

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Сборник тезисов
XIV Международной конференции «HEMs-2018»
3–5 сентября 2018 года
(г. Томск, Россия)

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

прижиматься к стенке трубы, усиливая центробежные силы более тяжелых молекул азота, а молекулы гелия – диамагнетика будут вытесняться к центру потока. Приведенные особенности физических свойств азота и гелия могут дополнительно способствовать их аэродинамическому разделению. Для более качественного разделения этих газов необходимо применение каскадной системы таких вихревых труб.

Литература

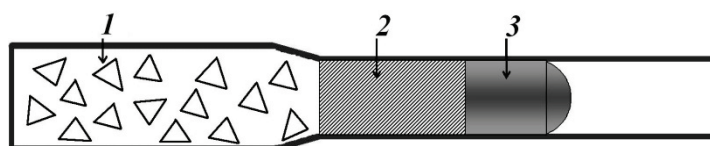
1. Баканов С.П. Термофорез в газах при малых числах Кнудсена // Успехи физических наук. 1992. Т. 162, № 9. С. 133–150.
2. Авторское свидетельство № 990310. МПК В03С 1/00, В01D 35/06. Аппарат для разделения газа / А.М. Машанов. Заявлено 21.07.1980 ; опубл. 23.01.83. Бюл. № 3 (53). 3 с.
3. Бондаренко В.Л., Архаров И.А., Симоненко Ю.М. Совершенствование технологий и создание оборудования для выделения из природного неона его изотопов ^{20}Ne и ^{22}Ne // Технические газы. 2006. № 6. С. 12–18.
4. Бондаренко В.Л., Дьяченко О.В., Симоненко Ю.М. Получение концентрата ^{20}Ne в вихревых камерах // Холодильная техника и технология. 2006. № 2. С. 13–18.
5. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М. : Машиностроение, 1969. 185 с.
6. Семенов А.П., Котелев М.С., Винокуров В.А. Исследование газогидратного процесса разделения метан-гелиевых смесей // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17, № 3. С. 159–166.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА ВЫСТРЕЛА С ПРИСОЕДИНЕННЫМ ЗАРЯДОМ ИЗ ПАСТООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ

Ищенко А.Н., Дьячковский А.С., Зыкова А.И., Саморокова Н.М.

*Научно-Исследовательский Институт прикладной математики и механики
Томского государственного университета, г. Томск
E-mail: Lex_okha@mail.ru*

Рассматриваемая проблема влияния начальной температуры заряда на баллистические характеристики выстрела с присоединенным зарядом (ПЗ) из пастообразных топлив, является мало изученной. Выстрел с ПЗ (нетрадиционная схема заряжания выстрела) позволяет решить проблему «эффекта насыщения» возникающую при использовании классической схемы заряжания. Данная схема заряжания выстрела позволяет перераспределить энергию в заснарядном пространстве и повысить дульную скорость метаемого элемента (МЭ) [1]. Основные компоненты используемой схемы выстрела представлены на рис. 1.



1 – пороховой заряд; 2 – присоединенный заряд; 3 – метаемый элемент

Рис. 1. Основные компоненты схемы выстрела

На рис. 2 представлены характерные зависимости давления в камере заряжания от времени и давления на дно МЭ от пути пройденному по каналу ствола в выстреле с пороховым зарядом и выстреле с ПЗ, где точкой на кривой отмечен момент вылета МЭ из ствола. На данном графике показана работа ПЗ сразу за максимумом давления. Видно, повышение давления на спуске кривой давления, характеризуемое ростом давления за МЭ (рис. 2, *a*) при этом максимальное давление в выстреле с ПЗ не выше чем выстреле с пороховым зарядом. В начале движения МЭ (до 30 см) уровень максимального давления на дно МЭ ниже, чем в пороховом выстреле, а потом выше до момента вылета МЭ из ствола (рис. 2, *б*).

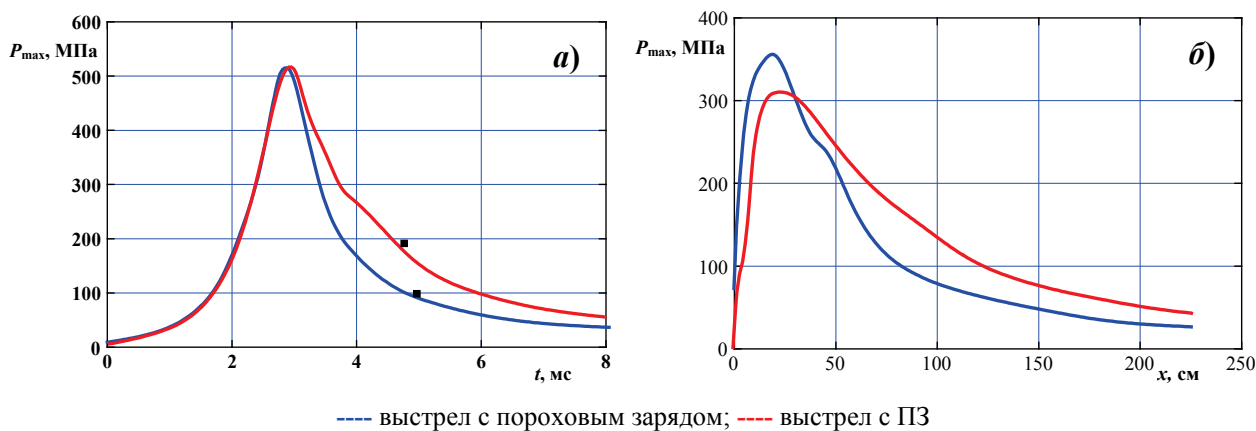


Рис. 2. Давление в камере заряжания от времени (*a*) и давление на МЭ от пути, пройденному по каналу ствола (*б*)

Необходимо отметить, что в схеме выстрела с ПЗ классическая зависимость между максимальным давлением и дульной скоростью МЭ не выполняется и основное внимание следует уделять зависимости дульной скорости МЭ от начальной температуры заряда.

Экспериментальные работы проводились на модельной баллистической установке калибром 30 мм, разработанной в 70 отделе НИИ ПММ ТГУ. Обработка экспериментальных данных производилась посредством аппарата математического моделирования, позволяющего достоверно рассчитывать внутриваллистические параметры выстрела в широком диапазоне начальных температур [2] по методу, подробно рассмотренному в [3].

Без учета особенностей заряжания и артиллерийской установки можно считать, что величина температурного градиента выстрела с пороховым зарядом формируется за счет изменения силы пороха и скорости его горения при изменении начальной температуры заряда. В выстреле с ПЗ на величину температурного градиента также оказывает влияние изменение скорости горения топлива ПЗ. В экспериментах получено, что в выстреле с ПЗ составляющем 30% от общей массы заряда температурный градиент по дульной скорости может быть от 5 до 30% в зависимости от типа используемого топлива. На рис. 3 показано изменение максимального давления и дульной скорости МЭ для начальных температур заряда в диапазоне $-50...+50$ °С при использовании двух различных типов топлив.

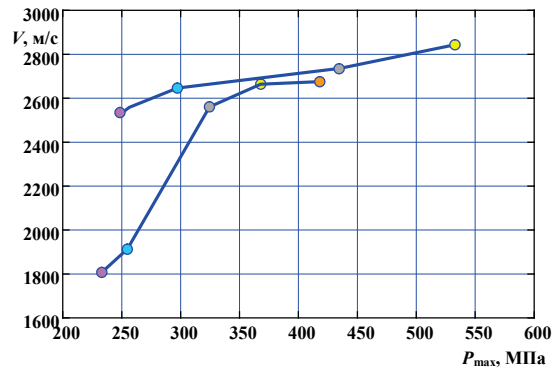


Рис. 3. Изменение максимального давления и дульной скорости МЭ для начальных температур заряда:
 ● – $T = -50$ °C; ● – $T = -30$ °C; ● – $T = +20$ °C; ● – $T = +40$ °C; ● – $T = +50$ °C

В работе определялись основные параметры горения модельных пастообразных топлив в режиме ПЗ по методу, изложенному в работе [4]. Определялись оптимальные характеристики топлив для уменьшения температурного градиента.

Результаты исследования, полученные в НИИ ПММ ТГУ, показывают перспективность использования данной схемы заряжания в диапазоне начальных температур заряда от -50 до $+50$ °C при этом получена величина температурного градиента выстрела с ПЗ из пастообразных топлив, соизмеримая с температурным градиентом выстрелов с пороховыми зарядами.

Расчетным образом показано, что применение схемы выстрела с ПЗ на штатных артиллерийских установках малого и среднего калибра позволяет получить прирост (увеличение) дульной скорости МЭ во всем исследуемом диапазоне начальных температур заряда, без изменения геометрии артиллерийской установки и без превышения допустимых нагрузок.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта № 8.2.09.2018 в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Литература

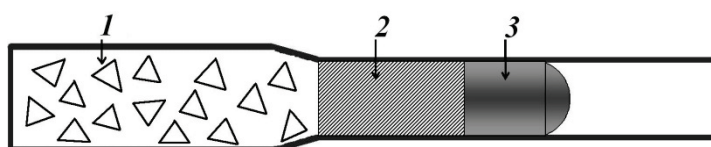
1. Бураков В.А., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Карташов Ю.И., Касимов В.З., Саморокова Н.М., Фоменко В.В. Исследование возможностей применения пластизольных топлив в схеме артиллерийского выстрела с присоединенным зарядом // V Всероссийская конференция «Энергетические конденсированные системы» 26–28 октября 2010 г. Черноголовка. М. : ИПХФ, 2010. С. 19–20.
2. Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 256 с.
3. Буркин В.В., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Касимов В.З., Саморокова Н.М. Исследование особенностей горения моноблочного топлива в модельной баллистической установке в широком диапазоне температур // Известия вузов. Физика. 2014. Т. 57, № 8/2. С. 126–132.
4. Бураков В.А., Буркин В.В., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Касимов В.З., Рогаев К.С., Саморокова Н.М., Степанов Е.Ю. Исследование температурного градиента выстрела при использовании пастообразных топлив в режиме присоединенного заряда // Сборник 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. 132–134.

TEMPERATURE GRADIENT INVESTIGATION OF THE SHOT WITH TRAVELLING CHARGE FROM PASTY PROPELLANT

Ishchenko A.N., D'achkovskii A.S., Zykova A.I., Samorokova N.M.

National Research Institute of Applied mathematics and mechanics
at Tomsk State University, Tomsk
E-mail: Lex_okha@mail.ru

A considered problem of an initial charge temperature influence on the ballistic characteristics of a shot with a travelling charge (TC) from pasty propellant is little studied. Shot with TC (non-traditional shot loading scheme) allows solving the problem of "saturation effect" arising when using the classical scheme of loading. This shot loading scheme allows redistributing energy in the space and increasing the muzzle velocity of the throwing element (TE) [1]. Figure 1 shows main components of the used shot scheme



1 – powder charge; 2 – travelling charge; 3 – throwing element

Fig. 1. The main components of the shot scheme

Figure 2 shows a typical dependence of a pressure in a charging chamber from a time and a pressure at the TE bottom from a path traversed along a canal in the shot with the powder charge and the shot with the TC where a point on the curve marked TE barrel departure point. This graph shows the work of the TC immediately after the maximum pressure. It can be seen, increasing the pressure on the slope of the pressure curve, characterized by increasing pressure of TE (Fig. 2, a) wherein the maximum pressure in the shot with TC is not higher than the firing powder charge. During early motion TE (30 cm) a maximum pressure level of the TE bottom is lower than in the powder shot, and then the above until TE departure from the barrel (Fig. 2, b).

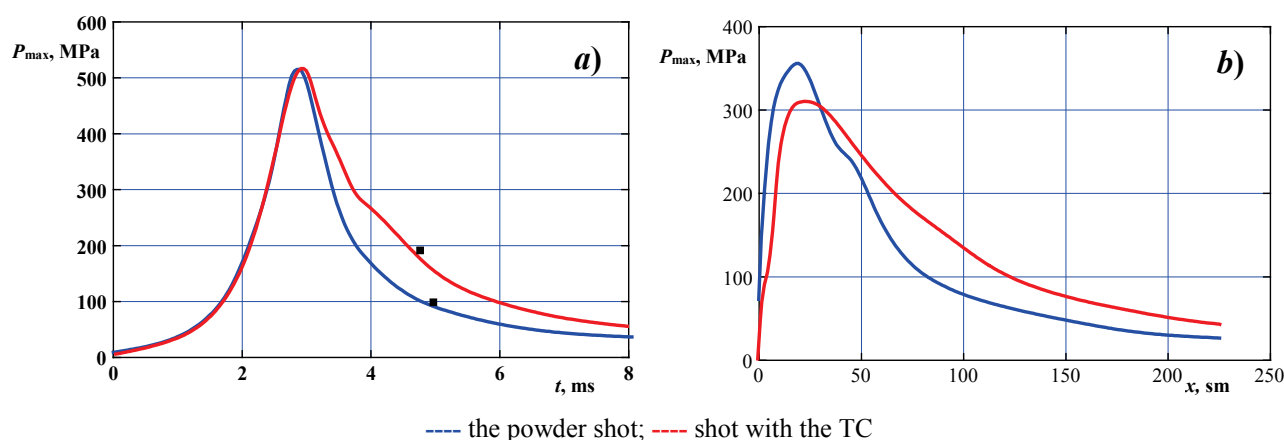


Fig. 2. Pressure in the charging chamber from time (a) and pressure on the TE from the path passed through the barrel channel (b)

It should be noted that in the shot scheme with the TC a classical relationship between the maximum pressure and the TE muzzle velocity is not fulfilled and the main attention should be paid to the dependence of the TE muzzle velocity on the initial charge temperature.

Experimental work was carried out on a model ballistic installation with a caliber of 30 mm, developed in the 70th Division of the Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics Tomsk State University (RIAMM TSU). The processing of the experimental data was carried out by means of a mathematical modeling apparatus that makes it possible to reliably calculate the internal-ballistic parameters of the shot in a wide range of initial temperatures [2] using the method considered in detail in [3].

Without taking into account the features of the loading and artillery installation, it can be assumed that the value of the temperature gradient of the shot with the powder charge is formed due to a change in a powder power and a combustion rate of the powder with a change in the initial temperature of the charge. In the shot with the TC, the value of the temperature gradient is also affected by the change in the combustion rate of the TC. In the experiments, it was found that in the shot with the 30% TC of the charge total mass, the temperature gradient at the velocity can be from 5 to 30%, depending on the type of propellant used. Figure 3 shows the change in the maximum pressure and muzzle velocity of the TE for initial charge temperatures in the range $-50\dots+50$ °C using two different types of propellants.

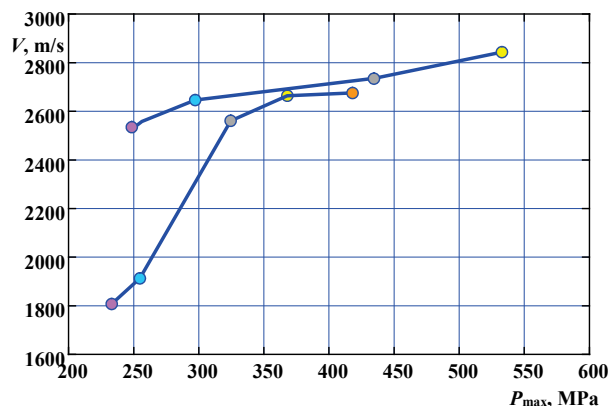


Fig. 3. Change in the maximum pressure and muzzle velocity of the TE for the initial charge temperatures:
 ● – $T = -50$ °C; ● – $T = -30$ °C; ● – $T = +20$ °C; ● – $T = +40$ °C; ● – $T = +50$ °C

The main parameters of the model pasty propellants combustion in the TC mode were determined by the method described in [4]. Optimal characteristics of propellants were determined to reduce the temperature gradient.

The research results obtained at the RIAMM TSU show the promise of using this loading scheme in the range of initial charge temperatures from -50 to $+50$ °C, while the temperature gradient of the shot with TC from pasty propellants commensurate with the temperature gradient of shots with powder charges

It has been shown in the calculated way that the use of the shot scheme with the TC on standard artillery installations of small and medium caliber makes it possible to obtain an increase in the

TE muzzle velocity in the entire range of initial charge temperatures, without changing the geometry of the artillery installation and without exceeding the permissible loads.

The article uses the results obtained during the implementation of the project No. 8.2.09.2018 within the framework of the TSU Competitiveness Enhancement Program.

Referances

1. Burakov V.A., Diachkovskii A.S., Ishchenko A.N., Kartashov Yu.I., Kasimov V.Z., Samorokova N.M., Fomenko V.V. Possibilities investigation of the using plastisol propellants in artillery shot with travelling charge. In: V Russian Conference "Power condensed systems" 26–28 October 2010. Chernogolovka. Moscow, Institute of Problems of Chemical Physics, 2010. Pp.19–20.
2. Homenko Yu.P., Ishchenko A.N., Kasimov V.Z. Mathematical modeling of internal ballistic processes in barrel systems. Novosibirsk: SB RAS Publishing House, 1999. 256 p.
3. Burkin V.V., Diachkovskii A.S., Ishchenko A.N., Kasimov V.Z., Samorokova N.M. Investigation of the characteristics of monoblock propellant combustion in the model ballistic installation in a wide temperatures range // News of Higher Educational Institutions. Physics. 2014, vol. 57, no. 8/2, pp. 126–132.
4. Burakov V.A., Burkin V.V., Diachkovskii A.S., Ishchenko A.N., Kasimov V.Z., Rogaev K.S., Samorokova N.M., Stepanov E.Yu. Investigation of the shot temperature gradient when using pasty propellants in the travelling charge mode. In: IX Russian Conference "Fundamental and applied problems of modern mechanics" information package, devoted to the 55th anniversary of the flight of Yu.A. Gagarin, Tomsk, 21–25 September 2016. Tomsk, 2016. Pp. 132–134.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКА КОБАЛЬТАТА ЛИТИЯ ПНЕВМОЦИРКУЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Полюшко В.А., Бирюков А.Ю., Демиденко А.А., Грязев А.В., Обьедков А.Ю.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: polyushko@niipmtm.tsu.ru*

Литий-ионные аккумуляторы уже заняли свое достойное место в качестве элементов питания сотовых телефонов, фотоаппаратов, видеокамер, планшетов, и т.д. Широко распространенный катодный материал для литий-ионных аккумуляторов – кобальтат лития (LiCoO_2) [1].

Свойства изделий из LiCoO_2 определяются, прежде всего, характеристиками используемого порошка (химической чистотой, дисперсностью, шириной распределения $\text{Span} = \frac{D_{90} - D_{10}}{D_{50}}$).

На рис. 1 приведены микрофотография и функции распределения частиц по размерам исходного порошка LiCoO_2 . Дисперсный и морфологический анализ проводили на приборах «Mastersizer 2000» и «Morphology 3GS».

Из рис. 1 видно, что исходный порошок LiCoO_2 представляет собой конгломераты частиц с шириной распределения $\text{Span} = 1,4$. При этом в порошке имеется 5 %об. мелкой фрак-