

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

НІТРОЦЕЛЮЛОЗНІ ПОРОХОВІ ЗАРЯДИ ТРИВАЛИХ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ: ПРОБЛЕМНІ ЗАДАЧІ ТА ЇХ МОЖЛИВІ РІШЕННЯ

Національна академія Національної гвардії України, Харків

Ключові слова: нітроцелюлозні порохові заряди, тривалі терміни експлуатації, балістична стабільність, балістичні та енергетичні характеристики, експериментальні та теоретичні дослідження, періоди експлуатації порохів, омологація, методи регенерації

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Однією з вимог, що висуваються до порохів для практичного використання, є стабільність – здатність при зберіганні не змінювати свої фізико-хімічні, а отже, і балістичні властивості.

Балістичні якості піроксилінових порохів визначаються сукупністю ряду властивостей: працездатністю, формою порохових елементів, швидкістю горіння [1–3], та оцінюються величинами початкової швидкості снаряда, максимального тиску порохових газів [3–5] та середнього відхилення початкової швидкості при стрільбі з того чи іншого зброї [1, 4, 6].

Відомо, що нітроцелюлозні пороху (НЦП) є нестійкими хімічними сполуками. Цим зумовлено, що балістична стабільність їх обмежена через автокаталітичну реакцію, швидкість якої може суттєво змінюватися під впливом температури та вологості. Зміна вмісту компонентів пороху супроводжується суттєвою зміною його балістичних властивостей. При зміні вмісту легких речовин у поросі на 1 % швидкість горіння змінюється на 10–12 %, тиск порохових газів – на 9–16 %, а початкова швидкість снаряда – на 3–4 % [2, 7].

Балістична стабільність грає вирішальну роль при встановленні терміну експлуатації порохів [1, 2, 5]. Цим завданням присвячені публікації вітчизняних (Зельдович Я.Б., Воронцов Г.І., Горст А.Г., Зеленський В.П., Шагов Ю.В., Будніков М.А., Левкович Н.А.) та зарубіжних (Бунзен А.І., Баср Ф.В., Лібих Ю., Вюрц Ш.А., Дьюар Дж., Бертолле К.Л.) вчених.

Тривалість зберігання порохів має винятково велике значення, оскільки з нею пов'язані питання необхідних виробничих потужностей порохових заводів та системи контролю за станом порохів. Проте встановлення гарантійних термінів безпечного зберігання порохів та їхньої експлуатаційної придатності є надзвичайно важкою проблемою.

Малостійкі пороху не тільки не вигідні в економічному відношенні, тому що необхідно часте освіження бойового запасу, а й становлять значну небезпеку. Відомі випадки, коли самозаймання пороху супроводжувалося людськими жертвами, інколи ж приймало розміри великих катастроф [1].

Проблема зберігання та накопичення великої кількості боєприпасів, а саме порохових зарядів, характерна не лише для України, але й для таких розвинених країн НАТО як США (вибух у гарматній вежі лінкору “Айова”, 1989 рік), Німеччина (розриви стволів артилерійських систем), Франція (вибух на складі боєприпасів, 2007 рік), Чехія (вибухи складів боєприпасів у Врбетиці, 2014).

За оцінками, виконаними у середині 1980-х років, потреба загальновійськової

армії у боєприпасах лише до стрілецької зброї на наступальну операцію становить 10000 тонн [8]. У сучасних умовах така потреба буде не нижчою. Задовольнити таку величезну потребу в боєприпасах під час ведення бойових дій можна лише за наявності достатніх запасів, оскільки навіть за наявності достатніх виробничих потужностей, простої та безпечної технології виготовлення порохів, неможливо в короткий термін виготовити, передати до Збройних Сил та розподілити боєприпаси за з'єднаннями, частинам та підрозділам [2, 3].

Проблема старіння порохових набоїв та погіршення, у зв'язку з цим, балістичних характеристик зброї відома і не нова. Є дані досліджень фізико-хімічних змін у порохам, що охоплюють термін їх зберігання до 5 років, прогнози – до 10 років [1, 2]. Однак, у роботах [9–13] отримані дані про зміни, що відбуваються в порохам за більш тривалих термінів зберігання (17–21 р.).

Наразі Україна не має на своїй території заводів, що спеціалізуються на виробництві боєприпасів. Запаси, що зберігаються в арсеналах і складах досить великі, але терміни їх зберігання становлять понад 35 років [14, 15].

Проблема стабілізації порохових зарядів виникає під час розробки та прийняття їх у озброєння. Її актуальність впливає як із вимог забезпечення безпеки у поводженні з порохами, так і з вимог економічного характеру та забезпечення надійності функціонування зарядів боєприпасів.

Це породжує комплексну проблему, пов'язану з:

- можливістю застосування цих боєприпасів;
- відновленням їх властивостей (омологацією);
- визначенням граничних термінів, коли омологація ще можлива;
- утилізацією (знищенням).

Першим проблемним завданням, пов'язаним з питаннями стабілізації порохів, займалося багато дослідників [4, 6, 9, 16, 17], але незважаючи на великий обсяг виконаних робіт, проблема містить ще багато невизначених питань, що пов'язано зі складністю фізико-хімічних процесів, які протікають у порохам при зберіганні, складністю спостереження за перебігом цих процесів у багатокомпонентних жорстких системах (особливо на проміжних стадіях), неможливістю виділення в чистому вигляді більшості продуктів перетворення. Теоретично вона також не має розвитку через відсутність дійсної хімічної формули НЦП.

В останні роки накопичено великий експериментальний матеріал про реакційну здатність ароматичних сполук, розроблено основні положення електронної теорії, що встановлює зв'язок між хімічною будовою речовин та їхньою реакційною здатністю. Однак, зважаючи на невблаганність перебігу часу, ці дані вже слід вважати застарілими, оскільки вони отримані для термінів зберігання 19–26 років, і тому можуть бути використані для прогнозу та узагальнення закономірностей зміни фізико-хімічних властивостей НЦП.

У зв'язку з цим **метою статті** є аналіз та постановка комплексної проблеми нітроцелюлозних порохів зарядів тривалих термінів експлуатації та визначення можливих шляхів підвищення їх балістичних та енергетичних характеристик.

Виклад основного матеріалу. Порохи є багатокомпонентними системами, що включають компоненти з різною летючістю і сумісністю один з одним. Нітрати целюлози, перхлорат амонію, алюміній та деякі інші компоненти є нелетючі. Розчинники-пластифікатори мають різну летючість і за певних умов можуть випаровуватися з пороху, змінюючи його склад, а отже, і балістичні властивості зарядів.

Порохи знаходяться в контактi з навколишнім повітрям, що містить вологу. Крім того, деяка кількість води завжди міститься в поросі. Залежно від умов зберігання, волога може поглинатися або віддаватися порохом. Зміна вмісту води в пороху спричиняє зміну балістичних показників зарядів та деяких властивостей порохів.

На рис. 1 наведені фактори, що впливають на балістичні характеристики порохів [10].

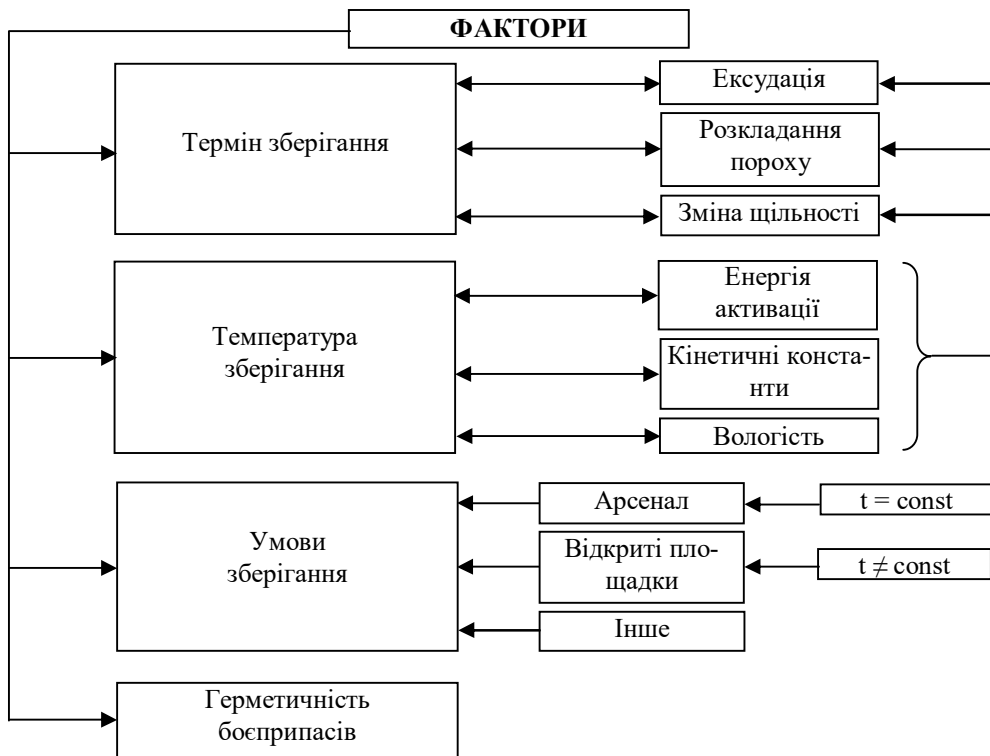


Рисунок 1 – Фактори, які впливають на балістичні характеристики порохів

Всі ці процеси викликають зміну властивостей порохів, а отже і балістичних показників. Здатність порохів і зарядів чинити опір зміні своїх властивостей за рахунок протікання фізичних процесів протягом усього терміну експлуатації є фізична стабільність [1–3].

Розрізняють дві групи процесів, що визначають фізичну стабільність порохів: адсорбційно-дифузійні процеси, що викликають зміну складу порохів та структурні процеси, що супроводжуються зміною властивостей порохів при незмінному компонентному складі.

Адсорбційно-дифузійні процеси в порохах включають [1–3]:

- обмін вологою з навколишнім середовищем;
- зміна вмісту окремих компонентів за рахунок дифузії їх на зовнішню поверхню порохових елементів з подальшою десорбцією в навколишнє середовище або утворенням на поверхні порохів конденсованої фази;
- дифузію газоподібних продуктів розкладання порохів.

Найбільш суттєве значення для порохів мають процеси адсорбції – десорбції води та десорбції летких та важколетючих розчинників-пластифікаторів. Випаровування з піроксилінових порохів визначається сумарною втратою етилового спирту, діетилового ефіру та води.

Встановлено у низці робіт [10–13], що зміна маси порохового заряду у процесі зберігання, пов'язане з хімічними реакціями, є незаперечним показником зміни як внутрішніх, так і зовнішніх балістичних характеристик боєприпасів. Крім того, всі ці фактори на певному етапі негативно впливають і на матеріальну частину ствольних систем.

Стан поверхні та колір піроксилінових порохів не характеризують балістичних якостей зарядів. Однак за зовнішніми ознаками у ряді випадків можна скласти уявлення про спосіб та особливості виробництва, а також про якісний стан пороху [18].

Поряд із фізичними процесами, що викликають зміну властивостей порохів, важливе місце займають хімічні перетворення, що іноді визначають стабільність порохів та термін експлуатаційної придатності зарядів.

На відміну від фізичних процесів, хімічні перетворення на порохах носять незворотний характер, викликаючи накопичення змін показників відповідних властивостей. Хімічна стабільність порохів визначається їхньою хімічною стійкістю, тобто здатністю чинити опір мимовільному хімічному розкладу при експлуатації в різних умовах. З урахуванням мимовільних хімічних перетворень експлуатаційну стабільність порохів, крім того, оцінюють за величиною запасу хімічної стійкості.

Запас хімічної стійкості і термін придатності порохів, що визначається ним, мають економічне значення. Скорочення термінів експлуатаційної придатності вимагає частішого оновлення запасу порохових зарядів, що з великими матеріальними затратами. Для НЦП середній термін придатності, який визначається їх хімічною стійкістю, перебуває у межах 20–30 років [2].

Дослідженнями [1–3] показано, що зі збільшенням термінів експлуатації боєприпасів змінюються показники основних характеристик.

На рис. 2 у загальному вигляді представлені залежності зміни основних характеристик порохових зарядів від терміну експлуатації: початкової швидкості снаряда (V_0), максимального тиску у каналі ствола (p_{\max}), маси заряду (m).

На рис. 2 представлені дві горизонтальні лінії, що відповідають табличній початковій швидкості снаряда (V_0^t) та показнику початкової швидкості при зменшенні її на 5 %, згідно [19].

Перший період – гарантійний термін експлуатації порохових зарядів без погіршення їх балістичних характеристик.

У другому періоді відбувається падіння початкової швидкості (до 5 % від V_0) та зменшення маси заряду у зв'язку з хімічними реакціями у пороховому заряді. На даному етапі можлива корекція шляхом введення поправок у вихідні дані для стрільби.

Третій період експлуатації характеризується подальшим падінням початкової швидкості снаряда нижче допустимого 5 % зниження. Використання таких боєприпасів можливе після проведення регенерації порохових зарядів для відновлення їх балістичних характеристик. Після регенерації характеристики порохового заряду частково відновлюються – показник початкової швидкості (точка Р) збільшується і перетворюється на точку Р₁. Надалі відбувається падіння V_0 за вказаною вище закономірністю і досягає 5 %-го зниження в точці П. Ця точка вказує граничний термін експлуатації порохового заряду, коли можлива та доцільна його регенерація. Проте, із рис. 2 видно, що економічно доцільно проводити регенерацію порохових зарядів третього періоду експлуатації якомога раніше, для збільшення періоду (Δt) подальшого практичного використання порохових зарядів, що регенеруються.

У роботі [20] представлені обнадійливі дані про обробку 7-ми каналного та трубчастого НЦП перекисом водню, на основі чого може бути розроблена технологія повного або часткового відновлення балістичних та енергетичних властивостей поро-

хового заряду.

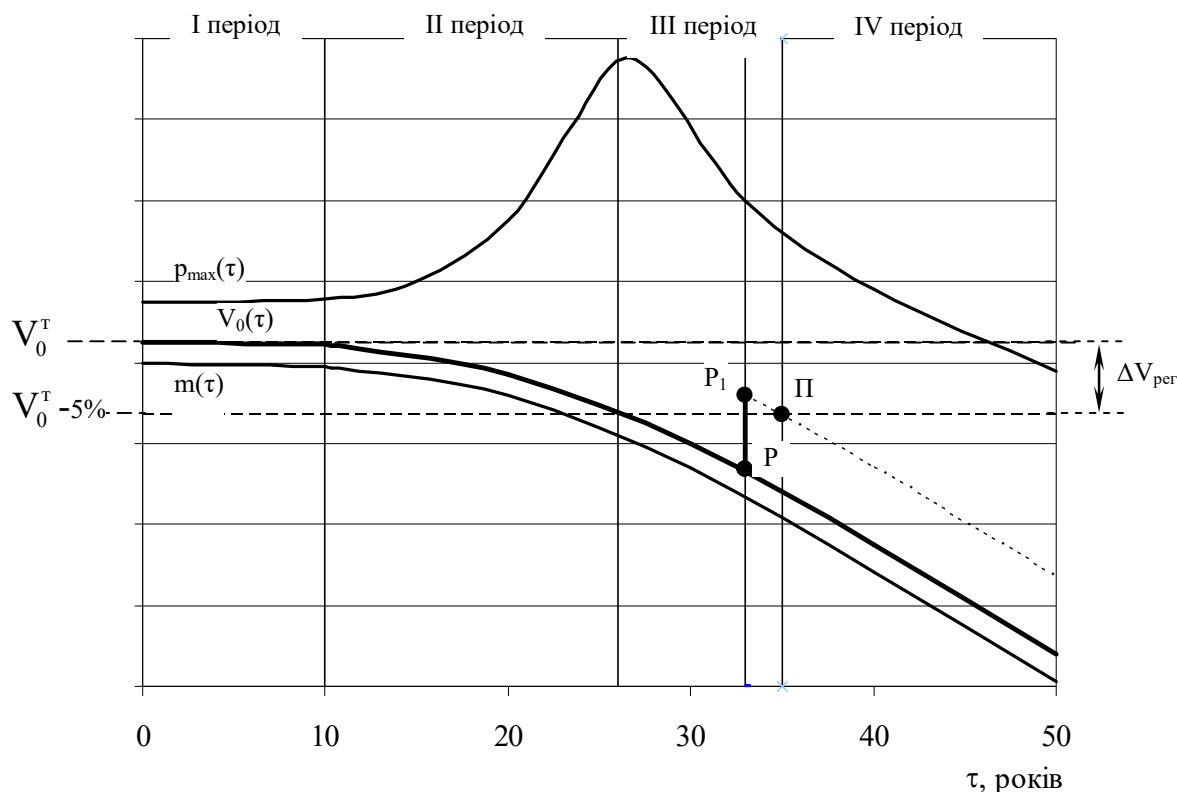


Рисунок 2 – Характерні точки та періоди в процесі експлуатації порохових зарядів

За межою точки II починається четвертий період експлуатації – період недоцільної регенерації, повної деградації (розкладання) порохового заряду, коли неможливе прогнозування його властивостей та характеристик. На цьому етапі порохові заряди підлягають утилізації.

На рис. 3 представлена залежність швидкості горіння порохового заряду від терміну експлуатації.

У першому періоді швидкість горіння стабільна. Далі вона починає підвищуватися і при досягненні точки II може підвищитись до області бризантних властивостей (вибух). На наступному етапі швидкість горіння інтенсивно падає через зменшення маси пороху та втрати його енергетичних характеристик як палива.

Процес розкладання пороху можна умовно поділити на два періоди: індукційний період та період автокаталітичного прискорення процесу розкладання.

Другий період характеризується різким збільшенням (на два – три порядки) швидкості процесу розкладання. Тому термін безпечного зберігання порохів визначається величиною індукційного періоду, терміни якого залежать від природи та взаємного співвідношення нітроєфірів у поросі, а також від умов зберігання.

Виходячи з розгляду хімічних властивостей порохів, можна зробити узагальнення:

1. Нітроцелюлозні порохи є багатокомпонентними термодинамічно малостійкими системами, здатними до мимовільного розкладання при тривалому зберіганні. Основними компонентами, що визначають процес хімічного розкладання порохів, є нітроєфіри целюлози та багатоатомних спиртів.

2. Окисли азоту, азотна і азотиста кислоти, що утворюються при розкладанні порохів, а також вільні радикали надають автокаталітичний вплив на процес подальшого розкладання порохів.

3. Підвищення температури і вмісту вологи надає прискорюючу дію на процес розкладання порохів.

4. Термічне розкладання та гідролітичний розпад порохів протікають одночасно, являючи собою сукупність великої кількості сполучених та паралельних хімічних реакцій.

5. Гальмування процесу мимовільного розкладання порохів може бути досягнуто шляхом зв'язування оксидів азоту та активних радикалів у хімічно інертні сполуки.

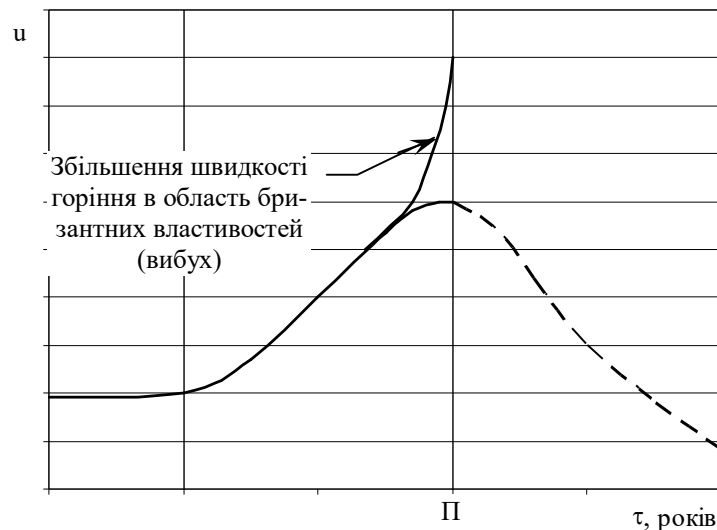


Рисунок 3 – Залежність швидкості горіння порохів зарядів від термінів експлуатації

Балістичні характеристики порохів зарядів можуть визначитися теоретично, шляхом вирішення задачі внутрішньої балістики, та експериментально шляхом визначення початкової швидкості снаряда V_0 і максимального тиску p_{max} .

Саме початкова швидкість є одним з основних параметрів під час проведення перевірки та категорювання стволів.

Результати практичної стрільби з артилерійських систем показують, що перший постріл – недоліт, другий – переліт. Отже, стрільба ведеться шляхом «вилка» [11]. Проте, навіть «вилкою» стрільба не ефективна, оскільки постріл від пострілу відрізняються неоднорідністю розсіювання. Причиною такої ситуації є те, що зараз застосовуються боєприпаси з терміном експлуатації 30 і більше років. Ряд досліджень [10–13, 18, 21, 22] геронтологічних властивостей порохів зарядів показують, що в результаті фізико-хімічних процесів при тривалій експлуатації порохів знижується їх щільність та теплотворна здатність, зростають максимальний тиск та швидкість горіння. У сукупності це призводить до падіння значення початкової швидкості [5, 15, 22] та підвищеного зносу стволів [9–11, 15].

На основі результатів комплексного експериментального [10] та теоретичного досліджень розроблено модель експлуатації боєприпасів у різні періоди їх зберігання (рис. 4).

Спираючись на цю модель, виділено наступні періоди експлуатації порохів зарядів:

I період – до 10 років – гарантійний термін експлуатації, у межах якого балістичні показники є стабільними;

II період – 10–26 років – період зміни фізико-хімічних властивостей у допустимих межах;

III період – понад 26 років – період деградації порохових зарядів, протягом якого заряд підлягає регенерації, або боєприпас загалом має бути утилізовано.

На етапі зберігання 25–30 років початкова швидкість може знизитися на величину 5 % і більше лише у вигляді старіння порохів.

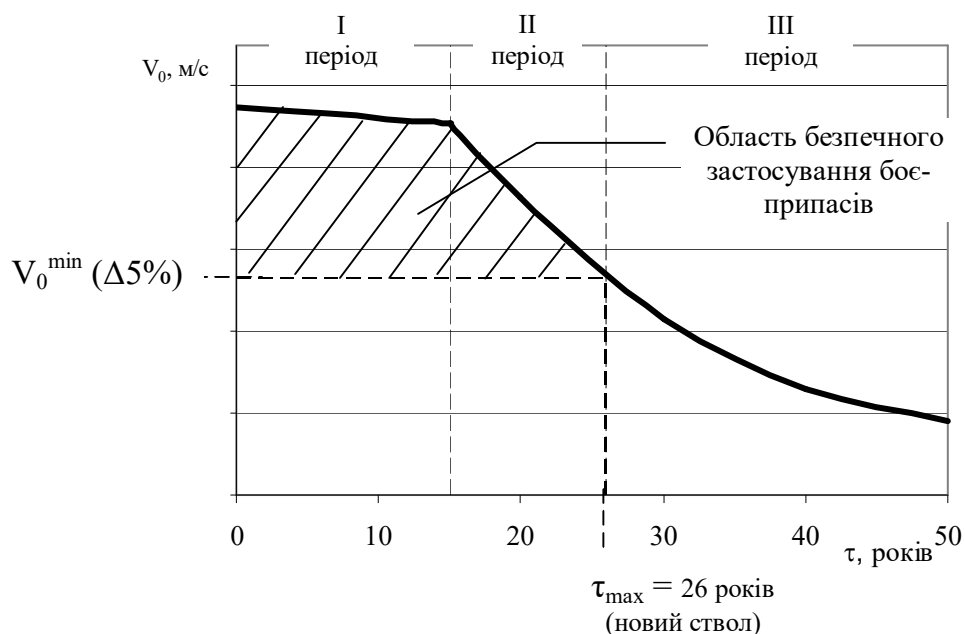


Рисунок 4 – Модель експлуатації боєприпасів залежно від терміну їх зберігання

Відповідно до [19], при зменшенні початкової швидкості снаряда більш ніж на 5 %, зброя вважається непридатною для бойового застосування.

Знаючи характер протікання фізико-хімічних процесів у пороху можна спрогнозувати гарантовану тимчасову ділянку застосування порохових зарядів без погіршення балістичних характеристик зброї.

На рис. 4 показано, що гарантований термін експлуатації порохів без погіршення балістичних характеристик зброї становить 26 років.

Як можна побачити на рис. 2–4 представлено різну кількість періодів експлуатації порохових зарядів. Це пов'язано з тим що дані ставляться до різноманітних досліджень, причому дані рис. 2 є узагальнюючими.

На етапі 25 років експлуатації боєприпасів було зроблено прогноз зміни фізико-хімічних властивостей порохових зарядів за величиною початкової швидкості (рис. 5) [23].

Через 10 років проведено контроль боєприпасів і встановлено, що прогноз не відповідає реальним показникам, змінюється характер залежності зміни початкової швидкості, що утруднює прогнозування термінів експлуатації боєприпасів.

Висновки. Проблема нітроцелюлозних порохів тривалих термінів експлуатації є комплексною і в сукупності полягає в невідповідності стану розвитку існуючої теоретико-методологічної бази визначення та підвищення їх балістичних та

енергетичних характеристик сучасним вимогам до точності оцінки зазначених характеристик для їх використання.

Проблема полягає у відсутності дієвої хімічної формули нітроцелюлози і тому не може бути вирішена методами аналітичної хімії. В той же час є експериментальні дані про вплив на НЦП перекисом водню, на основі чого можуть бути розвинені теоретико-методологічні основи регенерації порохових нітроцелюлозних зарядів для омологатії балістичних і енергетичних характеристик боєприпасів тривалих термінів експлуатації.

На сьогоднішній день не існує методів регенерації, не визначено термінів доцільної регенерації, відсутні закупівлі та відновлення арсеналів боєприпасами, їх виробництво в Україні, що породжує необхідність у постановці комплексного проблемного дослідження щодо вирішення цих завдань.

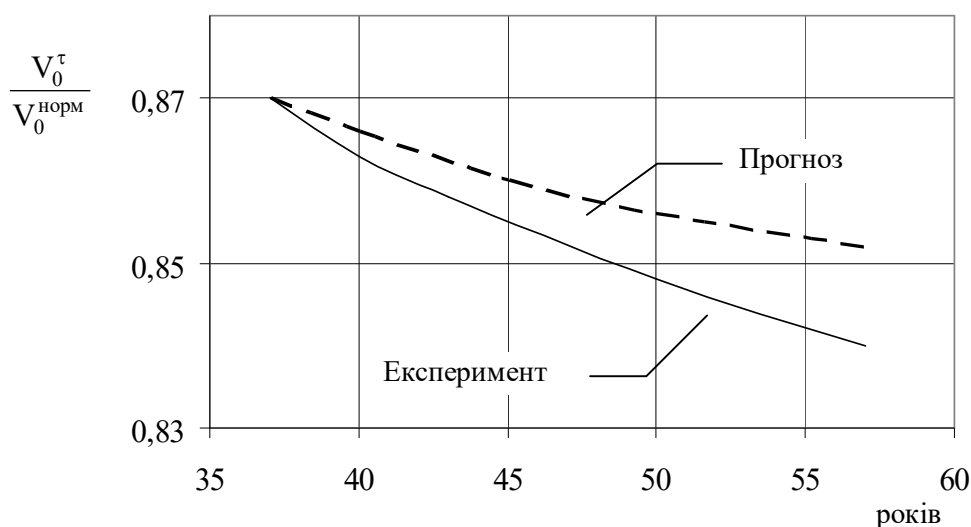


Рисунок 5 – Прогноз зміни значення початкової швидкості та дані експерименту

Література

1. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. М.: Машиностроение. 1972. 208 с.
2. Шагов Ю.В. Взрывчатые вещества и пороха. М.: Военное издательство Министерства обороны СССР. 1976. 120 с.
3. 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.
4. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика. М.: Оборонгиз. 1949. 670 с.
5. Окунев Б.Н. Определение баллистических характеристик пороха и давления форсирования. М.-Л.: Гостехиздат. 1943. 92 с.
6. Кувекко А.Е., Миропольский Ф.П. Внутренняя баллистика ствольных систем и ракетных двигателей твердого топлива. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 1987. 312 с.
7. Чернов В.П. Поправочные формулы внутренней баллистики. М.: Военное издательство Министерства обороны СССР. 1956. 168 с.

8. Трофименко П.Є., Пушкаръов Ю.І. Основи всебічного забезпечення артилерійських підрозділів: Підручник. Суми: Сумський державний університет. 2019. 689 с.
9. Анипко О.Б., Муленко А.О., Баулин Д.С. Экспериментальное исследование износа ствола 5,45 мм автомата Калашникова АК-74 при стрельбе боеприпасами длительных сроков хранения // Інтегровані технології та енергозбереження. 2013. №2. С. 121–125.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Анипко О.Б., Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники. Харьков: НТУ «ХПИ». 2008. 196 с.
14. Гриненко О.І., Денежкін М.М. Деякі проблеми перспективного планування розвитку Збройних Сил України // Наука і оборона. 2001. №3. С. 31–35.
15. Анипко О.Б., Муленко А.О., Баулин Д.С., Черкашин А.Д. Проблема живучести стволов стрелкового оружия при применении боеприпасов послегарантийных сроков хранения // Інтегровані технології та енергозбереження. 2010. №3. С. 80–83.
16. Орлов Б.В., Топчеев Ю.И., Устинов В.Ф., Алферов В.В., Бакулин А.И., Светлицкий В.А., Хворостин А.Е. Проектирование ракетных и ствольных систем. М.: Машиностроение. 1974. 828 с.
17. Чурбанов Е.В. Внутренняя баллистика артиллерийского орудия. М.: Военное издательство. 1973. 103 с.
18. Анипко О.Б., Хайков В.Л. Цветометрия пороховых элементов метательных зарядов артиллерийских боеприпасов // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2011. №1. С. 28–35.
19. Наказ «Про введення в дію Інструкції про порядок категорювання ракетно-артилерійського озброєння» від 11.01.2013 №19 [Копія] /МО України. К.
20. Анипко О.Б. Результаты экспериментального исследования воздействия перекиси водорода на нитроцеллюлозные высокомолекулярные соединения // Інтегровані технології та енергозбереження. 2014. № 2. С. 50–55.
21. Веннен Л., Бюрло Э., Лекорше А. Пороха и взрывчатые вещества. М.: ОНТИ. 1936. 652 с.
22. Баулін Д.С. Експериментальне дослідження впливу конструктивних характеристик боеприпасів на початкову швидкість куль // Збірник наукових праць «НАДПС України ім. Б.Хмельницького». 2004. №31. Частина II. С. 5–7.
23. Черкашин А.Д. Проверка достоверности прогноза и коррекция зависимости изменения начальной скорости пули 9 мм пистолетного патрона ПМ // Системи озброєння і військова техніка. 2010. № 3. С. 90–92.

Bibliography (transliterated)

1. Gorst A.G. Porokha i vzryvchatyye veshchestva. M.: Mashinostroyeniye. 1972. 208 p.
2. Shagov YU.V. Vzryvchatyye veshchestva i porokha. M.: Voennoye izdatel'stvo Ministerstva Oborony SSSR. 1976. 120 p.
3. 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.
4. Serebryakov M.Ye. Vnutrennyaya ballistika. M.: Oborongiz. 1949. 670 p.
5. Okunev B.N. Opredeleniye ballisticheskikh kharakteristik porokha i davleniya forsirovaniya. M.-L.: Gostekhizdat. 1943. 92 p.
6. Kuveko A.Ye., Miropol'skiy F.P. Vnutrennyaya ballistika stvol'nykh sistem i raketnykh dvigateley tverdogo topliva. M.: VVIA im. prof. N.Ye. Zhukovskogo. 1987. 312 p.
7. Chernov V.P. Popravochnyye formuly vnutrenney ballistiki. M.: Voennoye izdatel'stvo Ministerstva Oborony SSSR. 1956. 168 p.
8. Trofymenko P.YE., Pushkar'ov YU.I. Osnovy vsebichnoho zabezpechennya artyleriyskykh pidrozdiliv: Pidruchnyk. Sumy: Sums'kyy derzhavnyy universytet. 2019. 689 s.
9. Anipko O.B., Mulenko A.O., Baulin D.S. Eksperimental'noye issledovaniye iznosa stvola 5,45 mm avtomata Kalashnikova AK-74 pri strel'be boyepripasami dlitel'nykh srokov khraneniya // *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2013. №2. P. 121–125.
10. Anipko O.B., Baulin D.S., Gorêlishev S.A. Gerontologichnî vlastivostî porokhovikh zaryadiv boêpripasiv ta ikh vpliv na pokazniki zhivuchostî strilets'koî zbroi: Monografiya. Kharkiv: Vid-vo Natsional'noî akademii Natsional'noî gvardii Ukraïni, 2019. 119 p.
11. Goncharenko P.D. Integral'naya popravka v nachal'nuyu skorost' na iznos stvola i gerontologicheskkiye izmeneniya porokhovogo zaryada // *Zbîrnik naukovikh prats' Akademii viys'kovo-mors'kikh sil imeni P.S. Nakhimova*. 2011. №1 (5). P. 11–14.
12. Anipko O.B., Busyak YU.M. Vnutrennyaya ballistika stvol'nykh sistem pri primeneniî boyepripasov dlitel'nykh srokov khraneniya: Monografiya: Khar'kov: Izd-vo akademii vnutr. voysk MVD Ukraïny, 2010. 130 p.
13. Anipko O.B., Borisyuk M.D., Busyak YU.M. Kontseptual'noye proyektirovaniye ob'yektiv bronetankovoy tekhniki. Khar'kov: NTU «KHPI». 2008. 196 p.
14. Grinenko O.Î., Dênêzhkin M.M. Deyaki problemi perspektivnogo planuvannya rozvitku Zbroynikh Sil Ukraïni // *Nauka i oborona*. 2001. №3. P. 31–35.
15. Anipko O.B., Mulenko AO., Baulin D.S., Cherkashin A.D. Problema zhivuchesti stvolov strelkovogo oruzhiya pri primeneniî boyepripasov poslegarantiynykh srokov khraneniya // *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2010. №3. P. 80–83.
16. Orlov B.V., Topcheyev YU.I., Ustinov V.F., Alferov V.V., Bakulin A.I., Svetlitskiy V.A., Khvorostin A.Ye. Proyektirovaniye raketnykh i stvol'nykh sistem. M.: Mashinostroyeniye. 1974. 828 p.
17. Churbanov Ye.V. Vnutrennyaya ballistika artilleriyskogo orudiya. M.: Voennoye izdatel'stvo. 1973. 103 p.
18. Anipko O.B., Khaykov V.L. Tsvetometriya porokhovoykh elementov metatel'nykh zaryadov artilleriyskikh boyepripasov // *Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzheniye*. 2011. №1. P. 28–35.
19. Nakaz «Pro vvedeniya v diyu Іnstruktsii pro poryadok kategoruvannya raketno-artileriy'skogo ozbroënnya» vid 11.01.2013 №19 [Kopiyâ] /MO Ukraïni. K.

20. Anipko O.B. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya vozdeystviya perekisi vodoroda na nitrotsellyuloznyye vysokomolekulyarnyye soyedineniya // *Integrovani tekhnologii ta yenergozberezhennya*. 2014. № 2. P. 50–55.

21. Vennen L., Byurlo E., Lekorshe A. Porokha i vzryvchatyye veshchestva. M.: ONTI. 1936. 652 p.

22. Baulin D.S. Yeksperimental'ne doslidzhennya vplivu konstruktivnikh kharakteristik boëpriпасiv na pochatkovu shvidkist' kul' // *Zbirnik naukovikh prats' «NADPS Ukraini im. V.Khmel'nits'kogo»*. 2004. №31. Chastina II. P. 5–7.

23. Cherkashin A.D. Proverka dostovernosti prognoza i korrektsiya zavisimosti izmeneniya nachal'noy skorosti puli 9 mm pistoletного patrona PM // *Sistemi ozbroënnya i vïys'kova tekhnika*. 2010. № 3. P. 90–92.

УДК 355.014: 623.522

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

НІТРОЦЕЛЮЛОЗНІ ПОРОХОВІ ЗАРЯДИ ТРИВАЛИХ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ: ПРОБЛЕМНІ ЗАДАЧІ ТА ЇХ МОЖЛИВІ РІШЕННЯ

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 піроксилинові порохів, які використовуються в боєприписах, здатні самовільно перетерплювати різні фізико-хімічні перетворення, що негативно відображається на балістичних характеристиках боєприпасів. Відсутність виробництва боєприпасів в Україні, привело до того, що в цей час в експлуатації перебувають боєприпаси, час зберігання яких досягає 25–30 років і більше.

У даній статті проаналізовані публікації, присвячені науковим дослідженням, що стосуються проблем балістичної стабільності порохів.

Наведено ряд факторів, що впливають на фізико-хімічну стабільність порохів зарядів при їх тривалій експлуатації.

Приведені узагальнюючі дані зміни основних балістичних характеристик боєприпасів на різних періодах їх зберігання.

Передбачається, що одним із шляхів підвищення балістичних та енергетичних характеристик боєприпасів тривалих термінів експлуатації може бути проведення регенерації нітроцелюлозних порохів зарядів. Показано, що в даний час не існує методів регенерації порохів зарядів тривалих термінів експлуатації. Однак, маються обнадійливі дані про обробку порохів перекисом водню, на основі чого може бути розроблена технологія повного або часткового відновлення балістичних та енергетичних характеристик порохів заряду.

Наведено, що прогнозна оцінка зміни характеристик боєприпасів тривалих термінів експлуатації не відповідає їх реальним показникам.

Визначено, що проблема нітроцелюлозних порохів тривалих термінів експлуатації є комплексною і на основі її рішення можуть бути розвинені теоретико-

методологічні основи регенерації нітроцелюлозних порохових зарядів для омологації балістичних та енергетичних характеристик боеприпасів.

Ключові слова: нітроцелюлозні порохові заряди, тривалі терміни експлуатації, балістична стабільність, балістичні та енергетичні характеристики, експериментальні та теоретичні дослідження, періоди експлуатації порохів, омологація, методи регенерації.

Баулин Д.С., к.т.н., с.н.с.

НИТРОЦЕЛЮЛОЗНЫЕ ПОРОХОВЫЕ ЗАРЯДЫ ДЛИТЕЛЬНЫХ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ: ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАЧИ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Одной из составляющих проблемы национальной безопасности Украины является загрузка складов разнообразными боеприпасами с исчерпанным гарантийным сроком хранения.

Опыт хранения 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 достигает 25–30 лет и более.

В данной статье проанализированы публикации, посвященные научным исследованиям, касающимся проблем баллистической стабильности порохов.

Приведен ряд факторов, влияющих на физико-химическую устойчивость пороховых зарядов при их длительной эксплуатации.

Приведены обобщающие данные изменения основных баллистических характеристик боеприпасов на разных периодах их хранения.

Предполагается, что одним из путей повышения баллистических и энергетических характеристик боеприпасов длительных сроков эксплуатации может служить регенерация нитроцеллюлозных пороховых зарядов. Показано, что в настоящее время нет методов регенерации пороховых зарядов длительных сроков эксплуатации. Однако имеются обнадеживающие данные об обработке порохов перекисью водорода, на основе чего может быть разработана технология полного или частичного восстановления баллистических и энергетических характеристик порохового заряда.

Представлено, что прогнозная оценка изменения характеристик боеприпасов длительных сроков эксплуатации не соответствует их реальным показателям.

Определено, что проблема нитроцеллюлозных порохов длительных сроков эксплуатации комплексная и на основе ее решения могут быть развиты теоретико-методологические основы регенерации нитроцеллюлозных пороховых зарядов для омологації баллістических и энергетических характеристик боеприпасов.

Ключевые слова: нитроцеллюлозные пороховые заряды, длительные сроки эксплуатации, баллистическая стабильность, баллистические и энергетические характеристики, экспериментальные и теоретические исследования, периоды эксплуатации порохов, омологація, методы регенерации.

Baulin D.

NITRO CELLULOSE POWDER CHARGES OF LONG SERVICE LIFE: PROBLEMS AND THEIR POSSIBLE SOLUTIONS

One of the components of the problem of Ukraine's national security is the loading of warehouses with a variety of ammunition with an expired guaranteed storage period.

The experience of storing ammunition shows that during long-term storage, propylene powder used in ammunition is capable of spontaneously undergoing various physical and chemical transformations, which negatively affects the ballistic characteristics of ammunition. The lack of ammunition production in Ukraine has led to the fact that ammunition is currently in operation, the storage time of which reaches 25-30 years or more.

This article analyzes publications devoted to scientific research related to the problems of ballistic stability of propellants.

A number of factors are presented that affect the physicochemical stability of powder charges during their long-term operation.

The generalizing data on changes in the main ballistic characteristics of ammunition at different periods of their storage are presented.

It is assumed that one of the ways to improve the ballistic and energy characteristics of ammunition with long service lives can be the regeneration of nitrocellulose powder charges. It is shown that at present there are no methods for the regeneration of propellant charges of long service life. However, there are encouraging data on the treatment of propellants with hydrogen peroxide, on the basis of which a technology can be developed for the complete or partial restoration of the ballistic and energy characteristics of the propellant charge.

It is presented that the predictive assessment of changes in the characteristics of ammunition with long service lives does not correspond to their real indicators.

It has been determined that the problem of nitrocellulose propellants of long service life is complex and, on the basis of its solution, theoretical and methodological foundations of the regeneration of nitrocellulose propellant charges can be developed to homologate the ballistic and energy characteristics of ammunition.

Key words: nitrocellulose powder charges, long service life, ballistic stability, ballistic and energy characteristics, experimental and theoretical studies, powder exploitation periods, homologation, regeneration methods.