

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS  
UNIVERSITÉ LYON 1

**ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ:  
ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ  
И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Тезисы XII Международной конференции «НЕМs-2016»  
7–9 сентября 2016 года  
(г. Томск, Россия)

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2016

**INFLUENCE OF FREE VOLUME FOR COMBUSTION CHAMBER STABILITY  
OF WORK SOLID PROPELLANT ROCKET-ASSISTED PROJECTILE**

**V.A. Arkhipov, S.S. Bondarchuk, A.I. Konovalenko, K.G. Perfilieva**

*National Research Tomsk State University, Tomsk*

When firing rocket-assisted projectile (RAP) from a gun it is exposed to high pressure differentials. To exclude the action of the powder gases on the solid rocket propellant (SRP) grain of the active-reactive projectile the scheme of autonomous igniter are proposed that isolates the charge SRP from powder gases of gun charge. To do this, in the nozzle block solid propellant motors is installed the cap in which is placed a pyrotechnic igniter initiated by a percussion cap. Actuation of the igniter takes place after the departure of the projectile from the gun barrel. While the cap removed after ignition of the SRP grain a sharp decrease in pressure is in the combustion chamber, which can lead to the cessation of burning of the propellant grain. One of the parameters influencing the damping of the SRP grain, is the free volume of the combustion chamber. In this work, based on the analysis of the equation of conservation of energy in the combustion chamber, is determined by the minimum value of its free volume, which provides stable combustion of the grain depends on the type of SRP and engine parameters. The example of calculation according to the minimum volume of the combustion chamber from the parameters of the SRP and relationship pressures when the cap is removed for mixture and ballistite propellants. The analysis of the effectiveness of the impact of the SRP on the range of RAP was conducted.

*This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the Federal Target Program "Research and development on priority of scientific-technological complex of Russia for 2014-2020", the agreement 14.578.21.0034, unique identifier PNI RFMEFI57814X0034.*

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКОВ  
АЛЮМИНИЯ В СОСТАВЕ ВЭМ**

**В.А. Архипов, А.Б. Ворожцов А.С. Жуков**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

Современные составы высокоэнергетических материалов (ВЭМ), использующихся в качестве твердых ракетных топлив, базируются, в основном, на трех компонентах: окислитель – перхлорат аммония, полимерное горючее-связующее и порошок алюминия микронных размеров. Данные композиции ВЭМ практически исчерпали свои потенциальные возможности в плане повышения энергетических характеристик. В последнее десятилетие в ряде организаций как в России, так и за рубежом, проводятся широкомасштабные исследования характеристик ВЭМ, в составе которых используются нанопорошки алюминия. В докладе представлен обзор

результатов исследований характеристик ВЭМ с нанопорошками алюминия, проведенных в научно-исследовательском институте прикладной математики и механики томского государственного университета:

- исследование термического разложения;
- исследование характеристик зажигания кондуктивным и лучистым тепловым потоком;
- исследование стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений, включая субатмосферные;

- исследование нестационарной скорости горения при сбросе давления;

- исследование эрозионного горения;

исследование акустической проводимости поверхности горения.

Проведен анализ полученных результатов, а также результатов других авторов, который позволил определить перспективные направления применения ВЭМ с нанопорошками алюминия. Сформулированы проблемные вопросы, требующие решения на основе дополнительных специально спланированных исследований.

*Работа проведена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», соглашение № 14.578.21.0034, уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57814X0034.*

DOI: 10.17223/9785946215596/51

## **PROBLEMS AND FUTURE DIRECTIONS OF ALUMINUM NANOPOWDERS USE AS HEMS COMPONENTS**

**V.A. Arkhipov, A.B.Vorozhtsov, A.S. Zhukov**  
*National Research Tomsk State University, Tomsk*

The modern compositions of high-energy materials (HEMs) which are used as the solid rocket propellants are based, generally on three components: an oxidizer – ammonium perchlorate, polymeric combustible-binding and aluminum powder of the micron sizes. These compositions of HEMs practically exhausted the potential opportunities in the increase of power characteristics.

In the last decade in a number of the organizations as in Russia, and abroad, large-scale researches of characteristics of HEMs with aluminum nanopowders are conducted.

The review of results of researches of characteristics of HEMs with aluminum nanopowders which are carried out Tomsk state university research institute of applied mathematick and mechanics dishwasher are presented in the report:

- research of thermal decomposition;

- research of characteristics of ignition by conductive and radiation heat flux;

- research of stationary burning rate in wide pressure range, including subatmospheric pressures;
- research of nonstationary burning rate at a fast depressurization;
- research of erosive burning;
- research of an acoustic conductance of combustion surface.

The analysis of the received results, and also results of other authors which allowed to define the perspective directions of application of HEMs with aluminum nanopowders is carried out. The problematic issues requiring the solution on the basis of the special researches are formulated.

*The work was financially supported from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the Federal Target Program. Agreement No. 14.578.21.0034 (RFMEFI57814X0034).*

DOI: 10.17223/9785946215596/52

## **РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ВЭМ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ГОРЕНИЯ**

**И.А. Жуков, В.В. Промахов, М.Х. Зиятдинов, А.С. Жуков, Я.А. Дубкова**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

Создание перспективных двигательных установок различного назначения требует повышения уровня энергетических и эксплуатационных характеристик применяемых твердотопливных зарядов. Одним из способов регулирования скорости горения твердотопливного заряда является его армирование металлическими проволочками с высоким коэффициентом теплопроводности. Перспективным направлением повышения энергетических характеристик таких зарядов является использование вместо проволочек топливных элементов со скоростью горения, превышающей на порядок скорость горения основного твердотопливного заряда.

В настоящей работе проведено исследование по подбору быстрогорящего состава, пригодного для изготовления топливных элементов с высокой (более 70 мм/с) скоростью горения. В качестве исходных материалов были выбраны и изучены порошки бора и титана различной дисперсности. Проведен подбор горючего – связующего (ГСВ), обеспечивающего требуемую прочность порошковой системы после формования.

С учетом выбора ГСВ из порошковых композиций при разном давлении прессования были получены экспериментальные образцы топливных элементов. Определены зависимости скорости горения от плотности получаемых образцов и дисперсности используемых в исходной шихте порошков титана. Показано, что скорость горения полученных топливных элементов незначительно зависит от дисперсности исходных порошков титана и для системы 69% Ti – 31% В составляет 70–80 мм/с. При добавке к системе 69 % Ti-31 % В 2,5 мас. % порошка алюминия со средним размером частиц ~100 мкм скорость горения системы, получаемой после формования с 1 мас. % ГСВ, составляет ~120 мм/с при внешнем давлении до 6 МПа, в то время как скорость горения основного твердотопливного заряда составляет ~ 10 мм/с.