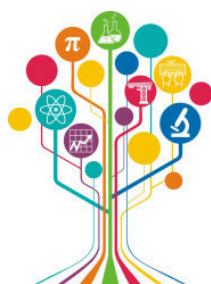


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 1. Физика

Сборник научных трудов  
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых  
27–30 апреля 2021 г.

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 1. Physics

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists  
April 27–30, 2021



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет



Томск 2021

УДК 531.57

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ  
ВЫСОКОПЛОТНЫХ ТОПЛИВ**К.С. Рогов, А.Д. Сидоров, Е.Ю. Степанов

Научный руководитель: д.ф.-м.н. А.Н. Ищенко

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: rogaev@ftf.tsu.ru

**EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATION OF THE HIGH-DENSITY  
PROPELLANTS COMBUSTION**K.S. Rogayev, A.D. Sidorov, E.Yu. Stepanov

Scientific Supervisor: Dr. A.N. Ishchenko

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, bldg. 27, 634050

E-mail: rogaev@ftf.tsu.ru

**Abstract.** *In internal ballistics of barrel systems, a promising trend is related to the increasing of projectile muzzle velocity by means of high-energy propellants utilized as a traveling charge. The use of a loading scheme with a traveling charge allows one to increase the loading density and to redistribute the energy of powder gases in the space behind the projectile, which leads to a significant increase in the muzzle velocity of the projectile. In this work, a experimental study of the dispersion and combustion of high-density propellants under dynamic pressures, provided in a model ballistic installation, is carried out. The main ballistic characteristics of shots are obtained, which use a classic scheme of loading with a propellant charge made of pyroxylin powder and a scheme with a traveling charge, where, in addition to the propellant charge, a high-density propellant is included.*

**Введение.** В рамках проводимого исследования рассматривается горение и диспергирование высокоплотных топлив в условиях динамических давлений, реализуемых в ствольных системах, на базе которого возможна разработка новых или модернизация уже имеющихся перспективных ствольных систем вне зависимости от их назначения и базирования.

Исследования по данной проблеме сосредоточены на двух основных направлениях: Разработка новых высокоскоростных метательных устройств, обеспечивающих необходимые режимы ускорения специализированных поражающих элементов; Разработка высокоплотных высокоэнергетических топлив необходимых для использования в перспективных схемах заряжания для достижения скоростных режимов поражающих элементов.

В настоящее время одна из общепринятых точек зрения на повышение эффективности артиллерийских ствольных систем связана, прежде всего, с повышением дульной скорости снарядов при сохранении существующего уровня их полетных масс. Повышение скорости снаряда на дульном срезе является одной из основных задач внутренней баллистики. Классическая схема артиллерийского выстрела практически полностью исчерпала свои возможности. Во многом это объясняется тем, что максимальная скорость метания при сгорании порохового метательного заряда определяется предельной

скоростью разлета пороховых газов в вакууме. Наличие «эффекта насыщения» ограничивает скорость снаряда в классической схеме выстрела.

Наиболее перспективными для решения данной задачи представляются работы по реализации в образцах ствольных систем нового поколения нетрадиционных конструктивных схем и технологий метания снарядов [1, 2]. На сегодняшний день одним из наиболее перспективных за рубежом и у нас в стране считаются исследования, направленные на разработку выстрелов с присоединенными зарядами [3-5].

В работе проведено исследование горения высокоплотных топлив, включенных в метательный заряд для получения увеличения дульной скорости метаемых элементов в условиях модельной баллистической установки.

**Экспериментальная часть.** В работе рассматривается модельная баллистическая установка калибром 30 мм. В качестве метаемой сборки используется поршень, изготовленный из текстолита с запрессованной в него металлической шайбой, суммарная масса сборки составляет 50 г (рисунок 1, а). В качестве традиционного метательного заряда используется пироксилиновый порох.

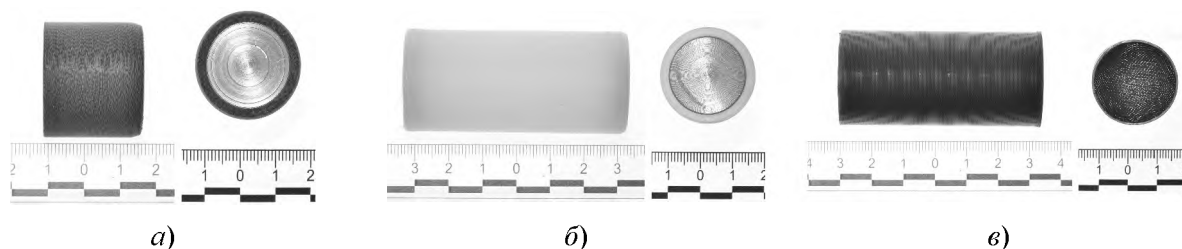


Рис. 1. Внешний вид выстрела: а – поршень массой 50 г; б – имитатор ПЗ; в – присоединенный заряд

Для определения начала горения присоединенного заряда, состоящего из высокоплотного топлива, был проведен эксперимент где в качестве ПЗ использовался имитатор, изготовленный из полиэтилена, в котором с каждым из горцов запрессовывалась металлические шайбы при этом масса и длина были равны ПЗ из высокоплотного топлива (Рисунок 1, б). Данный эксперимент позволил определить навеску порохового заряда для достижения необходимого максимального давления в камере заряжания.

В качестве ПЗ использовалось высокоплотное топливо массой 50 г и размещенное в пластиковом контейнере, изготовленного на 3д-принтере. Данный контейнер необходим для предотвращения горения ПЗ по боковой поверхности. Внешний вид ПЗ представлен на рисунке 1, в.

**Результаты.** В результате проведенных экспериментов получены временные зависимости давления на дно канала ствола и скорости поршня в стволе. Данные зависимости представлены на рисунке 2 для всех трех типов схем заряжания.

Все эксперименты были обработаны с применением программного комплекса, разработанного сотрудниками НИИ ПММ ТГУ [6]. Обработка экспериментальных данных позволила получить газодинамическую картину в заснарядном пространстве при использовании перспективной схемы заряжания и получить закон послыного горения и образования поверхности горения высокоплотных топлива, в условиях давления до 200 МПа.

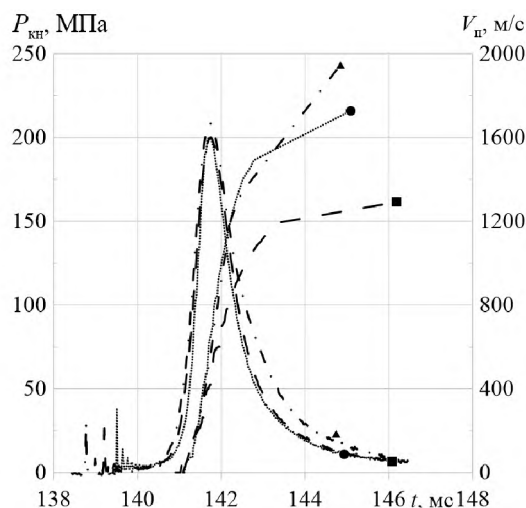


Рис. 2. Зависимость давления на дно канала ствола и скорости поршня в столе от времени:  
— — классическая схема заряжания; - - - - с имитатором ПЗ; - · - · - · - схема выстрела с ПЗ

Увеличение общей массы метательного заряда привело к приросту дульной скорости поршня массой 50 г на 12,7 %, при сохранении максимального давления на дно канала ствола. Это объясняется тем, что ПЗ состоящий из высокоплотного топлива горит в торцевом режиме при движении по стволу, тем самым перераспределяя энергию в заснарядном пространстве и увеличивая импульс давления на дно поршня.

**Заключение.** Представленный комплексный экспериментально-теоретический подход к исследованию по определению горения высокоплотных топлив в условиях ствольных систем может быть использован для разработки научных основ проектирования новых ствольных систем, использующих перспективные схемы заряжания с включением данных топлив.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00028).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов А.И., Крайнов А.Ю. Внутренняя баллистика ствольной системы с присоединенной камерой подгона // Вестник ТГПУ. Серия: Естественные и точные науки. – 2004. – Т. 6., № 43. – С. 67 – 70.
2. Сафронов А.И. Повышение скоростей метания элементов для изучения поведения материалов при импульсных воздействиях // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». – 2004. – № 27. – С. 169 – 172.
3. Ikuta K. Two stage travelling charge accelerator for high velocity // Sci Technol Energy. – 2004. – Vol. 65., No.1. – P. 25–27.
4. Xin Lu, Yanhuang Zhou, Yonggang Yu. Experimental and numerical investigations on traveling charge gun using liquid fuels // J. Appl. Mech. – 2011. – Vol. 78., Issue 5. – P. 051002-1– 051002-6.
5. Ермолаев Б.С., Сулимов А.А., Романьков А.В., Храповский В.Е., Беляев А.А., Кроули А.Б. Конвективное Горение блочных зарядов из семиканальных пороховых зерен, ингибированных поливинилбутиралем // Химическая физика. – 2015. – Т. 34., № 5. – С. 1–11.
6. Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутриваллистических процессов в ствольных системах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 256 с.