследования по разработке путей утилизации высокотоксичного компонента ракетных топлив – несимметричного диметилгидразина (НДМГ), исследованы реакции последнего с БТФ.

В результате взаимодействия БТФ с несимметричным диметилгидразином получена целая гамма продуктов, часть которых удалось идентифицировать: производные диметилгидразонов, оксиминодиметилгидразонов бензфуроксанов и продукты, содержащие фуразановые фрагменты наряду с оксимными группами.

Также представляла интерес возможность получения на основе гидразиновых производных БТФ потенциальных биологически активных веществ. С этой целью 7-оксимино-8-диметилгидразонбенз-[1,2-с, 4,5-с']дифуроксан изучался в реакции с диэтил- и дипропилфосфористой кислотами. Получены амидопроизводные фосфорной кислоты.

Кроме того, фосфорорганические производные БТФ могут проявлять биологическую активность. Для проверки данной гипотезы бензтрифуроксан исследовался в реакциях с диметил-, диэтил-,

диизопропилфосфористой кислотами. Показано, что в мягких условиях без катализатора взаимодействия не происходит. При использовании в качестве катализатора триэтиламина образуются продукты фосфатной структуры. Кроме того, с увеличением молекулярного веса диалкилфосфористых кислот выход фосфатов уменьшается.

Структуры выделенных соединений установлены с помощью элементного анализа и подтверждены методами ЯМР ^{31}P - и ИК-спектроскопии.

БТФ никогда ранее не изучался в реакциях с фосфористыми кислотами и НДМГ, поэтому выбор данных реагентов является не случайным.

УДК 547.793:547.62

РЕАКЦИИ «ДИОНА» С НДМГ КАК МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕДНЕГО

Ряписова Л.В., Полянцева Е.А., Горбунова В.Ю.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ryapisova@list.ru

Наиболее опасными факторами воздействия на окружающую среду, производимыми ракетно-космической техникой, является химический фактор. В числе компонентов, представляющих наибольшую озабоченность, является несимметричный диметилгидразин (НДМГ). Опасность от контакта с ним ощущают районы падения: “Койда”, “Нарьян Мар”, “Печора” и т.д. В связи со снятием некоторых типов ракет с дежурств встает вопрос о судьбе запасов (НДМГ), приравниваемый к уничтожению отравляющих веществ. В этой связи разработка путей дезактивации НДМГ представляется актуальной задачей. Наиболее рационален путь, связанный с переводом НДМГ в разряд вторичного сырья, а в этом плане поиск безвредных, но обладающих полезными свойствами производных является актуальной задачей.

«Дион» никогда ранее не исследовался в реакциях с НДМГ. С целью изучения реакционной способности «диона» проведены его взаимодействия с 1,1-диметилгидразином в различных соотношениях: количество НДМГ по отношению к «диону» менялось от 1 до 3. В результате проведенных реакций выявлено, что оптимальным является соотношение НДМГ: «дион» = 2,5:1. Такое заключение было сделано,

исходя из полноты протекания процесса, а также чистоты полученного продукта.

Установлено, что в зависимости от условий проведения процесса и соотношения реагентов получают продукты восстановления или гидразоны.

Структура и состав полученных соединений подтверждались элементным анализом, ^1H ЯМР- и ИК-спектроскопией.

УДК 691.175.664

**ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ЖЕСТКОГО ПЕНОПОЛИУРЕТАНА
НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЬНОГО КОМПОНЕНТА,
МОДИФИЦИРОВАННОГО
ПИРОЛИЗНОЙ ЖИДКОСТЬЮ**

Сабирзянова А.И., Хазиахмедова Р.М., Яковлева А.Е.,
Валеева А.Р., Шарафутдинов И.Р., Башкиров В.Н.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: almi.sabirzyanova@ya.ru

С каждым годом практикуется использование возобновляемых ресурсов для получения различных продуктов. Производство пенополиуретанов (ППУ) не исключение [1-2]. В данной работе представлены исследования по получению модифицированного ППУ пиролизной жидкостью из различного вида сырья, и определена его термостойкость методом ТГА. Обработка полученных ТГ-кривых показала, что модифицированные образцы ППУ по термостойкости не уступают ППУ, получаемым стандартным методом, и даже более устойчивы к высоким температурам. Лучшие результаты показали образцы из бионефти древесины бука со степенью замещения 40 %, и древесины березы (Россия) со степенью 40% и 60% замещения полиольного компонента пиролизной жидкостью.

Таблица 1 - Значения температуры термоокислительной деструкции

Начало термоокислительной деструкции контрольного образца пенополиуретана, °С	291°С	
Начало термоокислительной деструкции образцов пенополиуретана, содержащих пиролизную жидкость в полиольном компоненте, °С		
Вид сырья пиролизной жидкости	Содержание пиролизной жидкости в полиольном компоненте	
	40%	60%
Береза (Россия)	342,7 °С	342,7 °С
Береза (Германия)	338,7 °С	338,7 °С
Бук	350,4 °С	338 °С
Солома	338,7 °С	329,6 °С

Литература

1. Яковлева А.Е, Сабирзянова А.И, Забелкин С.А, Грачев А.Н, Башкиров В.Н. Шульцке Т // Журнал Деревообрабатывающая промышленность – 2018. №4. С 39-47

2. Хазиахмедова Р.М. Физико-механические свойства опилкобетона с торрефицированным древесным наполнителем // Деревообрабатывающая промышленность. 2019. № 3. С.54-60.

УДК 661.7

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Степанова С.В., Ряписова Л.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ssvkan@yandex.ru

Целлюлоза – самый распространенный природный полимер, абсолютная масса которого на нашей планете значительно превышает количество любого другого органического вещества. Возрастает её роль как важного сырья для химической переработки, на основе которого можно получать различные технически ценные и во многих

случаях незаменимые продукты и материалы. Проявляется огромный интерес во всем мире к дешевому и ежегодно возобновляемому растительному сырью как источнику волокнистых материалов, таких как однолетних растений и листовому опад [1], [2].

Авторами рассмотрена возможность использования растительных отходов в качестве альтернативного источника целлюлозы методом натронной варки.

Таблица 1 – Параметры проведения процесса натронной варки [3], [4]

Параметры	Шелуха овса	Шелуха ячменя	Шелуха пшеницы	Листовой опад березы
NaOH	20 г/л	60 г/л	20 г/л	100 г/л
Время	10 мин	10 мин	10 мин	20 мин
CH ₃ COOH:H ₂ O ₂	2:1	1:1	2:1	1:1
Выход, %	65,27	38,09	45,67	15,05

Сопоставление ИК-спектров всех образцов показало наличие полос, характерных целлюлозе.

Литература

1. Карливан В.П. Методы исследования целлюлозы. Рига: Изд-во «Зинанте», 1981. 257 с.
2. Алешина Л.А. Исследования структуры целлюлозы и лигнинов различного происхождения / Л.А. Алешина, Н.В. Мелех, А.Д. Фофанов // Химия растительного сырья. 2005. № 3. С. 31-59.
3. Получение целлюлозы из семенных оболочек злаковых культур / Барынина Е.А., Кондаленко О.А., Степанова С.В., Шайхив И.Г. // «Экологические проблемы горнопромышленных регионов»: материалы докладов и выступлений участников Международной молодежной конференции (12-13 сентября 2012 года) / М-во образ. и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: КНИТУ, 2012. С. 43-46
4. Данилова Е.Г. Переработка березового опада с целью получения товарного продукта (целлюлозы) / Данилова Е.Г., Степанова С.В. // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 7. С. 37-41.

УДК 679.826

ВЛИЯНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ НАНОАЛМАЗОВ НА ГОРЕНИЕ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

Сергиенко А.В., Соловьёва К.Н., Колесова А.А., Балахнина А.В.,
Петров Е.А.

БТИ АлмГТУ, e-mail: isf@bti.secna.ru

Изучено влияние детонационных наноуглерода и наноалмазов на скорость горения и ее зависимость от давления для двух видов смешанного топлива – на активном связующем и на инертном. Изготовлены композиции с различными углеродными модификаторами горения. Определены зависимости скорости горения от давления в диапазоне давлений 0,1...14 МПа. Проведен сравнительный анализ влияния наноалмазной модификации углерода на горение топлив, в том числе по сравнению с сажей П-803.

Показано, что наноалмазы являются эффективным модификатором горения топлив, как индивидуально, так и в сочетании с катализатором – диоксидом свинца. На топливе, изготовленном на активном связующем, при замене в составе сажи на наноалмазы, получено увеличение скорости горения, при давлениях 6...10 МПа, в 5...10 раз. На топливе с инертным связующим, скорость горения увеличилась на 13...22 % в диапазоне давлений 4...10 МПа, с применением катализатора на 52...60 %.

Таким образом, введение наноалмазов вместо сажи в состав смешанных топлив как на активном, так и на инертном горючих связующих, позволяет регулировать скорость горения в широком диапазоне значений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-19070МК.

УДК 679.826

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФИНИШНОЙ ОЧИСТКИ ДЕТОНАЦИОННЫХ НАНОАЛМАЗОВ

Соловьёва К.Н.¹, Петров Е.А.^{1,2}, Беляев В.Н.²

¹БТИ АлмГТУ, ²ФНПЦ «АЛТАЙ»

e-mail: solovyeva.96@mail.ru

Детонационные наноалмазы (ДНА) являются уникальным представителем наноматериалов, которые уже в течение 37 лет

находят все большее применение в науке и технике. В этих областях огромное значение имеет размерный фактор и степень чистоты ДНА, которые обусловлены ростом требований к качеству выпускаемых алмазных продуктов со стороны потребителей. Поэтому для получения узкоспециализированных марок наноалмазов (НА) вводят дополнительные стадии финишной очистки от микропримесей. Результатом этой очистки является процесс изготовления алмазных зольей и паст, а их целью является дезагрегация алмазных частиц и снижение доли неуглеродных примесей менее 1% масс.

Технология этой очистки состоит из 4 стадий. На первой стадии удаляются примеси неметаллов. Вторая стадия заключается в удалении металлов. Третья стадия процесса основана на модифицировании поверхности ДНА. На четвертой стадии ДНА подвергаются ионнообменной обработке для удаления сорбированных неуглеродных (оксидных, металлических, солевых) примесей. Эта обработка позволяет снизить содержание зольных примесей до 1 % масс. и увеличить содержание углерода до 92 %.

Продукция с данной степенью очистки широко используется: для суперфинишного полирования, прекурсоров для выращивания алмазных пленок, а также для биомедицинского применения, в качестве биомаркеров и средств доставки лекарственных препаратов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-29-19070 мк.

УДК 662

ТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Туюшева А.И., Харитоновна Е.В., Идрисов Э.Н., Матухин Е.Л.
ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»

Разработан стандарт предприятия о проведении технического аудита предприятий-производителей (поставщиков) хлопковой целлюлозы. Стандарт регулирует процедуру проведения технического аудита производителей (поставщиков) целлюлозы хлопковой, как стратегического ресурса, качество, стоимость и своевременность доставки которой напрямую оказывает влияние на качество и стоимость конечного продукта и возможность выполнения предприятием производственной программы.

Целями проведения аудита предприятия-производителя (поставщика) являются:

– определение способности, возможности и заинтересованности потенциального производителя (поставщика) производить (поставлять) продукцию заданного технического уровня и качества при оптимальной ее стоимости и обеспечивать поставку продукции в требуемых объемах и в установленные сроки;

– составление рейтинга потенциальных предприятий-производителей (поставщиков), ранжированных по соответствию предъявляемым требованиям; выработка плана мероприятий совместно с предприятиями-производителями (поставщиками), направленными на повышение качества продукции.

Задачи аудита:

– ознакомление с производственно-технической деятельностью потенциального производителя (поставщика) целлюлозы хлопковой; проверка соблюдения производителем (поставщиком) требований федеральных и отраслевых нормативно-технических документов;

– проверка наличия технических возможностей производственных мощностей производителя (поставщика);

– оценка способности производить целлюлозу хлопковую требуемого качества, в необходимых объемах и в установленные ФКП «КГКПЗ» сроки;

– оценка способности организации логистических процессов по доставке целлюлозы хлопковой.

Аудит проводится по соглашению с производителем (поставщиком) на основе Методики сравнительной рейтинговой оценки предприятий-производителей (поставщиков) целлюлозы хлопковой.

УДК 661.728.86

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Хамзина Л.Ф., Трескова В.И., Никитин В.Г., Шипина О.Т.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: laysanhamzina282@gmail.com

Одним из ведущих направлений в исследованиях химии природных полимеров является изучение процессов, связанных с

физико-химической модификацией производных целлюлозы. Смешение растворов полимеров в общем растворителе – один из наиболее доступных способов придания новых функциональных свойств полимерным материалам. При модификации их свойств одним из главных факторов является упорядоченность молекулярной структуры, определяющая равномерное распределение модифицирующего реагента в композиции и термодинамическую устойчивость смеси [1, 2, 3].

В работе изучены особенности получения и свойства композиций «нитрат целлюлозы-3,4-диаминофуразан (ДАФ)» и «нитрат целлюлозы-4-(4-нитрофенилазо-)-3-хлорфенол (азонол)». Определены оптимальные и наиболее термодинамически выгодные соотношения компонентов в системе «полимер-модификатор» по данным расчетов энергетических характеристик: удельной теплоемкости, энтальпии, энтропии, удельного импульса и температуры. Впервые получены композитные пленки нитрата целлюлозы с диаминофуразаном и азонолом из растворов в растворителе ацетоне. Установлено, что объекты исследования совместимы в области составов, содержащих до 80-90% коллоксилина. По данным термического анализа можно сделать вывод о том, введение азонола и ДАФ в систему не влияет на термические характеристики НЦ, что определяет перспективность использования таких устойчивых композиций.

Литература

1. Сарыбаева Р.И., Щелохова Л.С. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы/ Р. И. Сарыбаева, Л. С. Щелохова, изд. «Илим» - Фрунзе, 1985. – 164с.

2. Пол, Д.Р. Полимерные смес. – Т.2 Функциональные свойства / Д.Р. Пол, К.Б. Бакнел; Пер. под ред. Кулезнева В.Н. – СПб. Научные основы и технологии, 2009.

3. Шипина О.Т. Особенности нитрования различных видов растительной целлюлозы. /О.Т. Шипина, А.А. Александров, А.Б. Терентьев // Сборник научных трудов Филиала ВАМТО, Пенз. арт. инж. ин-т. – Пенза, -2018, с. 23-27.

УДК 661.728.7

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕРМОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Хамзина Л.Ф., Трескова В.И., Никитина Л.Е., Гараева М.Р.,
Стрекалова Г.Р., Шипина О.Т.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: laysanhamzina282@gmail.com

В современной промышленности широкое применение находят материалы на основе природных и искусственных полимеров. Основную массу искусственных полимеров получают на основе целлюлозы путем её химической и структурной модификации. Для переработки целлюлозы в материалы (пленки, клеи, волокна), как правило, применяют ее растворы. Исходная не модифицированная целлюлоза имеет сильно ограниченную растворимость, что усложняет способы её переработки. Поэтому разработка растворимой модифицированной целлюлозы является актуальной задачей. Посредством изменения надмолекулярной структуры и химического строения исходного полимера могут быть получены совместимые или частично совместимые новые полимерные смеси целлюлозы с низкомолекулярными реагентами, свойства которых будут зависеть от степени полимеризации, структурной организации целлюлозы, свойств модификатора и растворителя. Исследования совместимости, надмолекулярной структуры и термостойкости целлюлозных смесей представляют научный интерес, так как оказывают влияние на их физико-механические характеристики [1, 2].

В данной работе изучалась термодинамическая совместимость целлюлозы с 3,4-диаминофуразан (ДАФ) и 4-(4-нитрофенилазо-)-3-хлорфенол (азонол) и особенности надмолекулярной структуры полученных композиций. Методами ТГА и ДСК доказана совместимость целлюлозы с модификаторами в изученных системах, повышение термостойкости полученных композитов. Микроструктурный анализ частиц модифицированной микрокристаллической целлюлозы показал, что частицы модификатора равномерно распределены по всему объему и система характеризуется более высоким уровнем упорядоченности молекул. Впервые получены композиционные материалы на основе

микрористаллической целлюлозы, ДАФ и азонола из растворов в соотношении 1:1, которые можно рекомендовать для создания энергонасыщенных и антибактерицидных материалов.

Литература

1. Liebert, T. Cellulose solvents – remarkable history, Bright future, Chapter 1 / T. Liebert // ACS Symposium Series. – 2010. – V. 1033. – P. 3 – 54.;

2. Журнал «Научный альманах» № 2-2 Вып.52 с.92-95, Шипина О.Т., Трескова В.И. «Синтез аминопроизводных сложных эфиров целлюлозы».

УДК 661.728.862/863

АЭРОБНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗО-СОДЕРЖАЩИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОЛУЧЕНИЕМ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВОГРУНТОВ.

Черенков П.Г., Петров В.А., Гибадуллин М.Р., Аверьянова Н.В.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: ptrv@kstu.ru

Одним из приоритетных направлений развития науки, технологии и техники в России и за рубежом в настоящее время, является создание замкнутого цикла производств, обеспечивающего экологическую, техногенную и технологическую безопасность.

Особую актуальность приобретает проблема утилизации накапливающихся осадков сточных вод, в т.ч. производства нитратов целлюлозы, в виду того, что этот тип промышленных отходов становится вторичным источником загрязнения биосферы. Из-за отсутствия технологии массовой переработки нитрат целлюлозных осадков этот вид отходов складывается на территориях предприятий. В условиях дефицита земельных участков решение проблемы утилизации осадков позволит не только сократить площади, отводимые под свалки и полигоны захоронения, но и улучшить экологическую обстановку. В частности, водоочистные сооружения Алексинского химического комбината (АХК) в течение более 70 лет принимали промышленные стоки в виде водной суспензии, содержащей отходы нитроцеллюлозы. При строительстве сооружений удаление и переработка осадка сточных вод (ОСВ) не предусматривались. В результате в технологических водоемах

скопились значительные массы ОСВ, содержащие определенную долю нитратов целлюлозы, пороховой крошки и просто целлюлозы.

Целью проведенной работы являлось разработка аэробной технологии утилизации нитрат целлюлозных осадков сточных вод порохового производства с получением органо-минеральных почвогрунтов.

В результате проведенной работы были получены данные по твердофазному и жидкофазному аэробному разложению нитрат целлюлозных осадков сточных вод и свойств получаемых продуктов. Разработана новая технология и оптимизация технологических режимов переработки нитрат целлюлозосодержащих осадков сточных вод и получения органо-минеральных почвогрунтов.

УДК 662

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ И КОНВЕРСИЯ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Шакуров А.Ф., Идрисов Э.Н., Пелипенко Д.В., Матухин Е.Л.

ФКП «Казанский государственный пороховой завод»

В настоящее время в военных и оборонно-промышленных областях многих стран мира наблюдается тенденция к совершенствованию военно-промышленного потенциала на основе, как создания принципиально новых специальных изделий и технологий военного назначения, так и диверсификации и оптимизации производств, конверсии избыточных и устаревших (устаревающих) производственных линий, создании технологий двойного назначения. Происходит формирование нового технологического облика ОПК (ВПК) в соответствии с современной военно-стратегической доктриной и ситуацией в мире. Объемы госзакупок в рамках гособоронзаказа (ГОЗ) уже в ближайшей перспективе будут существенно уменьшены. Ожидается, что в ближайшие годы сокращение ГОЗ в виду снижения бюджетных доходов и завершения цикла перевооружения станет ключевым вызовом российского ОПК. Основная организационно-технологическая парадигма развития производства отечественных предприятий технической химии состоит в необходимости обеспечения стабильности работы предприятия в условиях сохранения и развития производственных мощностей при сокращении Гособоронзаказа и увеличения объемов гражданской продукции.

Рассматривая правовой аспект интеллектуальной деятельности в области диверсификации производств и технологий, следует уточнить, что «права» не могут быть ни военными, ни гражданскими. Исключительные права возникают в отношении результатов интеллектуальной деятельности (РИД) как технических решений, реализованных в вещественных объектах, имеющих конкретное предназначение. При этом одни и те же технические решения, в частности, при диверсификации производств и технологий могут быть реализованы как в военных, так и в гражданских объектах.

К настоящему времени ФКП «КГКПЗ» обладает несколькими объектами интеллектуальной собственности, которые могут быть использованы в программе диверсификации предприятия и том числе:

- 7 действующих патентов по производству ПВН, ПДН и ПГН;
- 2 авторских заявки на получение патента;
- 2 товарных знака «Красные ворота» и «IRBIS».

УДК 625.142.2

УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА

Шарафутдинов И.Р., Башкиров В.Н., Валеева А.Р., Сабирзянова А.И.,
Хазиахмедова Р.М.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: isk3641@yandex.ru

В России ежегодно после ремонта железнодорожных путей скапливается огромное количество отслуживших свой срок деревянных шпал. Проблема утилизации шпал до сих пор системно не решалась. Отработанные деревянные шпалы (ОДШ) относятся к опасным твердым органическим отходам, поэтому для их утилизации и обезвреживания применимы те же методы, что и для группы твердых органических отходов. Однако следует учитывать, что деревянные шпалы относятся к 3 классу экологической опасности и поэтому вопросу утилизации должно быть уделено особое внимание. Одним из наиболее эффективных способов утилизации может стать пиролиз.

Применение метода пиролиза для утилизации ОДШ, позволит не только предотвратить загрязнение окружающей среды, т.к. процесс пиролиза осуществляется в герметичных условиях, но и позволит

получить экономическую выгоду. Основными продуктами термической переработки отработанных деревянных шпал являются пиролизная жидкость, газ и уголь. Пиролизная жидкость может быть использована как альтернативное возобновляемое топливо и сырьё для химического производства (получение клеящих смол, выделение отдельных химических веществ, применение в качестве компонента дорожного вяжущего). Мелкодисперсный уголь может использоваться в виде угольных брикетов в традиционных сферах применения

Таким образом применение метода пиролиза для утилизации отработанных деревянных шпал, позволит не только предотвратить загрязнение окружающей среды, т.к. процесс пиролиза осуществляется в герметичных условиях, но и позволит получить экономическую выгоду. Использование тепла сжигания образующихся пирогазов позволит до минимума снизить энергозатраты на процесс пиролиза. Кроме того, экономическая эффективность данного способа утилизации может быть значительно повышена за счет реализации жидких и твёрдых продуктов пиролиза, которые могут быть использованы в промышленности.

УДК 662

ОСОБЕННОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ УПЛОТНЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ФОРМ

Юсупов Ф.Т., Саеитшин А.А., Матухин Е.Л., Газизов Б.Т.,

Шакиров Р.И., Нестеров О.В

ФКП «КГ КПЗ», ФГБОУ ВО «КНИТУ»

В настоящее время хлопковая и древесная целлюлоза в значительных объемах изготавливается преимущественно в уплотненной физической форме в виде «папки». Кроме того, следует заметить, что международный опыт показывает, что наметился общий переход на поставку целлюлозы уплотненной физической формы (рулон, «папка»). Внедрение этого материала целесообразно в связи с существенным уменьшением расходов на транспортировку и хранение сырья. Однако, для использования этого вида перспективного сырья в ряде случаев для химической переработки требуется перевод его в волокно, т.е. разволокнения материала. На ФКП «КГКПЗ» с участием специалистов КНИТУ разработаны основные методические технологические принципы подготовки

уплотненных физических форм различных целлюлозных материалов к нитрованию. Создан новый технологический комплекс подготовки целлюлозного сырья уплотненной физической формы в виде «папки» на основе молотковой мельницы. Распушенный до отдельных волокон целлюлозный материал используется в производстве, в частности, низкозамещенного нитрата целлюлозы- лаковых коллоксилинов. Однако, в процессе практического использования распушенной целлюлозы после молотковой мельницы отмечались некоторые недостатки в виде снижения загрузки материалом технологических аппаратов и частичное уменьшение производительности потока производства. Исторически с подобной ситуацией, вероятно, столкнулся в своих работах И.М.Найман в отработке технологии получения древесной целлюлозы ЦА, который для получения пригодной для нитрования целлюлозы пропускал целлюлозное полотно с объемной массой 120...180 г/см² на специальных валках придавая материалу относительно уплотненную форму жгутика. Разработка целлюлозы в виде ЦА (жгутика) сразу обеспечила интенсификацию производства нитратов целлюлозы, снижение расходных коэффициентов, в частности по кислотам с 1,44 до 1,22 т/т НЦ.

В связи этим следует признать перспективность работы по ретрансформации волокон целлюлозы после молотковой мельницы в сравнительно более уплотненную физическую форму агрегированной целлюлозы, например, с использованием специального курлятора.

УДК 674.816.2

ПРОЧНОСТЬ ОПИЛКОБЕТОНА С ТОРРЕФИЦИРОВАННЫМ ДРЕВЕСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Хазиахмедова Р.М., Сабирзянова А.И., Яковлева А.Е., Валеева А.Р.,
Шарафутдинов И.Р., Башкиров В.Н.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: rimmo4ka_0694@mail.ru

Широкое применение в строительстве [1] находят легкие бетоны на основе отходов древесной промышленности. Основной проблемой при формировании композиционного материала на основе цемента и древесины, является то, что присутствие в древесине легкогидролизуемых углеводов приводит к щелочному гидролизу [2] последних с выделением низкомолекулярных углеводов (цементных

ядов) и отрицательно влияет на твердение цементного теста. В данной работе представлены исследования по получению модифицированного опилкобетона на основе термомодифицированных отходов древесины. Были проведены исследования физико-механических характеристик опилкобетона, полученного с применением торрефицированного древесного наполнителя. Результаты показали, что прочность опилкобетона с древесным наполнителем не существенно меняется с отсутствием какой-либо достоверной зависимости предела прочности от содержания наполнителя. Тогда как для торрефицированного наполнителя существует ярко выраженная зависимость с максимумом прочности при концентрации торрефицированного наполнителя в 50%.

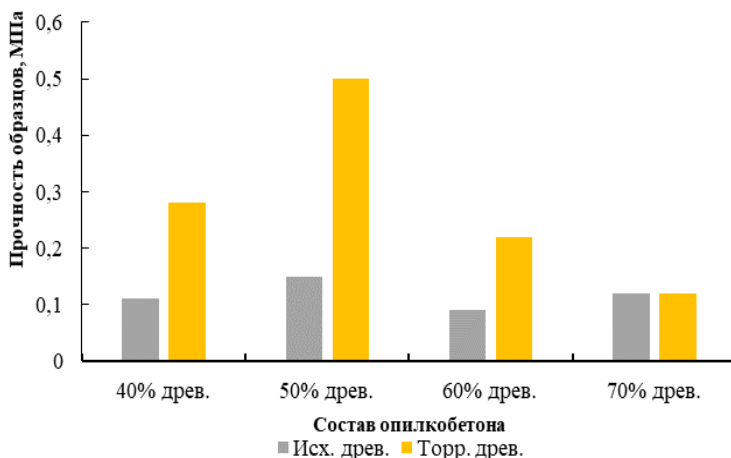


Рис. 1 Показатели прочности образцов опилкобетона с исходной и торрефицированной древесиной на цементном вяжущем

Литература

1. Хазиахмедова Р.М. Физико-механические свойства опилкобетона с торрефицированным древесным наполнителем // Деревообрабатывающая промышленность. 2019. № 3. С.54-60.
2. Яковлева А.Е. Получение пенополиуретана из различных видов пиролизной жидкости и исследование его прочности и химической структуры // Журнал Деревообрабатывающая промышленность – 2018. №4. С 39-47

СЕКЦИЯ 5

Совершенствование подготовки специалистов для предприятий ОПК

УДК 331.363

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК

Александров В.Н., Евсеева Т.П., Базотов В.Я.
ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: alexvn70@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы повышения квалификации инженерных кадров отраслей промышленности, имеющих стратегическое значение для экономического развития России. Накопленный практический опыт работы в ИХТИ КНИТУ позволяет активно участвовать и внедрять современные формы повышения квалификации и переподготовки специалистов оборонной отрасли. Кроме того, выезжая на предприятия, преподаватели знакомятся с новейшими достижениями техники и технологии, с проблемами, возникающими на рабочих местах, что позволяет им активно включаться в процесс решения производственных, технологических задач через выполнение практико-ориентированных итоговых исследовательских работ и проектов.

ИХТИ КНИТУ традиционно готовит кадры для предприятий промышленности боеприпасов и спецхимии, атомной энергетики и других сфер экономики, являясь ведущим учебным заведением по подготовке инженеров по специальности «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий». Одну из ведущих позиций по реализации программ повышения квалификации занимает кафедра технологии твердых химических веществ. Со дня основания кафедры выпущено более 2500 специалистов, большинство из которых успешно трудятся на предприятиях ОПК. Одновременно с 1997 г. кафедра регулярно проводит повышение квалификации, а с 2011 г. и профессиональную переподготовку специалистов данной отрасли.

Представлены результаты анализа программ повышения квалификации, реализованных ИХТИ КНИТУ за последние 5 лет. Приведены варианты реализации разработанных дополнительных образовательных программ, направленных на обновление профессиональных знаний специалистов в области свойств, применения, технологий переработки ЭНМ.

СОЦИОКУЛЬТУРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПИРОТЕХНИКИ

Беляков А.В.

ФГБОУ ВО "КНИТУ", e-mail: albelyakov@mail.ru

Человек на протяжении всей своей истории пытался укротить стихию огня. Обожествление, поклонение и страх перед огнем мотивировало к изучению процессов горения с их последующим регулированием. Несмотря на современный уровень технического развития человек до сих пор бессилён перед стихией огня. Об этом свидетельствуют масштабные лесные, техногенные и бытовые пожары.

История человечества – это история изучения процесса горения и покорения огня, которая выражается в создании огневых составов. Применение огневых составов и систем тесно связано с историческими событиями, а порой определяли ход и исход исторических процессов.

В работе приведен анализ более чем двадцатипятивековой истории применения огневых составов. Рассмотрены вопросы становления современной химии энергонасыщенных материалов начиная с греческого огня и заканчивая современными пиротехническими составами. Особый акцент сделан на историю становления пиротехники и в нашей стране. Обобщение и анализ имеющихся исторических фактов применения огневых систем позволили сделать вывод о том, что значимые события в истории нашего Отечества так или иначе связаны с применением огневых смесей. Например, крещение Руси и первое применение греческого огня, падение Константинополя под первыми артиллерийскими ударами и формирование концепции "Москва - третий Рим", масштабное производство дымного пороха и расширение Российских земель при Иване Грозном, европеизация России, возникновение Российской Империи при Петре I и разработка парадных фейерверков, зарождение пиротехнической промышленности в годы Первой мировой войны, бурное развитие пиротехнической отрасли, формирование научных основ пиротехники и ее вклад в победу в Великой Отечественной войне. Обсуждаются направления современной пиротехники и вопросы подготовки кадров для отрасли.

**СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «БОЕПРИПАСЫ И ВЗРЫВАТЕЛИ»
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК
В БИЙСКОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

Верещагин П.В., Верещагина Н.Г.

БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, АГППУ им. В.М. Шукшина

e-mail: vpv@bti.secna.ru

Подготовка по специальности «Боеприпасы и взрыватели» в БТИ АлтГТУ ведется для предприятий ОПК Алтайского края, таких как АО «Барнаульский патронный завод», АО «БПО «Сибприбормаш», АО «ФНПЦ «Алтай», начиная с 1983 года. Всего вузом по данной специальности подготовлено более 500 инженеров. Большая часть студентов, до 100%, обучаются по направлениям от профильных предприятий.

Процесс обучения организован в соответствии с федеральным образовательным стандартом. Отличительной особенностью ОПОП является практическая ориентированность. К обучению студентов привлекается до 30-40% ведущих специалистов и руководителей предприятий ОПК.

Производственные практики проводятся исключительно на профильных предприятиях ОПК Алтайского края. В период практики студенты младших курсов работают на рабочих местах, студенты старших курсов – на инженерных должностях.

Дипломное проектирование студентов ведется по тематике предлагаемой профильными предприятиями, материалы и задание на дипломирование студенты получают во время производственной практики. Часть студентов выполняют дипломные работы на предприятиях в период преддипломной практики. Что позволяет подготовить студента к профессиональной деятельности на конкретном предприятии ОПК.

Литература

1. Ленский М.А., Петров Е.А., Верещагин П.В. Система подготовки кадров для предприятий ОПК в БТИ АлтГТУ / Развитие кадрового потенциала ОПК: федеральные программы и региональная кластерная политика [Текст] : материалы VIII Всероссийского совещания / ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – Ижевск: ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», 2015. – С 71-75.

КАЗАНСКИЙ ПОРОХОВОЙ ЗАВОД: 230

Лившиц А.Б., Пелипенко Д.В., Яруллин Р.Н., Матухин Е.Л.

ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»

ФКП «КГКПЗ, являясь правопреемником Государственного казенного научно - производственного предприятия им. В.И. Ленина (ГК НПП им В.И. Ленина), осуществляет свою деятельность на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 26 августа 2002 года № 1181-р в качестве унитарного предприятия, основанного на праве оперативного управления.

В настоящее время происходит формирование нового технологического облика ОПК (ВПК) в соответствии с современной военно-стратегической доктриной и ситуацией в мире.

Основной целью мероприятий действующей в настоящее время Государственной программы вооружения на 2011-2020 годы (ГПВ-2020) является комплексное развитие системы вооружения, исходя из потребностей нового облика Вооруженных сил и требований нормативных документов, на основе комплектных поставок новых и ремонта стоящих на вооружении образцов ВВСТ.

Процесс внедрения новых технологий и производств осуществляется на основе инвестиционных проектов, реализация которых производится с учетом необходимости повышения производственной безопасности, цифровизации производства, автоматизации рабочих мест с выводом персонала из опасных производственных зон, степени вовлечения трудовых ресурсов, их социальной значимости, снижения масштабов негативного воздействия на окружающую среду и т.п. На заводе разрабатывается программа диверсификации производства и увеличения объема продукции гражданского направления, включающая в себя организацию производства новых экологически чистых лакокрасочных продуктов, простых эфиров целлюлозы для нужд нефтяной, строительной, пищевой и медицинской промышленности. Реализуется инвестиционный проект по созданию производства высококачественных низковязких коллоксилинов и на их основе красок нового применения. Технологическое направление связано с импортозамещением для удовлетворения потребностей широкого спектра российских компаний отечественного производства. Увеличиваются объемы экспортной продукции.

РАЗВИТИЕ ЦЕНТРА ДПО НА «ФКП КГ КПЗ»

Лукашенко Ю.В., Туюшева А.И., Чесалина С.А., Матухин Е.Л.
*ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»
Василевская кадетская школа-интернат им. Героя России
Волостного*

Исследования проблем профессиональной подготовки и переподготовки, повышения квалификации рабочих и специалистов приобретают все большую значимость. Внутрифирменная подготовка способствует генерации новых идей для производства, применению современных образцов техники, разработке и внедрению новых технологий, а также позволяет наряду с вузовским обучением обеспечить себя высококвалифицированными работниками. В Стратегии развития системы подготовки рабочих кадров и системы многоуровневого образования в оборонно-промышленном комплексе Российской Федерации отмечается важность создания на базе организаций и предприятий учебных центров, разработки учебных программ внутрифирменного обучения для совершенствования и повышения квалификации работающего персонала.

Казанский пороховой завод располагает большим историческим опытом организации производственного обучения начиная с 1788 г., когда на завод прибыла команда специалистов - пороховщиков с Охтинского порохового завода, открытия на заводе в 1830 г школы кантонистов, где кроме военных дисциплин проходило обучение профессиям фейерверкеров и пороховщиков.

В 2006 году на ФКП «КГКПЗ» создан филиал Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ), что является подтверждением практической реализации принципов интеграции образования, науки и производства на современной инновационной основе.

В 2009–2010 гг. в рамках государственного контракта с Минпромторгом РФ на ФКП «КГКПЗ» с участием КНИТУ создан Центр ДПО ОПК, получена лицензия (№ 0013653 от 21.01.2011 г. Минобрнауки РТ; обновленная лицензия №9236 от 05 декабря 2016 г. Минобрнауки РТ, бессрочно) на ведение образовательной деятельности ФКП «КГКПЗ». Важное значение придается профориентации и патриотическому воспитанию учащейся молодежи при посещении заводского музея.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Абрамов А.Ю. 71
Аверьянов Н.В. 37, 138
Агеев В.Н. 86
Агмалова Д.К. 41, 51, 52
Астов А.У. 110
Алимов А.Р. 11, 33
Александров В.Н. 56, 72, 94, 144
Андреева Г.В. 12
Анисимова Е.Ю. 39
Архангельский В.Ю. 57
Ахмадуллин И.Н. 124
Ахмедшина В.А. 9
Ахметова В.Р. 53
Ахтямова З.Г. 42, 43, 66

Б

- Бабанова А.В. 126
Базотов В.Я. 22, 56, 144
Баишев А.В. 99
Бакешко А.В. 24, 58
Бакиева И.Р. 60, 61, 91, 92
Балахнина А.В. 133
Балыбердин А.С. 13
Баранова Н.В. 14, 27, 76
Барц Л.В. 105
Баташов С.И. 117
Бахтеев С.А. 88
Бахтиаров Л.И. 15, 33
Башкиров В.М. 111, 130, 140, 142
Белобородова О.И. 5, 59, 88, 123
Белов Е.Г. 60, 61, 62, 63, 64, 70, 82, 85, 87, 91, 92
Беляев В.Н. 133
Беляков А.В. 65, 66, 68, 69, 145
Бикбулатова Г.М. 111
Биктимерова Г.Н. 22
Бобров Д.В. 88
Бурдикова Т.В. 60, 61, 62, 63, 64, 70, 82, 85

В

Вакс В.Л. 30
Валеева А.Р. 111, 130, 140, 142
Валидов Р.Р. 57
Васянина Е.В. 65
Вахмистров С.А. 30, 37, 102
Верещагин П.В. 104, 106, 146
Верещагина Н.Г. 146
Веригин А.Н. 32
Выборнов С.А. 70

Г

Габдрахманова З.Р. 60,61
Газизов Б.Т. 141
Галеева Е.Ю. 16
Галиакберов И.Ф. 53
Галимов Э.Р. 124
Галимова И.С. 81
Ганигин С.Ю. 72
Ганин Ю.В. 26
Ганина М.В. 77
Гараева М.Р. 39, 50, 137
Гарифуллин Р.Ш. 21
Гарифуллина Г.Д. 22
Гаскарова Р.Р. 60,61
Гафаров А.Н. 17, 18, 20
Гафаров Р.Ф. 94
Гибадуллин М.Р. 37, 138
Гильманов Р.З. 12, 40, 42,43, 51,52
Гилязов А.Р. 101
Гисмятов Р.Р. 59, 88, 123
Голубева В.Н. 80
Горбунова В.Ю. 128, 129
Горяев А.С. 112
Горячев А.Ю. 38, 71, 73
Грачев Е.С. 23
Гречухина М.С. 72
Гришин А.Н. 75, 78

Д

Данилова Н.О. 16
Даровских А.В. 24, 25, 26

Джангирян В.Г. 32
Деморецкий Д.А. 72
Демьяненко Д.Б. 75
Димухаметов Р.Р. 77, 86
Долгинцев Н.В. 113, 114, 115, 116
Домрачева Е.Г. 30
Дряхлов В.О. 95
Дудырев А.С. 75, 96

Е

Евсеева Т.П. 97, 99, 144
Ершов А.Ю. 75
Ефимов М.Г. 98

З

Забавин Е.В. 93
Забродина О.Ю. 80, 93
Зайнуллин А.М. 113, 114, 115, 116
Зайнуллина А.Р. 113, 114, 115, 116
Закирова Э.Ф. 27, 76
Зиятдинов А.М. 117
Золотухина И.И. 35

И

Иванкина А.И. 41, 51, 52
Иванников А.С. 94
Иванов Д.Г. 93
Ившин С.С. 81
Идрисов Э.М. 124, 134, 139
Исаков К.С. 70

К

Казанская Л.И. 75, 77, 78, 79, 87, 88
Камарова Г.Н. 41, 51, 52
Камбеев И.И. 88
Канунов А.Е. 93
Капелин М.А. 63
Карымов М.Х. 97
Кашафдинов И.Ф. 80
Кашаев В.А. 40
Кельдышева Л.И. 81, 87
Кипрова Л.А. 65, 66, 68, 69

Кириллова Е. С. 79, 87, 88
Кисапова М.А. 128
Киселев А.В. 100
Киселев П.Л. 80
Клевлеев В.М. 71
Коган Д.Б. 78
Козлова Т.В. 70
Колесова А.А. 133
Колмаков К.М. 28
Компаниец И.И. 35
Корнилов А.В. 56, 72
Коробков А.М. 38, 60, 61, 62, 63, 64, 70, 71, 73, 82, 85
Коробчук М.В. 32
Корсаков С.М. 117
Коршунов К.В. 93
Корчуганова А.С. 55
Косточко А.А. 23
Косточко А.В. 11, 14, 15, 16, 44
Костюков Е.Н. 102
Краснов И.В. 40
Крыев Р.А. 60, 61, 62, 64, 70, 82, 91, 92
Кулагина Д.А. 112

Л

Лайлов С.В. 55
Лазарев М.Ю. 29, 30, 119, 120
Лапина Ю.Т. 35
Лившиц А.Б. 11, 15, 147
Ломоносов А.И. 59, 88, 123
Лошкарев В.Н. 80
Лузянина М.В. 33
Лукашенко Ю.В. 148
Лукьяненко И.А. 30
Люкшенко Н.И. 120
Ляпин Н.М. 13

М

Мадыкин В.Ф. 11, 15, 33, 44, 107,
Мадыкина А.М. 34
Мазур А.С. 83
Матухин В.Л. 125
Матухин Е.Л. 89, 117, 124, 125, 134, 139, 141, 147, 148

Махоткин А.Ф. 13
Махоткин И.А. 29, 120.
Мингазова В.К. 16, 23
Микрюков Г.К. 42, 43
Мионов С.О. 35
Митин Е.С. 45
Михайлов А.Л. 30
Михайлов А.С. 37
Михайлов С.В. 60,61, 62, 63, 64, 70, 82, 85, 91, 92
Михайлов Ю.М. 24, 25, 26, 58
Михалусь М.П. 39
Михалусь С.И. 39
Мишунин П.А. 37
Моисеев В.Г. 38, 71, 73
Мокеев А.А. 21
Мокрушин В.В. 93
Молькова О.А. 80
Мороженко Ю.В. 120
Москаленко А.И. 94
Мурзин А.Ю. 72
Мусин А.Л. 40
Мухаметзянова А.А. 12
Мухтарова А.Р. 42
Мухутдинов А.Р. 98, 101

Н

Нагорнова О.А. 42
Нестеров О.В. 141
Низамиев А.Ю. 124
Никитин В.Г. 16, 108, 135
Никитин Р.Г. 120
Никитина Л.Е. 50, 137
Никитина Н.Н. 16
Никифорова М.С. 102
Нурисламова Л.К. 82
Нуруллина Л.Ф. 41, 43

О

Осипова А.Ю. 33, 44

П

Павлов Б.Д. 96

Пашина Л.А. 14
Певченко Б.В. 120
Петров В.А. 23, 37, 138
Петров В.И. 103
Петров Е.А. 55, 127, 133
Пелипенко Д.В. 139, 147
Пивоваров А.Ю. 104
Пичугина С.А. 80
Побережная У.М. 83
Поваров С.А. 15
Полушкина Ю.В. 86
Полянцева Е.А. 129
Постников А.Ю. 80, 86, 93
Потехин А.А. 80
Праздников Т.Н. 105, 126
Пронин А.А. 45
Прохоровский А.Е. 38, 71, 73

Р

Резников М.С. 87
Репин В.Б. 13
Решетникова Л.А. 65, 66, 68, 69
Романова Л.Б. 24, 25, 26
Романова С.М. 34
Ряписова Л.В. 128, 129, 131

С

Сабирзянова А.И. 111, 130, 140, 142
Сабирова Д.И. 34
Савенков Г.Г. 83
Садьков Л.Н. 17, 18, 20
Саетшин А.А. 141
Салкова О.О. 77
Сальников А.С. 21
Сарбаева А.А. 113, 114, 115, 116
Сафиуллин Д.Х. 88
Сафронов П.О. 23, 37
Сахаров Ю.Н. 30, 119
Седов А.А. 45
Сергиенко А.В. 133
Семенов Д.Н. 28
Семенов И.В. 106

Скворцов В.А. 70
Смирнова В.С. 58
Смирнова Е. А. 68, 69
Собенникова Е.В. 77
Соловьёва К.Н. 133
Соломонов А.В. 80
Спирин И.А. 45
Староверов В.А. 46
Степанова С.В. 131
Стрекалова Г.Р. 50, 137
Сустаева Ю.М. 45

Т

Таланцева А.Р. 88
Тартынов И.В. 71
Теркулова М.М. 75
Тимофеев Н.Е. 59, 79, 87, 88, 123
Трескова В.И. 50, 108, 135, 137
Трусов А.О. 103
Точилин С.Н. 48, 49
Туюшева А.И. 134, 148

У

Украинцева Т.В. 83
Уразлин Р.Н. 81
Ушанов И.Н. 103

Ф

Файзуллина М.Р. 56
Федоров Ю.И. 33, 81, 107,
Федорова С.Ю. 33, 44, 107

Х

Хайруллина Н.С. 9
Хазиахмедова Р.М. 111, 130, 140, 142
Халиуллова Л.Ф. 85, 91, 92
Хамзина Л.Ф. 50, 108, 135, 137
Харитоновна Е.В. 134
Хасанова Р.Р. 22
Хузеев М.В. 89
Хусаинов Р.М. 41, 51, 52, 53
Хусаинова А.А. 18

Хусаинова Э.Р. 41, 51, 52, 53, 54, 114
Хуснутдинов Р.Р. 125

Ц

Царев М.В. 80, 93
Царева И.А. 80, 93

Ч

Черенков П.Г. 138
Чернов А.И. 48, 49
Чесалина С.А. 148

Ш

Шайхиев И.Г. 95
Шакиров Р.И. 141
Шакирова Г.Т. 20
Шакуров А.Ф. 139
Шаповалов А.М. 93
Шарафисламов Ф.Ш. 13, 29, 30, 119, 120
Шарафутдинов И.Р. 111, 130, 140, 142
Шарипова Р.Р. 20
Шевлягин О.В. 37, 45
Шейков Ю.В. 30
Шелгинский Э.М. 89
Шибанов С.В. 57
Шипина О.Т. 50, 108, 135, 137
Шиченков Р.А. 12
Шмидт Е.В. 125

Ю

Юсупов Р.А. 88
Юсупов Ф.Т. 141
Юсупова Л.М. 12, 65

Я

Яблоков А.А. 30
Яковлева А.Е. 130, 142
Яруллин Р.Н. 147