

УДК 623.52

Анипко О.Б., Бирюков И.Ю.

**ЗАВИСИМОСТЬ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ СНАРЯДА
ОТ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В КАНАЛЕ СТВОЛА ПРИ ВЫСТРЕЛЕ
ЗАРЯДАМИ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ ХРАНЕНИЯ**

В артиллерийской технике в качестве источников энергии движения снарядов применяются пороха, и, таким образом, пороха относят к группе метательных взрывчатых веществ. Основным видом физико-химического превращения порохов при производстве выстрела является горение, не переходящее в детонацию. Пороха сравнительно легко воспламеняются и горят в ствольной системе или ракетном двигателе закономерно практически параллельными слоями, что позволяет в широких пределах управлять процессом образования пороховых газов при их горении, и таким образом управлять параметрами процесса выстрела.

Основными параметрами внутренней баллистики при производстве выстрела [1] являются (рис. 1) начальное и максимальное давление (P_0 и P_{max} соответственно), координата по длине ствола, где достигается максимальное давление (X_{max}), дульное давление (P_d) соответствующее дульной скорости снаряда (V_d) на дульном срезе канала ствола. Эти параметры, в свою очередь, определяют скорость горения пороха U_1 , теплотворную способность пороха Q_w , силу пороха f [2].

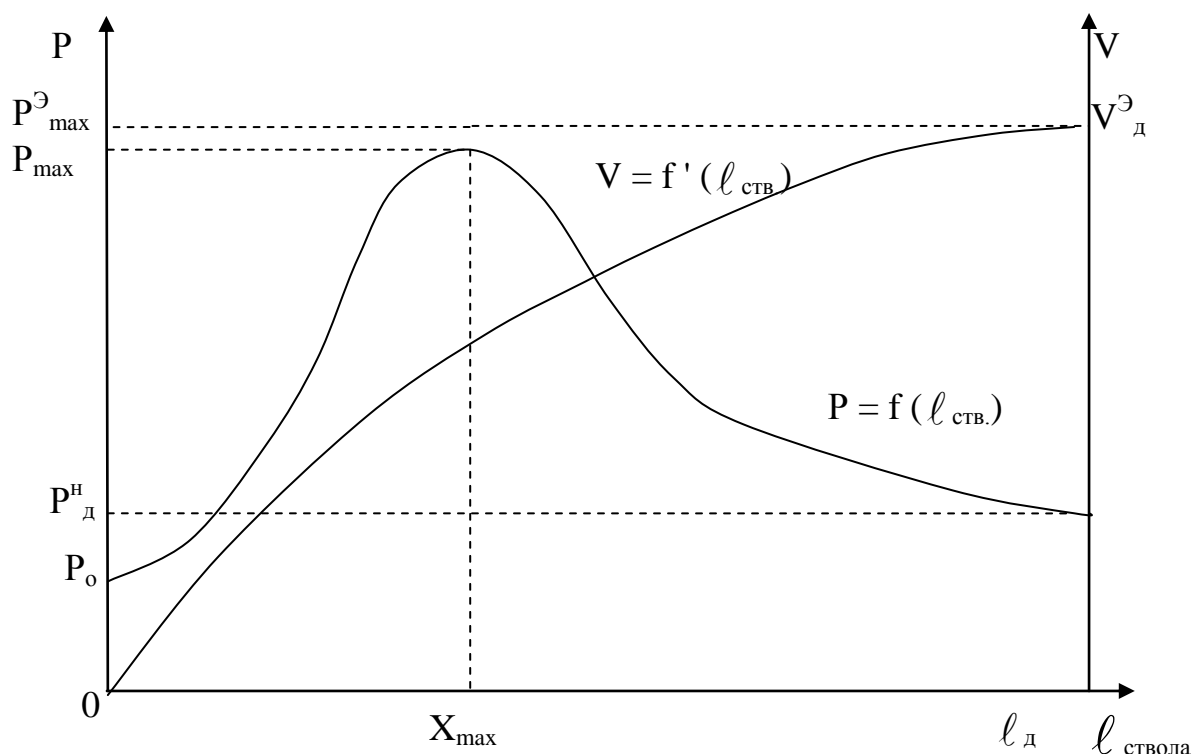


Рисунок 1

Следует отметить, что площадь, ограниченная графиком функции

$$P = f(\ell_{\text{ств}}), \quad (1)$$

эквивалентна полезной работе, совершенной пороховыми газами.

В классических работах М.Е. Серебрякова по внутренней баллистике [1,2] приводятся данные о том, что для нитроцеллюлозных порохов скорость горения U_1 является функцией теплотворной способности Q_w . Причем, у пироксилиновых порохов U_1 зависит от свойств пироксилина и содержания летучих веществ. Там же приводятся данные о том, что повышение силы пороха приводит к росту скорости горения и P_{max} и повышению скорости снаряда в канале ствола и, как следствие, дульной скорости снаряда. При этом координата точки максимума давления X_{max} смещается к зарядной камере. Следует отметить, что все эти данные получены на основе опытных данных с кондиционными порохами.

В настоящее время имеется большое количество зарядов, срок хранения которых существенно превышает гарантийный. В этой связи ведутся работы экспериментального и теоретического характера [3,4,5], направленные на прогнозирование физико-химических свойств пороховых зарядов и их влияния на баллистические характеристики на различных этапах эксплуатации боеприпасов.

В результате экспериментальных исследований 125-мм танковых выстрелов, проведенных на опытной базе КП ХКБМ им. А.А. Морозова были получены данные, свидетельствующие о том, что для боеприпасов длительного хранения характер зависимости

$$V_0 = f(P_{\text{max}}) \quad (2)$$

имеет обратный вид, по сравнению с кондиционными порохами, а именно, если для кондиционных порохов – увеличение P_{max} приводит к увеличению V_0 , то для порохов длительного хранения с увеличением времени хранения возрастает P_{max} , причем V_0 падает (таблица 1).

Таблица 1

№ п/п	Отношение	Эксперименты				
		1	2	3	4	5
1	$\frac{V^Э}{V^Н}$	0,991	0,996	0,905	0,901	0,911
2	$\frac{P^Э}{P^Н}$	1,041	1,049	1,098	1,088	1,135

Известно [1,2,5], что нитроцеллюлозные пороха представляют собой химически неустойчивые соединения, хранение которых в любых условиях сопровождается массопереносом летучих компонентов и азота, что в свою очередь приводит к уменьшению плотности пороха. Поскольку уносимые компоненты являются горючими составляющими, то уменьшается и теплотворная способность пороха, то есть его энергетическая ценность снижается. Это приводит к снижению полезной работы пороховых газов и, как следствие, начальной V_0 (или дульной V_d) скорости снаряда.

Повышение максимального давления обусловлено возрастанием скорости горения пороха U_1 , что обусловлено следующим. В процессе хранения из-за массопереноса компонентов и механического образования микротрещин поверхность пороховых элементов развивается. Поскольку скорость горения и газообразования прямо пропорциональны площади поверхности пороха, то ее рост приводит и к возрастанию скорости горения. Это, в свою очередь, приводит к повышению максимального давления P_{\max} .

Из экспериментов известно, что при больших сроках хранения пороха могут приобретать бризантные свойства, что соответствует качественному скачку роста скорости горения, когда горение переходит во взрыв.

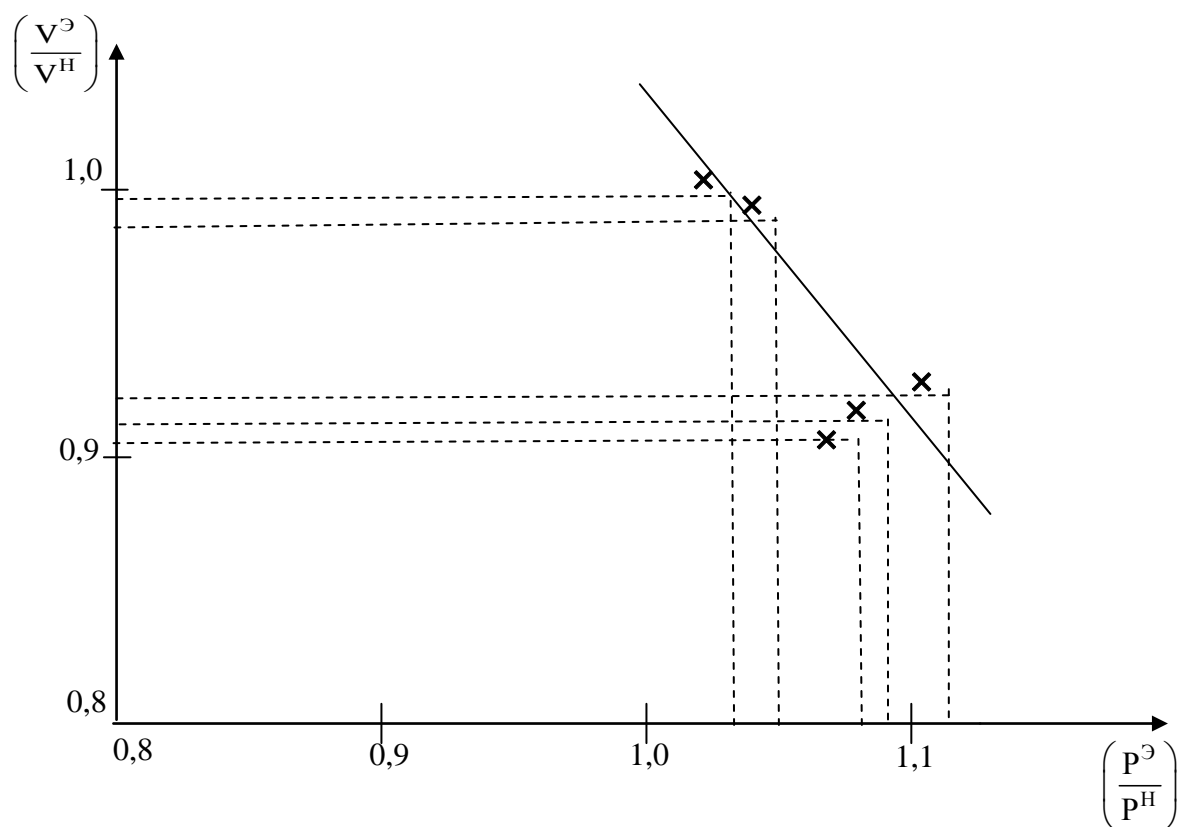


Рисунок 2 – Зависимость $\left(\frac{V^э}{V^н}\right)$ от $\left(\frac{P^э}{P^н}\right)$

× – экспериментальные данные для зарядов различных сроков хранения

Практический интерес представляет построение функции

$$V_0 = f(P_{\max}; \bar{\tau}) \quad (3)$$

для прогнозирования баллистических характеристик выстрелов при различных сроках их хранения. На основе приведенных в таблице 1 экспериментальных данных построена функция относительной начальной скорости снаряда $\left(\frac{V^э}{V^н}\right)$ от относительного мак-

симального давления $\left(\frac{P^э}{P^н}\right)$ в виде:

$$\left(\frac{V^Э}{V^H}\right) = 1,287 - 0,998 \left(\frac{P^Э}{P^H}\right), \quad (4)$$

где V^H ; P^H – номинальные, а $V^Э$; $P^Э$ – экспериментальные значения начальной скорости и максимального давления в канале ствола соответственно.

График этой функции представлен на рис. 2. Как видно, для различных сроков хранения зарядов с повышением максимального давления в канале ствола начальная скорость снаряда уменьшается. Снижение начальной скорости, в свою очередь, влияет на дальность и точность стрельбы и кинетические характеристики снаряда, а повышение максимального давления, вызванное повышением скорости горения порохов длительных сроков хранения, повышает износ ствола, снижает запас прочности элементов ствольной системы, что в совокупности уменьшает ее эксплуатационный ресурс.

Таким образом, на основе экспериментальных данных впервые установлено, что для пороховых зарядов длительного времени эксплуатации повышение максимального давления приводит к снижению начальной скорости снаряда. Получена зависимость, связывающая эти параметры для диапазона относительных давления $1 \leq \left(\frac{P^Э}{P^H}\right) \leq 1,2$ и скорости $0,9 \leq \left(\frac{V^Э}{V^H}\right) \leq 1,0$.

Вопросы, связанные с влиянием повышения максимального давления и снижения начальной скорости на характеристики внешней баллистики и износ ствольной системы требуют самостоятельных дальнейших исследований.

Литература

1. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика.– М.: Оборонгиз, 1949.
2. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. – М., Оборонгиз. – 1962.
3. Буллер М.Ф., Межевич Г.В. Методы испытания утилизируемых порохов. Шостка. Изд. "ДИА" – 2005.
4. Анипко О.Б., Бірюков І.Ю. Методи термодинаміки, тепло- і масопереноса для рішення зворотної задачі внутрішньої балістики. // Интегрированные технологии и энергосбережение. Харьков., НТУ "ХПИ" №2 – 2005. – С. 63–68.
5. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука – 1980.

УДК 623.52

Аніпко О.Б., Бірюков І.Ю.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ СНАРЯДУ ВІД МАКСИМАЛЬНОГО ТИСКУ В КАНАЛІ СТОВБУРА ПРИ ПОСТРІЛІ ЗАРЯДАМИ З ТРИВАЛИМИ ТЕРМІНАМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Вперше на основі експериментальних даних показано, що для порохових зарядів тривалого строку зберігання підвищення максимального тиску в каналі ствола призводить до зниження початкової швидкості снаряду.