

О. Б. Аніпко¹, д. техн. н., професор, Д. С. Баулін², к. техн. н., с. н. с.,
С. А. Манжура², д-р філософії

СТРУКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НІТРОЦЕЛЮЛОЗНИХ ПОРОХІВ У ПЕРІОД ЇХ ЗБЕРІГАННЯ МІЖ ВИРОБНИЦТВОМ ТА УТИЛІЗАЦІЄЮ

¹Харківський Національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

²Національна академія Національної гвардії України, Харків

Ключові слова: нітроцелюлозні порохові заряди, система моніторингу, інформативні показники, гарантійний термін зберігання, регенерація, післярегенераційний період, критерії оцінки стану, економічне обґрунтування, життєвий цикл.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Огляд та аналіз доступних джерел [1–12], а також фактичних даних про заряди, що зберігаються, на основі нітроцелюлозних порохів (НЦП) (не буде перебільшенням сказати – практично у всіх країнах світу) показує, що:

1. Немає умов зберігання, за яких властивості НЦП залишалися незмінними.
2. З різних причин завжди є певна кількість боеприпасів на післягарантійному терміні зберігання.
3. Зміни властивостей НЦП можуть бути такими, що призводять до техногенних аварій та катастроф як у сценарії застосування їх за призначенням, так і у сценарії зберігання їх на базах та складах.

З огляду на це виникає завдання оцінки стану та прогнозування властивостей НЦП на відповідних етапах зберігання.

Ця задача комплексна і може бути вирішена із застосуванням загальновідомого підходу до вирішення таких завдань, а саме системи моніторингу.

Як відомо, у загальному випадку будь-яка система моніторингу включає три основні компоненти:

- вимірювання інформативних параметрів;
- оцінка поточного стану на основі виконаних вимірювань;
- прогноз.

Як бачимо із основних складових системи моніторингу, для практичної реалізації першої складової необхідно виділити інформативні показники, на основі виміру яких можна оцінити стан НЦП.

Для кожного з таких показників необхідно розробити методику його виміру та визначити необхідні засоби виміру, тобто інструментальну базу.

Після цього можна перейти до здійснення другої складової, проте для її повної реалізації необхідно розробити критерії, які б дозволяли однозначно оцінювати стан заряду.

Тут суттєвою підмогою і те, що для таких зарядів визначено гарантійний термін зберігання, тобто такий період часу, протягом якого виробник гарантує збереження всіх

встановлених стандартами експлуатаційних показників та характеристик порошу за умови дотримання правил зберігання.

У часовому відношенні такий термін становить період до 10 років. При цьому передбачається, що основний інформативний показник – початкова швидкість, не знизиться більш ніж на 5 % від табличного значення.

Отже, можна виділити другий критерій – відхилення значення початкової швидкості від табличного. Тут же можна визначити межу застосування за призначенням на післягарантійному терміні зберігання. Така межа може бути визначена умовою введення поправок у вихідні дані для стрільби, які можна практично реалізувати у відповідній ствольній системі.

Однак слід окремо розглядати боєприпаси осколково-фугасної та кінетичної (бронебійної) дії. Оскільки для бронебійних боєприпасів суттєве значення відіграє їх кінетична енергія при зустрічі з броньовою перешкодою, то зниження початкової швидкості снаряда нижче 5 % від табличного значення буде призводити до зниження бронепробиття на встановленій дальності. Отже, при оцінці стану необхідно визначити ефективну дальність для відповідного терміну зберігання, яка буде забезпечувати задане бронепробиття. Варто зазначити, що для боєприпасів кумулятивної дії падіння початкової швидкості не таке важливе, як для боєприпасів кінетичної дії [13].

Оцінка стану порохового заряду характеризується двома основними висновками:

- подальше застосування за призначенням можливе;
- подальше застосування за призначенням неможливе.

На цьому етапі постає питання прогнозування подальшого часу життєвого циклу виробу.

У тому випадку, якщо, як було показано в попередніх публікаціях, боєприпас втратив свої властивості в таких межах, що вони можуть бути відновлені розробленим методом регенерації, слід оцінити можливий післярегенераційний період зберігання, який повинен бути економічно обґрунтований. Якщо НЦП втратив свої властивості настільки, що він не підлягає регенерації, то така партія повинна бути вилучена з подальшої експлуатації та утилізована.

У цьому виникає наступне завдання розробки моделі зміни властивостей НЦП для прогнозування його стану. Такі моделі було розроблено раніше [4, 5, 14].

Досвід розвинених країн світу показує, що в кожній країні є свій підхід до вирішення таких проблем [15, 16].

Малостійкі порохи не тільки не вигідні в економічному відношенні, тому що необхідно часте освіження бойового запасу, а й становлять значну небезпеку. Відомі випадки, коли самозаймання порошу супроводжувалося людськими жертвами, інколи ж приймало розміри великих катастроф [4-6, 16].

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).

Є дані, що у Німеччині, Франції запроваджено систему безперервного моніторингу стану боєприпасів. Тому що невідомо, як зберігаються боєприпаси, а головне, за яких умов.

Як елементи системи моніторингу існують пересувні лабораторії, в яких перед

стрільбою проводиться аналіз порохових зарядів боєприпасів вибіркової партії і на його основі пропонуються рекомендації щодо їх використання.

Критично оцінюючи досвід зарубіжних країн можна зробити висновок, що на сьогоднішній день ця проблема не вирішена, оскільки в Німеччині під час проведення польових обстежень стану боєприпасів перед стрільбою сталися вибухи в самих пересувних лабораторіях, що свідчить про недосконалість методики дослідження, її небезпеку.

Таким чином, слід ще раз наголосити, що існує комплексна наукова проблема щодо безперервного у часі спостереження за станом зарядів на основі НЦП, і це завдання може бути вирішене шляхом впровадження системи моніторингу.

У зв'язку з цим **метою статті** є визначення необхідності створення чинної системи моніторингу на рівні держави, яка б у короткий термін давала об'єктивні дані про стан наявних запасів боєприпасів і можливості їх подальшої експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Структура системи моніторингу зарядів на основі НЦП. Як було представлено вище, НЦП є нестійкими хімічними сполуками. З часом споживчі властивості порохового заряду можуть настільки змінитися, що заряди будуть не тільки непридатні для застосування за призначенням, але й стануть небезпечними для персоналу та ствольної системи. З цим пов'язана проблема встановлення термінів безпечного зберігання порохів та їхньої експлуатаційної придатності, необхідності постійної системи контролю їх стану.

Однак у розвинених країнах НАТО практично немає системи моніторингу порохових зарядів на всьому терміні їх зберігання. В окремих країнах є деякі складові цієї системи, але її елементи не повною мірою охоплюють весь спектр стану порохових зарядів.

Для ефективної роботи системи моніторингу необхідні інформативні показники, що дозволяють визначати стан порохових зарядів без застосування складної діагностичної апаратури.

У цьому дослідженні для контролю за станом нітроцелюлозних порохових зарядів (НЦПЗ) пропонується створити систему моніторингу (рис. 1). Крім того, це дозволить створити базу даних порохових зарядів для подальшого контролю їхнього стану протягом усього життєвого циклу.

Як видно з структурної схеми система моніторингу включає як вже розроблені елементи, так і ті, які вимагають додаткових досліджень і розробок.

Пропонуються наступні елементи системи моніторингу стану НЦПЗ.

Маємо три складові системи моніторингу: вимір (тобто контроль того, що вимірюється), стан та прогноз.

Під складовою вимірювань знаходяться показники та методи їх виміру.

На світлому фоні – структурні елементи системи моніторингу, які загальновідомі та застосовуються для оцінки балістичних характеристик.

Сірим фоном виділено то, що пропонується у даній роботі як нові структурні складові.

Далі, оцінка стану порохових зарядів проводиться на основі критеріїв.

На даний момент існують декілька критеріїв оцінки стану:

- початкова швидкість;
- тиск у каналі ствола в різні періоди пострілу;

– термін експлуатації.

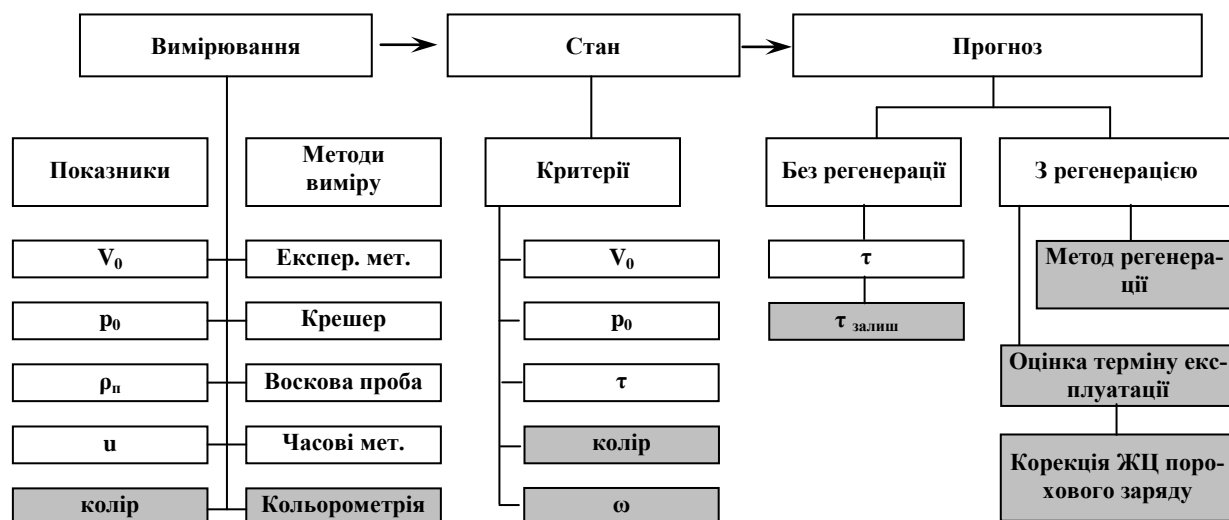


Рисунок 1 – Структурна схема системи моніторингу

У роботі пропонується запровадити додаткові критерії оцінки стану. Це колір та маса ПЗ [17, 18].

На далі – прогноз стану порохових зарядів.

Поділяється на – Без проведення регенерації порохового заряду (ПЗ) та з регенерацією [19, 20].

Без проведення регенерації ПЗ маємо такі показники, як час експлуатації та ресурс, що залишився.

З регенерацією пропонується:

- метод її проведення;
- оцінка терміну експлуатації ПЗ;
- корекція життєвого циклу з точки зору після регенераційного періоду.

Окремо слід зупинитись на економічному обґрунтуванні витрат на регенерацію. Тут слід підкреслити, що, як мінімум, таке економічне обґрунтування має ґрунтуватися на двох обмеженнях:

- витрати на регенерацію менше витрат на виготовлення нової партії;
- час на регенерацію менше часу виготовлення такої ж кількості заряду.

Слід особливо підкреслити, що для регенерації НЦП, на основі співвідношень масопереносу, розроблені основні етапи технологічного процесу та визначені конструкція і розміри апарата [21].

У випадку проведення конкретних техніко-економічних розрахунків одне з обмежень може бути знято. Так, наприклад, якщо витрати менші на виготовлення, але за часом обмеження не виконуються, то в певних умовах це може бути доцільним. І навпаки, якщо час суттєво менший і задовольняє заданим термінам, щоб почати використовувати цей боєприпас за призначенням, але витрати в допустимих межах перевищують витрати на нову партію, це також може бути визнано доцільним.

Слід особливо підкреслити, що в умовах дефіциту, що почався, на первинну сировину для вироблення нітроцелюлози [22–25], метод регенерації НЦП набуває

особливої привабливості у зв'язку з тим, що не вимагає вихідної сировини. Тому він може бути доцільним в умовах, коли первинна сировина недоступна, обмежена в кількості або містить інші неприйнятні фактори.

Актуальність проведення регенерації заключається ще і в тому, що технологические мощности не позволяют в короткий интервал времени накопить достаточно большое количество зарядов.

Технологія регенерації. Після визначення партії НЦП, що підлягає регенерації, відповідно до технології, розробленої для відновлення властивостей порошу [19, 20, 26], здійснюється технологічний процес.

Теоретично та експериментально доведено, що спосіб регенерації НЦП можливий і полягає у дії 47 % розчину перекису водню на елементи порошу, що дозволяє провести часткову омологацію балістичних та енергетичних характеристик порохових зарядів боєприпасів тривалого зберігання.

Виходячи з результатів експериментальних досліджень та теоретичної (ідеальної) формули нітроцелюлози, показано принципову можливість протікання реакції на її поверхні з перекисом водню [19–21]. Експериментально показано, що в результаті регенерації збільшується маса нітроцелюлози на величину адсорбованих елементів у процесі обробки перекисом водню. У зв'язку з цим збільшується швидкість горіння порошу та підвищується його теплотворна здатність як палива.

За теплотворною здатністю водень характеризується величиною 120,9 МДж/кг, тоді як піроксиліновий порох при постійному об'ємі – 5,9 МДж/кг. Таким чином, для еквівалентної компенсації втраченої маси порошу необхідна у 20 разів менша маса водню. При експериментальному дослідженні спостерігалось збільшення маси порохового заряду до 1,5 % за рахунок водню, що призводить до збільшення теплотворної здатності [20].

Прогнозування змін характеристик порохового заряду – одне із завдань, пов'язаних із проблемою експлуатації боєприпасів. На різних термінах зберігання найважливішим показником змін властивостей порохового заряду показник початкової швидкості снаряда.

За результатами прогнозу на основі даних про проведену регенерацію маса порошу збільшиться, що, у свою чергу, призводить до підвищення початкової швидкості до 5 %. Цей результат дозволить збільшити термін експлуатації боєприпасів на 9–12 років додатково [27].

Виявлений у процесі розробки методу регенерації ефект може бути застосований і для зарядів, що знову виготовляються, коли його вихідна маса може бути відповідним чином зменшена, після чого складовий заряд обробляється перекисом водню і, таким чином, остаточно досягається необхідна сила порошу і його теплотворна здатність.

Особливо важливо підкреслити, що сама собою така процедура є тривіальною (заміна одного палива іншим), проте зниження об'єму порохового заряду на величину 10–12 % дозволяє в наявному обмеженому об'ємі збільшити кількість заряду.

Критично оцінюючи пропонований метод слід зауважити, що на сучасному етапі автори не мають даних про стійкість НЦП, оброблених перекисом водню і які умови необхідно створювати, щоб отримані властивості зберігалися якомога довше.

Враховуючи те, що арсенали з боєприпасами тривалих термінів зберігання є в багатьох країнах світу, отриманий ефект, доведений до рівня промислової технології,

дозволить якщо не виключити, то суттєво скоротити об'єми утилізації такого роду порохових зарядів і тим самим суттєво заощадити кошти на замовлення нових.

Висновки. Набула подальшого розвитку теорія і експериментальні методи, які складають фундаментальне підґрунтя для створення системи моніторингу НЦПЗ тривалих термінів зберігання.

Розвинуто підхід до визначення інформативних показників, на основі яких обґрунтовані критерії для можливості регенерації, утилізації та подальшої експлуатації НЦПЗ.

Розвинуто підхід до визначення та обґрунтування нових складових елементів системи моніторингу стану НЦПЗ:

- кольорометрія порохових зарядів;
- контроль маси порохових зарядів;
- контроль початкової швидкості снаряда та тиску в каналі ствола у різні періоди пострілу;
- оцінка живучості ствольних систем в цілому при застосуванні боєприпасів різних термінів зберігання;
- новий післярегенераційний період у життєвому циклі НЦП.

Література

1. Weaver Erasmus. Military Explosives – Chemical Synthesis and Testing // Wexford College Press. 2006. P. 400.
2. Cook James R. The Chemistry and Characteristics of Explosive Materials Vantage Press. 2001. P. 118.
3. Роговин З.А. Химия нитроцеллюлозы. М.: Химия, 1972. 520 с.
4. Аніпко О.Б., Баулін Д.С., Горелишев С.А. Геронтологічні властивості порохових зарядів боєприпасів та їх вплив на показники живучості стрілецької зброї : Монографія. Х.: НА НГУ, 2019. 119 с.
5. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения : Монографія. Х.: АВВ МВД Украины, 2010. 130 с.
6. Баулін Д.С. Нитроцелюлозні порохові заряди тривалих термінів експлуатації: проблемні задачі та їх можливі рішення // Інтегровані технології та енергозбереження. 2021. №4. С. 33–45.
7. Буллер М.Ф., Межевич Г.В. Производство и исследования пироксилиновых порохов. Хроматографические методы контроля // Хімічна промисловість України. 2011. № 2. С. 48–51.
8. Геньш К.В., Базарнова Н.Г. Окисленная целлюлоза. Получение. Применение в медицине // Химия растительного сырья. 2013. №4. 13–20.
9. Демченко А.А. Определение характеристик внутренней баллистики миномета при применении пороховых метательных зарядов длительных сроков хранения // Евразийский Союз Ученых. 2015. №12(21). С. 54–57.
10. Крюков О.М., Мельніков Р.С. Моделювання деградації металюного заряду при дослідженні впливу дефектів боєприпасів на балістичні елементи пострілу //

Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2021. № 2 (38). С. 33–41.

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. Rubleva N.V., Lebedeva E.O., Afineevskii A.V., Voronova M.I., Surov O.V., Zakharov A.G. Production of cellulose nanocrystals by hydrolysis in mixture of hydrochloric and nitric acids // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2019. №12. P. 85–93.

13. Krapke, Paul-Werner. LEOPARD 2: sein Werden u. seine Leistung/ Paul-Werner Krapke/ – Herford; Bonn: Mittler, 1987.

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 ХУПС ім. І Кожедуба. 2006. №2 (8). С. 50–54.

15. 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.

16. Вертелецкий В.Ф. Прогнозирование изменения физико-химических свойств порохового заряда и начальной скорости 30 мм артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры // Інтегровані технології та енергозбереження. 2012. №2. С. 24–31.

17. Анипко О.Б., Хайков В.Л., Четырин С.П. Цветометрия пороховых элементов метательных зарядов артиллерийских боеприпасов // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2011. №1. С. 28–35.

18. Anipko, O., Baulin, D., Horielyshev, S., Boikov, I., Medvid, M., Plaksin, A., Ivanchenko, A., Titov, I., & Piskunov, S. Colorimetry method for nitrocellulose powder charge monitoring system // EUREKA: Physics and Engineering. 2024. (4). С. 54–66.

19. Анипко О.Б. Результаты экспериментального исследования воздействия перекиси водорода на нитроцеллюлозные высокомолекулярные соединения // Інтегровані технології та енергозбереження. 2014. № 2. С. 50–55.

20. Anipko, O., Baulin, D., Horielyshev, S., Boikov, I., Babkov, Y., Oleksenko, O., Misiuk, H., Kutsenko, V., Ivanets, M., & Voinov, V. Study of the nitrocellulose gunpowder regeneration process using hydrogen peroxide // EUREKA: Physics and Engineering. 2023. (5). С. 3–13.

21. Аніпко О.Б., Баулін Д.С. Модель масопереносу, деякі особливості технологій та основні параметри апарату для регенерації нітроцелюлозних порохів // Інтегровані технології та енергозбереження. 2024. №2. С. 35–50.

22. Компаниям в ЕС не хватает взрывчатых веществ, чтобы производить больше боеприпасов для Украины – FT. Available at: <https://www.eurointegration.com.ua/rus/news/2023/03/19/7158258/> (дата звернення 18.09.2024).

23. AFP: Европе не хватает пороха для изготовления снарядов. [Электронный ресурс]. Available at: <https://www.dw.com/ru/afp-evrope-ne-hvataet-poroha-dla-izgotovlenia-artillerijskih-snaradov/a-68436302> (дата звернення 19.08.2024).

24. Европа на 70% зависит от китайского хлопка для пороха и взрывчатки – FT. [Электронный ресурс]. Available at: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2024/04/8/712131/> (дата звернення 07.09.2024).

25. Производители оружия ЕС встревожены зависимостью от сырья из Китая, спрос растёт из-за войны – FT. [Электронный ресурс]. Available at: <https://www.pravda.com.ua/rus/news/2024/04/8/7450209/> (дата звернення 07.09.2024).

26. Баулін Д.С. Методика проведення експериментального дослідження щодо відновлення характеристик піроксилінових порохів // Інтегровані технології та енергозбереження. 2022. №3. С. 30–41.

27. 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.

Bibliography (transliterated)

1. Weaver Erasmus. Military Explosives – Chemical Synthesis and Testing // Wexford College Press. 2006. P. 400.

2. Cook James R. The Chemistry and Characteristics of Explosive Materials Vantage Press. 2001. P. 118.

3. Rohovyn Z.A. Khymyya nytrotsellyulozy. M.: Khymyya, 1972. 520 p.

4. Anipko O.B., Baulin D.S., Horyelyshev S.A. Herontolohichni vlastyvoli porokhovykh zaryadiv boeprypasiv ta yikh vplyv na pokaznyky zhyvuchosti strilets'koyi zbroyi : Monohrafiya. KH.: NA NHU, 2019. 119 p.

5. Anytko O.B., Busyak YU.M. Vnutrennyaya ballistyka stvol'nykh system pry pryimenenyy boeprypasov dlytel'nykh srokov khranenyaya : Monohrafiya. KH.: AVV MVD Ukrainy, 2010. 130 p.

6. Baulin D.S. Nytrotselyulozni porokhovi zaryady tryvalykh terminiv ekspluatatsiyi: problemni zadachi ta yikh mozhlyvi rishennya // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2021. №4. P. 33–45.

7. Buller M.F., Mezhevych H.V. Proyzvodstvo y yssledovannya pyroksylynovykh porokhov. Khromatohrafycheskye metody kontrolya // Khimichna promyslovist' Ukrainy. 2011. № 2. P. 48–51.

8. Hen'sh K.V., Bazarnova N.H. Okyslennaya tselyuloza. Poluchenye. Prymenenye v medytsyne // Khymyya rastytel'noho syr'ya. 2013. №4. 13–20.

9. Demchenko A.A. Opredelenye kharakterystyk vnutrenney ballistyky mynomety pry pryimenenyy porokhovykh metatel'nykh zaryadov dlytel'nykh srokov khranenyaya // Evrazyyskyy Soyuz Uchenykh. 2015. №12(21). P. 54–57.

10. Kryukov O.M., Mel'nikov R.S. Modelyuvannya dehradatsiyi metal'noho zaryadu pry doslidzhenni vplyvu defektiv boeprypasiv na balistychni elementy postrilu // Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noyi akademiyi Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy. 2021. № 2 (38). P. 33–41.

11. Honcharenko P.D. Yntehral'naya popravka v nachal'nyuy skorost' na yznos stvola y herontolohycheskye yzmenenyaya porokhovoho zaryada // Zbirnyk naukovykh prats' Akademiyi viys'kovo-mors'kykh syl imeni P.S. Nakhimova. 2011. №1 (5). P. 11–14.

12. Rubleva N.V., Lebedeva E.O., Afineevskii A.V., Voronova M.I., Surov O.V., Zakharov A.G. Production of cellulose nanocrystals by hydrolysis in mixture of hydrochloric and nitric acids // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2019. №12. P. 85–93.

13. Krapke, Paul-Werner. LEOPARD 2: sein Werden u. seine Leistung/ Paul-Werner Krapke/ – Herford; Bonn: Mittler, 1987.

14. Anytko O.B., Byryukov Y.Yu., Baulyn D.S. Model' massoperenosa pry khranenny porokhovykh zaryadov s uchetom yzmenenyya temperatury okruzhayushchey sredy // Zbirnyk naukovykh prats' KHUPS im. I Kozheduba. 2006. №2 (8). P. 50–54.

15. Anytko O.B., Khaykov V.L. Analiz metodov otsenky sostoyannya porokhovykh zaryadov kak élement systemy monytorynha artylleryyskykh boeprypasov // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2012. №3. P. 60–71.

16. Verteletsky V.F. Prohnozyrovanye yzmenenyya fyzyko-khymycheskykh svoystv porokhovoho zaryada y nachal'noy skorosty 30 mm artylleryyskykh boeprypasov morskoy nomenklatury // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2012. №2. P. 24–31.

17. Anytko O.B., Khaykov V.L., Chetyryn S.P. Tsvetometryya porokhovykh élementov metatel'nykh zaryadov artylleryyskykh boeprypasov // Artylleryyskoe y strelkovoé vooruzhenye. 2011. №1. P. 28–35.

18. Anipko, O., Baulin, D., Horielyshev, S., Boikov, I., Medvid, M., Plaksin, A., Ivanchenko, A., Titov, I., & Piskunov, S. Colorimetry method for nitrocellulose powder charge monitoring system // EUREKA: Physics and Engineering. 2024. (4). P. 54–66.

19. Anytko O.B. Rezul'taty éksperymental'noho yssledovannya vozdeystviya perekysy vodoroda na nytrotsellyuloznye vysokomolekulyarnye soedynenyya // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2014. № 2. P. 50–55.

20. Anipko, O., Baulin, D., Horielyshev, S., Boikov, I., Babkov, Y., Oleksenko, O., Misiuk, H., Kutsenko, V., Ivanets, M., & Voinov, V. Study of the nitrocellulose gunpowder regeneration process using hydrogen peroxide // EUREKA: Physics and Engineering. 2023. (5). P. 3–13.

21. Anipko O.B., Baulin D.S. Model' masoperenosu, deyaki osoblyvosti tekhnolohiy ta osnovni parametry aparatu dlya reheneratsiyi nitrotselyuloznykh porokhiv // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2024. №2. P. 35–50.

22. Kompanyyam v ES ne khvataet vzryvchatykh veshchestv, chtoby proyzvodyt' bol'she boeprypasov dlya Ukrainy – FT. Available at: <https://www.eurointegration.com.ua/rus/news/2023/03/19/7158258/> (data zvernennya 18.09.2024).

23. AFP: Evrope ne khvataet porokha dlya yz-hotovlenyya snaryadov. [Élektronnyy resurs]. Available at: <https://www.dw.com/ru/afp-evrope-ne-hvataet-porokha-dla-izgotovlenia-artillerijskih-snaradov/a-68436302> (data zvernennya 19.08.2024).

24. Evropa na 70% zavysyt ot kytayskoho khlopka dlya porokha y vzryvchatky – FT. [Élektronnyy resurs]. Available at: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2024/04/8/712131/> (data zvernennya 07.09.2024).

25. Proyzvodytely oruzhyya ES vstrevozheny zavysymost'yu ot syr'ya yz Kytaya, spros rastet yz-za voyny – FT. [Élektronnyy resurs]. Available at: <https://www.pravda.com.ua/rus/news/2024/04/8/7450209/> (data zvernennya 07.09.2024).

26. Baulin D.S. Metodyka provedennya eksperymental'noho doslidzhennya shchodo vidnovlennya kharakterystyk piroksylinovykh porokhiv // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2022. №3. P. 30–41.

27. Anipko O.B., Baulin D.S., Biryukov I.Yu., Hun'ko O.O. Prohnozuvannya zmin balistychnykh kharakterystyk postriliv rozdil'no-hil'zovoho zaryadzhannya iz zaryadamy

tryvalykh terminiv ekspluatatsiyi // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. 2022. №1. P. 52–62.

УДК 355.014: 623.522

О. Б. Аніпко, д. техн. н., професор, Д. С. Баулін, к. техн. н., с. н. с.,
С. А. Манжура, д-р філософії

СТРУКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НІТРОЦЕЛЮЛОЗНИХ ПОРОХІВ У ПЕРІОД ЇХ ЗБЕРІГАННЯ МІЖ ВИРОБНИЦТВОМ ТА УТИЛІЗАЦІЄЮ

Стабільність порохових зарядів на основі нітроцелюлози відіграє вирішальну роль при встановленні терміну їх експлуатації. Як показує аналіз досліджень, практично у всіх країнах світу існує проблема збереження властивостей порохових зарядів на рівні гарантійних. Властивості нітроцелюлозних порохових зарядів постійно змінюються і є велика їх частина на післягарантійному етапі зберігання. Зміни властивостей НЦП можуть бути такими, що призводитимуть до техногенних аварій та катастроф, як при застосування їх за призначенням, так і при зберіганні їх на базах та складах. Таким чином, завдання оцінки стану та прогнозування властивостей НЦП на відповідних етапах зберігання набуває актуального значення.

Ця задача комплексна і може бути вирішена із застосуванням загальновідомого підходу до вирішення таких завдань, а саме системи моніторингу. У загальному випадку будь-яка система моніторингу включає три основні компоненти: вимірювання інформативних параметрів; оцінка поточного стану на основі виконаних вимірювань; прогноз.

Показано, що 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, Німеччина, Франція, Чехія. Є дані, що у деяких країнах запроваджено систему безперервного моніторингу стану боєприпасів, але методики досліджень не досконалі і небезпечні.

Для контролю за станом нітроцелюлозних порохових зарядів пропонується створити систему моніторингу.

Представлено структурну схему системи моніторингу, яка включає як вже розроблені елементи, так і ті, які вимагають додаткових досліджень і розробок. Приведено, що для ефективної роботи системи моніторингу необхідні інформативні показники, що дозволяють визначати стан порохових зарядів без застосування складної діагностичної апаратури. Крім того, це дозволить створити базу даних порохових зарядів для подальшого контролю їхнього стану протягом усього життєвого циклу.

Розвинуто підхід до визначення та обґрунтування нових складових елементів системи моніторингу стану НЦПЗ.

Ключові слова: нітроцелюлозні порохові заряди, система моніторингу, інформативні показники, гарантійний термін зберігання, регенерація, післярегенераційний період, критерії оцінки стану, економічне обґрунтування, життєвий цикл.

O. Anipko, D. Baulin, S. Manzhura

**STRUCTURE OF THE SYSTEM FOR MONITORING THE CONDITION
OF NITROCELLULOSE POWDER DURING THEIR STORAGE PERIOD
BETWEEN PRODUCTION AND DISPOSAL**

The stability of powder charges based on nitrocellulose plays a decisive role in determining their service life. As the research analysis shows, in almost all countries of the world there is a problem of maintaining the properties of powder charges at the guarantee level. The properties of nitrocellulose powder charges are constantly changing, and a large part of them is in the post-warranty stage of storage. Changes in the properties of nitrocellulose powder charges can be such that they lead to man-made accidents and disasters, both when using them for their intended purpose and when they are stored in bases and warehouses. Thus, the task of assessing the state and forecasting the properties of nitrocellulose powder charges at the relevant stages of storage becomes relevant.

This task is complex and can be solved using a well-known approach to solving such tasks, namely a monitoring system. In general, any monitoring system includes three main components: measurement of informative parameters; assessment of the current state based on the performed measurements; forecast.

It is shown that the problem of storage and accumulation of a large amount of ammunition, namely powder charges, is characteristic not only for Ukraine, but also for such developed NATO countries as the USA, Germany, France, and the Czech Republic. There is evidence that in some countries a system of continuous monitoring of the state of ammunition has been introduced, but the research methods are imperfect and dangerous.

To control the state of nitrocellulose powder charges, it is proposed to create a monitoring system.

A structural diagram of the monitoring system is presented, which includes both already developed elements and those that require additional research and development. It is shown that for the effective operation of the monitoring system, informative indicators are necessary, which allow determining the state of powder charges without the use of complex diagnostic equipment. In addition, it will allow the creation of a database of powder charges for further monitoring of their condition throughout the entire life cycle.

An approach to defining and substantiating new constituent elements of the oil refinery condition monitoring system has been developed.

Keywords: nitrocellulose powder charges, monitoring system, informative indicators, warranty storage period, regeneration, post-regeneration period, condition assessment criteria, economic justification, life cycle.