

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук

Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России

Российская академия наук.
Санкт-Петербургский научный центр

Российская академия ракетных и артиллерийских наук

Санкт-Петербургский институт экономики и бизнеса



XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕМИНАР С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ ПО СТРУЙНЫМ, ОТРЫВНЫМ И НЕСТАЦИОНАРНЫМ ТЕЧЕНИЯМ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

11 – 14 сентября 2018 года

Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», №48

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ	15
Г. А. Акимов ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ ИСААКА ПАВЛОВИЧА ГИНЗБУРГА И ЕГО НАУЧНОЙ ШКОЛЫ	21
Т. О. Абдурашидов, А. В. Осипов, Я. В. Советников ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОБОДНЫХ И ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ СТРУЙ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ТВЕРДОЙ ПРЕГРАДОЙ	28
Г. А. Акимов ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУИ С ПРЕГРАДОЙ	28
М. М. Алексеева АЭРОТЕРМОДИНАМИКА УПРАВЛЯЕМОГО СНАРЯДА	30
М. С. Антипова КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ СТРУИ ИЗ СВЕРХЗВУКОВОГО СОПЛА	30
Д. В. Антонов, И. С. Войтков, О. В. Высокоморная, П. А. Стрижак ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ СТОЛКНОВЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ В СРЕДЕ РАЗОГРЕТЫХ ГАЗОВ	31
В. А. Архипов, С. А. Басалаев, К. Г. Перфильева, А. С. Усанина ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ КЛАСТЕРОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ И ПУЗЫРЬКОВ В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ	33
В. А. Архипов, О. Г. Волокитин, В. Д. Гольдин, В. В. Шеховцов ЭВОЛЮЦИЯ ПОРИСТЫХ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ	34
В. А. Архипов, К. Г. Перфильева, А. С. Усанина ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ КАПЕЛЬ В ПОЛЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МАССОВЫХ СИЛ	35
В. А. Бабук, Н. Л. Будный, А. А. Низяев МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	36
М. А. Бабуриц, В. Д. Баскаков, С. В. Елисеев, К. А. Карнаухов, В. А. Тарасов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ МЕНИСКОВЫХ ОБЛИЦОВОК КУМУЛЯТИВНЫХ ЗАРЯДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СКЛАДЧАТОЙ КОРМОВОЙ ЧАСТИ У ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ...	38
А. М. Балонишников МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНИЗОТРОПНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ	39
А. С. Барышников, Н. О. Безверхний ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ РАДИОПРОЗРАЧНОСТИ ПЛАЗМЫ	41
Б. Я. Бендерский, А. А. Чернова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГОРЕНИЯ КАНАЛЬНО-ЩЕЛЕВОГО ЗАРЯДА НА ВНУТРЕНнюю ГАЗОДИНАМИКУ	42
Г. Ю. Бивол, С. В. Головастов, В. В. Голуб ВЛИЯНИЕ ТИПА И ПАРАМЕТРОВ ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГАЗОВОЙ ДЕТОНАЦИИ	43
Г. Г. Бильченко, Н. Г. Бильченко ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ ПРИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ РЕЖИМАХ ПОЛЁТА	44
Г. Г. Бильченко, Н. Г. Бильченко ПРЯМЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ ПРИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ РЕЖИМАХ ПОЛЁТА	45

А. В. Савин, Е. И. Соколов, П. Г. Смирнов СВОБОДНОВИСЯЩИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ЗОНЫ В СВЕРХЗВУКОВЫХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ УСКОРЯЮЩИХСЯ ПОТОКАХ	207
А. С. Савиных, И. А. Черепанов, С. В. Разоренов, А. И. Овсиенко, В. И. Румянцев, К. Mandel, L. Krüger ЭВОЛЮЦИЯ УДАРНЫХ ВОЛН В БЕЗОКСИДНЫХ КЕРАМИКАХ НА ПРИМЕРЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ, КАРБИДА БОРА И КАРБИДА ВОЛЬФРАМА	208
А. Б. Сейсенова, С. Х. Акназаров, О. С. Байракова, О. Ю. Головченко, О. С. Капизов, Хуан Мария Гонсалес-Лил СИНТЕЗ ТВЕРДЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ВЫСОКИМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	209
В. В. Селиванов, С. В. Ладов, С. В. Федоров, Я. М. Никольская ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОМПАКТНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСКОЛКОВ МЕТЕОРОИДОВ И КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА	210
А. Н. Семенов, Г. Л. Колосов, А. А. Яцких ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ВНУТРИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ЧИСЛЕ МАХА, РАВНОМ ДВУМ	212
А. Г. Сенникова РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ FLUENT, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СООРУЖЕНИЮ	212
Е. Ю. Слесарева, Р. А. Дехтярь, В. В. Овчинников ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОДИНОЧНОГО ПАРОВОГО ПУЗЫРЯ ТЕЙЛОРА, ВСПЛЫВАЮЩЕГО В ТРУБКЕ С ЖИДКОСТЬЮ	213
Е. М. Смирнов, Д. О. Панов, В. В. Рис ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ U-ОБРАЗНОГО КАНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТУРБУЛЕНТНОСТИ	215
М. Ю. Сотский, В. А. Велданов, В. В. Селиванов НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ПРОЦЕСС УСКОРЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЗОНДА В ЛАБОРАТОРНОМ БАЛЛИСТИЧЕСКОМ МОДУЛЕ	216
А. М. Тереза, С. П. Медведев, В. Н. Смирнов РЕГИСТРАЦИЯ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ ПРИ ВОСПЛАМЕНЕНИИ И ГОРЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ	218
В. И. Терехов ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛООБМЕНА В ОТРЫВНЫХ ПОТОКАХ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	218
В. И. Терехов, А. В. Золотухин, К. А. Шаров ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ОБТЕКАНИИ СОТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	219
В. И. Терехов, Н. Е. Шишкин ПАРООБРАЗОВАНИЕ ВБЛИЗИ СТЕНКИ, ОХЛАЖДАЕМОЙ ГАЗОКАПЕЛЬНОЙ ЗАВЕСОЙ	221
И. В. Тимофеев, В. М. Анискин ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ТРУБКИ ПИТО НА ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СВЕРХЗВУКОВЫХ НЕДОРАСШИРЕННЫХ ПЛОСКИХ МИКРОСТРУЯХ	222
А. С. Стабников, А. В. Гарбарук, Д. А. Никулин, К. В. Беляев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ОБТЕКАНИЯ МОДЕЛИ САМОЛЁТА CRM ...	224

с образцами карбида кремния разной толщины наблюдается незначительный аномальный рост упругого предвестника с ростом толщины образца. Керамика на основе карбида бора демонстрирует признаки релаксации напряжений за фронтом упругого предвестника, в отличие от керамики карбида кремния, а нарастание параметров за фронтом упругой волны сжатия у последней связано, очевидно, с деформационным упрочнением [2]. Измеренные значения динамического предела упругости образцов толщиной 8 мм у карбида кремния составили $\sigma_{HEL}=15\pm 0.1$ ГПа, для карбида бора $\sigma_{HEL}=17.2\pm 1.3$ ГПа.

В керамике карбида вольфрама при изменении толщины образцов от 0.15 до 4 мм выявлено сильное затухание упругого предвестника. При максимальных напряжениях ударного сжатия, в 2 раза превышающих динамический предел упругости, регистрируется уменьшение величины откольной прочности примерно на 30% от значения в упругой области.

Анализ волновых профилей показал, что при превышении динамического предела упругости керамика карбида бора растрескивается, а керамика карбида кремния сохраняет свою внутреннюю структуру. Карбид вольфрама также сохраняет свою монолитность, несмотря на интенсивные размножения дефектов дислокационного типа.

Литература

1. Канель Г.И., Разоренов С.В., Уткин А.В., Фортов В.Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. М.: Изд-во «Янус-К», 1996. 407 с.
2. Kanel G.I., Razorenov S.V., Fortov V.E. Shock wave phenomena and the properties of condensed matter. NY: Springer, 2004. 321 p.

СИНТЕЗ ТВЕРДЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ВЫСОКИМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А. Б. Сейсенова^{1,2}, С. Х. Акназаров^{1,2}, О. С. Байракова², О. Ю. Головченко^{1,2},
О. С. Капизов², Хуан Мария Гонсалес-Лил³

¹ *Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан*

² *ТОО НППЦ «ЖАЛЫН», г. Алматы, Республика Казахстан*

³ *Университет Кадис, г. Кадис, Испания*

В современной жизни любого государства большое значение имеют энергонасыщенные материалы или энергетические конденсированные системы.

Системы с высокими энергетическими характеристиками – ЭКС (энергетические конденсированные системы) – эффективный источник энергии для техники и новых технологий. Специальные ЭКС позволили создать уникальные и весьма актуальные технологии.

Одним из основных компонентов высокоэнергетических систем является горючее-связующее, предоставляющее собой многокомпонентную полимерную композицию преимущественно горючих веществ, способное связывать порошкообразные материалы в пластичную топливную массу. При отверждении горючее-связующее должно формировать механические и другие свойства топливного заряда.

В данной работе рассмотрена проблема низкой эффективности горения твердых соединений на основе нитрата аммония. Рассмотрено влияние: дисперсности алюминия, наличия различных добавок и хлорида олова SnCl_2 , а также значения коэффициента избытка окислителя на закономерности горения и шлакообразование нитратных систем.

В качестве «инертного» горючего-связующего выбраны бутилкаучук (БК), а в качестве «активного» горючего-связующего выбран дивинил-нитрильный каучук (СКИ). В качестве пластификаторов в проводимой работе выбраны пластификаторы – трансформаторное

масло, дибутилфталат и метилполивинил-тетразол. При выборе компонентов смеси учитывалась их совместимость в топливной композиции.

С целью повышения энергетических характеристик ВЭК в состав композиции вводят металлы в виде порошков различной дисперсности, которые, окисляясь за счет тепла экзотермической реакции, значительно повышают температуру процесса, следовательно, и температуру образующегося газа – как следствие, скорость его истечения, что увеличивает удельный импульс.

Для синтеза соединений с высокими энергетическими характеристиками в проводимой работе выбран алюминий различных марок (АСД-4, ПАС4, алюминиевая пудра). Алюминий в качестве топлива выбран как доступный и не токсичный материал. В качестве катализатора выбран хлорид олова (SnCl_2). Для отверждения топливной смеси выбрана эпоксидная смола ЭД20 и ТОН-2.

По результатам проведенной работы было выявлено следующее:

1. Замена микронного алюминия на ультрадисперсный приводит к росту скорости горения в 3-5 раз, в зависимости от давления и наличия добавок, а также к снижению значения α .

2. Замена микронного алюминия на ультрадисперсный приводит к снижению порога воспламеняемости по давлению до 2 МПа.

3. Применение хлорида олова позволяет снизить порог воспламеняемости по давлению до 0.1 МПа, что связано с каталитическим действием данной добавки на разложение нитрата аммония и окисление БК и СКИ.

4. Увеличение коэффициента избытка окислителя приводит к росту эффективности горения нитратных систем (по скорости горения и шлакообразованию).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОМПАКТНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСКОЛКОВ МЕТЕОРОИДОВ И КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

В. В. Селиванов, С. В. Ладов, С. В. Федоров, Я. М. Никольская

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)*

При проведении исследований поведения материалов и конструкций в условиях высокоскоростного взаимодействия тел, в том числе для моделирования осколков метеороидов и космического мусора, одним из наиболее эффективных и простых методов получения высокоскоростных компактных элементов, является использование взрывных кумулятивных устройств с облицовкой комбинированной формы «полусфера-цилиндр» (ПЦ-облицовкой). При этом переход к дегрессивной (уменьшающейся от вершины к основанию) толщине облицовки позволяет существенно повысить скорость формируемого элемента [1, 2].

Для изготовления подобных облицовок дегрессивной толщины предложен технологический процесс штамповки пластичным металлом (свинцом) из листовой заготовки в форме диска переменной толщины. Такая технология штамповки (вытяжки) свинцом является перспективной благодаря возможности использовать заготовки, переменные по толщине, пресса простого действия и упрощенную штамповочную оснастку.

В качестве материала ПЦ-облицовок использовалась сталь 1Х18Н9Т. После штамповки производился отжиг ПЦ-облицовки и подрезка ее торца, никакой другой механической обработке отштампованные ПЦ-облицовки не подвергались. Отсутствие токарной обработки наружной и внутренней поверхностей ухудшало точность изготовления ПЦ-облицовок (разброс по толщинам в вершине и у основания полусферической части достигал 0,1 мм), однако при этом существенно снижались трудоемкость и стоимость изготовления