

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский
Томский государственный университет
НИИ прикладной математики и механики ТГУ



**X Всероссийская научная конференция с международным участием
«Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и
небесной механики – 2020», 18–20 ноября 2020**

**X All-Russian Scientific Conference with international participation
«Current issues of continuum mechanics and celestial mechanics – 2020»,
November 18–20, 2020**

Томск
2021

Литература

1. *Xin Lu, Yanhuang Zhou, Yonggang Yu* // Experimental and numerical investigations on traveling charge gun using liquid fuels. J. Appl. Mech. 2011. Вып. 78. № 5. С. 051002-1–051002-6.
2. *Ермолаев Б.С., А.В. Романьков Б.С., Сулимов А.А.* Баллистическое подобие для выстрелов с присоединенным зарядом // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 4. С. 138–144.
3. *Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З.* Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. 256 с.
4. *Серебряков М.Е.* Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. М.: Оборонгиз, 1962. 703 с.
5. *Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Касимов В.З., Рogaев К.С., Саморокова Н.М.* Особенности диспергирования и горения пастообразного топлива в баллистических экспериментах: сб. материалов IX Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященной 55-летию полета Ю.А. Гагарина, г. Томск, 21–25 сентября 2016 г. Томск, 2016. С. 157–158.

References

1. *Xin Lu, Yanhuang Zhou, Yonggang Yu.* Experimental and numerical investigations on traveling charge gun using liquid fuels. J. Appl. Mech. 2011. Vol. 78, Is. 5. P. 051002-1–051002-6.
2. *Ermolaev B.S., Roman'kov A.V., Sulimov A.A.* Ballistic similarity for gun shots with a traveling charge. Combustion and Explosion. 2019. Vol. 12. Is. 4. P. 138–144. (Rus.)
3. *Khomenko Yu.P., Ishchenko A.N. and Kasimov V.Z.* Mathematical modeling of processes in the internalballistics barrel systems. Novosibirsk: Publication of SB RAS. 1999. 256 p. (Rus.)
4. *Serebryakov M.E.* Internal ballistics of barrel systems and powder rockets. Moscow: Oborongiz. 1962. 703 p. (Rus.)
5. *D'yachkovskiy A.S., Ishchenko A.N., Kasimov V.Z., Rogaev K.S., Samorokova N.M.* Features of dispersion and combustion of paste-like propellant in ballistic experiments. Proceedings of the IX All-Russian Conference "Fundamental and Applied Problems of Modern Mechanics", Tomsk: RIAMM. P. 157–158. (Rus.)

МОДЕРНИЗАЦИЯ КЛАССИЧЕСКОГО ВЫСТРЕЛА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ И ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАНИЯ

**В.В. Буркин, А.Н. Ищенко, В.З. Касимов, Н.М. Саморокова,
А.Д. Сидоров**

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
E-mail: aleksid92@gmail.com

Ключевые слова: баллистика, топливо, выстрел, дульная скорость.

Аннотация. Проведены модельные расчеты выстрела с присоединенным зарядом, состоящего из высокоэнергетического топлива, применительно к модельной баллистической установке малого калибра. Продемонстрирован положительный эффект применения электроразрядной плазмы в условиях выстрела с присоединенным зарядом. Определены условия заряжания для достижения максимального прироста дульной скорости.

MODERNIZING A CLASSICAL SHOT BY MEANS OF APPLYING HIGH-ENERGY PROPELLANTS AND ELECTROTHERMAL CHEMICAL TECHNOLOGY OF THROWING

V. Burkin, A. Ishchenko, V. Kasimov, N. Samorokova, A. Sidorov

National Research Tomsk State University, Russian Federation
E-mail: aleksid92@gmail.com

Keywords: ballistics, propellants, shot, muzzle velocity.

Abstract. Model calculations of a scheme of shooting with a traveling charge made of high-energy propellant are conducted in reference to a model ballistic set up of a small caliber. A positive effect of applying electric discharge plasma is shown which under the conditions of shooting with a traveling charge is used. The conditions of loading are determined for reaching a maximal muzzle velocity growth.

Введение. Традиционные способы повышения дульной скорости снаряда выстрела по классической схеме заряжания не позволяют добиться значительного результата. В связи с повышением характеристик защищенности бронированных целей поиск путей для повышения скорости снаряда не утратил своей актуальности и в настоящее время. В работе представлена модернизация классического выстрела с применением нового пастообразного высокоэнергетического топлива, что позволяет увеличить суммарную массу заряда. В процессе выстрела топливо воспламеняется после инициирования пороха и работает в режиме присоединенного заряда (ПЗ). Происходит перераспределение энергии продуктов сгорания в заснарядном пространстве, растёт давление на дне снаряда. Возникает реактивный подгон снаряда в стволе [1].

Цель работы: выработка теоретических рекомендаций для модернизации выстрела по классической схеме заряжания. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:** провести параметрические исследования выстрела с использованием ПЗ и ЭТХ технологии метания и определить условия, позволяющие добиться максимального повышения дульной скорости.

В работе использован **теоретический подход.** Исследования возможностей повышения скорости проведены при использовании программного комплекса [2]. Считалось, что топливо воспламенялось после максимума

порохового давления. Топливо и порох, имеют параметры горения, близкие к реальным. Энергетика топлива на 20% выше пороха. Базовые значения дульной скорости и максимального давления: 1160 м/с и 427.7 МПа. В серии расчетов проводилась замена части пороха топливом, располагаемым за снарядом, при сохранении насыпной плотности заряжания пороха. Результат серии расчетов дульной скорости снаряда для разных масс топлива представлен на рис. 1. При использовании 200 г топлива максимальное повышение дульной скорости снаряда составило 9.9 % (1275 м/с) по отношению к базовому выстрелу. При дальнейшем увеличении массы топлива дульная скорость снижается, что вызвано значительным снижением максимального давления. Для сохранения уровня давления базового выстрела использована электротермохимическая технология управления баллистическими параметрами выстрела (ЭТХ) путем введения дополнительной энергии в порох [3]. Уровень дополнительной энергии подбирался так, чтобы давление возрастало до базового значения. Результат серии расчетов представлен на рис. 1. Введение 38 кДж в порох позволило добиться повышения дульной скорости снаряда на 13.8% (1320 м/с).

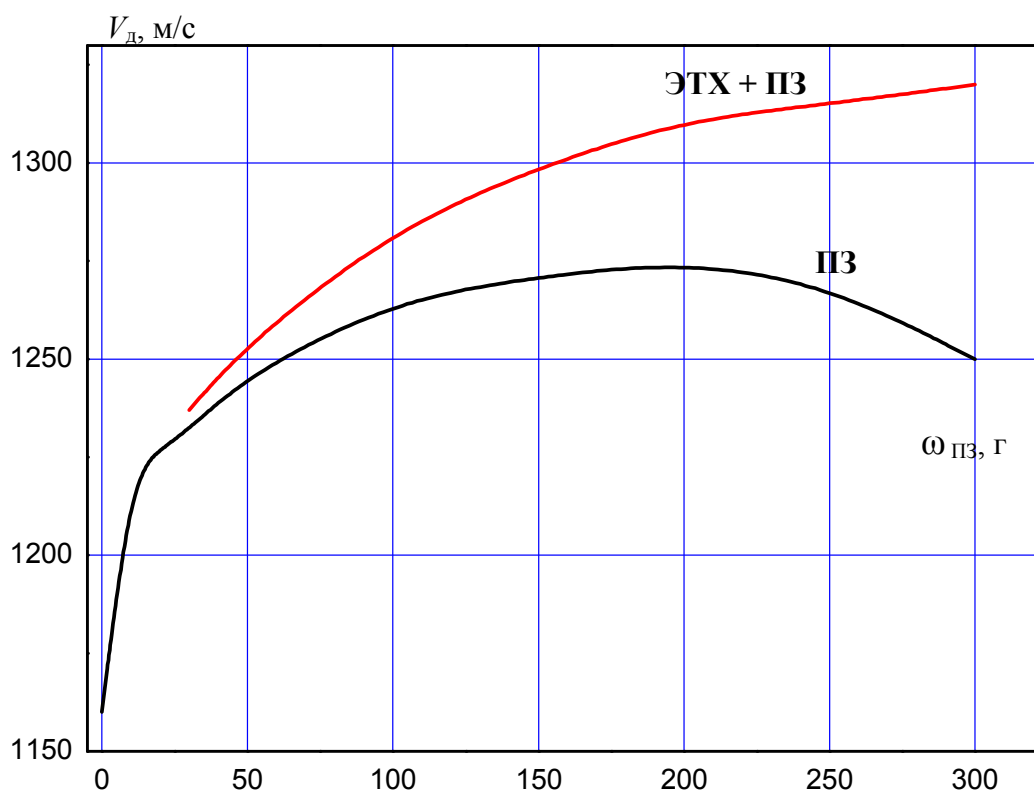


Рис. 1. Зависимость дульной скорости снаряда от массы присоединенного заряда

Заключение. Показана теоретическая возможность модернизации классического выстрела с использованием высокоэнергетического топлива. При использовании 200 г топлива дульная скорость выросла на 9.9%. Продемонстрирован положительный эффект применения ЭТХ технологии ме-

тания. Введение 38 кДж в порох позволило поднять давление до базового значения и повысить дульную скорость снаряда на 13.8%.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0032.

Литература

1. Конвективное горение блочных зарядов из семиканальных пороховых зерен, ингибированных поливинилбутиралем / Б.С. Ермолаев [и др.] // Химическая физика, 2015. Т. 34, № 5. С. 1–11.

2. *Ищенко А.* Математическая модель и программный комплекс для теоретического исследования внутрибаллистических процессов в ствольных системах / А. Ищенко, В. Касимов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2015. 72 с.

3. *Seong Ho Kim, Kyung Seung Yang.* Electrothermal-Chemical Ignition Research on 120-mm Gun in Korea // IEEE Transactions on Magnetics. 2009. Vol. 45, № 1. P. 341–346.

References

1. Convective combustion of block charges from seven-channel powder grains inhibited by polyvinyl butyral / B.S. Ermolaev [et al.] // Chemical Physics, 2015. Vol. 34, no. 5. P. 1–11.

2. *Ishchenko A.* Mathematical model and software package for theoretical research of intraballistic processes in stem systems / A. Ishchenko, V. Kasimov. Tomsk: Pub. House of Tomsk state University, 2015. 72 p.

3. *Seong Ho Kim, Kyung Seung Yang.* Electrothermal-Chemical Ignition Research on 120-mm Gun in Korea // IEEE Transactions on Magnetics. 2009. Vol. 45, №1. P. 341–346.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА НА СВЕРХЗВУКОВЫХ СКОРОСТЯХ С ВЫДУВОМ В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ

Н.Р. Гимаева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
E-mail: natalia.gimaeva@inbox.ru

Ключевые слова: математическое моделирование, сверхзвуковые течения, экспериментальное исследование, струйные органы управления, пограничный слой.

Аннотация. Летательные аппараты в форме конуса, а именно зонды, широко применяются в атмосфере Земли и других планет. Использование конусов объясняется высоким аэродинамическим качеством данных тел и умеренными тепловыми потоками к основной части их поверхности. Исследованию острых и затупленных конических тел как элементов конструкций сверхзвуковых летательных аппаратов до сих пор уделяется большое внимание. По сравнению с экспериментальным исследованием численное моделирование обтекания сложных составных тел характеризуется большим количеством данных о термодинамических параметрах обтекания. В работе представлено численное исследование динамической постановки задачи движения тела на