

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОХОВОГО ЗАРЯДА И НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ БОЕПРИПАСОВ МОРСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ КАЛИБРОВ 25/80 И 30/54

В основе метательных зарядов выстрелов ствольных систем артиллерийского вооружения лежат пироксилиновые пороха, физические, химические, а, следовательно, и баллистические свойства которых изменяются со временем. Ранее, путем проведения плановой ротации, избегали влияния таких изменений. На современном этапе эксплуатируются боеприпасы, которые были произведены 25 и более лет назад, поэтому проявления геронтологических изменений порохов на баллистические характеристики неизбежны.

В условиях вынужденной эксплуатации послегарантийных боеприпасов прогнозирование изменений в свойствах порохов метательных зарядов боеприпасов в зависимости от сроков их хранения представляется важной научно-прикладной и военно-технической задачей.

Анализ литературы [1–6] показывает, что в последнее время появилось значительное количество публикаций как отечественных, так и зарубежных исследователей, посвященных проблеме усовершенствования методов определения предельного срока службы (хранения) боеприпасов и вытекающей из нее задачи разработки научно-обоснованной модели эксплуатации боеприпасов длительных сроков хранения. Однако теоретических и экспериментальных методов применительно к унитарным артиллерийским боеприпасам малого калибра в доступных источниках не обнаружено. Также остаются неопределенными параметры и критерии, значения которых могут быть получены в условиях штатной эксплуатации непосредственно в местах хранения, что позволит достоверно оценить баллистические свойства порохового заряда.

Задача определения баллистических характеристик метательных зарядов и изменения свойств порохов может быть решена на основе комплексного применения теоретических, экспериментальных методов и решения задач внутренней баллистики.

Ввиду отсутствия и недостаточной достоверности данных о весовых характеристиках боеприпасов малого калибра был произведен эксперимент по определению их фактической массы. Всего было взвешено 272 унитарных выстрела калибра 25/80 к артиллерийской установке 2М-3М и 140 унитарных выстрелов калибра 30/54 к артиллерийской установке АК-630. Боеприпасы хранятся в условиях подземного неотапливаемого хранилища воинской части А4068 г. Севастополь.

Экспериментальное исследование проводилось в целях определения массы боеприпасов малых калибров внутри валовых партий различных годов выпуска и подтверждения ранее обнаруженного эффекта снижения массы боеприпаса при долговременном хранении, а также определение возможности применения операции взвешивания в качестве «дострельбовой» проверки при допуске боеприпасов к практическим (боевым) стрельбам и информативности взвешивания в качестве первичного исследования в системе мониторинга боеприпасов.

Для взвешивания были определены семь партий разных годов выпуска, а именно:

- 4 партии 25/80 клб 1953, 1964, 1977, 1986 годов выпуска;
- 3 партии 30/54 клб 1972, 1982, 1985 годов выпуска;

Из каждой партии были выбраны по два элеваторных ящика.

Отбирались боеприпасы с максимально сходной комплектацией (по чертежу снаряда, взрывателю, метательному заряду, гильзе, капсульной втулке (капсюлю)).

Для измерения массы боеприпасов использовались две модификации весов электронных лабораторных типа ТВЕ. Их характеристики представлены ниже:

1. ТВЕ–1-0,01, зав. №5766. Год изготовления – 2012. Минимальный предел измерения – 0,5 г. Максимальный предел измерения – 1000 г. Дискретность измерений (цена деления) – 0,01 г. Предел допустимой погрешности – 0,1 г.

2 ТВЕ – 24-0,5, зав. №5768. Год изготовления – 2012. Минимальный предел измерения – 25 г. Максимальный предел измерения – 24000 г. Дискретность измерений (цена деления) – 0,5 г. Предел допустимой погрешности – 0,5 г.

Класс точности весов – II по ДСТУ EN 45501:2007 “Прилади неавтоматичні зважувальні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань”.

Весы были установлены возле входа в хранилище на устойчивом столе и выставлены по встроенному уровню с помощью регулировки установочных ножек. Время одного измерения составляло 5 секунд.

Результаты взвешивания для отдельных ящиков представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Данные взвешивания 25 мм боеприпасов УОЗР-85 из второго ящика 1986 года выпуска (партия 49-86-184), условное обозначение 86/2

№/№	м, г	№/№	м, г	№/№	м, г	№/№	м, г
1	649,16	11	647,86	21	648,83	31	648,51
2	649,37	12	648,49	22	646,97	32	649,20
3	649,00	13	649,64	23	646,71	33	649,37
4	649,00	14	649,90	24	650,02	34	648,17
5	650,49	15	647,90	25	651,44	–	–
6	647,22	16	647,27	26	647,21	–	–
7	650,35	17	646,30	27	648,10	–	–
8	649,48	18	650,23	28	649,62	–	–
9	649,92	19	652,85	29	648,51	–	–
10	648,30	20	651,03	30	649,62	–	–

Таблица 2 – Данные взвешивания 30 мм боеприпасов УОФ-84 из первого ящика 1982 года выпуска (партия 192-82-184), условное обозначение 82/1

№/№	м, г	№/№	м, г	№/№	м, г	№/№	м, г
1	840,20	7	836,86	13	837,53	19	832,57
2	834,89	8	836,51	14	832,47	20	829,93
3	840,04	9	834,64	15	838,41	21	834,34
4	836,59	10	835,78	16	840,76	22	835,1
5	835,17	11	836,60	17	839,27	–	–
6	831,98	12	838,13	18	836,63	–	–

В результате обработки представленных данных (таблицы 3,4) выявлен эффект снижения средней массы боеприпаса при долговременном хранении.

Таблица 3 – Значения массы 25 мм выстрела УОЗР-85 от времени хранения

τ , год	1953	1964	1977	1986
m_{\max} , г	644,90	641,55	638,84	645,38
m_{\min} , г	637,72	631,69	648,75	652,85
\bar{m} , г	640,48	636,83	643,67	648,69

Таблица 4 – Значения массы 30 мм выстрела УОЗР-85 от времени хранения

τ , год	1972	1982	1985
m_{\max} , г	827,93	840,76	844,54
m_{\min} , г	814,56	823,31	832,25
\bar{m} , г	821,07	835,30	837,29

Средняя по выборке (из партии) масса артиллерийских выстрелов более длительных сроков хранения меньше средней массы боеприпасов, изготовленных относительно недавно. Ранее такой эффект был обнаружен для танковых боеприпасов раздельно-гильзового заряжания (для пороховых метательных зарядов 4Ж40) [3]. Таким образом, подтверждено предположение об уменьшении массы артиллерийских боеприпасов при долгосрочном хранении и распространение этого явления на унитарные выстрелы малого калибра морской номенклатуры. Также в [12] показано, что масса унитарного выстрела снижается за счет уменьшения массы пороха его метательного заряда, то есть Δm пропорциональна $\Delta \omega$.

Из-за отсутствия данных о динамике изменения массы выстрелов от момента изготовления для нахождения зависимостей изменения массы выстрела от времени хранения в качестве базового была взята масса самого тяжелого боеприпаса как наименее подвергнувшегося изменениям (для 25 мм выстрела – 652,85 г, для 30 мм выстрела – 844,54 г).

Изменение массы артиллерийских выстрелов в процессе хранения по отношению к базовым значениям массы показано в таблицах 5 и 6.

Анализ представленных данных показывает, что пироксилиновый порох в боеприпасах, хранящихся в одинаковых условиях, разлагается, теряя массу, одновременно во всех изделиях. Разница в массе вы-

стрелов между самым тяжелым и самым легким выстрелом остается постоянной внутри каждой партии независимо от времени хранения.

Таблица 5 – Изменение массы 25 мм выстрела УОЗР-85 от времени хранения

τ , год	1953	1964	1977	1986
Δm_{\max} , г	15,13	21,16	14,01	7,47
Δm_{\min} , г	7,95	11,3	4,1	0
$\Delta \bar{m}$, г	12,37	16,02	9,8	4,16

Таблица 6 – Изменение массы 30 мм выстрела УОФ-84 от времени хранения

τ , год	1972	1982	1985
Δm_{\max} , г	29,98	21,23	12,29
Δm_{\min} , г	16,61	3,78	0
$\Delta \bar{m}$, г	23,47	9,21	7,25

Также подтверждается, что графитованный порох 6/7гр, используемый в боеприпасах калибра 25/80, более стойкий, чем флегматизованный порох 6/7 фл, используемый в боеприпасах калибра 30/54.

На рис. 1 приведены графики зависимостей снижения массы унитарных патронов указанных калибров от времени хранения, составленные по данным таблиц 5 и 6. на промежутке эксплуатации от 27 до 40 лет

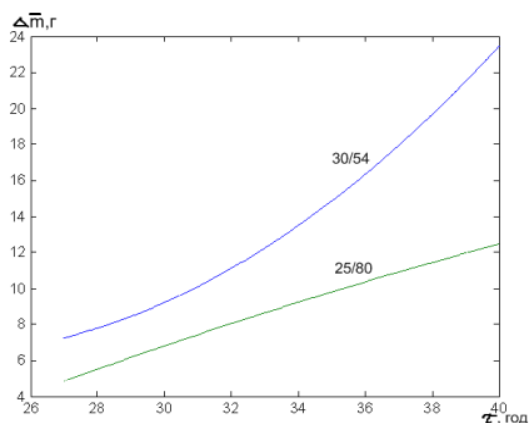


Рисунок 1 – Изменение массы унитарных выстрелов калибров 25/80 и 30/54 в зависимости от срока хранения при $27 < \tau < 40$

Аналитические выражения показанных зависимостей имеют вид:

для калибра 25/80:

$$\Delta \bar{m} = -0.0067366 \tau^2 + 1.0376 \tau - 18.264, \quad (1)$$

для калибра 30/54:

$$\Delta \bar{m} = 0.059436 \tau^2 - 2.7345 \tau + 37.753, \quad (2);$$

где $\Delta \bar{m}$ – выборочное математическое ожидание изменения масс унитарных выстрелов; τ – время хранения.

Выражения 1 и 2 дают возможность сделать прогноз баллистических свойств артиллерийских выстрелов малого калибра на более широкий временной диапазон, основываясь на известных теоретических положениях термохимической стойкости порохов [7,8] и внутренней баллистики [9–11].

Определим изменение начальной скорости снаряда унитарных выстрелов калибров 25/80 и 30/54 при изменении массы их метательных зарядов. Для этого используем поправочные формулы внутренней баллистики [10].

В результате расчета для калибра 25/80 получаем:

$$\Delta V_0 = 11270 \Delta \omega, \text{ м/с}, \quad (3)$$

где ΔV_0 – изменение начальной скорости снаряда; $\Delta \omega$ – изменение веса порохового заряда (выстрела).

И значения, показанные в таблице 7, где $V_{табл}$ – табличное значение начальной скорости снаряда равное 900 м/с.

Аналогично, для калибра 30/54 получаем:

$$\Delta V_0 = 6463,81 \Delta \omega, \text{ м/с}, \quad (4)$$

где ΔV_0 – изменение начальной скорости снаряда; $\Delta \omega$ – изменение веса порохового заряда (выстрела).

И значения в таблице 8, где $V_{табл}$ – табличное значение начальной скорости снаряда равное 890 м/с.

Таблица 7 – Изменение скорости 25 мм выстрела УОЗР-85 от времени хранения

τ , год	1953	1964	1977	1986
$\Delta \bar{m}$, г	12,37	16,02	9,8	4,16
$\Delta \bar{V}_0$ м/с	139,40	180,54	110,45	46,88
$\frac{\Delta \bar{V}_0}{V_{табл}}$	0,15	0,2	0,12	0,05

Таблица 8 – Изменение скорости 30 мм выстрела УОФ-84 от времени хранения

τ , год	1972	1982	1985
$\Delta \bar{m}$, г	23,47	9,21	7,25
$\Delta \bar{V}_0$ м/с	151,70	59,59	46,86
$\frac{\Delta \bar{V}_0}{V_{табл}}$	0,170	0,067	0,052

Из данных таблиц 7 и 8 видно, что у артиллерийских боеприпасов калибра 25 мм 1953, 1964, 1977 годов выпуска и у боеприпасов калибра 30 мм 1972 года выпуска начальная скорость упадет больше, чем на 10 %. То есть потеря массы метательного заряда приведет к потере начальной скорости снаряда больше допустимой, исходя из условия возможности ее компенсации с помощью введения поправок в приборы стрельбы.

Следует отметить, что хотя по номенклатуре взятые для эксперимента боеприпасы одинаковы, однако конструктивное исполнение их отличается. Так, для боеприпасов 1953 года выпуска калибра 25 мм выполнено два пояска из меди, а для всех остальных исследуемых партий этот элемент один. Эти и другие конструктивные отличия (как-то способ завальцовывания для 30 мм боеприпасов, тип взрывателя) дают возможность сделать вывод о том, что декларируемая в таблицах боевой комплектации масса выстрела является условной его характеристикой, которая, как показывают измерения, не подтверждается ни для одной партии. В этой связи, было признано целесообразным перейти от абсолютных значений к относительным величинам массы, что связано с истощением порохового заряда (таблицы 9 и 10). Причем значения $m_{табл}$ пропорциональны значениям массы порохового заряда ω , их необходимо брать из формуляров (карточек-паспортов) на конкретную партию боеприпасов и, только в случае их отсутствия – из таблиц боевой комплектации.

Анализ данных, представленных в таблицах 9 и 10, показывает, что отношение изменения массы выстрела к табличному (паспортному) значению массы порохового заряда этого выстрела пропорционально отношению изменения начальной скорости снаряда этого выстрела к ее табличному значению.

Оценим согласованность указанного вывода с опытными данными, то есть, определим R^2 при условии, что данные отвечают соотношению

$$\frac{\Delta \bar{m}}{m_{\text{табл}}} = \frac{\Delta \bar{V}_0}{V_{\text{табл}}} \quad (5)$$

Таблиця 9 – Изменение массы и скорости 25 мм выстрела УОЗР-85 от времени хранения

τ , год	1953	1964	1977	1986
$\frac{\Delta \bar{m}}{m_{\text{табл}}}$	0,13	0,16	0,1	0,04
$\frac{\bar{V}_0}{V_{\text{табл}}}$	0,15	0,2	0,12	0,05

Таблиця 10 – Изменение массы и скорости 30 мм выстрела УОФ-84 от времени хранения

τ , год	1972	1982	1985
$\frac{\Delta \bar{m}}{m_{\text{табл}}}$	0,2	0,08	0,06
$\frac{\bar{V}_0}{V_{\text{табл}}}$	0,170	0,067	0,052

Таблиця 11 – Оценка точности формулы 5 для 25 мм выстрелов

i	$\frac{\Delta \bar{V}_0}{V_{\text{табл}}}$	$\frac{\Delta \bar{m}}{m_{\text{табл}}}$	R_i	R^2
1	0,15	0,13	0,02	0,021
2	0,2	0,16	0,04	
3	0,05	0,04	0,01	

Как видно из приведенных данных соотношение (5) достаточно точно отражает влияние геронтологического изменения массы порохового заряда на снижение начальной скорости снаряда.

Таблиця 12 – Оценка точности формулы 5 для 30 мм выстрелов

i	$\frac{\Delta \bar{V}_0}{V_{\text{табл}}}$	$\frac{\Delta \bar{m}}{m_{\text{табл}}}$	R	R^2
1	0,17	0,2	- 0,03	0,00113
2	0,067	0,08	- 0,013	
3	0,052	0,06	- 0,008	

Выводы

Для артиллерийских боеприпасов малого калибра в условиях их длительного хранения выявлена закономерность, связывающая уменьшение массы заряда унитарного выстрела и начальной скорости снаряда.

На основе разработанного метода контроля геронтологических изменений пороха метательного заряда путем определения изменения его массы, возможно осуществлять контроль за техническим состоянием артиллерийских боеприпасов малого калибра на арсеналах и базах вооружения, а именно:

- при поступлении вновь изготовленных боеприпасов провести вводное взвешивание выборки выстрелов внутри партии с целью определения точки отсчета для применения методики, изложенной в данной работе;

- после окончания срока гарантийного хранения боеприпаса и потом каждые 5 лет проводить периодическое взвешивание репрезентативной выборки;

– в мирное время, перед выдачей на корабль производить 100 % взвешивание выстрелов с целью выявления боеприпасов, уменьшение массы которых превышает допустимое значение для внесения поправок в приборы стрельбы;

Результаты исследования могут быть использованы при создании системы мониторинга пороховых зарядов унитарных патронов к ствольным системам.

Литература

1. Хайков В.Л. Возможности радиационных методов неразрушающего контроля для повышения объективности диагностики технического состояния артиллерийских боеприпасов / В.Л. Хайков // Збірник наукових праць АВМС – Севастополь, 2011 – Вип.1 (5) – С. 26–36.
2. Анипко О.Б., Гончаренко П.Д., Хайков В.Л. Преждевременные разрывы снарядов корабельной артиллерии и методы их предупреждения. Зарубежный опыт / О.Б. Анипко, П.Д. Гончаренко, В.Л. Хайков // Збірник наукових праць АВМС – Севастополь, 2011 – Вип.4 (8) С. 6–16.
3. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения: монографія / О.Б. Анипко, Ю.М. Бусяк – Х.: Академия ВВ МВД України, 2009. – 128 с.
4. Бирюков И.Ю. Пороховые заряды длительных сроков хранения: проблемы, задачи і пути их решения / И.Ю. Бирюков // Інтегровані технології та енергозбереження : збірник наукових статей. – Х.: 2006. – №2. – С. 50–55.
5. Черкашин А.Д. Проверка достоверности прогноза и коррекции зависимости изменения начальной скорости пули 9 мм пистолетного патрона ПМ / А.Д. Черкашин // Системи озброєння і військова техніка. – Х., 2010. – №3 (23) – С. 90–92.
6. Explosive effects and applications. / [edited by] J.A. Zukas., W.P. Walters. – New York. Spring-Verlag, 1998. – 240 p.
7. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества/ А.Г. Горст – М.: Машиностроение, 1972. – 208 с.
8. Андреев К.К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ / К.К.Андреев – М. Наука, 1966. – 339 с.
9. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика / М.Е. Серебряков, К.К. Гретен, Г.В. Оппоков.; под ред. Серебрякова М.Е. – М.: Оборонгиз, 1939. – 592 с.
10. Чернов В.П. Поправочные формулы внутренней баллистики: монографія / В.П. Чернов – М.: Воениздат, 1956. – 368 с.
11. Горохов М.С. Внутренняя баллистика ствольных систем / М.С. Горохов – М.: Воениздат, 1985. – 155 с.
12. Вертелецкий В.Ф. Прогнозирование изменения физико-химических свойств порохового заряда и начальной скорости 30 мм артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры / Інтегровані технології та енергозбереження: збірник наукових статей. – Х.: 2012. – №2. – С. 24–31.

Bibliography (transliterated)

1. Hajkov V.L. Vozmozhnosti radiacionnyh metodov nerazrushajushhego kontrolja dlja povyshenija obektivnosti diagnostiki tehničeskogo sostojanija artillerijskih boeprapasov V.L. Hajkov Zbirnik naukovih prac' AVMS – Sevastopol', 2011 – Vip.1 (5) – p. 26–36.
2. Anipko O.B., Goncharenko P.D., Hajkov V.L. Prezhdevremennye razryvy snarjadov korabel'noj artillerii i metody ih preduprezhdenija. Zarubezhnyj opyt O.B. Anipko, P.D. Goncharenko, V.L. Hajkov Zbirnik naukovih prac' AVMS – Sevastopol', 2011 – Vip.4 (8) p. 6–16.
3. Anipko O.B., Busjak Ju.M. Vnutrennjaja ballistika stvol'nyh sistem pri primenenii boeprapasov dlitel'nyh srokov hranenija: monografija O.B. Anipko, Ju.M. Busjak – H.: Akademiya VV MVD Ukraïni, 2009. – 128 p.
4. Birjukov I.Ju. Porohovye zarjady dlitel'nyh srokov hranenija: problemy, zadachi i puti ih reshe-nija I.Ju. Birjukov Integrovani tehnologii ta energozberezhennja : zbirnik naukovih statej. – H.: 2006. – #2. – p. 50–55.
5. Cherkashin A.D. Proverka dostovernosti prognoza i korrekcii zavisimosti izmenenija nachal'noj skorosti puli 9 mm pistoletnogo patrona PM A.D. Cherkashin Sistemi ozbroennja i vijs'kova tehnika. – H., 2010. – #3 (23) – p. 90–92.
6. Explosive effects and applications. [edited by] J.A. Zukas., W.P. Walters. – New York. Spring-Verlag, 1998. – 240 p.
7. Gorst A.G. Poroha i vzryvchatye veshhestva A.G. Gorst – M.: Mashinostroenie, 1972. – 208 p.
8. Andreev K.K. Termicheskoe razlozhenie i gorenje vzryvchatyh veshhestv K.K.Andreev – M. Nauka, 1966. – 339 p.

9. Serebrjakov M.E. Vnutrennjaja ballistika M.E. Serebrjakov, K.K. Greten, G.V. Oppokov.; pod red. Se-rebrjakova M.E. – M.: Oborongiz, 1939. – 592 p.

10. Chernov V.P. Popravochnye formuly vnutrennej ballistiki: monografija V.P. Chernov – M.: Voenizdat, 1956. – 368 p.

11. Gorohov M.S. Vnutrennjaja ballistika stvol'nyh sistem M.S. Gorohov – M.: Voenizdat, 1985. – 155 p.

12. Verteleckij V.F. Prognozirovanie izmenenija fiziko-himicheskikh svojstv porohovogo zarjada i nachal'noj skorosti 30 mm artillerijskih boepripasov morskoy nomenklatury Integrovani tehnologii ta energozberezhenija: zbirnik naukovih statej. – H.: 2012. – #2. – p. 24–31.

УДК 623.52

Аніпко О.Б., Вертелецький В.Ф.

ЗМІНА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОХОВОГО ЗАРЯДУ Й ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ МОРСЬКОЇ НОМЕНКЛАТУРИ КАЛІБРІВ 25/80 ТА 30/54

Вирішене завдання зміни початкової швидкості снарядів артилерійських боєприпасів малого калібру на післягарантійних етапах експлуатації на основі експериментальних даних про зміну маси пострілів патронного заряджання

Anipko O.B., Verteletsky V.F.

CHANGE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE POWDER CHARGE AND INITIAL SPEED OF ARTILLERY AMMUNITION OF THE SEA NOMENCLATURE OF CALIBRES OF 25/80 AND 30/54

The problem of change of initial speed of shells of artillery ammunition of small calibre on послегарантійних operation phases on the basis of experimental data about change of weight of shots cartridge заряджання is solved.