

Анипко О.Б., Баулин Д.С., Зубарев В.В.

**ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ НА ЖИВУЧЕСТЬ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ**

Живучесть – способность системы сохранять свойства, необходимые для выполнения требуемых функций, при наличии воздействий, не предусмотренных условиями нормальной эксплуатации [1].

Среди большого разнообразия требований, предъявляемых к современному стрелковому оружию, можно выделить безотказную работу образца вооружения, которая достигается обеспечением необходимой живучести деталей и механизмов оружия.

Живучесть оружия характеризуется продолжительностью нормальной работы его деталей без поломок и износа свыше допускаемых пределов [2–8].

Основной деталью стрелкового оружия является ствол, который должен обеспечивать надлежащие баллистические характеристики оружия.

Продолжительность эксплуатации стрелкового оружия определяется, прежде всего, баллистической живучестью его стволов. При общей живучести стрелкового вооружения от 20 до 100 тыс. выстрелов живучесть стволов составляет всего от 4 до 25 тыс. выстрелов [3].

На процесс износа поверхности канала ствола влияет большое число факторов: конструктивных, технологических, баллистических, эксплуатационных. С ростом износа ухудшаются баллистические качества ствола и, как следствие – наблюдается снижение начальной скорости пули, увеличивается рассеивание, что приводит к уменьшению эффективности стрельбы.

В статье рассмотрено влияние баллистических факторов:

- состав и плотность пороха;
- давление пороховых газов;
- закон изменения движения пули по каналу ствола, на живучесть стволов стрелкового оружия.

При хранении боеприпасов, в пороховых зарядах происходят физико-химические изменения, в результате чего изменяется их масса, состав и плотность пороха, что в свою очередь отражается на изменении баллистических характеристик стрелкового оружия, а именно начальной скорости пули [9, 10].

Учитывая это, были проведены экспериментальные исследования по определению начальной скорости пули при стрельбе из 7,62 мм пулемета Калашникова ПКМС с использованием боеприпасов, срок хранения которых составляет 18, 35 и 46 лет. После обработки данных эксперимента получены средние значения начальных скоростей пуль в зависимости от срока хранения боеприпасов, приведенные в таблице в виде относительных величин, которые рассчитываются как:

$$\tilde{V}_0 = \frac{V_0^\tau}{V_0^{i i \partial i}}, \quad (1)$$

где  $V_0^\tau$  – начальная скорость пули боеприпаса с определенным сроком хранения;  $V_0^{i\hat{i}\hat{o}i}$  – начальная скорость пули нового боеприпаса в соответствии с тактико-техническими характеристиками.

Таблица – Относительные величины начальных скоростей пуль, полученные в трех сериях эксперимента

Срок хранения боеприпасов, лет	Относительная величина начальной скорости пули		
	I серия	II серия	III серия
18	0,992	0,994	0,996
35	0,922	0,925	0,925
46	0,902	0,905	0,908

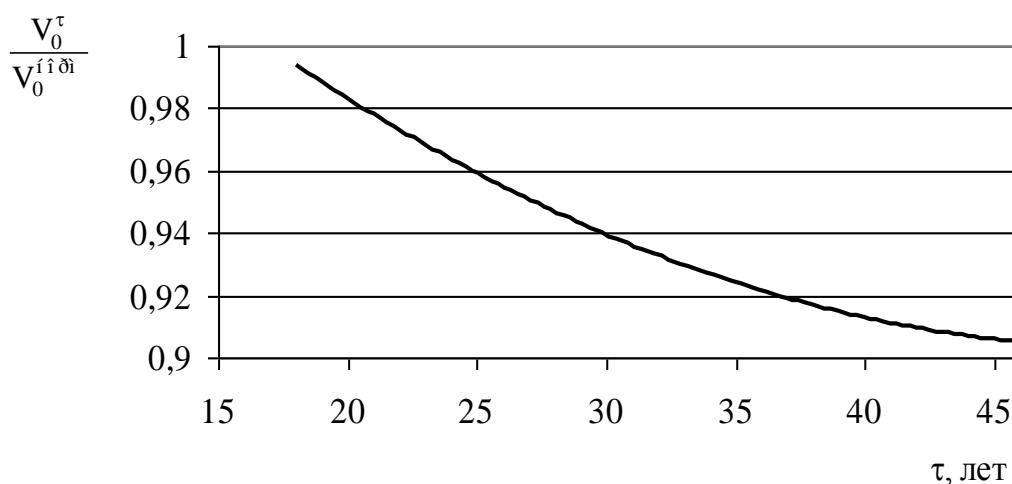


Рисунок 1 – Зависимость изменения начальных скоростей пуль от срока хранения боеприпасов

В диапазоне сроков хранения от 18 до 47 лет функция  $\frac{V_0^\tau}{V_0^{i\hat{i}\hat{o}i}} = f(\tau)$  имеет вид:

$$\frac{V_0^\tau}{V_0^{i\hat{i}\hat{o}i}} = 1,04 \cdot 10^{-7} \tau^2 - 1,05 \cdot 10^{-5} \tau + 1,36 \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

Как видно из графика (рис. 1), при увеличении срока хранения боеприпасов снижается начальная скорость пули.

Используя данные эксперимента, определили изменение живучести ствола 7,62 мм пулемета Калашникова ПКМС при использовании боеприпасов различных сроков хранения согласно выражения Габо-Слухоцкого [11]:

$$N = K \cdot \frac{(D_0^2 - d^2) \cdot (1 + \Delta_{\text{а}}) \cdot \dot{\text{а}}^{-n_1 \cdot t_0}}{e^{2,8 \cdot n_1 p_0 + n_2 \cdot \text{D}} \cdot \omega \cdot V_0^2} \cdot \left[ \Delta_{\text{а}} \cdot \left( \frac{V_1}{V_{\text{а}}} \right)^2 + \left( \frac{0,64}{1 + \chi_i \cdot \Delta_{\text{а}}} \cdot \frac{1}{V_0} \right)^2 \cdot 2 \cdot g \cdot \frac{1 + \Theta}{2 + \Theta} \cdot \frac{P_{\text{а}}}{\gamma_{\text{а}}} \right], \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от калибра, глубины и крутизны нарезов;  $D_0$  (м) – калибр по нарезам;  $d$  (м) – калибр по полям;  $\Delta_{\text{а}} = \frac{W_{\text{а}}}{W_0}$  – число объемов расширения газов в канале ствола;  $W_{\text{а}} = S \cdot l_{\text{а}}$  (м<sup>3</sup>) – полный объем канала ствола;  $S$  (м<sup>2</sup>) – площадь сечения канала ствола;  $l_{\text{д}}$  (м) – полный путь пули;  $W_0$  (м<sup>3</sup>) – объем зарядной камеры;  $\omega$  (кг) – масса заряда;  $V_0$  (м/с) – начальная скорость пули;  $n_1 = k \cdot (1 - \lambda_1)$  – коэффициент [11];  $k$  – коэффициент [11];  $\lambda_1$  – коэффициент [11];  $n_2 = k \cdot \lambda_1$  – коэффициент [11];  $p_0$  (кг/м<sup>2</sup>) – давление форсирования;  $T$  (°C) – температура горения пороха;  $t_0$  (°C) – температура поверхностного слоя ствола до начала врезания пули в нарезы;  $\frac{V_1}{V_{\text{а}}}$  – коэффициент из

таблицы [11];  $\chi_i = \frac{1}{\frac{1}{\chi} + 0,75 \cdot \frac{d}{l_0}}$  – коэффициент [11];  $\chi$  – коэффициент уширения;  $l_0$  (м) –

приведенная длина камеры;  $g$  (м/с<sup>2</sup>) – ускорение свободного падения;  $\Theta$  – характеристика;  $P_{\text{д}}$  (кг/м<sup>2</sup>) – дульное давление;  $\gamma_{\text{а}} = \frac{\Delta}{(1 + \Delta_{\text{а}}) \cdot 1000}$  (кг/м<sup>3</sup>) – коэффициент;  $\Delta$  (кг/м<sup>3</sup>) – плотность заряжания.

На рис. 2 показано изменение живучести ствола 7,62 мм пулемета Калашникова ПКМС в зависимости от срока хранения используемых боеприпасов.

Аналитическое выражение для данной зависимости имеет вид:

$$N(\tau) = 217,141\tau + 22129. \quad (4)$$

Как видно из графика (рис. 2), живучесть ствола повышается, но это увеличение происходит главным образом из-за уменьшения массы заряда в результате длительного хранения боеприпасов, и может достигнуть величины в 27800 выстрелов. Учитывая, что максимальный срок хранения боеприпасов без снижения начальной скорости пули ( $V_0$ ) более чем на 5 % от номинального значения ( $V_0^{\text{н}} \cdot \delta_{\text{н}}$ ) составляет  $\approx 26$  лет [12], дальнейшее повышение живучести ствола за счет применения боеприпасов свыше этого срока хранения не может быть использовано, так как при этом резко ухудшаются баллистические характеристики оружия, а именно начальная скорость пули.

Критически оценивая полученные результаты следует отметить, что выражение Габо-Слухоцкого не учитывает максимальное давление пороховых газов ( $p_{\text{max}}$ ), которое существенным образом оказывает влияние на живучесть ствола стрелкового оружия. При использовании данной формулы необходимо также учитывать, что на различных сроках хранения изменяются следующие характеристики:

- начальная скорость пули;
- масса заряда боеприпаса;
- время достижения давления форсирования при выстреле;
- дульное давление;
- плотность заряжания.

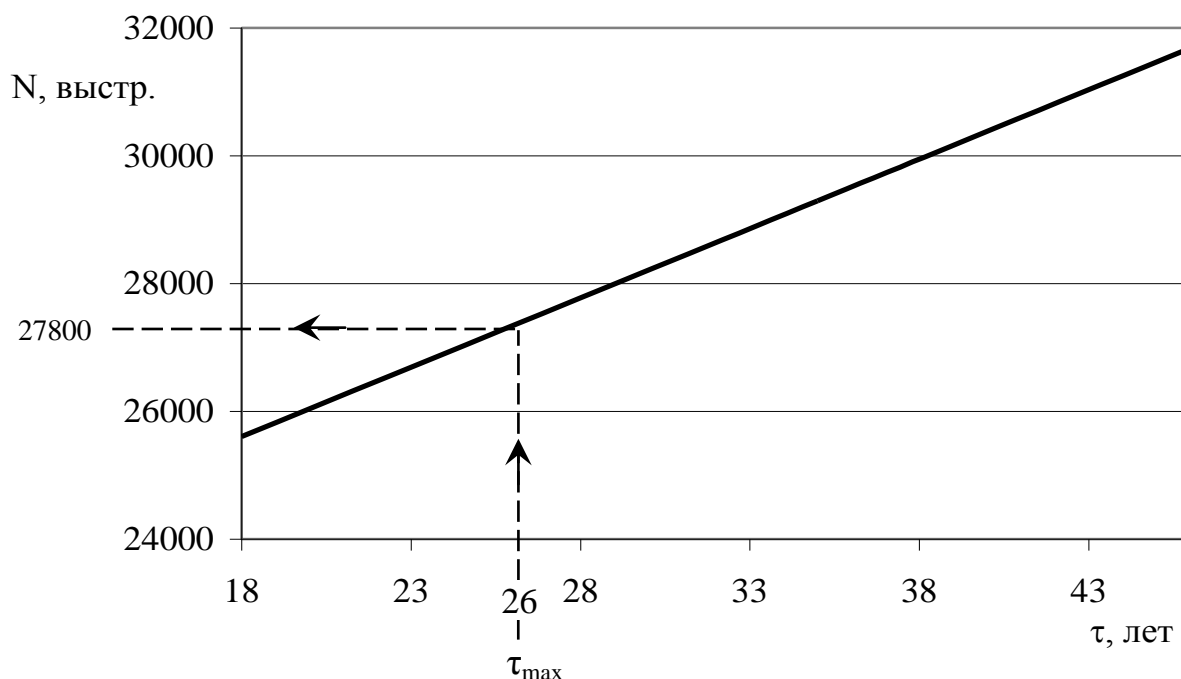


Рисунок 2 – Живучесть ствола как функция от срока хранения боеприпасов

В ряде работ [13, 14] экспериментально установлено, что при длительном хранении боеприпасов максимальное давление возрастает, а дульное давление падает.

Таким образом, выражение Габо-Слухоцкого непосредственно не может применяться для прогнозирования надежности стволов при использовании боеприпасов длительных сроков хранения.

В настоящее время нет точных аналитических методов решения задачи по прогнозированию живучести стволов стрелкового оружия.

В связи с этим, было определено изменение живучести ствола по выражению Габо-Слухоцкого, но с учетом изменения характеристик, указанных выше. На рис. 3 представлено изменение живучести ствола с учетом изменения начальной скорости пули, массы заряда боеприпаса, времени достижения давления форсирования при выстреле, дульного давления, плотности заряжания.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что выражение Габо-Слухоцкого чувствительно к изменению баллистических характеристик порохов и применимо для относительного анализа состояния и прогнозирования живучести стволов стрелкового оружия, но оно ориентировано на новые боеприпасы со свежими порохами. Исходя из этого, применяя метод оценки и прогнозирования физико-химических свойств порохов, предложенный в работе [13], а отсюда и живучести стволов, по величине начальной скорости пули позволит использовать его в войсковых по-

лигонных условиях, что является существенным преимуществом по сравнению с применением манометрической бомбы.

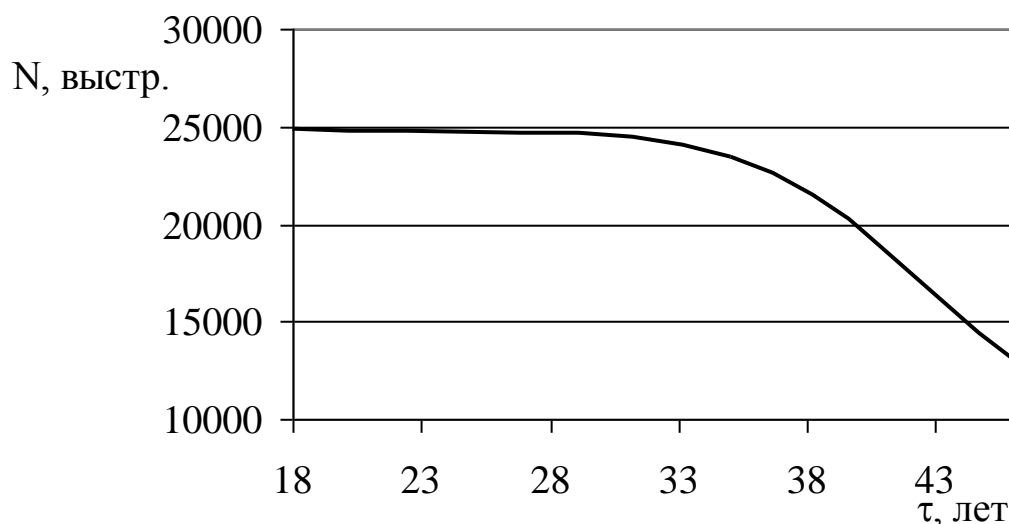


Рисунок 3 – Живучесть ствола как функция от срока хранения боеприпасов

$$N(\tau) = -30,8\tau^2 + 1552,1\tau + 6908,4. \quad (5)$$

Использование данного метода создает предпосылки для перехода эксплуатации стрелкового оружия по состоянию, без разработки и применения диагностической аппаратуры, при использовании в качестве диагностического параметра начальную скорость пули.

При повышении максимального давления, вызванного увеличением скорости горения, координата точки  $x_{\max}$  смещается к патроннику, что в свою очередь приводит к неравномерному износу канала ствола. Для проверки стволов, эксплуатирующихся с боеприпасами длительного хранения, предлагается применять дополнительный калибр-шашку для проверки диаметра ствола в точке, соответствующей максимальному давлению пороховых газов ( $P_{\max}^{\tau}$ ), проходной со стороны патронника до координаты этой точки и не проходной далее этой координаты.

Таким образом, при эксплуатации стрелкового оружия необходимо учитывать сроки хранения боеприпасов и, в соответствии с этим, определить дополнительные сроки проверки износа каналов стволов и проводить корректировку прицельных приспособлений по дальности.

Представляется необходимым провести исследования показателей эффективности применения оружия с использованием боеприпасов длительных сроков хранения.

#### Литература

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: Авдеевский В.С. и др. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.1: Методология. Организация. Терминология. / Под ред. Рембезы А.И. – 224 с.
2. Кирилов В.М. и др. Теория и расчет автоматического оружия. – Пенза: ПВАИУ, 1973. – 493 с.

3. Благонравов А.А. Основания проектирования автоматического оружия. – М.: Оборонгиз, 1940. – 487 с.
4. Благонравов А.А. Действие выстрела на оружейные стволы. – Л.: Издание Артиллерийской академии РККА, 1933. – 51 с.
5. Эйлер Л. Исследования по баллистике. – М.: Физматгиз, 1961. – 590 с.
6. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
7. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 447 с.
8. Благонравов А.А. Износостойкость. – М.: «Наука», 1975. – 190 с.
9. Горст А. Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: Машиностроение, 1972.– 208 с.
10. Шагов Ю.В. Взрывчатые вещества и пороха. – М.: Военное издательство Министерства Обороны СССР, 1976. – 120с.
11. Чуев Ю.В. Проектирование ствольных комплексов. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
12. Буллер М.Ф., Межевич Г.В. Методы испытания утилизируемых порохов. – К.: Изд-во ООО „ДИА”, 2005. – 94 с.
13. Анипко О.Б., Баулин Д.С., Бусяк Ю.М. Обратная задача внутренней баллистики для прогнозирования свойств порохов при длительном их хранении // «Інтегровані технології та енергозбереження». Харків, НТУ"ХПИ" – 2005. – №4. С. 109–114.
14. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Баулин Д.С. Модель массопереноса при хранении пороховых зарядов с учетом изменения температуры окружающей среды // «Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил». Харків, – 2006. – №2(8). С. 50–54.

УДК 623.522

Аніпко О.Б., Баулін Д.С., Зубарев В.В.

### **ВПЛИВ СТРОКІВ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ НА ЖИВУЧІСТЬ СТВОЛІВ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ**

В статті проаналізовано вплив зміни балістичних характеристик порохів боеприпасів різних строків зберігання на зміну живучості стволів стрілецької зброї.