



НАУКА  
БУДУЩЕГО  
НАУКА  
МОЛОДЫХ

«НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ»

# СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА

МОСКВА  
2017

## Математика и механика

2. Local damage to reinforced concrete structures caused by impact of aircraft engine missiles Part 2. Evaluation of test results. /T.Sugano [и др.]// Nuclear Engineering and Design.—1993 .
3. Hua Jiang. Calibration of the continuous surface cap model for concrete. / Hua Jiang, Jidong Zhao // Finite Elements in Analysis and Design — 2014.
4. P. Grassl. Damage-plastic model for concrete failure. /P. Grassl and M. Jirásek // International Journal of Solids and Structures. Vol. 43, pp. 7166-7196— 2006.
5. Assessment Of Structural Robustness Against Aircraft Impact At the Potential Repository. /P.A.Cox [и др.]// Nuclear Engineering and Design.— 2006.

---

ДОКЛАДЧИК	ТЕМА ПРОЕКТА
Дубкова Яна Александровна Жуков А.С., Зиятдинов М.Х., Архипов В.А.	Разработка и исследование высокоэнергетических материалов нового поколения на основе боридов алюминия.

---

**ВУЗ** Национальный исследовательский Томский государственный университет

### РЕЗЮМЕ

Современное развитие ракетно-космической области и транспортных систем требует повышения энерго-тяговых характеристик двигателей. Поэтому для разработки современных твердотопливных ракетных двигателей исключительно важны вопросы, связанные с инновационными подходами к созданию новых видов топливных элементов. При этом основой новых элементов современных твердых горючих материалов являются высокоэнергетические материалы (ВЭМ), обеспечивающие основные параметры работы двигателей. Создания нового поколения гиперзвуковых воздушно-реактивных и твердотопливных двигателей требуются ВЭМ повышенной энергетики. В настоящее время основным металлическим компонентом топлив является алюминий. Он обладает высокой теплотой сгорания и технологичностью получения. Вместе с тем, при широком применении алюминия в топливах, обнаружился недостаток. Основным является неполнота его сгорания. Чем выше концентрация алюминия в топливе, тем больше степень недогорания. Одним из путей решения задачи повышения эффективности добавок топлива на сегодня является полный либо частичный переход на использование боридов металлов. Это связано с высокими энергетическими характеристиками бора. Теплота его сгорания почти вдвое превышает теплоту сгорания алюминия, широко используемого сегодня в топливных композициях.

Основное конкурентное преимущество боридов, как компонентов ВЭМ, является высокая степень окисления и полнота сгорания по сравнению с самым распространенным компонентом - порошком алюминия.

Исходя из этих данных, очевидно, что оптимальным решением задачи повышения эффективности металлических добавок в топлива на сегодня представляется полный либо частичный переход на использование боридов металлов.

В результате выполнения НИР разработан прототип технологии создания твердотопливных композиций на основе боридов алюминия, исследованы теплофизические свойства полученных композиций, показано преимущество ВЭМ на основе боридов алюминия перед традиционными ультрадисперсными порошками алюминия.

Целью выполнения проекта является разработка прототипов технологии и создания твердотопливных композиций на основе боридов алюминия для ракетных двигательных установок, в том числе гибридных.

В результате выполнения НИР получены твердотопливные композиции на основе боридов алюминия. Показано, что теплота сгорания ВЭМ не ниже 1500 кал/г, что превышает теплоту сгорания порога баллистического типа на (30–80)%. Показано, что скорость горения достигает 120 мм/с, что на (20–70)% выше скорости горения традиционных топливных композиций. Тем самым показано преимущество ВЭМ на основе боридов алюминия перед традиционными ВЭМ. Результаты работ представлены на всероссийских и международных конференциях. По результатам НИР опубликованы статьи.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Бориды, высокоэнергетические материалы, горение, структура, свойства.

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью настоящей работы является выявление закономерностей формирования боридов металлов, исследование процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) боридов, изучение свойств боридов металлов, полученных методом СВС, изучение возможности применения боридов металлов, как компонентов высокоэнергетических систем.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем двигателестроения на сегодняшний день является повышение технико-экономической эффективности, как средств выведения ракетных ускорителей, так и средств межорбитальной транспортировки, таких как разгонные блоки, межорбитальные буксиры, транспортные модули и т. д. Степень их совершенства, надежность и стоимость запуска предопределяет эффективность, стоимость выводимого полезного груза.

Ключевым аспектом при повышении энерго-тяговых характеристик ракетных двигателей является разработка нового класса топливных композиций с более высокими значениями удельного импульса тяги. Проводимые в ряде стран исследования по повышению эффективности техники, использующей в своем составе высокоэнергетические материалы (ВЭМ), направлены, как правило, на синтез новых химических соединений с более высоким энергетическим потенциалом.

Актуальность разработки новых эффективных методов получения специальных компонентов топлива – наноразмерных порошков металлов и их соединений обусловлена тем, что потенциальные возможности традиционно используемых композиций ВЭМ с порошками алюминия микронных размеров практически полностью исчерпаны, как с точки зрения повышения энергетических характеристик, так и в возможности регулирования характеристик горения.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для создания композиций на основе ВЭМ использовались бориды алюминия, полученные методом высокотемпературного синтеза, горючее связующее, отвердители и прочие добавки. Горючие композиции получали методом проходного прессования. Теплофизические характеристики исследовали с применением следующего оборудования: калориметр, бомба постоянного давления, высокоскоростная камера, пирометр.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате выполнения НИР получены следующие результаты:

1. Исследованы бориды металлов и порошковые системы, что вместе может позволить повысить эффективность твердотопливных установок на 40 %.
2. Показана возможность замены традиционного порошка алюминия на бориды алюминия.
  1. Разработаны рецептуры порошковой системы (Ti+B+Al), обеспечивающие безгазовое горение смеси в инертной среде при давлении 6 МПа со скоростью 100 мм/с и выше.
  2. Исследованы прочностные характеристики разработанных порошковых систем (Ti+B+Al) с учетом выбора горючего связующего и режимов изготовления образцов (прессование, термообработка).
  3. Исследованы закономерности формирования боридов металлов методом СВС.
  4. Исследованы характеристики горения высокоэнергетических систем, содержащих добавки боридов металлов.
  5. Получены скорости горения высокоэнергетических систем, содержащих добавки боридов металлов.
  6. Обнаружена возможность регулирования скорости горения систем, содержащих ВЭМ.

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Rosenbend V., Gany A Methods of activation of boron particles ignition and combustion // Proc. of ISABE. Paper ISABE (2007).
2. Larbalestier D.C., Cooley L.D. Strongly linked current flow in polycrystalline forms of the superconductor MgB<sub>2</sub> // Nature, 2001, V.410, pp.186-189.
3. Lee T. H. Boron-Containing Solid Fuel Combustion and Cycle Analysis //Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers. – 2015. – Т. 19. – №. 1. – С. 18-24.
4. Rashkovskiy S. A. Direct Numerical Simulation of Boron Particle Agglomeration in Combustion of Boron-Containing Solid Propellants //Combustion Science and Technology. – 2017. – Т. 189. – №. 8. – С. 1277-1293.
5. Won J. et al. A Study of Fuel-rich Solid Propellant Characteristic for Boron-bead Particle Size //Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers. – 2014. – Т. 18. – №. 5. – С. 12-18.

ДОКЛАДЧИК	ТЕМА ПРОЕКТА
Епифанов Андрей Викторович Цибулин Вячеслав Георгиевич	Моделирование сценариев сосуществования конкурирующих популяций

**ВУЗ** Южный федеральный университет

## РЕЗЮМЕ

### *Актуальность проекта*

Проблема сохранения биологического разнообразия имеет важное значение. Для анализа возникающих при этом проблем требуется разработка адекватных математических моделей и инструментов анализа возникающих нелинейных задач с учетом пространственной неоднородности и зависимости процессов от времени. Исследование условий сосуществования видов может помочь понять, каким образом можно воздействовать на экологические системы с целью сохранения биологического разнообразия.

### *Новизна проекта*

Целью работы является изучение новых математических моделей и анализ влияния комбинаций различных факторов на возможность сосуществования видов. В частности, предстоит исследование эффектов направленной миграции в сочетании с гиперболическим законом роста жертв.

### **Краткие результаты**

Исследована возможность сосуществования конкурирующих популяций в нелинейных системах взаимодействия двух хищников и жертвы и двух жертв и хищника с гиперболическим законом роста жертв на однородном и неоднородном ареале. Найдены условия косимметричности рассматриваемых систем. Произведен анализ семейств решений и устойчивости найденных решений.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Математическая экология, сосуществование конкурентов, уравнения реакции-диффузии-адвекции, дифференциальные уравнения в частных производных, параболические дифференциальные уравнения, хищник-жертва.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Исследование экосистем конкурирующих популяций с целью улучшения понимания влияния пространственных эффектов на возможности сосуществования конкурентов.

## ВВЕДЕНИЕ

При исследовании проблем математической биологии в настоящее время существенно применение численного моделирования для анализа моделей и проведения масштабных вычислительных экспериментов. Начиная с классических работ Колмогорова-Петровского-Пискунова-Фишера, аппарат математической физики применяется в биологических моделях, в частности, при анализе территориального поведения видов. Состояние исследований динамики популяций отражено в ряде современных монографий.