

Баулін Д.С., к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник науково-дослідного центру

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПІРОКСИЛІНОВИХ ПОРОХІВ

Національна академія Національної гвардії України, Харків

Ключові слова: геронтологічні властивості порохових зарядів, піроксиліновий порох, омологация, гарантійний термін експлуатації, методика регенерації порохових зарядів, методи оцінки хімічної стійкості, експериментальне обладнання.

Постановка проблеми та аналіз публікацій

Життєва необхідність армії будь-якої країни – мати озброєння, що відповідає сучасним вимогам ведення бойових дій. До озброєння належать і боеприпаси, причому потреба у них вимірюється тисячами тонн [1]. Якісний стан боеприпасів – це питання виконання вимог, закладених у балістичні характеристики озброєння. Виконати ці вимоги можна лише при застосуванні боеприпасів гарантійних термінів експлуатації [2–6].

Сьогодні на базах та складах України зберігається велика кількість боеприпасів до стрілецького та артилерійського озброєння, які знаходяться за межами гарантійних термінів експлуатації. Наразі стан запасів боеприпасів можна оцінити так [7–10]:

- практично весь запас перевищує гарантійні терміни експлуатації;
- загальна кількість боеприпасів значно перевищує потреби силових структур;
- відбувається постійне збільшення частки боезапасу, зберігання та бойове застосування якого заборонено.

Такий стан ускладнюється відсутністю вітчизняного виробництва боеприпасів.

Через велику кількість таких боеприпасів не можливий контроль умов їх зберігання, вони зберігаються в умовах неконтрольованого впливу температури та вологи. Виходячи з того, що гарантійні терміни експлуатації боеприпасів встановлювалися для певних кліматичних поясів, розрахувати та спрогнозувати терміни подальшого безпечного зберігання неможливо через відсутність даних щодо умов зберігання [8]. Піроксилінові пороху, що зберігаються в таких умовах (розгерметизація боеприпасу, підвищена температура навколишнього середовища) є об'єктом підвищеної небезпеки [10].

Небезпека при зберіганні піроксилінових порохів виникає внаслідок переходу їх у процес горіння, який можливий при впливі вищезгаданих факторів: температури навколишнього середовища та ступеня розпаду пороху [11, 12]. Недосконалість сучасних технологій продовження та збільшення гарантійних термінів експлуатації порохових зарядів та відсутність відповідних промислових потужностей призводить до того, що боеприпаси тривалих термінів зберігання, через неможливість контролювати умови зберігання, створюють небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій [13, 14].

Відомо [8, 15], що в процесі експлуатації в порохових зарядах боеприпасів відбуваються хімічні та фізичні перетворення, тому однією з головних проблем оцінювання властивостей піроксилінових порохів є ефективний фізико-хімічний моніторинг їх стану та прогнозування змін, що відбуваються на тривалих етапах експлуатації. Отже, завдання експериментального дослідження та визначення геронтологічних властивостей порохових зарядів, їх впливу на балістичні характеристики ствольних систем, а та-

кож можливість їх омологачії є актуальною, а враховуючи обсяги боєприпасів, що зберігаються, і терміни їх експлуатації досить нагальною.

Огляд доступних літературних джерел [8, 10, 14, 16] показав, що незважаючи на інтенсивну експлуатацію силовими структурами боєзапасу, що знаходиться на післягарантійних етапах зберігання, продовження термінів його експлуатації, проблема створення сучасної системи контролю стану боєприпасів та розробки спеціальних технічних засобів широко не освітлюється у вітчизняній спеціальній літературі.

Виходячи з викладеного можна стверджувати, що дослідження фізико-хімічних змін у процесі тривалого зберігання піроксилінових порохів, а також визначення можливості їх відновлення та ефективного подальшого використання є для України досить актуальним.

У зв'язку з цим **метою статті** є розробка методики проведення регенерації порохових зарядів тривалих термінів експлуатації та постановка експериментальних досліджень щодо перевірки їх балістичних та енергетичних характеристик.

Виклад основного матеріалу

Експлуатація порохів в даний час включає наступні етапи: етап виготовлення, етап зберігання та етап утилізації. Етап зберігання займає центральне місце в оцінці термінів життєвого циклу порохів – гарантійного терміну зберігання, протягом якого виробник гарантує незмінність фізико-хімічних та балістичних якостей. Протягом цього терміну піроксилінові пороху, що зберігаються у складі боєприпасу, є безпечними [8, 10, 12].

У період зберігання в зарядах, через неоднорідність структури порохових елементів, умов і тривалості зберігання, починають відбуватися різні фізико-хімічні процеси, змінюється щільність, кількість та хімічний склад стабілізатора хімічної стійкості – дифеніламіну, змінюється основа пороху – піроксилін.

Тривалість безпечного зберігання піроксилінових порохів визначається запасом їх хімічної стійкості [4].

У багатьох країнах у різні часи було розроблено різні методи оцінки хімічної стійкості [17]. Ці методи засновані на визначенні різних показників: зміна маси, кількість продуктів розкладання, що виділилися (обсяг, склад, температура та ін). Останнім часом з'явилися методи, засновані на кількісному та якісному аналізі зміни стабілізатора хімічної стійкості дифеніламіну та його N-нітрито- та нітропохідних [18]. Відповідно до класифікації [19], методи поділяються на:

- якісні методи;
- методи, що базуються на термічному розкладанні у присутності продуктів розкладання;
- методи, що засновані на термічному розкладанні без продуктів розкладання;
- методи, що ґрунтуються на визначенні температури спалаху та часу, необхідного до спалаху;
- методи, що засновані на вивченні розкладання з явним процесом автокаталізу;
- методи без нагрівання випробуваного зразка.

До 70-х років минулого століття було прийнято вважати [19], що всі манометричні методи малопридатні для випробування стійкості порохів. Так, наприклад, у разі піроксилінових порохів результати випробування спотворюють легкі речовини. Вважалося, що стійкість порохів можна характеризувати лише кількістю оксидів азоту, що виділилися. Останнім часом вважається, що стійкість порохів можна характеризувати і загальною кількістю газів, що виділилися при розкладанні пороху.

На початку ХХ століття для визначення стійкості порохів найбільш показовою вважалася проба зважуванням [20]. По даній пробі визначається зменшення маси пороху у процесі випробування. Стійкість порохів часто характеризується за кількістю оксидів азоту, що виділилися. Для визначення кількості оксидів азоту застосовується полярографія [21, 22], і потенціометричне титрування поглинального розчину [23].

Існує автоматичний потенціометричний метод визначення хімічної стійкості пороху [24], заснований на визначенні величини рН розчину в посудині, через який за допомогою сухого повітря, що не містить вуглекислоти, прокачують продукти розкладання пороху. Порох вважають стійким, якщо рН розчину зберігається протягом 8 год.

Автор [20] вважав, що поява перших слідів динітро-ДФА вказує на те, що це початок прогресивного розкладання пороху і, отже, його слід вважати таким, що знаходиться на післягарантійному етапі експлуатації.

Одним із найбільш сучасних методів визначення стійкості порохів є мікрокалориметрія [25, 26], що заснована на вимірюванні теплового потоку екзотермічних реакцій, які відбуваються в процесі старіння порохів, включаючи реакції розкладання нітроефірів.

Усі розглянуті методи контролю хімічної стійкості використовуються в основному для свіжовиготовлених порохів, коли витримка параметрів тестування гарантує безпечну експлуатацію та зберігання порохів у заданих природних умовах зберігання (температура та вологість повітря). Нині ситуація з експлуатацією та зберіганням боєприпасів (порохів) склалася таким чином, що боєприпаси зберігаються у неконтрольованих умовах, тобто, не відповідають умовам зберігання, які задані документацією. Повторне повернення порохів із зберігання, або вилучених при розбиранні боєприпаси, на стадію використання вимагає визначення ресурсу хімічної стійкості для вибору області подальшого використання. Для цього потрібні методи експрес-тестування хімічної стійкості для визначення залишкових термінів життєвого циклу порохів та термінів їх переведення зі стадії використання на стадію утилізації. Також потрібний надійний параметр, за допомогою якого можна віднести порох до певного етапу експлуатації.

У роботі [11] пропонується використовувати кольориметрію порохових елементів зарядів артилерійських боєприпасів для визначення етапу їх експлуатації. Автори припускають, що колір порохових елементів змінюється у процесі зберігання під час переходу стабілізатора хімічної стійкості з однієї форми до іншої.

Таким чином, в даний час немає єдиного параметра, який дозволить визначити гарантійні терміни експлуатації боєприпасів з піроксиліновими порохами.

Як зазначалося вище, на даний момент в Україні використовуються боєприпаси з 30-ма і більше роками зберігання, які набагато перевершують гарантійні терміни їх експлуатації, що спричиняє зміну фізико-хімічних та балістичних характеристик порохових зарядів [8, 10, 12, 14].

Підставою для оптимізму щодо вирішення проблеми використання порохових зарядів тривалих термінів експлуатації є експериментальне дослідження щодо впливу перекису водню на нітроцелюлозні порохові елементи [27].

Попередня оцінка можливих змін проведена з повним порохом зарядом 1989-го року виготовлення (33 роки) до 122-мм гаубиці Д-30 шляхом визначення його маси. Результати показали, що маса порохового заряду зменшилась на 1,42 %.

Для повного уявлення про зміни фізико-хімічних та балістичних характеристик, що відбулися у зазначених пороху, можливості їх регенерації та подальшої розробки

рекомендацій щодо їх подальшого використання, необхідно проведення експериментальних досліджень.

Визначення змін характеристик піроксилінових порохів (на прикладі повного порохового заряду 122-мм гаубиці Д-30) пропонується провести за такою методикою:

1. Відкриття картуза.
 2. Візуальна фіксація кольору порохового зерна та його зміна.
 3. Оцінювання зовнішніх ознак розкладання порохового зерна:
 - біологічне розкладання;
 - поверхнева зміна;
 - утворення тріщин.
 4. Поділ пороху різних марок (трубчастий – ТР, семиканальний – 12/7).
 5. Визначення маси різних марок порохів.
 6. Визначення маси картузу (без пороху).
 7. Визначення фактичної маси порохового заряду (без картуза).
 8. Визначення зміни маси порохового заряду ($\Delta\omega$) – %.
 9. Розподіл марок пороху на партії.
 - Трубчастий порох (ТР):
 - контрольна партія – 100 гр.;
 - експериментальна партія – 200 гр.
 - Семиканальний порох (12/7):
 - контрольна партія – 100 гр.;
 - експериментальна партія – 200 гр.
 10. Проведення експериментального дослідження горіння зерна трубчастого пороху. (Орієнтація зерна – вертикальна, початок горіння – верх зерна, візуальна фіксація конуса горіння та швидкості горіння).
 11. Підготовка пороху до обробки перекисом водню:
 - трубчастий порох (3 експериментальні об'єми по 60 гр.);
 - семиканальний порох (3 експериментальні об'єми по 100 гр.)
 12. Підготовка 65 % перекису водню.
 13. Нагрівання порохових зерен одного експериментального об'єму у муфельної печі до $t = 60\text{--}65$ °С.
 14. Занурення нагрітих порохових зерен у перекис водню.
 15. Фіксація зміни кольору перекису водню.
 16. Вилучення порохових зерен з перекису водню, сушіння на відкритому повітрі та визначення маси (після висихання, через 1 добу, через 3 доби, через 7 діб).
 17. Повторення п.п. 13–16 з усіма експериментальними об'ємами порохових зерен.
 18. Проведення порівняльного аналізу швидкості горіння семиканального пороху до та після обробки перекисом водню. Визначення полум'я (яскравості) його горіння.
 19. Проведення експериментального дослідження горіння зерна трубчастого пороху після обробки перекисом водню. (Орієнтація зерна – вертикальна, початок горіння – верх зерна, візуальна фіксація конуса горіння та швидкості горіння).
 20. Порівняння приросту маси трубчастого та семиканального порохів.
- Проведення такого експерименту забезпечує визначення можливості регенерації порохових зарядів тривалих термінів експлуатації шляхом обробки їх перекисом водню, а отже, зміну енергетичних та балістичних характеристик пороху.

Для перевірки зміни калориметричних властивостей обробленого порошу розроблено експериментальне обладнання, схема якого наведено на рис. 1.

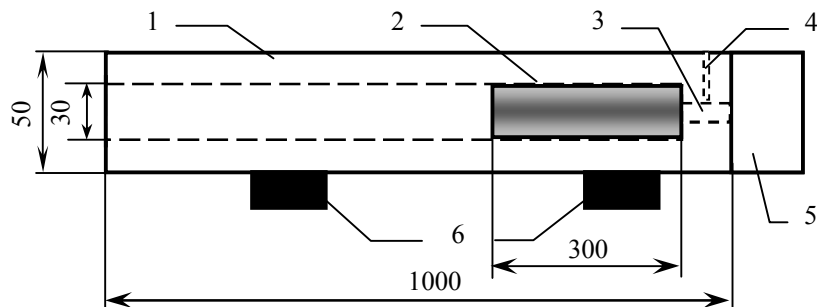


Рисунок 1 – Схема експериментального обладнання для контролю калориметричних властивостей порошу

- 1 – основний блок (труба) з поздовжнім осьовим каналом (**корпус**); 2 – рухомий елемент із зовнішнім діаметром, рівним діаметру каналу основного блоку (**поршень**); 3 – камера для порохового елемента (зерна); 4 – запальний отвір; 5 – задня кришка на різьбленні; 6 – підставка

Усі елементи експериментального обладнання виготовляються із сталі.

Проведення експерименту полягає в наступному:

1. У камеру 3 міститься зерно семиканального порошу.
2. Задня кришка 5 закручується на торці основного блоку 1.
3. Рухомий елемент 2 встановлюється в канал основного блоку 1 у крайнє положення до камери 3.
4. Порохове зерно підпалюється через запальний отвір 4.
5. Під дією порохових газів рухомий елемент 2 просувається каналом на певну відстань l . Вона залежатиме від енергії порохових газів, яка, своєю чергою, залежить стану порохового заряду – терміну його експлуатації [8, 10, 12].

Такий експеримент проводиться для визначення сили порошу (f). Її можна визначити з урахуванням балансних співвідношень енергії порошу.

Балансні співвідношення:

1. На основі даних про масу заряду визначається робота A_w , яку здійснюють порохові газу.
2. Визначається маса рухомого елемента (поршня) q та відстань l , на яку відбувається його переміщення.
3. Теплоота нагріву експериментальної установки складається з теплоота нагріву корпусу та теплоота нагріву поршня

$$Q = Q^{корп} + Q^{порш},$$

де $Q^{корп} = m_{корп} \cdot C_p \cdot (t''_{корп} - t'_{корп})$ – теплоота нагріву корпусу; $Q^{порш} = q \cdot C_p \cdot (t''_{порш} - t'_{порш})$ – теплоота нагріву поршня; $m_{корп}$ – маса корпусу; q – маса поршня; C_p – теплоємність матеріалів корпусу та поршня; t' – початкова температура експериментального обладнання; t'' – температура обладнання після проведення експерименту.

4. Великою роботою сил тертя в даному експерименті нехтуємо.
5. З цього маємо основне балансне рівняння, що лежить в основі запропонованої методики

$$\omega \cdot f = A_{\omega} = q \cdot l + Q^{\text{корп}} + Q^{\text{порш}}$$

де ω – маса заряду; f – сила пороху; A_{ω} – робота порохівих газів при згорянні заряду; q – маса поршня; l – відстань, що пройдена поршнем.

6. Маса заряду ω при зберіганні змінюється (зменшується), у зв'язку з чим зменшується сила пороху f . Фактичне значення сили пороху f' , що відповідає терміну зберігання заряду, визначається так:

$$f' = \frac{q \cdot l + Q^{\text{корп}} + Q^{\text{порш}}}{\omega}$$

Далі визначається зміна сили пороху, що спричинена терміном зберігання порохівого заряду

$$f - f' = \Delta f$$

де f – табличне значення сили пороху; f' – значення сили пороху, що відповідає терміну зберігання заряду.

На основі результатів експериментів отримуємо силу пороху, яка відповідає його терміну зберігання (необроблений порох), та силу пороху, який оброблений за розробленою методикою, і порівнюємо їх між собою, а також з табличним значенням сили пороху для даної його марки (свіжий порох).

Висновки

Виходячи з вищевикладеного можна дійти висновку, що отримані за запропонованою методикою результати експерименту можуть бути основою для аналізу залежності впливу геронтологічних змін у порохівих зарядах тривалих термінів експлуатації на балістичні характеристики озброєння, а також можливість регенерації зазначених зарядів.

Представлено основне балансне рівняння, що лежить в основі запропонованої методики.

На основі отриманих експериментальних даних можуть бути визначені характеристики внутрішньої балістики – маса заряду, сила пороху, а отже, початкова швидкість снаряда, дальність і точність стрільби, що є напрямом подальших досліджень.

Література

1. Трофименко П.Є., Пушкаръов Ю.І. Основи всебічного забезпечення артилерійських підрозділів: Підручник. Суми: Сумський державний університет. 2019. 689 с.
2. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. М.: Машиностроение. 1972. 208 с.
3. Шагов Ю.В. Взрывчатые вещества и пороха. М.: Военное издательство Министерства обороны СССР. 1976. 120 с.

4. Будников М.А., Левкович Н.А., Быстров И.В., Сиротинский В.Ф., Шехтер Б.И. Взрывчатые вещества и пороха. М.: Государственное издательство оборонной промышленности. 1955. 364 с.
5. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика. М.: Оборонгиз. 1949. 670 с.
6. Окунев Б.Н. Определение баллистических характеристик пороха и давления форсирования. М.-Л.: Гостехиздат. 1943. 92 с.
7. Гриненко О.І., Денєжкін М.М. Деякі проблеми перспективного планування розвитку Збройних Сил України // Наука і оборона. 2001. №3. С. 31–35.
8. Аніпко О.Б., Баулін Д.С., Горелишев С.А. Геронтологічні властивості порохових зарядів боеприпасів та їх вплив на показники живучості стрілецької зброї: Монографія. Харків: Вид-во Національної академії Національної гвардії України. 2019. 119 с.
9. Гончаренко П.Д. Интегральная поправка в начальную скорость на износ ствола и геронтологические изменения порохового заряда // Збірник наукових праць Академії військово-морських сил імені П.С. Нахімова. 2011. №1 (5). С. 11–14.
10. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения: Монографія: Харьков: Изд-во академии внутр. войск МВД Украины, 2010. 130 с.
11. Анипко О.Б., Хайков В.Л. Цветометрия пороховых элементов метательных зарядов артиллерийских боеприпасов // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2011. №1. С. 28–35.
12. Баулін Д.С. Нитроцелюлозні порохові заряди тривалих термінів експлуатації: проблемні задачі та їх можливі рішення // Інтегровані технології та енергозбереження. 2021. №4. С. 33–45.
13. Анипко О.Б., Гончаренко П.Д., Хайков В.Л. Преждевременные разрывы снарядов корабельной артиллерии и методы их предупреждения. Зарубежный опыт. // Збірник наукових праць Академії військово-морських сил імені П.С. Нахімова. 2011. – №4(48). – С. 6–16.
14. Анипко О.Б., Хайков В.Л. Анализ методов оценки состояния пороховых зарядов как элемент системы мониторинга артиллерийских боеприпасов // Інтегровані технології та енергозбереження. 2012. №3. С. 60–71.
15. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М., Гончаренко П.Д., Хайков В.Л. Живучість нарезних і гладких стволів при використанні боеприпасов послегарантийних термінів зберігання. Севастополь: Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова, 2012. 208 с.
16. Аніпко О.Б., Баулін Д.С., Бірюков І.Ю., Гунько О.О. Прогнозування змін балістичних характеристик пострілів роздільно-гільзового заряджання із зарядами тривалих термінів експлуатації // Інтегровані технології та енергозбереження. 2022. №1. С. 52–62.
17. Буллер М.Ф., Межевич Г.В. Производство и исследования пироксилиновых порохов. Хроматографические методы контроля // Хімічна промисловість України. 2011. № 2. С. 48–51.
18. Ермошкин А.С., Булидоров В.В., Салахияев В.М., Никольская В.Ф. Химическая стойкость и совместимость порохов и ВВ. Обзор. М.: ЦНИИНТИ. 1984. 65 с.
19. Клименко Г.К. Методы испытания порохов. М.: Гос. изд. оборон. пром. 1941. 231 с.
20. Клименко Г.К. Термическая стабильность взрывчатых веществ. М.: ЦНИИНТИ. 1972. 244 с.

21. Hetman J. S. Polarography of Explosives. Fresenius Zeitschrift for analytische Chemie. 1973. Vol. 264. Issue 2. P. 159–164.
22. Asplund J. Differential Pulse Polarographic Analysis of Powders and Explosives. Propellants, Explosives, Pyrotechnics. 1986. Vol. 11. Issue 3. P. 69–80.
23. Метц Л. Исследование химической стойкости малодымных порохов и взрывчатых веществ методом измерения концентраций водородных ионов // Сборник переводных статей под общей редакцией Л. Г. Светлова. М.–Л.: ОНТИ. Госхимиздат. 1934. С. 94–125.
24. Analytical Methods for Powders and Explosives. Nobelkrut, AB Bofors, 1960. 239 p.
25. STANAG 4582 (EDITION 1). Explosives, nitrocellulose based propellants, stability test procedure and requirements using heat flow calorimetry. Brussels: North Atlantic Treaty Organization, Military Agency for Standardization. 2004. 25 p.
26. Hansson J. Microcalorimetric measurements on substances having selfignited. 7th Symp. Chem. Probl. Connected Stab. Explosiv. Smygehamn. Sweden. June 9-13. 1985. P. 87–98.
27. Анипко О.Б. Результаты экспериментального исследования воздействия перекиси водорода на нитроцеллюлозные высокомолекулярные соединения // Інтегровані технології та енергозбереження. 2014. №2. С. 50–55.

Bibliography (transliterated)

1. Trofimenko P.Ê., Pushkar'ov YU.Í. Osnovi vsebíchnogo zabezpechennya artileriy'skikh pídrozdílív: Pídruchnik. Sumi: Sums'kiy derzhavniy uníversitet. 2019. 689 p.
2. Gorst A.G. Porokha i vzryvchatyye veshchestva. M.: Mashinostroyeniye. 1972. 208 p.
3. Shagov YU.V. Vzryvchatyye veshchestva i porokha. M.: Voennoye izdatel'stvo Ministerstva Oborony SSSR. 1976. 120 p.
4. Budnikov M.A., Levkovich N.A., Bystrov I.V., Sirotinskiy V.F., Shekhter B.I. Vzryvchatyye veshchestva i porokha. M.: Gosudarstvennoye izdatel'stvo oboronnoy promyshlennosti. 1955. 364 p.
5. Serebryakov M.Ye. Vnutrennyaya ballistika. M.: Oborongiz. 1949. 670 p.
6. Okunev B.N. Opredeleniye ballisticheskikh kharakteristik porokha i davleniya forsirovaniya. M.-L.: Gostekhizdat. 1943. 92 p.
7. Grinenko O.Í., Dênêzhkín M.M. Deyakí problemi perspektivnogo planuvannya rozvitku Zbroynikh Sil Ukraїni // Nauka í oborona. 2001. №3. P. 31–35.
8. Anípko O.B., Baulín D.S., Gorêlishev S.A. Gerontologíchní vlastivostí porokhovikh zaryadív boêpriпасів та íkh vpliv na pokazniki zhivuchostí strílets'koї zbroї: Monografiya. Kharkív: Vid-vo Natsional'noї akademії Natsional'noї gvardії Ukraїni. 2019. 119 p.
9. Goncharenko P.D. Integral'naya popravka v nachal'nuyu skorost' na iznos stvola i gerontologicheskkiye izmeneniya porokhovogo zaryada // Zbírnik naukovikh prats' Akademії víys'kovo-mors'kikh sil ímení P.S. Nakhíмова. 2011. №1 (5). P. 11–14.
10. Anipko O.B., Busyak YU.M. Vnutrennyaya ballistika stvol'nykh sistem pri primenenií boyepriпасов dlitel'nykh srokov khraneniya: Monografiya: Khar'kov: Izd-vo akademii vnutr. voysk MVD Ukrainy, 2010. 130 p.
11. Anipko O.B., Khaykov V.L. Tsvetometriya porokhovyykh elementov metatel'nykh zaryadov artileriy'skikh boyepriпасов // Artileriy'skoye i strelkovoye vooruzheniye. 2011. №1. P. 28–35.

12. Baulín D.S. Nitrotselyulozní porokhové zaryadi trivalikh termíniv yekspluatatsíi: problemní zadachí ta íkh mozhlíví ríshennya // Íntegrování tekhnologíi ta yenergozberezhennya. 2021. №4. P. 33–45.
13. Anipko O.B., Goncharenko P.D., Khaykov V.L. Prezhdevremennyye razryvy snaryadov korabel'noy artillerii i metody ikh preduprezhdeniya. Zarubezhnyy opyt. // Zbírnik naukovikh prats' Akademií víys'kovo-mors'kikh sil imeni P.S. Nakhimova. 2011. №4(48). P. 6–16.
14. Anipko O.B., Khaykov V.L. Analiz metodov otsenki sostoyaniya porokhovykh zaryadov kak element sistemy monitoringa artilleriyskikh boyepripasov // Íntegrování tekhnologíi ta yenergozberezhennya. 2012. №3. P. 60–71.
15. Anipko O.B., Busyak YU.M., Goncharenko P.D., Khaykov V.L. Zhivuchest' nareznykh i gládkikh stvolov pri ispol'zovanii boyepripasov poslegarantiynykh srokov khraneniya. Sevastopol': Akademiya voyenno-morskikh sil imeni P.S. Nakhimova, 2012. 208 p.
16. Anipko O.B., Baulín D.S., Biryukov Í.YU., Gun'ko O.O. Prognozuvannya zmín balístichnikh kharakteristik postríliv rozdíl'no-gíl'zovogo zaryadzhannya íz zaryadami trivalikh termíniv yekspluatatsíi // Íntegrování tekhnologíi ta yenergozberezhennya. 2022. №1. P. 52–62.
17. Buller M.F., Mezhevich G.V. Proizvodstvo i issledovaniya piroksilinovykh porokhov. Khromatograficheskiye metody kontrolya // Khímichna promislovíst' Ukraíni. 2011. № 2. P. 48–51.
18. Yermoshkin A.S., Bulidorov V.V., Salakhiyev V.M., Nikol'skaya V.F. Khimicheskaya stoykost' i sovmestimost' porokhov i VV. Obzor. M.: TSNINTI. 1984. 65 s.
19. Klimenko G.K. Metody ispytaniya porokhov. M.: Gos. izd. oboron. prom. 1941. 231 p.
20. Klimenko G.K. Termicheskaya stabil'nost' vzryvchatykh veshchestv. M.: TSNINTI. 1972. 244 p.
21. Hetman J. S. Polarography of Explosives. Fresenius Zeitschrift for analytische Chemie. 1973. Vol. 264. Issue 2. P. 159–164.
22. Asplund J. Differential Pulse Polarographic Analysis of Powders and Explosives. Propellants, Explosives, Pyrotechnics. 1986. Vol. 11. Issue 3. P. 69–80.
23. Metts L. Issledovaniye khimicheskoy stoykosti malodymnykh porokhov i vzryvchatykh veshchestv metodom izmereniya kontsentratsiy vodorodnykh ionov // Sbornik perevodnykh statey pod obshchey redaktsiyey L. G. Svetlova. M.–L.: ONTI. Goskhimizdat. 1934. P. 94–125.
24. Analytical Methods for Powders and Explosives. Nobelkrut, AB Bofors, 1960. 239 p.
25. STANAG 4582 (EDITION 1). Explosives, nitrocellulose based propellants, stability test procedure and requirements using heat flow calorimetry. Brussels: North Atlantic Treaty Organization, Military Agency for Standardization. 2004. 25 p.
26. Hansson J. Microcalorimetric measurements on substances having selfignited. 7th Symp. Chem. Probl. Connected Stab. Explosiv. Smygehamn. Sweden. June 9–13. 1985. P. 87–98.
27. Anipko O.B. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya vozdeystviya perekisi vodoroda na nitrotsellyuloznyye vysokomolekulyarnyye soyedineniya // Íntegrování tekhnologíi ta yenergozberezhennya. 2014. №2. P. 50–55.

УДК 355.014: 623.522

Баулін Д.С., к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник науково-дослідного центру

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПІРОКСИЛІНОВИХ ПОРОХІВ

Однією зі складових проблеми національної безпеки в Україні є завантаження складів різноманітними боєприпасами з вичерпаним гарантійним строком зберігання.

Досвід зберігання боєприпасів показує, що у процесі тривалого зберігання піроксилінові пороху, які використовуються в боєприпасах, здатні самовільно перетерплювати різні фізико-хімічні перетворення, що негативно відображається на балістичних характеристиках боєприпасів. Відсутність виробництва боєприпасів в Україні призвела до того, що наразі в експлуатації перебувають боєприпаси, час зберігання яких понад 30 років.

У цій статті проаналізовано публікації, що присвячені науковим дослідженням щодо проблем безпечної експлуатації піроксилінових порохів. Показано, що однією з головних проблем оцінювання властивостей піроксилінових порохів є ефективний фізико-хімічний моніторинг їх стану та прогнозування змін, що відбуваються на тривалих етапах експлуатації. Вказано на актуальність досліджень фізико-хімічних змін у процесі тривалого зберігання піроксилінових порохів, а також визначення можливості їх відновлення та ефективного подальшого використання.

Наведено різні методи оцінки хімічної стійкості порохів та їх аналіз.

Пропонується методика визначення змін характеристик піроксилінових порохів, а також методика проведення експерименту щодо визначення можливості регенерації порохових зарядів тривалих термінів експлуатації шляхом обробки їх перекисом водню, а, отже, зміни енергетичних та балістичних характеристик пороху.

Подано експериментальну установку для контролю калориметричних властивостей пороху. Цей експеримент проводиться з метою визначення сили пороху на основі балансних співвідношень енергії пороху. Наведено основне балансне рівняння, що лежить в основі запропонованої методики.

На основі результатів експериментів передбачається отримати силу пороху, обробленого за розробленою методикою, яка буде відповідати терміну зберігання порохового заряду боєприпасів.

Визначено, що на основі вирішення проблеми нітроцелюлозних порохів тривалих термінів експлуатації можуть бути розвинені теоретико-методологічні засади регенерації порохових зарядів для омологатії балістичних та енергетичних характеристик боєприпасів.

Ключові слова: геронтологічні властивості порохових зарядів, піроксиліновий порох, омологатія, гарантійний термін експлуатації, методика регенерації порохових зарядів, методи оцінки хімічної стійкості, експериментальна установка, балансне рівняння.

Баулин Д.С., к.т.н., с.н.с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ

Одной из составляющих проблемы национальной безопасности Украины является загрузка складов боеприпасами с истощенным гарантийным сроком эксплуатации.

Опыт эксплуатации боеприпасов показывает, что в процессе длительного хранения пироксилиновые пороха, используемые в боеприпасах, способны самопроизвольно претерпевать различные физико-химические превращения, что негативно отражается на баллистических характеристиках боеприпасов. Отсутствие производства боеприпасов в Украине привело к тому, что в настоящее время в эксплуатации находятся боеприпасы, время хранения которых более 30 лет.

В данной статье проанализированы публикации, посвященные научным исследованиям, касающимся проблем безопасной эксплуатации пироксилиновых порохов. Показано, что одной из главных проблем в оценивании свойств пироксилиновых порохов является эффективный физико-химический мониторинг их состояния и прогнозирование изменений, происходящих на длительных этапах эксплуатации. Указано на актуальность исследований физико-химических изменений в процессе длительного хранения пироксилиновых порохов, а также определение возможности их восстановления и эффективного дальнейшего использования.

Приведены различные методы оценки химической стойкости порохов и их анализ.

Предлагается методика определения изменений характеристик пироксилиновых порохов, а также методика проведения эксперимента по определению возможности регенерации пороховых зарядов длительных сроков эксплуатации путем обработки их перекисью водорода, а, следовательно, изменения энергетических и баллистических характеристик пороха.

Представлена экспериментальная установка для контроля калориметрических свойств пороха. Данный эксперимент проводится с целью определения силы пороха на основе балансных соотношений энергии пороха. Приведено основное балансное уравнение, лежащее в основе предлагаемой методики.

На основе результатов экспериментов предполагается получить силу пороха, обработанного по разработанной методике, и соответствующую сроку хранения порохового заряда боеприпасов.

Определено, что на основе решения проблемы нитроцеллюлозных порохов длительных сроков эксплуатации могут быть развиты теоретико-методологические основы регенерации пороховых зарядов для омоложения баллистических и энергетических характеристик боеприпасов.

Ключевые слова: геронтологические свойства пороховых зарядов, пироксилиновый порох, омоложение, гарантийный срок эксплуатации, методика регенерации пороховых зарядов, методы оценки химической стойкости, экспериментальная установка, балансное уравнение.

Baulin D.

METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERIMENTAL STUDY TO RESTORE THE CHARACTERISTICS OF PYROXYLIN POWDERS

One of the components of the problem of national security of Ukraine is the loading of warehouses with ammunition with an exhausted warranty period.

Experience in the operation of ammunition shows that during long-term storage, pyroxylin powders used in ammunition are capable of spontaneously undergoing various physical and chemical transformations, which negatively affects the ballistic characteristics of ammunition. The lack of production of ammunition in Ukraine has led to the fact that ammunition is currently in operation, the storage time of which is more than 30 years.

This article analyzes publications devoted to scientific research related to the problems of safe operation of pyroxylin powders. It is shown that one of the main problems in evaluating the properties of pyroxylin powders is the effective physical and chemical monitoring of their state and the prediction of changes occurring during long periods of operation. The relevance of studies of physical and chemical changes in the process of long-term storage of pyroxylin powders, as well as the determination of the possibility of their recovery and effective further use, is indicated.

Various methods for assessing the chemical resistance of gunpowder and their analysis are given.

A method is proposed for determining changes in the characteristics of pyroxylin powders, as well as a method for conducting an experiment to determine the possibility of regenerating powder charges for long periods of operation by treating them with hydrogen peroxide, and, consequently, changing the energy and ballistic characteristics of gunpowder.

An experimental setup for controlling the calorimetric properties of gunpowder is presented. This experiment is carried out in order to determine the strength of gunpowder based on the balance ratios of the energy of gunpowder. The main balance equation underlying the proposed technique is given.

Based on the results of the experiments, it is supposed to obtain the strength of the gunpowder processed according to the developed method, and corresponding to the storage life of the powder charge of ammunition.

It has been determined that on the basis of solving the problem of long-term nitrocellulose powders, theoretical and methodological foundations for the regeneration of powder charges for homologation of the ballistic and energy characteristics of ammunition can be developed.

Keywords: gerontological properties of powder charges, pyroxylin powder, homologation, warranty period of operation, powder charge regeneration method, methods for assessing chemical resistance, experimental setup, balance equation.